UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

EDSON ALVES FILHO

**Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em Sistemas Físicos impactados
por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da Geografia Histórica da
Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo
2018

**Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em Sistemas Físicos impactados
por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da Geografia Histórica da
Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia Física do Departamento de
Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências.

Linha de Pesquisa: Paisagem e
Planejamento Ambiental

Orientadora: Dra. Sueli Angelo Furlan

São Paulo, 30 de janeiro de 2018.

De acordo.

Dra. Sueli Angelo Furlan

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Alves Filho, Edson.

A474g Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em Sistemas Físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da Geografia

Histórica da Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016) / Edson

Alves Filho ; orientadora Sueli Angelo Furlan – São Paulo, 2018

492 f.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Geoindicadores. 2. Impactos Ambientais. 3. Pequenas Centrais Hidrelétricas. I. Angelo Furlan, Sueli, orient. II. Título.

ALVES FILHO, Edson.

Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em Sistemas Físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da Geografia Histórica da Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016).

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. (a) _____ Instituição: _____

Prof. Dr. (a) _____ Instituição: _____

Prof. Dr. (a) _____ Instituição: _____

À minha mãe, Cícera do Amaral Alves, pelo exemplo como ser humano e por ter sempre me incentivado nos estudos.

Ao meu pai, Edson Alves (*in memoriam*) pelo modelo de caráter e incentivo ao trabalho.

Às minhas irmãs, Karine e Aline, e aos meus sobrinhos, Carolina e João Vitor, pelas boas brigas, companheirismo e por sempre terem acreditado em mim.

Aos meus grandes mestres de Geografia da USP, por terem sedimentado em mim uma paixão verdadeira em seguir essa nobre ciência.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha orientadora e amiga de longa data Prof.^a Dr.^a Sueli Angelo Furlan, idealizadora e orientadora dessa dissertação. Foi através dessa pessoa especial, grande incentivadora da minha trajetória acadêmica, que recebi um convite para integrar um projeto multitemático de pesquisa da FAPESP intitulado Eletromemória II – História da Energia Elétrica no Estado de São Paulo (1890-1960): Patrimônio Industrial, Paisagem e Meio Ambiente.

Por toda a história de convivência e aprendizado na participação como pesquisador do Projeto Eletromemória II, gostaria de agradecer o Pro. Dr. Gildo Magalhães, docente do Departamento de História da USP e coordenador geral do projeto, cujo grande conhecimento teórico sobre História da Energia foi compartilhado entre todos os integrantes, nos diversos momentos de pesquisa, como também nos momentos de convivência que são criados quando se reúnem pesquisadores com formações tão diversas.

Este projeto, um verdadeiro inventário do patrimônio industrial e da memória do processo de eletrificação do estado de São Paulo, trouxe como novidade, uma preocupação sobre a viabilidade da patrimonialização dos empreendimentos hidrelétricos instalados no estado, inserindo o patrimônio paisagístico e cultural como elementos a serem considerados nesse processo.

A proximidade da temática energia elétrica e paisagem, em minha experiência prévia de atuação como geógrafo nesses temas, rendeu um convite para que integrasse a futura equipe do projeto, cuja eixo “paisagem e meio ambiente” acabara de ser inserido como uma das vertentes de investigação.

Ao longo de 9 expedições e visitas técnicas a 46 empreendimentos hidrelétricos, tive a oportunidade de conviver com geógrafos queridos, que muito contribuíram na idealização e confecção do presente trabalho, mas também com historiadores, arquitetos, museólogos que me ajudaram a entender novas peculiaridades das paisagens paulistas.

A participação nas expedições representou um verdadeiro desbravamento do território atual do estado de São Paulo, tendo sido possível acompanhar de perto uma sucessão de paisagens únicas, salpicadas por um patrimônio natural e cultural surpreendente.

Em uma dessas expedições, mais precisamente na terceira, realizada em junho de 2014, é que acabei por conhecer as PCH Rio do Peixe I e II, localizadas no município de São José do Rio Pardo. A primeira usina, inaugurada em 1925, é um dos primeiros empreendimentos hidrelétricos do estado de São Paulo. Já, a segunda usina, representa uma ampliação da

primeira, tendo sido inaugurada em 1998 por meio do sufocamento do reservatório da usina de 1925. Essa especificidade, de se trabalhar com uma região cujo acúmulo de intervenções sobre o meio físico deu-se de maneira tão prolongada, com quase um século de duração, e de maneira cumulativa, é que gerou a ideia de desenvolver a presente pesquisa.

Agradeço mais uma vez o Prof. Dr. Gildo Magalhães e a Prof.^a Dr.^a Sueli Angelo Furlan pelo apoio financeiro, conseguido por meio da reserva técnica do projeto, que é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, sem o qual não teria condições de arcar sozinho com o volumoso e custoso acervo de fotografias aéreas utilizadas nos diferentes mapeamentos realizados no trabalho.

Por extensão do agradecimento à coordenação do Projeto Eletromemória II, gostaria de prestar uma singela homenagem à minha colega de projeto, geógrafa competente e amiga para todas as horas, Giorgia Limnios, pelo acompanhamento nos trabalhos de campo, pela troca de ideias e sugestões e pelo compartilhamento de aflições e expectativas comuns ao longo de toda a pós-graduação. Agradeço também ao colega geógrafo Eduardo Silva Bueno e a quase geógrafa Olívia Fonseca Campos pela companhia e aprendizado ao longo das diversas expedições e acompanhamento nas minhas exposições de pesquisa dentro do ciclo de palestras promovido pelo projeto.

Um carinho especial à museóloga Marília Xavier Cury, à geógrafa Odette Carvalho de Lima Seabra, ao historiador Renato de Oliveira Diniz, à arquiteta Débora Marques de Almeida Nogueira Mortati, à historiadora Márcia Cristina de Carvalho Pazin Vitoriano, à arquiteta Ana Luísa Howard de Castilho, à historiadora Daniele Pistorello, à arquiteta Denise Fernandes Geribello, à historiadora Patrícia Gazoni, pelo companheirismo e aprendizado nas expedições, nas reuniões de coordenação e ao longo dos seminários e ciclos de palestras organizados pelo Projeto Eletromemória II.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Geografia Física Giorgia Limnios, Rosana Silvestre de Lima e Wagner Campos pelo companheirismo ao longo das disciplinas cursadas, compartilhamento de angústias e preocupações e sugestões dadas ao trabalho.

Um especial agradecimento aos técnicos da CPFL Michel Simões, Marcos Martins, Ana Paula Garcia Massuca e Denis pelo acesso às infraestruturas civis das PCH Rio do Peixe I e II, pelo acesso à documentação guardada nas dependências da usina e pelo envio dos estudos técnicos e documentos históricos do acervo existente na CPFL de Campinas.

Gostaria de agradecer à técnica Bianca Grazini pela consulta à documentação do acervo da Fundação de Energia do Estado de São Paulo e ao geógrafo Elzio Silva, do Arquivo Público do Estado de São Paulo, que conseguiu encontrar e disponibilizar-me raridades da área de

estudo, como cartas topográficas de 1905, imprescindíveis para alcançar os objetivos da pesquisa.

Aos amigos da JGP Consultoria e Participações: ao projetista José Celso de Paiva, ao engenheiro ambiental Ricardo Inácio Fogaroli e ao engenheiro cartógrafo Richard Milton Rosa pelo auxílio na elaboração dos mapas, pesquisa em bases cartográficas e na tarefa de fazer a conversão do antigo *datum* de Morro do Castelo e do elipsoide de Clarke para os padrões geodésicos atuais. A tarefa não foi simples, pois foi necessário consultar a documentação da antiga Comissão Geográfica e Geológica do estado de São Paulo, originada em 1886 e responsável pela confecção das Cartas Topográficas de 1905, ler os parâmetros de determinação geodésica do antigo datum e elipsoide e promover a transformação matemática desses parâmetros para os atuais, permitindo assim a recomposição da morfologia original semi-preservada da área de estudo.

Gostaria de agradecer também ao projetista Marcos Viegas Peixoto, ao geógrafo Tadeu Gaspareto, à arquiteta Débora Keiko Itinoseki, à desenhista Renata Michele Oliveira, aos engenheiros civis José Carlos de Lima Pereira e Renata Cristina Moretti, pelo incentivo, companheirismo, sugestões e vários momentos de risadas ao longo desses anos de convívio dentro do ambiente da consultoria ambiental, onde os prazos curtos e volume quase insano de trabalho revelaram-se um desafio muito grande para conciliar as obrigações acadêmicas e todo o processo de elaboração da dissertação com as atividades profissionais. Sem o incentivo e apoio físico de vocês, essa tarefa árdua não teria sido possível.

Por fim, um especial agradecimento à bióloga Lorétti Portofé de Mello, com quem tive o prazer de conviver três anos em ambiente corporativo e tive a oportunidade de aprender a como ser um grande profissional, comprometido com prazos e atento à qualidade da produção técnica. Além de grande profissional, é uma amiga para todas as horas. Gostaria de agradecer a grande ajuda na revisão da dissertação e nas diversas sugestões apontadas.

RESUMO

ALVES FILHO, Edson. **Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em Sistemas Físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos: uma perspectiva de leitura da Geografia Histórica da Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**. 2017. 498f. Dissertação (mestrado) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Os empreendimentos hidrelétricos são sistemas de engenharia empregados para extrair energia dos sistemas naturais e por isso, são alteradores de paisagem por excelência. Para compreender o histórico de derivações da paisagem, faz-se mister compreender o histórico de intervenções sobre os sistemas físicos (vales, encostas, rios lagos).

Pela dimensão dos impactos causados por empreendimentos hidrelétricos nos sistemas físicos é que se define o objetivo principal da pesquisa que foi realizar uma leitura da História da Paisagem na área diretamente afetada pelas PCH Rio do Peixe I e II (área de estudo). A sub-bacia do rio do Peixe abrange o reservatório e as estruturas civis das usinas mencionadas, localizadas nos municípios de São José do Rio Pardo e Divinolândia, estado de São Paulo), tendo como pano de fundo conceitos e teorias Biogeográficas e da Geomorfologia Antropogênica).

Realizou-se uma revisão bibliográfica ressaltando-se os conceitos de mudança e impacto por meio da abordagem Antropogeomorfológica, sendo possível compreender, assim, o processo de derivação da paisagem analisada, enaltecendo-se os impactos e mudanças de natureza geomorfológica típicas da intervenção do setor elétrico na paisagem. Para tal, foi feita uma sistematização de geoindicadores referentes às morfologias original semi-preserveda e antropogênica, de modo a promover uma avaliação de impactos em empreendimentos hidrelétricos.

Na sequência, definiram-se, a partir dos geoindicadores nas condições de morfologia original semi-preserveda e antropogênica, os conteúdos das legendas dos mapas correlatos, de modo a se elaborar uma cartografia geomorfológica de detalhe em ambas as condições. A partir dos mapeamentos mencionados, foi possível quantificar e comparar os impactos atribuídos à implantação das PCH Rio do Peixe I e II, demonstrando, assim, a magnitude das transformações na paisagem dos empreendimentos em estudo.

Por fim, promoveu-se uma comparação dos mapeamentos geomorfológicos de detalhe realizados com a metodologia de Avaliação Ambiental Integrada de empreendimentos hidrelétricos, utilizada pelo Sistema Eletrobrás em estudos de viabilidade ambiental de obras relacionadas ao setor elétrico. Nesta metodologia são definidos índices e indicadores para avaliação do grau de sensibilidade, impactos e fragilidades ambientais decorrentes da implantação de empreendimentos hidrelétricos. De modo geral, os resultados contribuíram para o conhecimento dos impactos relacionados ao meio físico na paisagem diretamente afetadas pelas PCH Rio do Peixe I e II, resultando em indicações para um maior aprimoramento nas propostas metodológicas utilizadas na avaliação de viabilidade ambiental de empreendimentos hidrelétricos.

Palavras-chave: Paisagem, Empreendimentos Hidrelétricos, Impacto Ambiental, Geoindicadores, Cartografia Geomorfológica, PCH.

ABSTRACT

ALVES FILHO, Edson. **Geoindicators of Morphological Changes in Physical Systems impacted by hydroelectric power plants: a perspective of reading the Hystorical Geography of Landscape – Rio do Peixe I and II Small Hydroelectric Power Plants (1925 – 2016)**. 2018. 492f. Dissertation (Master's Degree) – Departament of Geography of College of Philosophy, Languages and Literature, and Human Sciences of the University of São Paulo.

Hydroelectric Power Plants are engeneering systems to extract energy of natural systems and for that reason they highly modify the landscape. In order to understand the history of landsdcape derivations is it necessary understand the history of interventions upon physical systems (river valleys, slopes, rivers and lakes.)

Considering the dimensions of impacts caused to hydroelectric ventures in physical systems, this research intends to perform a reading of the Hystorical Geography of Landscape in the direct affected area of Rio do Peixe I and II Small Power Plants (study area). The Rio do Peixe sub-basin wich includes reservoir and civil infrastructure of mentioned hydroelectric power plants, located in São José do Rio Pardo and Divinolândia municipalities, São Paulo State), having as background biogeographicals and of Anthropogenic Geomorphology concepts and theories.

An extensive review of literature highlighting the concepts of environment changes and impacts through Anthropogeomorphology approach is made, leading to understand the process of derivation of the landscape analysed, exalting too, the impacts and environmental changes of geomorphological nature, typical of the intervention of electrical sector in the landscape. To achieve this goal, a systematization of geoindicators referring to semi-preserved and anthropogenic morphologies is made, in order to promove an environmental impact assessment in hydroelectric ventures.

On the way of research the content of legends of the maps is defined related to a list of geoindicators concerning the semi-preserved and anthropogenic morphologies conditions. This had led elaboration of a detailed geomorphological cartography under both conditions. From the mentioned maps it was possible quantifying and mapping the impacts assigned to the implantation of Rio do Peixe I and II Small Power Plants, demonstrating the magnitude of the landscape transformations of the ventures in study.

Finally, a comparison among detailed geomorphological maps and the maps produced using the methodology of Integrated Environmental Assessment of Hydroelectric Ventures (applied by Eletrobras System in studies of environmental feasibility of ventures concerned to the electric sector) is made. In this methodology rates and indicators are defined to evaluate the environmental sensibilities, fragilities and impacts arising from the implantation of hydroelectric ventures.

In general, the results of the research allows the identification of the impacts concerning the physical environment in the directly affected landscape by Rio do Peixe I and II Small Power Plants, providing contributions to deeper the methodological proposals used in studies of environmental feasibility of hydroelectrical ventures.

Key-Words: Landscape, Hydroelectrical Ventures, Environmental Impact, Geoindicators, Geomorphological Cartography, PCHs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 1 – Domínios Morfoclimáticos Brasileiros – Ab’Saber.....	9
Figura 4.1 2 – Evolução da Paisagem por Ciclos de Pedimentação (Climas Secos) e Mamelonização (Climas Úmidos).....	10
Figura 4.1 3 – Derivação Antropogênica e efeitos geomórficos associados ligados à implantação de barramentos em rios.....	16
Figura 4.2 1 – Impactos de Dutos na Permeabilidade de Solos Urbanos.....	18
Figura 4.2 2 – Formas de Acumulação e Denudação formada por processos naturais e antrópicos na cidade de Darjiling, Bengala Ocidental.	20
Figura 4.3 1 – George Westinghouse, uma dos inventores dos transformadores em corrente alternada.....	22
Figura 4.3 2 – Divisa da capitania de São Paulo com a de Minas Gerais.....	24
Figura 4.3 3 – Imigrantes Italianos no Pátio da Estação da Fazenda Vila Costina, São José do Rio Pardo.	25
Figura 4.3 4 – Expedição da Comissão Geográfica e Geológica no rio Tietê (1906)	26
Figura 4.3 5 – Mapa das Estradas de Ferro do estado de São Paulo no início do século XX, com detalhe em vermelho da Estrada de Ferro Mogiana.....	27
Figura 5.0 1 - Estação Ferroviária de São José do Rio Pardo em 1905.....	59
Figura 5.0 2 - Estação Ferroviária de São José do Rio Pardo em 2016.....	59
Figura 5.0 3 - Seção Esquemática do estado de São Paulo, Serra do Mar ao Vale do Paraná.....	70
Figura 5.0 4 – Unidades Tectônicas da Província Mantiqueira.....	73
Figura 5.0 5 – Bloco-Diagrama com disposição em Horst e Graben.....	75
Figura 5.1 1 - Imigrantes Italianos no Pátio da Estação da Fazenda de Café Vila Costina, São José do Rio Pardo.....	77
Figura 5.1 2 - Imigrantes Italianos trabalhando no desmonte da Ponte Metálica sobre o rio Pardo.....	77
Figura 5.1 3 - Vista Aérea da Fábrica da Nestlé em São José do Rio Pardo.....	82
Figura 5.1 4 - Industria RioPlastic de Plásticos Descartáveis, uma das principais de São José do Rio Pardo.	82
Figura 5.2 1 - Divisão Geomorfológica do estado de São Paulo - Almeida (1964)	87
Figura 5.2 2 - Detalhe de uma Amostra de Gnaiss Granítico.	90
Figura 5.2 3 - Detalhe de uma Amostra de Charnokito.	90
Figura 5.2 4 - Detalhe de uma Amostra de Paragneiss.	91
Figura 5.2 5 - Granitos no Leito do rio do Peixe na PCH Rio do Peixe II.....	91
Figura 5.3 1 - Evolução Estrutural Pós-Brasiliana no Sudeste Brasileiro.....	94
Figura 5.3 2 - Elementos Morfotectônicos da região do Alto Rio Pardo.....	96
Figura 5.3 3 - Níveis Altimétricos Regionais.....	97
Figura 5.4 1 – Divisão Climática do estado de São Paulo, conforme SETZER (1946).	119
Figura 5.4 2 – Divisão Climática do estado de São Paulo, conforme MONTEIRO (1973)..	120
Figura 5.4 3 – Enchente de 1977 no centro da cidade de São José do Rio Pardo.....	126
Figura 5.4 4 – Ponte Euclides da Cunha quase coberta pela inundação de 1977.....	126
Figura 5.4 5 – Rompimento – Barragem da UHE Euclides da Cunha.....	126
Figura 5.4 6 – Ilha de São Pedro quase inundada.	126

Figura 5.5 1 - Domínios Naturais no estado de São Paulo durante o Pleistoceno (Ab'Saber, 1977).	129
Figura 5.5 2 - Formações Vegetacionais no estado de São Paulo (ROMARIZ, 1955).	130
Figura 5.6 1 - Perfil Típico de um Argissolo Vermelho-Amarelo.	137
Figura 5.6 2 - Perfil de Argissolo Vermelho Amarelo encontrado em barranco situado em estrada vicinal da porção norte da área de estudo.	137
Figura 5.6 3 - Perfil Típico de um Latossolo Vermelho-Amarelo.	138
Figura 5.6 4 - Perfil de um Latossolo Vermelho-Amarelo.	138
Figura 5.6 5 - Perfil Típico de um Neossolo Litólico.	139
Figura 5.6 6 - Perfil de Neossolo Litólico com camada de seixos, típicos de posição de cimeira.	139
Figura 5.6 7 - Perfil Típico de um Cambissolo, apresentando pedregosidade.	140
Figura 5.6 8 - Perfil de Cambissolo	140
Figura 5.6 9 - Perfil Típico de um Gleissolo.	141
Figura 5.6 10 - Perfil Típico de um Neossolo Flúvico.	141
Figura 6.1 1 - A Conquista do Vale do Itajaí.	161
Figura 6.1 2 - Florestas Virgens da Serra da Mantiqueira na Província do Rio de Janeiro.	161
Figura 6.1 3 - Biólogo Americano Paul Ehrlich, um dos pioneiros do movimento ambientalista norte-americano.	163
Figura 6.1 4 - Engenheiro Químico José Lutzenberger, importante ativista ambiental brasileiro nos anos 1970.	163
Figura 6.1 5 - Carta Topográfica de Casa Branca – Região de São José do Rio Pardo, de 1905 – Exemplo de Fonte Documental utilizada em História Ambiental.	165
Figura 6.2 1 - Terra Preta de Índio.	167
Figura 6.2 2 - Roça Indígena em Aldeia localizada no estado de Rondônia.	167
Figura 6.2 3 - Restos Vegetais encontrados em Sambaquis no estado do Rio de Janeiro.	169
Figura 6.3 1 - Emblema da Primeira Convenção Européia de Paisagens, realizada em Florença, na Itália, em 2000.	170
Figura 6.3 2 - Emblema da Convenção Européia de Paisagens realizada em 2015, na cidade do Porto, Portugal.	170
Figura 6.3 3 - Usina Vulcan Street Plant, instalada sobre o rio Fox, Wisconsin, datada de 1882, uma das primeiras a serem instaladas no mundo.	172
Figura 6.3 4 - Posto de Iluminação Pública em Campos dos Goitacazes, a primeira cidade a ser iluminada no Brasil, em 1883.	172
Figura 6.4 1 - Escalas Temporais de Eventos Geomorfológicos e Processos Associados.	178
Figura 6.4 2 - Duração das Formas do Relevo em relação à escala temporal dos processos formativos da paisagem.	183
Figura 6.5 1 - Conexão entre fenômenos de escala regional e global e mudanças ambientais correlatas.	187
Figura 6.5 2 - Análise das Sensibilidades Ambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).	196
Figura 6.5 3 - Avaliação de Impactos Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).	199

Figura 6.5 4 – Procedimentos Metodológicos para elaboração de Mapas de Fragilidades e Potencialidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).....	206
Figura 6.6 1 - Sistema de Irrigação egípcio, aproveitando-se das águas do rio Nilo.	209
Figura 6.6 2 - Camponeses fugindo de inundação no rio Amarelo, em 1931, China.	209
Figura 6.6 3 – Alterações Fluviais causadas a jusante de barramentos (a) e feitos erosivos correlatos (b).	210
Figura 6.7 1 – Fatores Ecodinâmicos envolvidos na evolução das paisagens.	215
Figura 6.7 2 – Fase Biostática de Evolução das Paisagens.	217
Figura 6.7 3 – Fase Resistática de Evolução das Paisagens.	217
Figura 6.8 1 – Legenda de Mapeamento Geomorfológico Retrospectivo da Bacia do rio Guavirituba.	221
Figura 6.8 2 – Morfologias Original e Antropogênica mapeadas por LIMA (1990) na Bacia do rio Guavirituba.	223
Figura 7.1 1 – Fluxograma de Cadeias Técnicas Desenvolvidas para a Pesquisa.....	231

LISTA DE MAPAS

Mapa 5.0 1 – Localização da Área de Estudo.....	60
Mapa 5.0 2 – Localização da Área de Estudo em relação à Região Administrativa de Campinas e a Região de Governo de São João da Boa Vista	62
Mapa 5.0 3 – Localização da Área de Drenagem das PCH Rio do Peixe I e II em relação a UGRHI 4 – Pardo.	64
Mapa 5.0 4 – Localização da Área de Estudo em Relação às Sub-Bacias da UGRHI 4 – Pardo.....	66
Mapa 5.0 5 – Localização da Área de Estudo em relação à Área de Drenagem das PCH Rio do Peixe I e II.	68
Mapa 5.1 1 – Área de Estudo em relação às Ferrovias do Estado de São Paulo.....	80
Mapa 5.2 1 – Área de Estudo em relação às Unidades Litoestratigráficas do Estado de São Paulo.....	92
Mapa 5.3 1 - Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas do estado de São Paulo.....	103
Mapa 5.3 2 - Área de Estudo em relação às Classes Clinográficas.....	107
Mapa 5.3 3 - Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas	109
Mapa 5.3 4 – Ângulos de Vidada das Fotografias das Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo.	116
Mapa 5.4 1 – Localização da Área de Estudo em relação ao Mapa de Unidades Climáticas do Estado de São Paulo, elaborado por MONTEIRO – 1973.....	121
Mapa 5.5 1 – Área de Estudo em relação aos Remanescentes de Cobertura vegetal do Estado de São Paulo.	134
Mapa 5.6 1 – Área de Estudo em relação aos Solos do Estado de São Paulo	142
Mapa 5.7 1 – Área de Estudo em relação à Cobertura Vegetal e Uso da Terra do estado de São Paulo - 2010.....	144
Mapa 5.7 2 - Uso da Terra na Área de Estudo (2016)	146

Mapa 5.7 3 – Ângulos de Visadas das Fotografias de Uso da Terra na Área de Estudo.	151
Mapa 5.8 1 – Unidades de Paisagem na Área de Estudo.....	156
Mapa 8.1 1 – Sensibilidade da Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente na Área de Estudo.....	351
Mapa 8.1 2 – Sensibilidade da Variável Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos.....	353
Mapa 8.1 3 - Sensibilidade da Variável Recursos Minerais	355
Mapa 8.1 4 - Sensibilidade da Variável Hidrogeologia.....	357
Mapa 8.1 5 – Sensibilidade da Variável Geomorfologia	359
Mapa 8.1 6 – Sensibilidade do Indicador Geologia	361
Mapa 8.1 7 – Sensibilidade da Variável Erodibilidade	363
Mapa 8.1 8 – Sensibilidade da Variável Erosividade	365
Mapa 8.1 9 - Sensibilidade da Variável Cobertura Vegetal e Uso da Terra.....	367
Mapa 8.1 10 - Sensibilidade do Indicador Processos Erosivos.....	369
Mapa 8.1 11 - Sensibilidade Síntese do Meio Físico na Área de Estudo	371
Mapa 8.1 12 – Impactos Ambientais Negativos do Meio Físico na área de estudo.....	390
Mapa 8.1 13 – Fragilidade Ambiental do Meio Físico na área de estudo	392
Mapa 8.2 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção na Área de Estudo	405
Mapa 8.3 1 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1930)	409
Mapa 8.3 2 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1972)	411
Mapa 8.3 3 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1983)	413
Mapa 8.3 4 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1998)	415
Mapa 8.3 5 – Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (2006)	417
Mapa 8.3 6 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa na Área de Estudo.....	444
Mapa 8.4 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada na Área de Estudo	464

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.4 1 – Precipitação Anual Acumulada na Fazenda Tubaca (1953 – 2014) – São José do Rio Pardo (SP).	123
Gráfico 5.4 2 – Precipitação Anual (1977) na Fazenda Tubaca – São José do Rio Pardo (SP).	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.3 1 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 1ª Década de Implantação (1890 – 1900).	29
Quadro 4.3 2 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 2ª Década de Implantação (1901 – 1910).	30

Quadro 4.3 3 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 3ª Década de Implantação (1911 – 1920).	32
Quadro 4.3 4 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 4ª Década de Implantação (1921 – 1930).	33
Quadro 4.4 1 – Lista de Impactos Potenciais no Meio Físico decorrentes da implantação de Usinas Hidrelétricas conforme FORNASARI FILHO (1992) e modificado por RUBIO (2008).	43
Quadro 4.4 2 – Alguns Geoindicadores de Avaliação de Impactados Ambientais Negativos causados por empreendimentos hidrelétricos sugeridos por RUBIO (2008).	54
Quadro 5.3 1 – Parâmetros utilizados na definição das Unidades Geomorfológicas para a Área de Estudo	104
Quadro 6.5 1 – Indicadores de Sensibilidade Ambiental por Tema-Síntese de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).....	197
Quadro 6.5 2 – Indicadores Variáveis e Pesos utilizados na Avaliação de Sensibilidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).	198
Quadro 6.5 3 – Valores de Intensidade definidos a partir das características dos aproveitamentos hidrelétricos, conforme o Manual do Inventário Hidrelétrico.	201
Quadro 7.3 1 – Áreas de Abrangência dos Impactos Ambientais Potenciais Negativos no Meio Físico na Área de Estudo.	263
Quadro 7.4 1 – Relação de Geoindicadores aplicados à modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos e seus instrumentos de avaliação.	267
Quadro 7.6 1 – Sistematização Final dos Geoindicadores e Instrumentos de Avaliação aplicados à Área de Estudo nas modalidades Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção e Morfologia Antropogênica nas Fases de Intervenção Ativa e Intervenção Consolidada.	307
Quadro 8.2 1 – Geoindicadores de Morfologia Original Semi-Preservada aplicados à Fase de Pré-Intervenção (1930)	394
Quadro 8.3 1 – Geoindicadores de Morfologia Antropogênica aplicados à Fase de Intervenção Ativa (1998).....	424
Quadro 8.4 1 – Geoindicadores de Morfologia Antropogênica aplicados à Fase de Intervenção Consolidada (2016)	448
Quadro 9.0 1 – Avaliação da Magnitude dos Impactos Ambientais na Área de Estudo por meio da Avaliação de Geoindicadores na condição de Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção e na Condição de Morfologia Antropogênica nas Fases de Intervenção Ativa e Consolidada (1930-2016).	469

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.8 1 - Composição das Unidades de Paisagem na Área de Estudo	154
Tabela 7.3 1 – Pesos e Graus atribuídos aos Indicadores utilizados na Avaliação de Sensibilidade Ambiental do Meio Físico na Área de Estudo.....	242
Tabela 7.3 2 – Pesos e Graus atribuídos às Variáveis que compõem os indicadores de avaliação do Componente Meio Físico na Área de Estudo.	244

Tabela 7.3 3 – Qualificação e Quantificação dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico identificados para a Área Diretamente Afetada (ADA) das PCHs Rio do Peixe I e II (área de estudo).	257
Tabela 8.1 1 – Qualificação e Quantificação dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico identificados para a Área Diretamente Afetada (ADA) das PCHs Rio do Peixe I e II (área de estudo).	374
Tabela 8.3 1 - Áreas e Percentuais Ocupados por cada categoria de uso da terra nos recortes temporais na área de estudo.....	419

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1 1 - UHE Euclides da Cunha, elemento responsável pela remodelação da paisagem na região de estudo.	11
Foto 4.1 2 - Reservatório da PCH Rio do Peixe II na porção sudoeste da área de estudo. Junto com a agricultura e a pecuária são os principais agentes remodeladores da paisagem na área de estudo.	11
Foto 4.3 1 - Usina Marmelos, em Juiz de Fora, a primeira usina hidrelétrica do Brasil e da América do Sul.	23
Foto 4.3 2 - Usina de Mojolinho, a primeira usina hidrelétrica do estado de São Paulo.....	23
Foto 4.3 3 – Colinas Pequenas próximas ao curso de drenagem na porção noroeste da área de estudo.	114
Foto 4.3 4 – Vista Geral de Colinas Pequenas situadas na porção noroeste da área de estudo.....	114
Foto 4.4 1 - Prédio da Casa de Máquinas da PCH Rio do Peixe I.	39
Foto 4.4 2 - Casa de Máquina e Equipamento Eletromecânico da PCH Rio do Peixe II.....	39
Foto 5.1 1 - Museu do Café de Divinolândia, uma das marcas da tradição do café na região da área de estudo.	77
Foto 5.1 2 - Plantação de Café em fazenda próxima à PCH Itaquara e Fazenda Fotaleza na região da área de estudo.	77
Foto 5.1 3 - Documentação Fotográfica do período de construção da PCH Rio do Peixe II.....	85
Foto 5.1 4 - Armários com Documentação da PCH Rio doPeixe II em almoxarifado localizado no prédio da casa de máquinas da referida usina.	85
Foto 5.2 1 - Morros da região de São José do Rio Pardo vistos a partir dos divisores da área de estudo.....	89
Foto 5.2 2 - Morrarias e Serranias da Região de São José do Rio Pardo.....	89
Foto 5.3 1 - Trecho Meândrico do rio do Peixe na área do futuro barramento da PCH Rio do Peixe II (1998)	101
Foto 5.3 2 - Trecho Meândrico do rio do Peixe próximo á ponte sob a Rodovia Estadual SP-344 (2017).	101
Foto 5.3 3 - Detalhe de Morro situado ao lado da Casa de Máquinas da PCH Rio do Peixe II.	110
Foto 5.3 4 - Vista Geral de Morros e Montanhas em divisor da porção nordeste da área de estudo.....	110
Foto 5.3 5 – Vista Geral de um Morro situado na Fazenda Ouro Branco.....	111

Foto 5.3 6 – Detalhe de um Morro avistado a partir da Fazenda Ouro Branco.	111
Foto 5.3 7 – Detalhe de um Morro situado na Fazenda Santa Virgínia.	112
Foto 5.3 8 – Relevo de Morrotes e Colinas na Fazenda Santa Amélia.	112
Foto 5.3 9 – Detalhe de Morrote próximo ao curso do rio do Peixe na porção noroeste da Área de Estudo.	112
Foto 5.3 10 – Morrote com Cobertura Vegetal em Estágio Avançado de Regeneração na Fazenda Santa Isabel.	112
Foto 5.3 11 – Colinas e Morrotes em área da Fazenda Santa Isabel.	113
Foto 5.3 12 – Colinas Pequenas vistas a partir do rio do Peixe, porção central da área de estudo.	113
Foto 5.3 13 – Colinas Pequenas próximas ao curso de drenagem na porção noroeste da área de estudo.	114
Foto 5.3 14 - Vista Geral de Colinas Pequenas situadas na porção noroeste da área de estudo.	114
Foto 5.3 15 – Vista do primeiro nível de Terraço do rio do Peixe com colina baixa ao fundo.	114
Foto 5.3 16 – Níveis de Terraço e Planície Fluvial do rio do Peixe.	114
Foto 5.3 17 - Planície Fluvial do rio do Peixe a jusante do barramento da PCH Rio do Peixe II.	115
Foto 5.3 18 – Planície Fluvial do rio do Peixe vista a partir da Rodovia Estadual SP-211.	115
Foto 5.5 1 - Detalhe de uma Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.	131
Foto 5.5 2 - Côcos de Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.	131
Foto 5.5 3 - Encosta de Morro recoberto por Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Avançado de Regeneração. A presença da Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) é um indicativo do bom estado de conservação das matas – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.	133
Foto 5.5 4 - Morro recoberto por fragmento de Floresta Estacional Semidecidual - Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo. As porções de cimeira, representadas pelos terços superiores e topos foram os locais onde a vegetação se conservou na área de estudo.	133
Foto 5.7 1 - Pasto Sujo (Vegetação Herbácea) e pecuária na Fazenda Ouro Branco.	147
Foto 5.7 2 - Vegetação Herbácea em divisor da porção nordeste da área de estudo.	147
Foto 5.7 3 - Horticultura em divisores da porção leste da área de estudo (Fazenda Boa Vista)	148
Foto 5.7 4 - Detalhe do Preparo da Terra para cultivo hortícola (Fazenda Boa Vista).	148
Foto 5.7 5 - Cultivo de Cana-de-Açúcar em Colina Pequena (fazenda Rio do Peixe), na porção norte da área de estudo.	148
Foto 5.7 6 - Plantio de Cana-de-Açúcar na Fazenda Boa Vista, porção leste da área de estudo.	148
Foto 5.7 7 - Reservatório da PCH Rio do Peixe II visto a partir do vertedouro.	149
Foto 5.7 8 - Rio Pardo próximo à confluência com o rio do Peixe.	149
Foto 5.7 9 - Plantação de Café na fazenda Bela Vista, porção nordeste da área de estudo.	149
Foto 5.7 10 - Plantação de Café na Fazenda Boa Vista, porção leste da área de estudo.	149

Foto 5.7 11 - Vista Geral de Reflorestamento de Eucalipto na Fazenda Santa Amélia, porção sudoeste da área de estudo.....	150
Foto 5.7 12 - Detalhe de área de Reflorestamento de Eucalipto na Fazenda Santa Ampelia, porção sudoeste da área de estudo.....	150
Foto 5.7 13 - Núcleo Rural com Arvoredo (Fazenda Ouro Branco).	150
Foto 5.7 14 - Estrada Vicinal de acesso às PCH Rio do Peixe I e II.	150

LISTA DE SIGLAS

AID:	Área de Influência Direta
A_{mp}:	Área da Seção Transversal
Amp:	Área da Seção Transversal
APP:	Área de Preservação Permanente
A:	Área Molhada
PVA:	Argissolo Vermelho Amarelo
BNDES:	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
SACERC:	Central Elétrica de Rio Claro
CE:	Certo
CFC:	Cloro-Flúor-Carbono
Cm:	Coeficiente de Manutenção
CGG:	Comissão Geográfica e Geológica
CETESB:	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CESP:	Companhia Energética do Estado de São Paulo
CHER:P	Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo
TVZ:	Companhia Paulista de Energia Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo
CPEE:	Companhia Paulista de Energia Elétrica
CPFL:	Companhia Paulista de Força e Luz
C.s.:	Comprimento do Segmento dos Canais Fluviais
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO:	Demanda Química de Oxigênio
Dd:	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica
Dh:	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica
DAEE:	Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo
DNPM:	Departamento Nacional de Produção Mineral
d:	dias
D:I	Direto
E.P.E:	Empresa de Pesquisas Energéticas S.A.
EIA:	Estudo de Impacto Ambiental
EIA-RIMA:	Estudo e Relatório de Impacto Ambiental
G:	Gradiente Fluvial
IM:	Imediato
F:	Índice de Forma do Canal
Is:	Índice de Sinuosidade
ISA:	Índice Sócioambiental
IBGE:	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA:	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IGC:	Instituto Geográfica e Cartográfico
JBL:	João Batista de Lima Figueiredo
Wmp:	Largura da Seção do Canal
LV:	Latossolo Vermelho
LVA:	Latossolo Vermelho-Amarelo

L:	Leste
LO:	Licença de Operação
MA:	Mediato
ME:	Mediato
m²:	Metr Quadrados
M:	metros
m³/s:	metros cúbicos por segundo
m/m²:	metros por metros quadrados
mg/L:	miligramas por litro
Mm:	Milímetros
MDE:	Modelo Digital de Elevação
MDT:	Modelo Digital de Terreno
MG:	Muito Grande
Nd:	Não Disponível
N.D.:	Não Disponível
N.A:	Não se aplica
L:	Neossolo Litólico
NE:	Nordeste
NO:	Noroeste
N:	Norte
OD:	Oxigênio Dissolvido
PCH:	Pequena Central Hidrelétrica
Eps:	Percurso Superficial da Bacia Hidrográfica
P:	Perímetro Molhado
PE:	Permanente
Ph:	Potencial Hidrogeniônico
PIB:	Produto Interno Bruto
D_{mp}:	Profundidade Média da Seção
Dmp:	Profundidade Média da Seção
PR:	Provisório
Km:	quilômetros
km²:	Quilômetros Quadrados
R:	Raio Hidráulico
SAS Planet:	Screen Aereal Satellite Planet
CPRM:	Serviço Geológico do Brasil
SIG:	Sistema de Informação Geográfica
SINV:	Sistema de Inventário Hidrelétrico
SO:	Sudoeste
S:	Sul
TE:	Temporário
AMFORP:	<i>The American & Foreign Power Company</i>
UGRHI:	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UTM:	Universal Transversa de Mercator
UHE:	Usina Hidroelétrica
Q₇, Q₁₀:	Vazão Mínima média de 7 dias

VBC Energia: Votorantin, Bradesco e Camargo Correa Energia

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO.....	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE MAPAS	XI
LISTA DE GRÁFICOS.....	XII
LISTA DE QUADROS.....	XII
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE FOTOS	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS E PREMISSAS DE PESQUISA	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos	2
2.3 Premissas de Pesquisa	3
3. TEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	3
3.1 Tema da Pesquisa.....	3
3.2 Contextualização da Pesquisa.....	4
3.3 Justificativas	5
4. BASES CONCEITUAIS	6
4.1 A História da Paisagem: uma transposição necessária entre a História Natural e a História dos Homens.....	7
4.2 Derivações Antropogênicas: um ponto de partida.....	16
4.3 O Setor Elétrico Paulista e seus primórdios: da motorização do território à produção de paisagens híbridas.....	21
4.4 Intervenção antrópica causada por empreendimentos hidrelétricos no Meio Físico	37
5. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	58
5.1 Histórico de Ocupação Humana nos municípios de São José do Rio Pardo e Divinolândia	75
5.2 Aspectos Geológicos	85
5.3 Aspectos Geomorfológicos	93
5.4 Aspectos Climáticos	117

5.5	Cobertura Vegetal.....	128
5.6	Cobertura Pedológica	136
5.7	Uso e Ocupação da Terra.....	143
5.8	Uma necessidade de síntese: as unidades de paisagem na Área de Estudo	152
6.	MARCO TEÓRICO	158
6.1	A Paisagem como Herança Natural: uma compreensão dos ritmos da natureza .	160
6.2	A Paisagem como Híbrido: uma fusão entre a herança natural e a cultura.....	166
6.3	As Paisagens Elétricas: o setor energético e as novas raridades	169
6.4	Escala Têmporo-Espaciais e a Noção de Mudanças em Sistemas Naturais.....	174
6.5	Do Conceito de Mudanças em Geomorfologia aos Impactos Ambientais – abordagens sobre a Avaliação de Impactos em Empreendimentos Hidrelétricos: as sensibilidades, as fragilidades e os impactos ambientais.....	184
6.6	Antropogeomorfologia e Impactos no Meio Físico	207
6.7	O Entendimento do Relevo como Suporte da Paisagem	214
6.8	A Cartografia Geomorfológica de Detalhe: uma ferramenta para Avaliação de Impactos de Empreendimentos Hidrelétricos no Meio Físico	218
7.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	225
7.1	Cadeias Técnicas Desenvolvidas	229
7.2	Materiais utilizados	232
7.3	Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo	241
7.4	Pesquisa de Geoindicadores e Impactos Ambientais Negativos aplicáveis à modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos.....	266
7.5	Estudo da História Cumulativa das Intervenções Antrópicas na Área de Estudo .	294
7.6	Sistematização e Seleção de Geoindicadores de Impactos Ambientais Negativos resultantes da Derivação Morfologia Original Semi-Preservada – Morfologia Antropogênica.....	306
8.	RESULTADOS OBTIDOS	350
8.1	Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo conforme a Metodologia do Manual do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007)	350
8.2	Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Original Semi-Preservada (Fase de Pré-Intervenção).	393
8.3	Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Antropogênica (Fase de Intervenção Ativa)	407
8.4	Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Antropogênica (Fase de Intervenção Consolidada)	447
8.5	Comparação entre a Abordagem do Levantamento e Mapeamento dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico pelo Setor Elétrico com as possibilidades abertas pela Abordagem Antopogeomorfológica	465

9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	467
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	482

1. INTRODUÇÃO

A paisagem, conforme alerta SANTOS (1997) é uma acumulação de tempos. Caberia acrescentar que é também uma acumulação desigual, para a qual contribuem os tempos dos homens e o da natureza. Dessa forma, a história da paisagem nunca é linear, é constituída por uma miríade de fenômenos de diversas escalas que atuam nos mais diferentes sentidos, porém, esses mesmos fenômenos se reúnem, num dado território, constituindo um arranjo único, instável, em perpetua mutação (MONTEIRO, 2000; HACKETT, 1971).

Entender os arranjos dinâmicos que compõem a paisagem requer a compreensão dos fenômenos que a conformam, sendo necessário, portanto, ter noção das escalas necessárias para a leitura da manifestação desses fenômenos. Dessa forma, a cartografia é uma ferramenta essencial para representar a territorialidade das paisagens.

Como as paisagens podem ser entendidas como um acúmulo de tempos, é possível, dessa forma, realizar a leitura da história ambiental da paisagem, pois ela incorpora ao mesmo tempo uma conformação física por meio dos tempos dos sistemas naturais e os tempos sociais, que transformam a paisagem por meio do trabalho e da cultura.

As diversas intervenções humanas deixam cicatrizes nas paisagens, alteram processos naturais e são a marca imemorial da presença humana sobre a terra, tendo, portanto, um conteúdo iminentemente cultural.

Porém, quando se deseja captar o processo de derivação da paisagem natural, tendo-se em mente a capacidade de alteração que o homem em sociedade consegue inflingir às próprias dinâmicas naturais, é que se tem no levantamento e mapeamento de geoindicadores de impactos ambientais uma ferramenta de grande auxílio para se dimensionar a magnitude e grandeza desses tipos de transformações.

No processo de derivação dos sistemas naturais em paisagens alteradas pelo homem, marcas são deixadas, sobretudo aquelas relativas às alterações morfológicas, o que ensejou a escolha do título da presente dissertação de mestrado “Geoindicadores de Mudanças Morfológicas em sistemas físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da Geografia Histórica da Paisagem – PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016). Dessa forma, ao se mapear as alterações morfológicas e ao se conhecer

a magnitude das alterações nos sistemas físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos, estaria-se realizando a leitura do processo de derivação da paisagem, e portanto, se contando a Geografia Histórica de uma determinada paisagem afetada, no presente caso, as PCH Rio do Peixe I e II, cujo acúmulo de intervenções sobre os sistemas físicos na área de estudo, ultrapassou os 90 anos.

Cabe ressaltar, por fim, que o presente trabalho enseja demonstrar o processo de derivação da paisagem na área de estudo, ressaltando as vantagens e desvantagens da metodologia dos geoindicadores nessa tarefa, como também compará-la com outras ferramentas usualmente utilizadas na avaliação da viabilidade ambiental de empreendimentos hidrelétricos pelo setor elétrico nacional.

2. OBJETIVOS E PREMISSAS DE PESQUISA

2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo principal, **realizar uma leitura da História da Paisagem, avaliando a interação entre o barramento e os sistemas físicos naturais e modificados nas áreas diretamente afetadas pelas PCH Rio do Peixe I e II. Adota como perspectiva a corrente natural (Biogeográfica e da Geomorfologia Antropogênica).**

2.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos da pesquisa:

- a) Identificar e caracterizar o histórico de intervenções e seus impactos nos sistemas físicos da área diretamente afetada pelas PCH Rio do Peixe I e II¹(área de estudo), como também as sensibilidades pré-existentes e as fragilidades decorrentes do processo de implantação das usinas em questão.

¹ Entende-se por Área Diretamente Afetada (área de estudo) a menor sub-bacia a abranger todas as estruturas civis das PCH Rio do Peixe I e II, a partir da confluência situada no remanso mais externo do reservatório dos referidos empreendimentos hidrelétricos.

- b) Compreender a magnitude e grandeza das intervenções antrópicas incidentes sobre os sistemas físicos diretamente impactados pelas PCH Rio do Peixe I e II (Sistemas Bacia Hidrográfica, Vertente, Fluvial e Lacustre), em suas fases de pré-intervenção, perturbação-ativa e pós-intervenção.
- c) Promover uma discussão sobre a Leitura da História da Paisagem na área de estudo, por meio da articulação conceitual e teórica permitida pela corrente naturalista, para a qual se tentará decifrar por meio da Geomorfologia Antropogênica, como a herança pretérita das paisagens naturais foi derivada ao longo do período histórico considerado.

2.3 Premissas de Pesquisa

A premissa da presente pesquisa é que a implantação da PCH Rio do Peixe I e sua posterior ampliação, que resultou na PCH Rio do Peixe II ocasionaram alterações na morfologia e na dinâmica dos processos atuantes nos sistemas e subsistemas físicos situados na área diretamente afetada pelos empreendimentos em questão (área de estudo), promovendo, dessa maneira, impactos no meio físico perceptíveis ao nível da paisagem.

3. TEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

3.1 Tema da Pesquisa

Os empreendimentos hidrelétricos são sistemas de engenharia empregados pelo homem para extrair energia dos sistemas naturais e por isso, são alteradores de paisagens por excelência. Compreender o histórico de intervenções que esses sistemas causam nas paisagens é compreender ao mesmo tempo, o histórico das intervenções sobre sistemas físicos (vales, encostas, rios, lagos), como também o histórico das intervenções sobre os sistemas sociais, os quais, por meio da cultura, criam novas paisagens, ao alterar os ambientes naturais onde ocorrem. Estas alterações são ao mesmo tempo tecnológicas, econômicas e simbólicas, servem à

reprodução dos sistemas econômicos e servem à memória do homem, que altera a si próprio ao mudar a natureza.

No entanto, ao se firmar o caminho da pesquisa no tema dos geoindicadores, tendo como eixo condutor as alterações morfológicas produzidas na paisagem por empreendimentos hidrelétricos, com dito, se utilizou da corrente naturalista dos estudos da paisagem, e nessa perspectiva, a leitura que dá integração aos sistemas e subsistemas físicos derivados pela implantação do uso hidrelétrico na paisagem vem da Geomorfologia, responsável por entender a evolução dos aspectos físicos da paisagem, como também de entender a introdução do elemento antrópico e como este causa mudança nas formas, produzindo assim paisagens derivadas.

3.2 Contextualização da Pesquisa

Diante dos objetivos propostos para a pesquisa, seja o de compreender a magnitude e grandeza das intervenções sobre os sistemas físicos impactados pelas PCH Rio do Peixe I e II, como também o histórico das intervenções sobre a paisagem cultural da área diretamente afetada por essas usinas (área de estudo), é que se aventam algumas questões centrais:

- a) Quais atributos dos sistemas e subsistemas físicos foram alterados pela construção das PCH Rio do Peixe I e II?
- b) Qual a natureza dos impactos sofridos por esses sistemas e subsistemas? Quais as áreas de ocorrências desses impactos no nível da paisagem?
- c) Que tipos de marcas ocasionadas pela construção das PCH rio do Peixe I e II foram registradas na paisagem? Essas marcas se alteraram ao longo do tempo?
- d) Como representar a sucessão de intervenções nos sistemas naturais ocasionados pela implantação das PCH Rio do Peixe I e II?

- e) Como promover uma leitura da História das Paisagens afetadas pela construção das PCH Rio do Peixe I e II, articulando suas dimensões Natural e Geográfico-Histórica?

3.3 Justificativas

A bacia do rio do Pardo, onde se localiza a área de estudo possui área de 35.414 km², situada na porção nordeste do estado de São Paulo, próximo à divisa com Minas Gerais. Esta bacia destaca-se por apresentar um quadro físico-ambiental bastante diversificado: presença de rochas cristalinas nas porções leste e sudeste, alternando-se com rochas sedimentares da bacia do Paraná nas porções central e noroeste; predomínio de latossolos e argissolos em virtude da presença de basaltos da Bacia do Paraná; extensas áreas de cultivos de cana-de-açúcar e pastagens entremeadas com fragmentos de cerrado e manchas de Floresta Estacional Semidecidual, encontrando-se, no caso do Município de São José do Rio Pardo, cerca de 8% de sua área recoberta por vegetação nativa (CPTI, 2008).

Em relação aos aspectos socioeconômicos, o município de São José do Rio Pardo, onde se localizam as PCH Rio do Peixe I e II, é reconhecido pólo de serviços e indústrias, coexistindo em menor proporção, a atividade agropecuária (SEADE, 2014). O município tem sua emancipação datada do final do século XIX, sendo notável a presença de imigrantes, sobretudo italianos.

O perfil socioambiental da área de estudo permite notabilizar que a mesma apresenta um histórico de grandes intervenções datados do final do século XIX, seja em relação às alterações de uso da terra pelas atividades agrícolas, como também pelas próprias interferências causadas pela PCH Rio do Peixe I nos sistemas e subsistemas morfológicos do Rio Pardo, já no início do século XX (1925).

Cabe ressaltar que a área onde se localiza a PCH Rio do Peixe I apresentou uma obra de ampliação em 1998, com a inclusão de um reservatório de maiores proporções, o que representa, dessa forma, uma sobreposição de intervenções sobre os sistemas físicos sob influência do rio Pardo e seus tributários.

De forma geral, a proposição da presente pesquisa justifica-se, por uma série de razões, entre as quais:

- a) Acrescenta conhecimento à História Natural Paulista, em virtude de apresentar o histórico de intervenções sobre os sistemas físicos promovidos pela instalação das PCH Rio do Peixe I e II.
- b) Amplia o conhecimento a respeito da morfologia e processos que caracterizam o modelado nos trópicos úmidos.
- c) Aplica as técnicas da Cartografia Geomorfológica de Detalhe no conhecimento das alterações de sistemas físicos promovidos por empreendimentos hidrelétricos.
- d) Permite inserir, dentro das linhas de pesquisa desenvolvidas pela História da Paisagem, a perspectiva da História Natural, possibilitada pelo conhecimento das evoluções das interferências antrópicas sobre os sistemas físicos.
- e) Permite reconstituir a história da paisagem sob o enfoque Geográfico-Histórico, a partir de uma leitura que integra a co-evolução existente entre os aspectos naturais e culturais da paisagem.

A organização sistêmica das paisagens, conforme os apontamentos de CHORLEY & KENNEDY (1971) e AB'SABER (1969) está atrelada ao arranjos dos diferentes sistemas e sub-sistemas geomorfológicos, uma vez que os mesmos dão suporte ao funcionamento da paisagem, funcionando com sua ossatura. Desta forma, compreender a disposição e funcionamento dos compartimentos geomorfológicos é fundamental para entender o funcionamento das paisagens, o que coloca a Cartografia Geomorfológica e a Análise de Unidades de Paisagem como de vital importância para o desenvolvimento da presente pesquisa.

4. BASES CONCEITUAIS

A presente seção de revisão bibliográfica tem por objetivo realizar um esforço de apresentar como os principais conceitos trabalhados pela presente dissertação de

mestrado foram sendo balizados e tratados ao longo do tempo, demonstrando, portanto, o movimento epistemológico dos mesmos dentro do temário geográfico. Dessa forma, parte-se para apresentar as diferentes acepções e conteúdos dos conceitos, mesmos sendo as mesmas divergentes e antagônicas dentro das diversas escolas de pensamento aos quais pertencem. Só após a exposição desse movimento do pensamento, é que se teriam os meios necessários para se firmar as posições teórico-metodológicas elegidas para guiar os procedimentos de pesquisa.

4.1 A História da Paisagem: uma transposição necessária entre a História Natural e a História dos Homens

A paisagem, conforme vaticina AB'SABER (1977, p. 1) é sempre uma herança, em todo o sentido da palavra. *“(...) É herança de processo fisiográficos e biológicos e patrimônio coletivo dos povos que historicamente os herdaram como território de atuação de suas comunidades (...)”*.

São o resultado de processos antigos, remodelados e resignificados por processos de atuação recentes. Em muitos lugares, como as áreas de planaltos antigos, os processos antigos foram os responsáveis pela compartimentação geral da topografia, num engenho e trabalho forçado da natureza que levou milhões ou dezenas de milhões de anos. Em contraste, os processos de remodelamento das paisagens são muito mais recentes, restringindo-se basicamente ao período Quaternário, com duração de, no máximo, centena de milhares de anos.

Os primeiros agrupamentos humanos assistiram às variações climáticas e ecológicas deste período da história geológica, responsável pela remodelação das paisagens. No entanto, desde os últimos 7 a 10 mil anos, as paisagens têm se configurado em um esquema global de paisagens zonais e azonais, muito próximo do quadro que encontramos hoje. Dessa forma, ressalta-se que os países herdaram fatias, maiores ou menores, dos mesmos conjuntos paisagísticos de longa e complicada elaboração. Mais do que isso, conforme lembra AB'SABER (*op. cit.*), os povos herdaram das paisagens pretéritas, uma herança de longa e complicada elaboração fisiográfica e ecológica.

O território brasileiro, devido à sua magnitude espacial, contempla um mostruário bastante completo de paisagens e ecologias do Mundo Tropical. Para AB'SABER (*op. cit.*), por muito tempo, os pesquisadores europeus que cuidaram da investigação dos agrupamentos indígenas estavam acostumados a observar as bruscas mudanças de paisagem no limitado território europeu, não tendo a sensibilidade de perceber as sutis variações nos padrões de paisagem e ecologia do mundo tropical brasileiro.

Como consequência dessa falta de sensibilidade para a análise das paisagens brasileiras, tivemos no decorrer do século XX um retrocesso em relação ao estoque de conhecimentos sobre a gênese e evolução de nossas paisagens. A interrupção desse processo de declínio só se estancou com a instalação das primeiras universidades, quando um pensamento majoritariamente brasileiro começou a complexificar os ensinamentos dos naturalistas em relação às paisagens brasileiras.

A despeito das paisagens brasileiras estarem sob uma complexa situação de duas organizações opostas e interferentes, a da natureza e a dos homens, ainda existem estoques de paisagens em que se podem caracterizá-las em relação a uma aproximação de suas características primárias (AB'SABER, 1977).

De modo geral, o homem pré-histórico brasileiro pouco parece ter feito como elemento perturbador da estrutura primária das paisagens e da ecologia intertropical e subtropical brasileira, fato diferente do ocorrido nas paisagens tropicais africanas, onde a existência de agrupamentos humanos muito mais antigos imprimiu modificações mais incisivas e extensivas.

A área de estudo está inserida dentro do Domínio dos Mares de Morros (**Figura 4.1 - 1**), com uma extensão territorial de cerca de 650.000 km², ao longo do Brasil Tropical Atlântico. As paisagens desse domínio são marcadamente azonais, com predomínio dos processos de mamelonização afetando todos os níveis da topografia e mascarando superfícies aplainadas de cimeira ou intermontana, patamares de pedimentação ou eventuais terraços.

No Domínio dos Mares de Morros predominam vertentes policonvexas, onde se tem o exemplo mais bem acabado dos processos de mamelonização de terras tropicais e subtropicais no globo. A presença mais forte da decomposição de rochas cristalinas e convexização em níveis intermontanos aventa como hipótese uma possível alternância

entre pedimentação e mamelonização (**Figura 4.1 - 2**) como eventos a explicar a conformação das paisagens (AB'SABER, 1977).

Figura 4.1 1 – Domínios Morfoclimáticos Brasileiros – Ab'Saber

Fonte: Adaptado de ROSS *et. al.* (1996).

Ademais, planícies meândricas e predominância de depósitos finos nas calhas fluviais, a frequente presença de solos superpostos, na forma de coberturas coluviais enterrando linhas de pedra, também contribuem como elementos a comprovar a hipótese da alternância de pedimentação e mamelonização como processos fundantes destas paisagens.

As paisagens do Domínio dos Mares de Morros apresentam precipitações que variam entre 1.000 e 1.500 mm, podendo atingir 4.000 mm em setores da Serra do Mar. As Florestas Tropicais recobrem níveis de morros costeiros, escarpas terminais e setores serranos mamelonizados de planaltos compartimentados e acidentados. As diferentes biotas encontradas ao longo das Florestas Tropicais recobriam originalmente 83% da área do domínio. Menciona-se ainda encraves de bosques de araucária em altitude e

de cerrados em diversos compartimentos de planaltos interiores na forma de chapadões florestados.

Figura 4.1 2 – Evolução da Paisagem por Ciclos de Pedimentação (Climas Secos) e Mamelonização (Climas Úmidos)

Fonte: BIGARELLA & BECKER (1975).

Novos quadros de paisagens foram introduzidos no Domínio dos Mares de Morros pelo homem, entre eles, reservatórios de empresas de energia (**Fotos 4.1 - 1 e 4.1 - 2**), passíveis de serem tomados como ponto de partida para toda a remodelação paisagística em escala regional.

<p>Foto 4.1 1 - UHE Euclides da Cunha, elemento responsável pela remodelação da paisagem na região de estudo.</p>	<p>Foto 4.1 2 - Reservatório da PCH Rio do Peixe II na porção sudoeste da área de estudo. Junto com a agricultura e a pecuária são os principais agentes remodeladores da paisagem na área de estudo.</p>
<p>Fonte: AES Tietê</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

O domínio dos Mares de Morros, conforme AB'SABER (1977) tem se mostrado como meio físico, ecológico e paisagístico mais complexo e de difícil relação com as variáveis antrópicas dentre todos os que compõem o território brasileiro. Em seu interior encontram-se cidades de grande porte, parques industriais avantajados e sistema viário de grande porte, sendo no caso destes últimos, difícil a conservação de estradas sobretudo na região de colinas das bacias de Taubaté e São Paulo, como também na região de morros que as circundam.

Neste domínio são fortes os processos de erosão e movimentos coletivos de solos, em quantidade e proporção não encontrados em qualquer outro domínio no território nacional.

A estrutura das paisagens brasileiras comporta um sistema regional em que participam, do ponto de vista fisiográfico e ecológico, poucas grandes parcelas, relativamente homogêneas. Acrescenta-se a estes estoques básicos, uma grande variedade de feições fisiográficas e ecológicas, correspondendo às áreas de contato e de transição entre os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos de maior expressão regional. O mosaico de domínios paisagísticos e ecológicos, somado às feições das faixas de contato e transição, constituem um universo de paisagens com potencial de conservação e importancia de nível global. No entanto, no interior das áreas nucleares de cada domínio morfoclimático, existem padrões de paisagens diferenciados,

tornando cada um dos domínios morfoclimáticos, uma família regional de ecossistemas. Por último, devem ser considerados ainda os pequenos quadros de exceção, representados por encaves no interior de cada uma das áreas core, organizado na forma de geótopos e geofácies (AB'SABER, 1977).

A utilização da área core do domínio dos Mares de Morros definiu todo um ciclo econômico responsável pela industrialização brasileira, durante as décadas de 1930 e 1940. Grande pressão de ocupação passou a ocorrer na fachada atlântica e ao longo dos planaltos interiores. Neste processo, ecossistemas naturais foram substituídos por agrossistemas extensivos, pontilhados por ecossistemas urbanos, dispostos na forma de redes ou bacias.

A substituição dos componentes das paisagens tropicais pelo aproveitamento agrícola tem sido a fórmula predominante de conquista de espaços econômicos de áreas primariamente florestadas. A supressão quando não total da floresta para formação de espaços agrários tem sido o padrão de desenvolvimento econômico utilizados por economias emergentes, como a do Brasil. No passado, vastas áreas de florestas atlânticas foram devastadas para extensão de canaviais e cafezais.

Como lembra AB'SABER (*op. cit.*), o brasileiro tem tido dificuldade, por uma razão ou outra, em manter partes da cobertura vegetal e conviver com uma paisagem onde existem florestas. Para os primeiros povoadores, os sertões florestados extensivos dificultavam a vida e por isso precisavam ser removidos. Como consequência, restaram somente reservas de ecossistemas naturais, naqueles espaços em que topografia e o clima se tornaram bastante incômodos.

A paisagem ocupou e ocupa um papel de destaque dentro da Geografia. No entanto, como analisa PASSOS (2006), este conceito ainda continua a dividir os geógrafos. Para uns, o conceito de paisagem é vazio e para os outros que a defendem, um conceito unificador, pois perpassa múltiplas dimensões do temário geográfico.

O conceito de paisagem ganha uma reabilitação a partir de 1970, graças a novas sensibilidades, curiosidades e contextos favoráveis. Os arquitetos e urbanistas renovaram o olhar sobre as paisagens urbanas, observando-se também como elemento renovador do conceito a revolução na fonte de dados possibilitada pelas fotografias aéreas e imagens de satélite.

A tomada de consciência sobre as agressões à paisagem criou uma literatura destinada a alertar o grande público sobre a morte das mesmas. Em poucos anos, a produção explodiu e o conceito de paisagem se tornou interdisciplinar. Ampliado ao conjunto das Ciências Humanas, o conceito vai tomando novas dimensões, criando, porém, uma polifonia que dificultou uma definição precisa do conceito.

A evolução histórica das paisagens, conforme PASSOS (2006) é negligenciada pelos ecologistas, pouco familiarizados com os documentos históricos, como também é negligenciada pelos historiadores, que, com raríssimas exceções, não interpretam os documentos relativos ao meio natural. A negligência é estendida também aos geomorfólogos, que se preocupam mais com as mudanças processadas na paisagem durante o período Quaternário, e relegam pouca importância aos fatos processados nos períodos geológicos mais antigos.

Numa concepção mais abrangente, a paisagem é produzida historicamente pelos homens, segundo sua organização social, seu grau de cultura e aparato tecnológico. Ela integra as condições naturais peculiares herdadas da história natural à organização social produzida pelos homens, diluindo, assim, as diferenças entre a Geografia Humana e a Geografia Física, apresentando, portanto, três dimensões: uma natural, uma social e uma histórica.

Um estudo ecológico do ponto de vista da História da Paisagem tem sido tônica muito mais na mão dos ecólogos do que na mão dos historiadores, embora haja exceções, como os trabalhos de Max Sorre ou de E. Le Roy Ladurie. No estudo sobre os climas desde o ano mil, E. Le Roy Ladurie, estabeleceu uma ruptura epistemológica entre o estudo climático do tipo histórico, do estudo humano do clima. Essa cisão epistemológica levou BERTRAND (1971) a estabelecer quatro níveis de resolução para a abordagem da problemática histórica no estudo das paisagens, conforme transcreve PASSOS (2006, p. 72):

O estudo dos meios naturais tal como se apresentam atualmente, isto é, profundamente modificados pelas sociedades humanas: este estudo não coloca problemas particulares na medida em que se apoia sobre métodos

geográficos e ecológicos habituais. Apesar de se interessar mais diretamente pela história rural mais contemporânea, constitui a única base de saída segura.

O estudo das flutuações naturais de certos elementos do meio natural tomados isoladamente: é o exemplo do estudo da história do clima realizado por Ladurie, ou de pesquisa muito localizadas sob certas espécies ou formações vegetais (análise de pólen ou carvão). Estes estudos fornecem informações preciosas, mas muito dispersas, que nem sempre apresentam concordância entre si.

O estudo dos meios naturais decorrente das intervenções humanas: estes aspectos geralmente são evocados pelos historiadores, que analisam em detalhe os aspectos econômicos, sociais e jurídicos, mas não sabem geralmente tirar partido dos dados ecológicos propriamente ditos por falta de formação naturalista. Uma fonte muito rica de informações históricas relativas às mudanças ambientais resultantes das relações sociedade-natureza encontra-se na coleção Reconquista do Brasil, elaborada a partir da contribuição dos viajantes que percorreram parte significativa do território brasileiro no início do século XIX (Martius, Saint Hillaire, Spix, Langsdorff). Por outro lado, um ecologista dificilmente poderá utilizar o trabalho de um historiador porque a documentação ecológica nem foi reunida, nem elaborada, nem sobretudo criticada pelo plano histórico. De seu lado os ecologistas frequentemente negligenciam, sem entretanto ignorar, o aspecto histórico de suas pesquisas.

O estudo das relações dialéticas entre a evolução das sociedades rurais e a evolução dos meios aparece, então, dentro de toda a sua complexidade: em suma trata-se de premiar um edifício do qual partes inteiras ainda não foram construídas. A principal dificuldade é ter que debater a todo o momento problemas que tratam de questões diferentes

(ecológica, agronômica, física e sociológica), e que ficam, sem resposta dentro de suas respectivas categorias.

O termo ecológico dentro de uma perspectiva da história da paisagem é aquele do estudo das relações entre as sociedades sucessivas e os espaços geográficos que elas transformaram para produzir, habitar e sonhar.

Os espaços rurais, como o que engloba a região de estudo, é um meio organizado para a produção agrícola, animal ou vegetal, pelos grupos humanos que fundam sobre sua totalidade, ou sobre uma parcela dela, sua vida econômica e social. Mas os espaços rurais não existem fora de sua condição natural. Ele é uma realidade ecológica. Por definição ela comporta uma parte maior dos elementos naturais ou diretamente derivados do meio natural: relevo, clima, solos, águas, vegetais e animais. No entanto, os elementos naturais não podem ser considerados uma dádiva da natureza, mas como uma realidade vivida, às vezes dominantes, às vezes dominada, combatida e utilizada no interior da organização econômica e social.

Para PASSOS (2006) a análise ecológica situa-se obrigatoriamente a jusante do fato humano. É por ter esquecido desse fato ou tê-lo negligenciado, que muitos estudos ecológicos ou geográficos não usam mais todo o potencial da análise histórica das paisagens dos espaços rurais.

Como visto, a produção das paisagens unificaria, segundo PASSOS (2006) o discurso geográfico. No entanto, em função das múltiplas dimensões (natural, social e histórica), é necessário estabelecer um recorte e um ponto de partida para as investigações. Nesta perspectiva, conforme se definiu nos objetivos da presente dissertação de mestrado, ou seja, realizar uma leitura da história da paisagem para a área diretamente afetada pelas PCH Rio do Peixe I e II, considerando a interação do barramento e os sistemas físicos naturais e modificados, imrrompe em considerar, conforme as tipologias de investigação da história da paisagem consideradas por Bertrand, o estudo dos meios naturais decorrentes das intervenções humanas, na qual a produção de modificações na paisagem natural pela ação humana, criam novas formas naturais, portanto, modificadas, cujas marcas são processadas inclusive ao nível da paisagem, na forma de evidências como mudanças de padrões, magnitude e frequência de processos, mudanças de perfis de formas de relevo, entre outros (**Figura 4.1 - 3**).

Figura 4.1 3 – Derivação Antropogênica e efeitos geomórficos associados ligados à implantação de barramentos em rios.

Fonte: BRIERLEY & FRYRIS (2006)

Ao se investigar a história da paisagem natural pelas modificações causadas pelo homem, faz-se necessário, portanto, adotar como ponto de partida o conceito de derivações antropogênicas, explorado na seção que segue.

4.2 Derivações Antropogênicas: um ponto de partida

As pressões antropogênicas nos ecossistemas naturais afetam a cobertura vegetal e a estabilidade dos solos, causando mudanças na magnitude, frequência e duração dos fluxos de água. Desta forma, as técnicas e informações geomorfológicas possibilitam avaliar as mudanças ambientais existentes na interação solo/vegetação, as quais têm, nos trópicos úmidos, impactos nas formas, materiais e processos.

COLTRINARI (1996) assinala a importância da utilização dos geoindicadores como ferramenta ao estudo das derivações antropogênicas nos trópicos úmidos, lembrando do fato de que o ambiente tropical é menos conhecido que os outros ambientes, revelando uma escassez de dados, o que dificulta a diferenciação entre mudanças naturais e antropogênicas.

A autora supracitada define os geoindicadores como medidas de magnitude, frequência, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos, que ocorreram em períodos de 100 anos ou menos, ou próximo à superfície terrestre e que podem apresentar variações significativas para a avaliação e compreensão de mudanças ambientais rápidas (COLTRINARI, 1996).

Para BERGER (1996) os geoindicadores são medidas de superfície ou próximo da superfície de fenômenos e processos geológicos que variam significativamente no período de 100 anos ou menos e que provêm informações para avaliações ambientais.

Pesquisas sobre geoindicadores neste meio podem ser úteis ao fornecer dados que permitirão a compreensão das mudanças ambientais atuais e pretéritas, o que poderá levar ao desenvolvimento de métodos simples para controlar estas mudanças, assim como separar aquelas que estão mais ligadas às causas naturais, daquelas que se associam às causas induzidas pelo homem.

A compreensão do significado da ação humana como mudança nos atributos geomorfológicos do meio físico é uma ferramenta preciosa para o entendimento dos impactos que são causados diariamente por nossas atividades e sistemas de engenharia no meio ambiente, função essa primordial não apenas para geomorfólogo, mas para geógrafos, biólogos, geólogos, engenheiros e outros profissionais que trabalham diariamente com as questões atinentes aos impactos ambientais e temas ambientais em geral.

NIR (1983) ao relembrar a lei de processos geomorfológicos, superimpostos por uma população sempre crescente, tem promovido uma expansão das possibilidades de interferências físicas na paisagem. A leitura que o autor faz da literatura geomorfológica dos últimos 40 anos mostra que a percepção do homem como um agente geomorfológico é recente e está ligada ao desenvolvimento da Geomorfologia

Ambiental, estando grande parte dos manuais preocupados com a Geomorfologia de Processos.

Das obras clássicas que suscitam debates sobre a ação do homem como agente geomorfológico, NIR (1983) cita o Tratado de Geografia Física de Emanuel De Martonne e o Compendio de Geomorfologia de M. Derruau. No entanto, o autor a tratar desta questão com mais afinco seria Louis, com seu *Allgemeine Geomorphologie*, de 1960.

A percepção definitiva da ação do homem como agente geomorfológico é inaugurada com os trabalhos de Fischer (1915) e Sherlock (1922). Fisher em *Der Mensch als geologischer Faktor*, foi um dos primeiros geólogos a fazer estimativas do volume de minerais utilizados pelo homem em construções. Já o trabalho de Sherlock, *Man as Geological agent*, a diversidade das atividades humanas é trazida para o centro do debate, ressaltando os seus aspectos tecnológicos em termos de intervenção dos processos naturais, como a construção de rodovias e ferrovias, a abertura de minas de carvão, entre outros (**Figura 4.2 - 1**).

Figura 4.2 1 – Impactos de Dutos na Permeabilidade de Solos Urbanos.

Fonte: PITY *et. al.* (2002)

O trabalho de Brown, *Feições Humanas da Terra*, de 1970, distinguiu metodologicamente diferenças entre ação humana direta e ação involuntária na modificação de processos geomorfológicos. Em 1972, a Academia Nacional de Ciências Americana publicou um volume especial sobre Geomorfologia Antrópica, com destaque para o trabalho de Strahler & Strahler, com o título de Geociências

Ambientais: interações entre Sistemas Naturais e o Homem, na qual analisa a ação direta do homem nos processos naturais.

As intervenções humanas no meio físico podem ser de dois tipos, biológicas e geomorfológicas. As intervenções biológicas incluem a destruição de plantas e animais pelo fogo, coleta, caça e pastagem. As intervenções mais sofisticadas atuais incluem a criação de novas espécies de plantas e animais, a transferência de plantas, entre outros. Já as intervenções geomorfológicas incluem a mudança do leito de rios para a irrigação, a drenagem de pântanos e partes do mar, melhorias em vertentes pelo terraceamento, entre outras.

NIR (1983) ressalta que a ação individual do homem não altera a paisagem, sendo correto analisar as alterações que ele produz em sociedade, assim a Geomorfologia Antrópica dependeria bastante do contexto social do homem. Desta forma, as pesquisas neste ramo devem guiar-se por algumas premissas:

- a) A destruição do homem por uma simples atividade e o impacto global na superfície terrestre, considerando-se o fator demográfico.
- b) O intervalo de tempo em que cada atividade de intervenção se processa, considerando-se o fator histórico.
- c) O aumento da capacidade do homem de modificar a paisagem por novas tecnologias e investimentos de capital, considerando-se o fator econômico.
- d) O crescimento da demanda por padrões mais altos de vida, que envolve mais intervenção nos processos naturais, considerando-se o fator socioeconômico.

A paisagem, conforme a análise de NIR (*op. cit.*) deve ser lida como um sistema, por meio do conceito de Estado de Equilíbrio em Geomorfologia.

A definição de sistema preconiza a necessária interação de suas partes, na qual a mudança da intensidade de um processo em particular tem a capacidade de modificar todo o sistema, e ao se alcançar a situação crítica, tem a capacidade de destruir o mesmo.

Em relação aos métodos de pesquisa a serem adotados no estudo das derivações antropogênicas, NIR (*op. cit.*) enumera a abordagem histórica, na qual deve-se investigar a sequência de intervenções do homem nas formas e processos geomorfológicos, assim como nas mudanças dos padrões de cobertura do uso da

terra. Já na abordagem socioeconômica, se investigaria o cerne da dinâmica das intervenções humanas, sob o enfoque econômico, social e iconográfico. A abordagem geomorfológica incluiria a investigação das taxas e extensão dos processos geomorfológicos estudados, e por fim, ter-se-ia o enfoque do planejamento, cuja função seria reunir os enfoques anteriormente mencionados.

Para NIR (*op. cit.*), os métodos de investigação em Antropogeomorfologia incluiriam a investigação de uma determinada área antes e depois da intervenção humana, como também a investigação e simulação dos processos antropogeomorfológicos, separando-se e comparando-se áreas ainda em estágio natural com áreas na qual as intervenções tenham se processado (**Figura 4.2 - 2**).

Figura 4.2 2 – Formas de Acumulação e Denudação formada por processos naturais e antrópicos na cidade de Darjiling, Bengala Ocidental.

Fonte: GUPTA (1993).

Os métodos de investigação incluíam também o estudo de ambientes completamente alterados pela ação humana, medindo-se os processos resultantes da implantação desse novo tipo de ambiente e por fim, a investigação do comportamento socioeconômico, em virtude de seus efeitos nas taxas de processos antropogeomorfológicos.

Ao se ter em mente a capacidade de influencia das ações humanas na derivação de paisagens naturais, é necessário lembrar os apontamentos teórico-metodológicos aventados por NIR (1983), mencionados anteriormente, na qual a abordagem histórica e socioeconômica são ferramentas fundamentais para a compreensão do cerne que das modificações criadas pela homem nas diferentes paisagens.

Dessa forma, a compreensão de como um setor de grande peso na economia moderna tem na capacidade de alterar paisagens tipicamente rurais e contribuir não apenas para alterações localizadas, mas para o advento de todo um novo momento para a modernidade, ensejando inclusive a capacidade de fornecer insumos para a motorização dos territórios, é tarefa indispensável.

Sem a compreensão do processo histórico da implantação do setor elétrico paulista, o qual promoveu a inauguração da PCH Rio do Peixe I, em 1925, não se teriam ferramentas adequadas para entender a dimensão que as alterações pretéritas do advento de um modo novo de produzir energia desencadeou em uma área dedicada primariamente à produção de café, ponderando-se, assim, a dimensão das derivações antropogênicas que esse novo fato da modernidade relegou à área de estudo. É o que se pretende fazer na seção que se segue.

4.3 O Setor Elétrico Paulista e seus primórdios: da motorização do território à produção de paisagens híbridas

De acordo com DINIZ (2012) a partir da segunda metade do século XIX uma nova e revolucionária forma de energia começa a se transformar numa das indústrias mais bem sucedidas da história da humanidade: a geração e utilização da energia elétrica. As invenções e descobertas feitas no final do século XIX e início do século XX permitiram a transformação da energia elétrica em negócio.

Uma das primeiras descobertas revolucionárias foi o desenvolvimento da geração eletromecânica, primeiro com os dínamos de corrente contínua e depois com os geradores de corrente alternada, movidas a turbinas térmicas ou hidráulicas, possibilitando um ganho de escala que não era possível até então.

O transformador de Westinghouse, de 1887 tornou viável a transmissão da energia elétrica por longas distâncias e permitiu a construção de hidrelétricas fora dos centros de consumo, em locais de melhor aproveitamento da energia criada pelas águas. O motor, a lâmpada, o rádio, entre outras invenções, abriram caminho para o consumo industrial, comercial e doméstico, em larga escala, da energia que era produzida fora da cidade.

Figura 4.3 1 – George Westinghouse, uma dos inventores dos transformadores em corrente alternada.

Fonte: Museu da Energia. Departamento de Energia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro).

No Brasil, conforme pontuam NOGUEIRA & FERRÃO (2015), a Usina de Marmelos foi a primeira hidrelétrica instalada não somente no país, mas na América do Sul, no dia 5

de setembro de 1889, na cidade mineira de Juiz de Fora. Quatro anos mais tarde, é a vez do estado de São Paulo experimentar a instalação de sua primeira usina hidrelétrica, mais precisamente no município de São Carlos, por meio da instalação da Usina de Monjolinho.

<p>Foto 4.3 1 - Usina Marmelos, em Juiz de Fora, a primeira usina hidrelétrica do Brasil e da América do Sul.</p>	<p>Foto 4.3 2 Usina de Mojolinho, a primeira usina hidrelétrica do estado de São Paulo</p>
<p>Fonte: Museu da Energia. Departamento de Energia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro).</p>	<p>Fonte: Museu da Energia. Departamento de Energia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro).</p>

Os primeiros ensaios com o uso da energia elétrica, no entanto, são mais antigos, e o Brasil participou dessa história desde as primeiras descobertas. Enquanto Thomas Edison patentava a lâmpada incandescente em 1879, D. Pedro II acionava as lâmpadas elétricas de *Jablokhov* para iluminar a Estação Central do Brasil (DINIZ, 2012).

A chegada da energia elétrica no estado de São Paulo, conforme apontam NOGUEIRA & FERRÃO (2015) foi um dos elementos primordiais responsáveis por alterar as paisagens rurais do estado de São Paulo, profundamente marcadas, primeiramente pelo tropeirismo, que ampliou não só o alcance da colonização do estado, mas de todo o Brasil e depois, pela expansão na forma de frentes pioneiras causadas pelo café.

O movimento tropeirista tem início no século XVII e foi responsável pela integração da ocupação do litoral, já em tempos coloniais com os sertões de Minas Gerais e do Brasil Central e a região sul (**Figura 4.3 - 2**). Os caminhos abertos pelo sertão, feitos

Até os finais do século XIX, a ocupação do território paulista limitava-se à metade oriental do estado, o que incluía o litoral, o Vale do Paraíba, a região da Mantiqueira e o início da Depressão Periférica. É nesse contexto que nasce a cidade de São José do Rio Pardo, já no fim do referido século, motivada pelo boom cafeeiro. As coberturas vegetais amplamente dominantes na paisagem, tornam-se fragmentos nas porções mais elevadas do relevo regional e uma ampla paisagem rural, salpicada de fazendas e estradas de apoio ao escoamento do café passam a tomar conta (**Figura 4.3 - 3**).

Figura 4.3 3 – Imigrantes Italianos no Pátio da Estação da Fazenda Vila Costina, São José do Rio Pardo.

Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.

Mesmo ao se ter em mente que a industrialização é o motor da modernidade e símbolo da riqueza do estado de São Paulo, ela só foi possível por meio dos investimentos do capital mobilizados pelo café, num primeiro momento como opção pelo escoamento da produção pelas ferrovias, e depois, como fonte de diversificação de negócios dos primeiros cafeicultores, que investiram no embelezamento das cidades. Promove-se uma verdadeira ruptura do padrão de organização das paisagens, saindo-se da herança colonial representada pelo café para o mundo industrial, representado pela descoberta da energia elétrica e das primeiras formas de mecanização.

Para se fazer presente a modernidade, era necessário motorizar o território, e a ferrovia, seguida da energia elétrica tiveram papel fundamental nesse processo, o que pode ser confirmado pela leitura que alguns autores, como NOGUEIRA & FERRÃO

(2015), os quais afirmam que a eletricidade é o elemento definidor da paisagem industrial do estado de São Paulo, influenciando inclusive a urbanização, por meio do surgimento de cidades que serviram primeiramente como polos para o escoamento de café, e depois serviram-se como polos de apoio para produção de energia elétrica, um verdadeiro motor da economia urbano-industrial recentemente instalada no Brasil.

Como forma de preparar o território do estado de São Paulo para a motorização, a Comissão Geográfica e Geológica (CGG) teve um papel fundamental, inventariando os maiores rios do estado e cadastrando os saltos e cachoeiras, nos quais poderiam ser implantadas hidrelétricas (**Figura 4.3 - 4**). Os rios, antes vistos como vias de tráfego, deixam essa função para as ferrovias, e passam a ser valorizados como recurso para a produção de energia elétrica. As bicas, fontes e chafarizes simbolizavam os centros de povoados e cidades do período colonial, junto com os rios pela sua capacidade de fornecer caminhos. Era o elemento a definir o modo de vida dessas populações, majoritariamente ribeirinho.

Figura 4.3 4 – Expedição da Comissão Geográfica e Geológica no rio Tietê (1906)

Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.

Com o advento do café, da industrialização e da eletrificação, esse significado muda: os rios deixam de ser as vias a comunicar as redes de cidades, tendo esse papel

transferido para as estradas que escoavam a produção de café. A produção de estradas passa ser a medida da influência da rede de cidades na economia cafeeira, fazendo a ligação do campo, e, portanto, das zonas rurais, como as cidades, locus principal de materialização da urbanização cafeeira. Em seguida o advento das ferrovias e da eletricidade muda mais uma vez esse significado, colocando potência total no modo de vida urbano, moderno e industrial, em detrimento da vida rural, atrasada e mais ligada ao modo de vida colonial.

Com a eclosão das ferrovias e o advento da eletricidade, as cidades paulistas se tornaram extensas rapidamente. A implantação da ferrovia, como o ramal da Mogiana que atravessa a região de São José do Rio Pardo funcionava como um ponto de atração para a expansão das cidades. Ao redor das estações surgiram hotéis, pensões, fábricas, bairros para os funcionários das empresas de energia, as primeiras linhas de bonde, entre outros.

Figura 4.3 5 – Mapa das Estradas de Ferro do estado de São Paulo no início do século XX, com detalhe em vermelho da Estrada de Ferro Mogiana.

Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.

O padrão de ocupação do território paulista suscitado pela ferrovia acabou permitindo a instalação das primeiras indústrias, geralmente próximo ao quadrante definido pela estação ferroviária e a rede elétrica, o que permite entender que industrialização e

eletrificação são processos associados. O processo inicial de eletrificação, no entanto, não se deu de maneira massiva, esbarrando em dificuldades como importação de maquinários e instalação de linhas de transmissão, o que permitiu num primeiro momento a instalação de pequenas centrais ao invés de usinas de porte maior. Outra dificuldade estava na própria novidade que a energia elétrica simbolizava, tendo-se feito um esforço por parte das primeiras companhias de energia em popularizar o uso da energia elétrica nas residências.

A primeira década de implantação das usinas hidrelétricas no estado de São Paulo, conforme delimitação feita por NOGUEIRA & FERRÃO (2015), compreende o período entre 1890 e 1900, ou período pioneiro de instalação, marcado por uma série de dificuldades operacionais de implantação, como problemas alfandegários, falta de mão-de-obra qualificada para a montagem, adoção de padrão arquitetônico que privilegiava prédios retangulares sem divisórias, janelas grandes dispostas de forma simétrica, inapropriados ao uso industrial de equipamentos pesados como os hidrelétricos, entre outros.

As usinas geralmente eram implantadas nas cachoeiras mais próximas ao núcleo urbano, o que fez pipocar diversas pequenas usinas numa mesma cidade. Com a solução dos problemas de transmissão via corrente alternada, essas primeiras usinas começaram a receber mais geradores, o que aumentou em muito a produção, gerando excedentes até para a implantação da rede pública de transportes.

A tríade ferrovia-usina-urbanização logo passou a reger o processo de ordenamento territorial das cidades que implantaram os primeiros empreendimentos hidrelétricos no estado de São Paulo, observando-se o surgimento de bairros num quadrante definido por uma linha que liga a estação de trem com a usina, como é o caso de cidades como São Carlos, Rio Claro, Piracicaba, Campinas e também São José do Rio Pardo, na região da área de estudo.

Neste primeiro período de expansão, havia cerca de dez empresas de energia (**Quadro 4.3 - 1**), cada uma possuindo uma usina, espalhadas pela porção nordeste do estado. Neste período, a expansão da eletrificação, concentrada primeiro nas cidades, dependeu exclusivamente do espaço direcionado pelas plantações de café.

Quadro 4.3 1 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 1ª Década de Implantação (1890 – 1900).

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
1	1893	São Carlos	Monjolinho	Empresa Luz Elétrica de São Carlos do Pinhal.
2	1893	Piracicaba	Luís de Queirós	Empresa Elétrica Luís de Queirós
3	1895	Cravinhos	Buenópolis	Empresa Força e Luz de Ribeirão Preto.
4	1895	Rio Claro	Corumbataí	Companhia Mecânica Industrial Rio Clareense
5	1897	Pirassununga	Emas Velha	-
6	1897	Espírito Santo do Pinhal	São Grande ou Velha do Pinhal	Companhia Mogiana de Luz e Força
7	1897	São José do Rio Pardo	Santa Cruz	Companhia Força e Luz Santa Cruz
8	1897	Santa Rita do Passa Quatro	Três Quedas	Contrato com Ernesto Richter
9	1899	Ribeirão Preto	Buritis	Empresa Força e Luz de Ribeirão Preto
10	1899	Limeira	-	Companha Paulista de Eletricidade (CPE)
11	1900	Jaboticabal	Córrego Rico	Companhia Força e Luz de Jaboticabal

Elaboração: NOGUEIRA (2013) .

Como se vê, a região da área de estudo já participa do primeiro processo de implantação de usinas hidrelétricas do estado de São Paulo, por meio da Usina de Santa Cruz, da Companhia Força e Luz Santa Cruz.

Já na segunda década de implantação, conforme pontuam NOGUEIRA & FERRÃO (2015), ocorrida entre 1901 e 1910, há uma verdadeira euforia, em virtude da expansão das primeiras companhias de eletricidade, que investiram na modernização do maquinário e na implantação de uma segunda usina.

O **Quadro 4.3 - 2**, a seguir, traz a relação de usinas hidrelétricas implantadas no estado de São Paulo para o período de 1901 – 1910, podendo-se notar a implantação de novas usinas pelas companhias pioneiras que participaram do primeiro ciclo de implantação, como também, o surgimento de novas companhias de eletricidade, acompanhando o sentimento de euforia do setor.

Quadro 4.3 2 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 2ª Década de Implantação (1901 – 1910).

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
12	1901	Jaú	-	Empresa Força e Luz de Jaú
13	1901	Santana de Parnaíba	Parnaíba	Light
14	1901	Itu/Lavras	Fortuna	Ytuana
15	1901	Itu/Lavras	Júpiter	Ytuana
16	1902	Amparo	Bocaina	Empresa Elétrica de Amparo
17	1905	Jundiaí	Monte Serrat	Empresa Força e Luz de Jundiaí
18	1905	Bragança Paulista	Flores	Empresa Elétrica de Bragança Paulista
19	1906	Santa Rita do Passa Quatro	São Valentim	Municipalidade de Santa Rita do Passa Quatro
20	1906	Campinas	Salto Grande	Companhia Campineira de Tração, Força e Luz
21	1906	Sertãozinho	Monjolo	Empresa de Força e Luz Elétrica de Sertãozinho
22	1907	Salto	Lavras	Ytuana
23	1907	Botucatu	-	Empresa Força e Luz de Botucatu
24	1907	São José do Rio Pardo	Santa Alice	Companhia Força e Luz Santa Cruz
25	1907	São José dos Campos	Turvo	Light ou Cobertores Paraíba
26	1908	São Manuel	São Manuel ou Lençóis	Empresa Força e Luz de São Manuel
27	1909	Sorocaba	Lichtenfels	Lichtenfels – Contrato
28	1909	Mogi Mirim	Cachoeira de Cima	Empresa de Água, Luz e Força de Mogi Mirim
29	1909	Avaré	Rio Novo	-
30	1909	Tietê	Jurumirim	Companhia Luz e Força de Tatuí
31	1909	Socorro	Socorro	Companhia Paulista de Energia Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo.
32	1909	Araraquara	Chibarro	Empresa de Eletricidade de Araraquara
33	1910	Santa Rita do Passa Quatro	São Valentim II	Companhia Força e Luz São Valentim
34	1910	Campos do Jordão	Marmelos II	-
35	1910	Pirangí	Piragí	Companhia Paulista de Força e Luz
36	1910	Dois Córregos	Dois Córregos	Companhia Elétrica do Oeste de São Paulo
37	1910	Região de Bauru	Central de Senções	Companhia Paulista de Força e Luz
38	1910	Gavião Peixoto	Gavião Peixoto	Empresa Força e Luz de Jaú
39	1910	Bertioga	Itatinga	Companhia Docas de Santos
40	1910	Fartura	Fartura	Castor, Almeida e Companhia
41	1910	Novo Horizonte	-	Empresa Estefano e Maluf
42	1910	Americana	Carioba	Fábrica Carioba/Companhia Força e Luz Carioba

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
43	1910	Campos Novos Paulista	Simis	Empresa Elétrica de Bragança Paulista
44	1910	São José do Rio Preto	-	Empresa Elétrica de São José do Rio Preto
45	1910	Campinas	Jaguari	Companhia Campineira de Tração, Força e Luz

Elaboração: NOGUEIRA (2013) .

Ao que se nota do quadro acima, na região de estudo, a Companhia Força e Luz Santa Cruz, que em 1897 havia instalado a Usina Santa Cruz, amplia sua participação no setor de energia, implantando em 1907 a Usina de Santa Alice. A implantação dessa usina é traduzida pelos esforços do engenheiro Manfredo Antônio da Costa, que tinha ligações comerciais com a Casa de *Dodsworth*, importadora de material e equipamento elétrico da Companhia Internacional de Energia Elétrica de Liège, na Bélgica, responsável pelo projeto e implantação de diversas usinas hidrelétricas no estado de São Paulo.

O pioneirismo das família Costa continuou coma fundação da Empresa de Força e Luz de Botucatu, em 1905. A empresa fundada por Costa viria a se fundir a outras, constituindo o arranjo que daria origem à Companhia Paulista de Força e Luz, em 1912, já no terceiro ciclo de implantação (DINIZ, 2012).

A criação da Companhia Paulista de Força em Luz em 1912 deu-se pela fusão de uma série de empresas locais, na tentativa de otimização dos recursos técnicos e financeiros. Menciona-se a fusão da Empresa de Força e Luz de Botucatu, com a Empresa de Força e Luz de São Manuel, com a Companhia Elétrica do Oeste Paulista e com a Empresa de Força e Luz de Agudos e Perdeneiras NOGUEIRA & FERRÃO (2015).

Na terceira década do período de implantação, entre 1911 e 1920 (NOGUEIRA & FERRÃO, 2015) ocorre a interiorização da geração e expansão das primeiras companhias, que passam a se fundir para a criação de um sistema integrado de produção de equipamentos. Na região do Vale do Paranapanema, como no oeste paulista, a abertura de ferrovias era seguida da implantação das redes elétricas quase de modo instantâneo, por meio do prolongamento da Estrada de Ferro Sorocabana, que fez com que a energia chegasse até o oeste paulista (**Quadro 4.3 - 3**).

Quadro 4.3 3 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 3ª Década de Implantação (1911 – 1920).

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
46	1910	Mogi das Cruzes	-	Companhia Força e Luz Norte de São Paulo
47	1910	Marília (Célis)	São José	Empresa Elétrica São José
48	1910	Igarapava	Igarapava	Empresa de Força e Luz Ribeirão Preto
49	1910	Ituverava	Ituverava	Empresa de Força e Luz Ribeirão Preto
50	1910	São Joaquim da Barra	São Joaquim	Empresa de Força e Luz Ribeirão Preto
51	1911	Cerquilha	San Juan	Companhia San Juan de Força e Luz
52	1911	Brotas	Brotas	Companhia Força e Luz de Brotas
53	1911	São João da Boa Vista	São Joaquim	Companhia Sanjoense de Eletricidade
54	1911	São Carlos	Capão Preto	Companhia Paulista de Energia
55	1911	Guará	Guará	Empresa Força e Luz de Ribeirão Preto
56	1911	Mogi Mirim	Mogi Mirim	Empresa de Água, Luz e Força de Mogi Mirim
57	1911	Pedreira/Campinas	Macaco Branco	Companhia Campineira de Tração, Luz e Força
58	1912	Penápolis	Salto do Avanhandava	Sociedade Anônima Empresa de Eletricidade de Rio Preto
59	1912	Cachoeira Paulista	Bocaina ou Cachoeira Paulista	Empresa Hidrelétrica da Serra da Bocaina
60	1912	Bocaina	Bocaina	Companhia Elétrica do Estado de São Paulo
61	1912	São Miguel Arcanjo	Turvinho	-
62	1912	Patrocínio paulista	Esmeril	-
63	1912	Pilar do Sul	Batista	Cianê
64	1912	Guaratinguetá	Sodré	Companhia Força e Luz Paraibunense
65	1913	Sarutaia	Boa Vista	Castor, Almeida e Companhia ou Silva Prado
66	1913	Paraibuna	Itapeva	Empresa Força e Luz Paraibunense
67	1913	Jundiaí	Quilombo	Empresa Luz e Força de Jundiaí
68	1913	Salesópolis	Salesópolis	Companhia Força e Luz Norte de São Paulo
69	1914	Votorantim	Itupararanga	Light
70	1914	Santa Rosa do Viterbo	Itaipava	Fazenda Santa Amália
71	1915	Pindamonhangaba	Isabel	Empresa de Eletricidade São Paulo – Rio
72	1915	Itú	São Pedro	Empresa Luz e Força Elétrica de Tietê S.A.
73	1917	São José dos Campos	Jaguari	Empresa Luz e Força de São José

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
				dos Campos
74	1911	Macatuba	Lençóis	Empresa Força e Luz de Agudos e Pederneiras
75	1917	Araraquara	Marilu/Tamoio	Companhia Agrícola União S.A – Usina Tamoio
76	1919	Ribeirão Preto	Epitácio Pessoa	Empresa de Força e Luz de Ribeirão Preto

Elaboração: NOGUEIRA (2013) .

Pelo exposto no quadro acima, pode-se notar que na terceira fase de expansão, os empreendimentos hidrelétricos espalhavam-se por quase todas as regiões do estado de São Paulo, observando-se uma nova fase de fusões, como a que deu origem à Companhia Paulista de Força e Luz e o Grupo Silva Prado. O Grupo Silva Prado, por exemplo, foi formado pela fusão das empresas de Força e Luz de Ribeirão Preto e de Jaú, como também pela Companhia de Força e Luz de Avanhandava.

Na quarta década de implantação, entre os anos de 1921-1930 (**Quadro 4.3 - 4**), observa-se um expressivo aumento da potência instalada na região de Campinas e São José do Rio Preto, sem a implantação de novas usinas, fruto, portanto, do aperfeiçoamento tecnológico de empresas estrangeiras, como a AMFORP (*The American & Foreign Power Company*), que adquiriu uma série de empresas no interior do estado.

Ao final dos anos 1930 todo o território paulista está eletrificado, a indústria em expansão e o capital estrangeiro passando a exercer grande controle sobre as empresas, sobretudo pela atuação da AMFORP e da Light.

Quadro 4.3 4 – Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo – 4ª Década de Implantação (1921 – 1930).

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
77	1920	Presidente Prudente	Indiana	Companhia Elétrica Caiuá
78	1921	Penápolis	Salto do Avanhandava	Companhia Força e Luz de Avanhandava
79	1921	São José dos Campos	-	Empresa Luz e Força de São José dos Campos
80	1922	Pirassununga	Emas Velha	SACERC
81	1923	Itú	Porto Góes	Ituana
82	1923	São Luís do Paraitinga	Chapéu	Grupo de Fazendeiros/Prefeitura de São Luís de Paraitinga

N.	Ano	Cidade	Usina	Empresa
83	1923	Mogi Guaçu	Mogi Guaçu	Empresa Melhoramentos Mogi Guaçu
84	1924	Piracaia	Arpuí	Bragantina
85	1904	São João da Boa Vista	Santa Inês	Companhia Sanjoense de Eletricidade
86	1924	Cajuru	Cajuru	Empresa de Armando Salles de Oliveira
87	1924	São João da Boa Vista	São José	Companhia Sanjoense de Eletricidade
88	1924	Itápolis	Reynaldo Gonçalves	-
89	1924	Limeira	Ribeirão do Pinhal/Tatu	SACERC
90	1924	Itaberá	Itaberá	Leôncio Pimentel
91	1925	Pirapora do Bom Jesus	Rasgão	Light
92	1925	São José do Rio Pardo	Rio do Peixe I	TVZ Companhia Paulista de Energia Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo
93	1925	Nova Campina	São José	-
94	1926	Cubatão	Henry Borden	Light
95	1926	Roseira	Vaticano	Companhia Agrícola e Industrial Cícero Prado
96	1926	Nuporanga	Dourados	Empresa Força e Luz de Ribeirão Preto
97	1927	São Sebastião	-	Empresa de Eletricidade de São Sebastião
98	1927	Jacareí	-	Companhia Força e Luz de Jacareí e Guararema
99	1928	Itapecerica	-	Empresa Itapecericana de Luz e Força
100	1928	Torrinha	Três Saltos	-
101	1928	Pilar do Sul	Pilar	Cianê
102	1928	Pederneiras	Lageado	Empresa de Força e Luz de Pederneiras Ltda
103	1928	Espírito Santo do Pinhal	Pinhal	-
104	1929	Nova Europa	Santa Fé	Usina Santa Fé
105	1929	Martinópolis	Laranja Doce	-
106	1929	Dois Córregos	Rio Figueira	Companhia Independência de Eletricidade
107	1929	Icém	Marimondo	Companhia de Eletricidade de Icém
108	1930	Cosmópolis	Ester	Usina Ester
109	1930	Campos do Jordão	Fojo	-
110	1930	Arapéi	Capitão-Mór I	Companhia Serra da Bocaina

Elaboração: NOGUEIRA (2013) .

A atuação do grupo americano *The American & Foreign Power Company* (Amforp), subsidiária da *Electric Bond and Share* esteve presente na compra de empresas que participaram do processo de aquisição do terceiro período de implantação de empreendimentos hidrelétricos no estado de São Paulo, destacando-se a aquisição da

CPFL, do Grupo Silva Prado, do Grupo Armando Salles de Oliveira e do Grupo Southern, este último, originado da compra de usinas na região de Piracicaba e Campinas, controladas pela antiga Empresa Elétrica Luís de Queirós e a Companhia Campineira de Tração, Força e Luz (NOGUEIRA, 2013).

A implantação da PCH Rio do Peixe I, que juntamente com a PCH Rio do Peixe II e sua áreas diretamente afetadas compõem a área de estudo da presente dissertação de mestrado, marca justamente a quarta década do período de implantação dos primeiros empreendimentos hidrelétricos no estado de São Paulo.

No ano de 1925 é inaugurada a PCH Rio do Peixe I (Quadro 5.3.d), pela Companhia Paulista de Energia Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo, sendo que esta última surgiu em 1909, durante a primeira fase de implantação de empreendimentos hidrelétricos no estado de São Paulo, juntamente com a Companhia Paulista de Força e Luz Santa Cruz.

A fusão da Companhia Paulista de Força Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo com a Companhia Paulista de Força e Luz Santa Cruz, dá origem à Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo (CHERP), em evento bastante posterior, datado de 1955 já em pleno período de nacionalização do setor elétrico nacional, quando da criação das companhias estaduais de eletricidade.

Na sequência, em 1966, a fusão da CHERF com uma série de companhias isoladas, como as Usinas Hidrelétricas do Paranapanema (Uselpa), Central Elétrica de Rio Claro (Sacerc), Empresa Melhoramentos de Mogi Guaçu, Companhia Luz e Força de Jacutinga, Empresa Luz e Força de Mogi Mirim, Centrais Elétricas de Urubupungá, Companhia de Luz e Força de Tatuí, Empresa de Luz e Força Elétrica de Tietê e Companhia Melhoramentos de Paraibuna, originou a Companhia Energética de São Paulo (CESP), empresa de capital misto, com participação majoritária do governo do estado de São Paulo.

Posteriormente, Companhia Energética do estado de São Paulo, uma das primeiras criadas no período de nacionalização das companhias hidrelétricas, se tornou um símbolo do atual 5º Período da História de Implantação do Sistema Elétrico Brasileiro, definido pela privatização. No ano de 1996, 60% das ações ordinárias da CESP foram

vendidas, correspondendo à participação da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).

A CPFL, conforme os quadros históricos mostrados anteriormente, tem uma história bem mais antiga, datada de 1912, quando ocorreu a fusão de pequenas empresas do interior paulista, ocorrido na quarta década do período de implantação de empreendimentos hidrelétricos do estado de São Paulo. Neste período é adquirida pela empresa americana AMFORP, e posteriormente, em 1975, pela CESP.

Em 1997, com o processo de privatização da CESP, um de seus braços acionários é vendido para o grupo VBC Energia, constituído pela Votorantim, Bradesco e Camargo Correa. Em 2002, de forma a tornar a gestão das empresas do grupo VBC mais eficiente, é criada a empresa CPFL Energia, atual detentora da propriedade das PCH Rio do Peixe I e II.

A história acumulada das usinas estudadas na presente dissertação de mestrado, inicia-se, portanto, em 1925 com a Companhia Paulista de Energia Elétrica de Socorro e São José do Rio Pardo, passa pela aquisição desta companhia pela Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo (CHERP), em 1955, como também pela estatização da CHERP, em 1966, dando origem à Companhia Energética do estado de São Paulo (CESP). Por fim, no ano de 2002, a privatização de parte da CESP, dá origem à atual CPFL Energia.

O quadro inicial de implantação da energia elétrica no estado de São Paulo, tem na PCH Rio do Peixe I, incluída na área de estudo da presente pesquisa, um dos seus maiores exemplos, uma vez que se constitui num dos primeiros empreendimentos hidrelétricos instalados no Estado, numa fase econômica marcada pelo esforço modernizante da economia paulista.

A região de São José do Rio Pardo, como exposto nos quadros históricos, apresenta seu primeiro empreendimento hidrelétrico em 1897, por meio da Usina Santa Cruz. Em 1907 é a vez da Usina de Santa Alice, observando-se a implantação da terceira usina na região só em 1925, justamente com a PCH Rio do Peixe I. Atualmente, na região de São José do Rio Pardo persistem as usinas de Santa Alice (1907), Rio do Peixe I (1925), PCH JBL Figueiredo (1952), UHE Euclides da Cunha (1960) e PCH Rio do Peixe II (1998). Na UGRHI 4 – Pardo, menciona-se a PCH Itaipava (1914), em Santa

Rosa do Viterbo, a UHE Limoeiro (1958), na cidade de Mococa, a UHE Caconde (1966), localizada na cidade de mesmo nome, a PCH Carrapatos (2009), na cidade de Caconde, e obviamente, as usinas listadas na região de São José do Rio Pardo.

A instalação da PCH Rio do Peixe I, em 1925, marca a primeira fase de instalação das usinas hidrelétricas do estado de São Paulo, mais precisamente no quarto período (1921-1930), observando-se que a ampliação do reservatório da usina de 1925, que originou a PCH Rio do Peixe II, em 1998, insere-se completamente no contexto da privatização das empresas de energia, o que suscita, pela periodização mencionada, a inserção de alterações na paisagem por sistemas de engenharia diferentes e com portes diferentes, tendo reflexo direto no acúmulo de intervenções antrópicas processadas no meio físico, como se analisa mais adiante.

4.4 Intervenção antrópica causada por empreendimentos hidrelétricos no Meio Físico

SANTOS (1979) nos ensina que o espaço geográfico é habitado e construído pelos homens por meio de suas ações em diversos períodos históricos. Estas ações criam objetos com diversas idades, que coexistem e se inter-relacionam, permitindo que o espaço geográfico se constitua num acúmulo de tempos.

Ao alterar as formas primárias da natureza, o homem utiliza a técnica para realizar a sua vida e ao mesmo tempo para criar espaço.

RUBIO (2008) ao recordar as contribuições de SCHMITHÜSEN (1970), alerta para o fato de que se queremos compreender a ação do homem no espaço, não se pode separar a sociedade do meio que a rodeia. Assim, para se compreender a instalação de objetos técnicos (usinas hidrelétricas) em sistemas geomorfológicos específicos, faz-se necessário compreender como ocorreu a apropriação do rio para a geração da energia elétrica a partir do entendimento dos períodos históricos mobilizados neste processo de apropriação, considerando-se também, os objetos técnicos, os marcos legais, os agentes sociais atuantes, a organização institucional e o contexto político-econômico vigente. Em suma, ao se utilizar da leitura histórica da paisagem, considerando a evolução histórica da técnica e dos seus objetos, se chegaria aos

agentes produtores dessas mudanças, e portanto, do verdadeiro agente causador de mudanças na paisagem.

SEABRA (1987), em um pioneiro trabalho intitulado *Os Meandros dos Rios nos meandros do poder: o processo de valorização dos rios e das várzeas do Tietê e do Pinheiros na cidade de São Paulo* consegue desdobrar, por meio da análise da incorporação dos terrenos ao longo dos rios Tietê e Pinheiros pela Companhia Light, como o setor elétrico, como agente transformador da paisagem conseguiu mudar a lógica de valorização dos terrenos, e portanto, da urbanização na cidade de São Paulo.

O conhecimento dos padrões de ação humana representados pela instalação de usinas hidrelétricas decorre das características técnicas utilizadas durante as fases de implantação e operação das usinas, o que permite por exemplo, a comparação entre sistemas técnicos de implantação e operação utilizados em períodos históricos diferentes, como é o caso da usina estudada neste trabalho.

A instalação da PCH Rio do Peixe I, em 1925, marca, conforme aponta RUBIO (2008), a 1ª Fase da Instauração do Setor Elétrico no Brasil, também conhecido como período de Implantação, que vai de 1883 a 1934. Como se sabe, um episódio de cheias no rio Pardo e seus principais afluentes, causou o rompimento parcial do conduto forçado da PCH Rio do Peixe I, o que motivou, posteriormente, a necessidade de ampliação desta usina, o que só ocorreu em 1998 com a implantação da PCH Rio do Peixe II, já em pleno 5º Período da História de Implantação do Sistema Elétrico no Brasil, quando se assiste ao período de privatização (1997-2006).

A diferença de períodos técnicos reunidos ao longo da história das PCH Rio do Peixe I e II é de vital importância porque no primeiro período, se implantou um objeto técnico com o uso de tecnologias e capacidade de alteração do meio circundante próprias do início do século XX. Já na fase de implantação da segunda usina, em 1998, tem-se a implantação de objetos técnicos com concepções bastante distintos e com capacidade de alteração do meio físico circundante bem diferente do inicial, mostrando ser esta área interessante em razão do acúmulo de intervenções antrópicas sob os mesmos sistemas e subsistemas físicos.

<p>Foto 4.4 1 - Prédio da Casa de Máquinas da PCH Rio do Peixe I.</p>	<p>Foto 4.4 2 - Casa de Máquina e Equipamento Eletromecânico da PCH Rio do Peixe II</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17.</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17.</p>

Como menciona RODRIGUES (2004) é de suma importancia para os estudos históricos de alterações dos sistemas físicos conhecer o padrão das ações humanas com impactos significativos na morfodinâmica.

RUBIO (2008) também alerta, conforme leitura do trabalho de RODRIGUES (*op. cit.*) ser necessário, para avaliar como determinada ação interfere no meio físico, que se construam parâmetros que demonstrem as condições dos sistemas físicos e geomorfológicos, em seus diferentes estágios de intervenção.

RODRIGUES (*op. cit.*), conforme já mencionado, baseada em NIR (1983) e TOY & HADLEY (1987), alerta para o fato de que os estágios de intervenção de sistemas técnicos em sistemas e subsistemas do meio físico devem ser estudados em relação ao estágio de pré-intervenção, intervenção ativa e pós-intervenção, buscando-se em parâmetros dos sistemas geomorfológicos, como os mesmos se mostram em um quadro de evolução.

A forma como as intervenções causadas por empreendimentos hidrelétricos são avaliadas nas diferentes instâncias do sistema oficial de licenciamento ambiental brasileira é que dita, de uma certa forma, como estas são reconhecidas pelo corpo técnico dos diferentes órgãos e como se processa a evolução do conhecimento de como as variáveis físicas são impactadas.

O conhecimento sobre os sistemas físicos impactados pelos empreendimentos hidrelétricos, ou outras intervenções humanas, conforme lembra RODRIGUES (1997), afasta-se em muito das preocupações puramente acadêmicas, revelando uma produção do conhecimento geomorfológico estruturado para solucionar questões práticas, naquilo que os autores reconhecem como Geomorfologia Aplicada (HART, 1986).

A produção de trabalhos técnicos ligados à análise de impactos causados por hidrelétricas nos sistemas físicos tem início, conforme pontua RUBIO (2008), com a Resolução CONAMA Nº 001/86 que estabelece o princípio da avaliação de impacto no Brasil. Conforme esta definição, impacto ambiental é qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas.

A partir da Resolução CONAMA Nº 001/86, os órgãos constituintes do Sistema Nacional de Meio Ambiente passaram a exigir a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental para os empreendimentos com potencial de causar impactos no meio ambiente. Entre as atividades modificadoras do meio ambiente, a resolução lista:

VII – Obras hidráulicas com exploração de recursos hídricos, tais como barragens para fins hidrelétricos, acima de 10 MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, dique e;

(...) XI – Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW (...)."

Como bem lembra RUBIO (2008), após a definição do marco legal, os diversos agentes envolvidos (Estado, empresas, institutos de pesquisa e instituições de ensino), passaram a formular, a partir de estudos prévios, listagens de impactos potenciais aplicáveis a cada um dos empreendimentos.

Somadas às listagens elaboradas pelos relatórios técnicos, o conhecimento dos impactos ambientais causadas por empreendimentos hidrelétricos foram enriquecidos por estudos acadêmicos dirigidos e a incorporação de dados originados do

monitoramento das condições ambientais dos empreendimentos após a emissão das licenças de operação.

RUBIO (2008) de formar a sistematizar a lista de impactos mais comuns em empreendimentos hidrelétricos, realizou a revisão de quatro estudos de impacto ambiental, de forma a avaliar os diferentes tratamentos dispensados ao tema do meio físico, os diferentes impactos levantados e as diferentes medidas de controle ambiental e programas ambientais propostos aos impactos levantados.

O levantamento processado por RUBIO (2008) tomando por base o trabalho de FORNASARI FILHO *et. al.* (1992), em seu levantamento bibliográfico, resultou na identificação de 24 impactos relacionados ao meio físico, sendo 20 deles de natureza geomorfológica, referentes tanto ao sistema fluvial/lacustre, como ao sistema vertente. Dessa forma, menciona-se:

1. Sistemas Fluvial e Lacustre:

- a) Intensificação de Processos de Assoreamento;
- b) Aumento da turbidez de cursos d'água;
- c) Poluição dos Recursos Hídricos;
- d) Regularização do Regime Hídrico;
- e) Redução do Fluxo D'Água a jusante do reservatório.
- f) Alteração do processo de transporte de carga sólida a jusante do barramento;
- g) Aumento do Nível de Água e Remanso.

2. Sistema Vertente

- a) Instabilidade e potencial erosivo de encostas marginais;
- b) Escorregamentos, deslocamento de blocos e erosões;
- c) Colapso, abatimentos e subsidências;

- d) Formação de áreas úmidas e alagadas;
- e) Alteração do nível do lençol freático com o enchimento do reservatório;
- f) Acréscimo na disponibilidade de água subterrânea;
- g) Perenização e formação de novas áreas úmidas;
- h) Acréscimo da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação;
- i) Efeitos das variações do nível lençol freático durante a operação;
- j) Perda de Solos;
- k) Alteração da Qualidade dos Solos;
- l) Perda de potencial agrícola dos solos inundados.

3. Outros Impactos:

- a) Alteração do clima da microrregião devido à criação do reservatório;
- b) Interferência em recursos naturais;
- c) Interferências sobre jazimentos naturais e áreas legalizadas;
- d) Sismicidade induzida.

No entanto, RUBIO (2008) promove inovações na lista produzida por FORNASARI FILHO *et. al.* (1992), ao dividir os impactos do meio físico ocasionados por empreendimentos hidrelétricos, por fases de obra e sistemas geomorfológicos associados, o que permite um refinamento da lista de impactos muito maior e melhora a compreensão da magnitude, sinergia e cumulatividade dos impactos. A lista compilada por RUBIO (2008) compreende (**Quadro 4.4 - 1**):

Quadro 4.4 1 – Lista de Impactos Potenciais no Meio Físico decorrentes da implantação de Usinas Hidrelétricas conforme FORNASARI FILHO (1992) e modificado por RUBIO (2008).

Impactos Identificados	Fase			
	I	E	O	D
Impactos Diretos sobre o Meio Físico				
Fase de Implantação				
1.1 – Intensificação dos processos erosivos em decorrência das atividades das obras e implantação das estruturas de apoio.				
1.2 – Instabilização de vertentes, com possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, durante a limpeza da bacia de acumulação (supressão da vegetação)				
1.3 – Alteração das condições de escoamento subterrâneo nas imediações do eixo da barragem	I	E	O	D
1.4 Indução à ocorrência de processos associados à rede de drenagem de subsuperfície (pipping e outros processos).				
1.5 Rebaixamento do nível d'água de subsuperfície, pela redução da capacidade de infiltração de água no solo, em decorrência da supressão de vegetação				
1.6 Possibilidade de ocorrência de subsidências em consequência da abertura de túneis e canais.				
1.7 Possibilidade da expansividade de solos e rochas de fundações.				

Impactos Identificados	Fase			
1.8 Perda temporária de umidade local, decorrente da supressão de vegetação.				
1.9 Possibilidade de contaminação do solo e das águas subterrâneas.				
1.10 Alteração do regime de vazão de águas a jusante e a montante em decorrência da instalação de ensecadeiras.				
1.11 Alteração do traçado do leito do curso d'água.				
1.12 Aumento da velocidade e da vazão do curso d'água, em razão da supressão da vegetação.				
1.13 Possibilidade do aumento da turbidez da água durante o período de execução das obras civis e da limpeza da bacia de acumulação.	I	E	O	D
1.14 Possibilidade de aumento do aporte de sedimentos em cursos d'água, em decorrência das atividades das obras e da implantação das estruturas de apoio.				
Fase de Enchimento do Reservatório				
2.1 Ocorrência de processos erosivos nas margens do reservatório durante seu enchimento.				
2.2 Aumento da capacidade erosiva dos cursos d'água a jusante, durante o enchimento do reservatório.				
2.3 Ocorrência de processos gravitacionais de massa na margem do reservatório durante o seu enchimento.				

Impactos Identificados	Fase			
2.4 Inversão dos sentidos do fluxo subterrâneo em decorrência da elevação do nível de água no rio.				
2.5 Diminuição do escoamento de base do aquífero para os cursos d'água.				
2.6 Formação e perenização de áreas úmidas ou alagadas.				
2.7 Possibilidade de ocorrência de afundamentos cársticos, com geração de subsidências e colapsos, em decorrência de fugas d'água na área do reservatório.				
2.8 Potencialização da colapsidade dos solos, com risco de ocorrência de abatimentos dos terrenos.	I	E	O	D
2.9 Aumento da sismicidade potencial na região do empreendimento.				
2.10 Alteração das condições de umidade, em razão do aumento da massa d'água local.				
2.11 Perda de solos nutricionalmente ricos.				
2.12 Diminuição da vazão de cursos d'água à jusante.				
2.13 Transformação de ambiente lógico em ambiente lântico.				
2.14 Surgimento de áreas de remanso.				

Impactos Identificados	Fase			
2.15 Diminuição da turbidez de água pela retenção de sedimentos no reservatório.				
2.16 Alteração do processo de transporte de sedimentos a jusante da barragem.				
2.17 Alteração do balanço hídricos da Bacia Hidrográfica.				
Fase de Operação				
3.1 Aumento da capacidade erosiva nas margens do reservatório por embate de ondas e elevação do nível do lençol freático.				
3.2 Alteração do grau de criticidade e de ocorrência dos processos gravitacionais de massa nas margens dos reservatórios.	I	E	O	D
3.3 Aumento das cargas hidráulicas dos aquíferos.				
3.4 Elevação dos níveis d'água e do nível de descarga de base regional.				
3.5 Risco de ocorrência de eventos sísmicos, sobretudo imediatamente após o estabelecimento do nível de água normal.				
3.6 Alterações climáticas manifestadas pela atenuação de temperaturas e aumentos ocasionais de nebulosidade.				
3.7 Variação periódica do nível de jusante da barragem.				

Impactos Identificados	Fase			
3.8 Alteração na qualidade da água no reservatório pela presença de depósitos de bota-fora e de estéreis de mineração e da inundação de estruturas edificadas.				
3.9 Possibilidade de degradação da qualidade da água (eutrofização) pela presença de matéria orgânica na área do reservatório.				
3.10 Aumento da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação.				
3.11 Intensificação de processos de assoreamento na área do reservatório.				
3.12 Alteração do controle de vazões em cursos d'água tributários devido à formação de depósitos nas suas desembocaduras.	I	E	O	D
3.13 Estratificação térmica das águas do reservatório.				
3.14 Emissão de gases geradores de efeito estufa				
Fase de Desativação				
4.1 Erosão de depósitos de sedimentos formados no leito do reservatório.				
4.2 Aumento da susceptibilidade a processos gravitacionais de massa em terrenos anteriormente submersos.				
4.3 Diminuição da sismicidade potencial local e regional em função do alívio de carga.				

Impactos Identificados	Fase			
4.4 Alteração da qualidade dos solos na área do antigo reservatório e no seu entorno.				
4.5 Piora na qualidade da água a jusante da barragem, em virtude da liberação de água degradada com o esvaziamento do reservatório.				
4.6 Alteração da qualidade da água pelo depósito de sedimentos do reservatório, com características físico-químicas diferentes dos terrenos originais.				
Impactos Indiretos relacionados ao Meio Físico				
5.1 Impactos e problemas nas barragens				
5.1.1 Recalques diferenciais				
5.1.2 Escavações em ombreiras.	I	E	O	D
5.1.3 Deslizamento de taludes nas barragens.				
5.1.4 Galgamento (overtopping).				
5.1.5 Erosão interna (pipping).				
5.1.6 Fissuramento				
5.2 Degradação da paisagem pela execução de movimentos de terra e rocha.				

Impactos Identificados	Fase			
5.3 Abertura de áreas de empréstimo para extração de materiais naturais de construção.				
5.4 Alteração da paisagem pela formação do reservatório.				
5.5 Degradação da paisagem pela operação da usina.				
5.6 Imposição de restrições à operação da usina a jusante pela qualidade da água ou pelo volume de sedimentos transportados.				
5.7 Perda de potencial agrícola dos solos inundados.				
5.8 Inundação de amplas faixas aluviais e, conseqüentemente, de depósitos minerais a elas associadas.				
5.9 Esterilização prematura de jazidas em exploração.	I	E	O	D
5.10 Destruição local de habitats aquáticos originais.				
5.11 Impedimento de acesso dos peixes aos locais de reprodução nos rios contribuintes.				
5.12 Comprometimento dos canais ou eixos de navegação				

I= Fase de Implantação; E= Fase de enchimento do reservatório; O= Fase de Operação e D= Fase de Desativação.

Fonte: RUBIO (2008) .

Conforme o quadro acima, durante a fase de implantação, os impactos negativos do meio físico relacionam-se à implantação das infraestruturas de apoio, como o canteiro de obras e a realização de obras complementares. Dentre estas obras, destaca-se a construção das ensecadeiras, fase importante da obra como um todo, quando o rio é desviado para a construção da barragem.

Além dessas obras, em etapa posterior, ainda na fase de implantação, destacam-se os efeitos resultantes da supressão de vegetação durante a limpeza da bacia de acumulação, que corresponde à área do reservatório.

Durante a fase de enchimento do reservatório, as mudanças decorrem do fechamento da barragem, com a transformação de um ambiente lótico em ambiente lêntico. Daí verificar-se também a transformação de terrenos emersos em terrenos submersos. Por conta de elevação do nível da água para a formação do reservatório, verificam-se, principalmente impactos relacionados à inversão do fluxo das águas subterrâneas, como também processos erosivos e movimentos de massa nas margens do novo reservatório em formação.

Já com o reservatório formado e a usina em operação, os impactos passam a ter maior relação com o tipo de operação adotado no empreendimento. A principal diferença é se o empreendimento operará com um reservatório a fio d'água ou com um reservatório de acumulação. Este último tipo de reservatório apresenta maiores variações no nível d'água, resultando em maiores variações nos fluxos e níveis d'água subterrâneos, e em maior ação mecânica sobre as áreas marginais dos reservatórios.

A Fase de Operação também se caracteriza pela ocorrência dos impactos relacionados aos procedimentos e ações desenvolvidos ainda na fase de implantação. Neste caso, destacam-se as alterações da qualidade das águas pela presença de bota-foras formados na área do reservatório e pela eutrofização resultante, principalmente, da presença de vegetação na área do reservatório. Também nesta fase, cabe ressaltar a acentuação de eventos sísmicos, sobretudo logo após a estabilização do nível d'água do reservatório.

Já na Fase de Desativação do Empreendimento, os impactos relacionam-se à reversão dos processos ocorridos nas fases anteriores. Cabe destacar os impactos

induzidos a jusante do empreendimento, decorrentes da abertura das comportas, e, como consequência do maior volume d'água liberado no curso d'água.

Dando sequência às melhorias na listagem de impactos ambientais negativos no meio físico comuns à implantação de empreendimentos hidrelétricos, RUBIO (2008) promove novas adaptações no quadro acima, associando os impactos comumente avaliados em estudos de impacto ambiental de empreendimentos hidrelétricos aos seus respectivos sistemas geomorfológicos, como também, insere as fases de intervenção desse tipo de empreendimento, considerando a avaliação dos impactos antes da intervenção simbolizada pela instalação do empreendimento (fase de pré-intervenção), durante o período de obras (intervenção ativa), como também após o período de obras (intervenção consolidada).

A necessidade de setorização do meio físico em diversas unidades ou subsistemas (sistema vertente, sistema fluvial, sistema lacustre, etc.) encontra respaldo na abordagem sistêmica usada em geomorfologia a partir das proposições de CHORLEY & KENNEDY (1971), na qual são propostos estudos dos diferentes tipos de sistemas com atuação na Geografia Física, destacando-se os sistemas morfológicos, os sistemas em sequência ou encadeantes, os sistemas de processos-resposta e os sistemas controlados. Esta proposição de abordagem sistêmica em geomorfologia teve implicações diretas no estudo das bacias hidrográficas, baseada no princípio do processo-resposta.

No entanto, para se apreender as mudanças geomorfológicas no entendimento da evolução da paisagem, a abordagem sistêmica, a partir da tradição da Escola Alemã, se enveredou pelo estudo da Fisiologia da Paisagem, encontrando-se em AB'SABER (1969) uma importante referência.

Para as pesquisas geomorfológicas com abordagem sistêmica guiada pelos estudos de Fisiologia da Paisagem, são necessários três níveis de análise, iniciando-se pela compartimentação do meio físico em seus sistemas (bacia hidrográfica) e subsistemas (nicho de nascente, vertente, terraço fluvial, planície fluvial, lacustre e canal fluvial) e sua caracterização, obtenção de informações sistemáticas sobre a estrutura superficial da paisagem e por fim, o estudo da fisiologia propriamente dita, pela reunião dos aspectos da compartimentação do meio físico e da estrutura superficial da paisagem.

A partir da definição das fases de implantação de um determinado empreendimento hidrelétrico em função do sistema geomorfológico impactado, é possível avaliar, por meio de parâmetros ligados a esse sistema, em seus diferentes compartimentos, como demonstrado pela abordagem sistêmica em geomorfologia, como os diferentes impactos mudaram ao longo do tempo, inferindo, portanto o grau de magnitude e a frequência dessas mudanças e a efetiva contribuição das interferências antrópicas no processo de derivação de uma paisagem impactada por uma determinada obra de infraestrutura.

O **Quadro 4.4 - 2** mais a frente, traz a relação de alguns Geoindicadores de Avaliação dos Impactados Ambientais Negativos causados por empreendimentos hidrelétricos sugeridos por RUBIO (2008), sendo, portanto, resultado da incorporação das sugestões teórico-metodológicas realizadas por RODRIGUES (2004), como também, da melhoria da lista de impactos negativos causados por empreendimentos hidrelétricos no meio físico, elaborada inicialmente por FORNASARI FILHO (1992). Cabe ressaltar que foram listados apenas 5 impactos para cada sistema e subsistema geomorfológico, não apresentado a lista total de impactos e geoindicadores elaborada por RUBIO (2008).

A lista completa de geoindicadores elaborada por RUBIO (*op. cit.*) está inserida no quadro final de geoindicadores elaborados para a área de estudo, apresentado no item 7.4. Esta lista final representa a consolidação da lista de impactos e geoindicadores sugeridos por RUBIO (*op. cit.*), acrescidas também da lista de impactos ambientais do meio físico listadas no Estudo de Impacto Ambiental da PCH rio do Peixe II, além do acréscimo de novos impactos ambientais negativos do meio físico constante em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) de pequenas centrais hidrelétricas licenciadas pelo IBAMA, não mencionados nos estudos anteriores.

A lista de impactos ambientais negativos do meio físico constante no EIA da PCH Rio do Peixe II aparece unificada junto aos impactos do meio biótico, constituindo-se num bloco chamado de impactos ambientais negativos no meio biofísico.

Ao se retirar os impactos ambientais negativos eminentemente biológicos, sobram como impactos exclusivos do meio físico: a) aumento da probabilidade de ocorrência de eventos acidentais de origem geotécnica; b) risco à segurança das populações ribeirinhas em virtude da ruptura parcial ou total da barragem; c) alteração na vazão de

jusante do rio principal; d) assoreamento do reservatório; e) aumento do potencial erosivo a jusante; f) submersão de fontes de água subterrânea; g) submersão de fossas sépticas; h) formação de lagoas e alagados e aumento da umidade dos solos; i) aumento da vazão em poços tubulares profundos; j) alterações microclimáticas devido à formação do reservatório; l) comprometimento da qualidade das águas pela implantação do reservatório.

Quando se compara a relação de impactos negativos no meio físico listado pelo EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe é que se aventou a necessidade de consolidá-la com a lista criada por RUBIO (2008), associando-os aos respectivos geoindicadores, em virtude do número reduzido de impactos considerados (**Quadro 4.4 - 2**).

Quadro 4.4 2 – Alguns Geoindicadores de Avaliação de Impactados Ambientais Negativos causados por empreendimentos hidrelétricos sugeridos por RUBIO (2008).

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impacto Ambiental Negativo Associado
						Pré-Intervenção	Intervenção Ativa	Inrervenção Consolidada		
						Morfologia Original Semi-Preservada	Morfologia Antropogênica			
Sistema Bacia Hidrográfica	-	Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica	-	Regional				Cartas Topográficas	-
		Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	km	Regional				Cartas Topográficas	-
		Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	km	Regional				Cartas Topográficas	-
		Ordenamento	Ordem do Rio no Trecho de Barramento	-	Regional				Cartas Topográficas	-
		Área	Área de Drenagem	km2	Regional				Cartas Topográficas	-
		Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)	-	Regional				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07
Sistema Vertente	-	Declividades	Área de Ocupação das Classes de Declividade	km2/class e	Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.12 / 3.13
		Rupturas	Quantidade de Rupturas	unidade	Detalhe				Cartas Topográficas, Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
			Extensão das Linhas de Ruptura	m	Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
		Extensão das Vertentes	Extensão Média das Vertentes	m	Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
		Disseção Vertical das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecação Vertical das Áreas Ocupadas	-	Detalhe / Regional				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.12 / 3.13

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de	Impacto Ambiental
		Disseção Horizontal das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecação Horizontal das Áreas Ocupadas	-	Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.12 / 3.13
Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies e Terraços	Altitude	Cota Máxima de Inundação	m	Detalhe / Regional				Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.21 / 3.23 / 5.01
		Área	Área Máxima de Inundação	km2	Detalhe / Regional				Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.14 / 3.15 / 3.21 / 3.23 / 5.01
		Área	Área de planície de inundação suprimida pelo reservatório	km2	Escala de Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.23
		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2	Detalhe				Aerofotos / Imagens de Satélite / Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 1.13 / 4.02 / 3.21 / 5.01
		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2/mês	Detalhe				Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 1.13 / 4.02 / 3.21 / 5.01
	Subsistema Canal/ Reservatório	Material do Leito	Estrutura		Detalhe / Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de	Impacto Ambiental
		Material do Leito	Textura		Detalhe / Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Material do Leito	Espessura		Detalhe / Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Material do Leito	Composição		Detalhe / Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Solos Perturbados	Área das Ensecadeiras	m2	Detalhe				Relatórios de Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01

Adaptado de RUBIO (2008) .

De modo geral, quando se avalia a incidência de impactos ambientais negativos no meio físico e sua incidência sobre as atividades econômicas, nota-se que elas ocorrem, sobretudo de duas formas: sobre as atividades agrícolas e sobre a exploração mineral. Já os impactos ambientais negativos relacionados às obras e suas atividades de manutenção podem ser divididos em impactos de ocorrência certa, relacionados às áreas de empréstimo e às alterações da paisagem ocasionados pelas obras, e impactos de ocorrência incerta, como por exemplo, aqueles relacionados à barragem, como recalques, deslizamentos de taludes e outros.

Cabe ressaltar, por fim, que a lista de impactos ambientais negativos potenciais acima leva em consideração um *check list* de impactados esperados para ocorrer em cada fase construtiva da implantação de um dado empreendimento hidrelétrico. No entanto, o quadro físico da área de implantação desses empreendimentos, como as técnicas construtivas adotadas devem ser observadas como elementos primordiais para a devida manifestação de um determinado impacto.

Dessa forma, nem todos os impactos elencados obrigatoriamente irão se manifestar na paisagem, adotando-se, dessa forma, uma postura conservadora para avaliação dos impactos e elaboração de medidas compensatórias ou mitigadoras. Na presente dissertação de mestrado, serão avaliados todos os impactos listados por RUBIO (2008), como também, como já mencionado, os impactos ambientais negativos listados no Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II e de outras Pequenas Centrais Hidrelétricas licenciadas pelo IBAMA.

A manifestação efetiva dos impactos aparecerá, no entanto, nas cartografias geomorfológicas de detalhe a serem elaboradas para a área de estudo, nas situações de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e morfologia antropogênica de fase de intervenção consolidada, apresentadas nos procedimentos metodológicos (seção 7) e resultados (seção 8).

Ressalta-se também que serão analisados apenas os impactos potenciais negativos, uma vez que a presente dissertação de mestrado objetiva a análise desses impactos no meio físico e não no meio socioeconômico, para onde se analisam os aspectos positivos relacionados à implantação de empreendimentos hidrelétricos.

5. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A seguir, apresenta-se a área de estudo, em suas diversas características físicas, biológicas e antrópicas, as quais serão no final da presente seção, reunidas em unidades de paisagem de forma a sintetizar os referidos elementos bio-físicos e antrópicos em manchas que agregam essas características, formando conjuntos únicos dentro da área de estudo.

Para cada um dos itens que compõem a caracterização da área de estudo serão apresentados mapas para localizar espacialmente os diferentes atributos, assim como fotografias de acervo e trabalho de campo para ilustrar os diferentes aspectos da área de estudo.

A área de estudo está localizada na porção nordeste do estado de São Paulo, região vital para a economia do estado, a qual MATTOS (1959) convencionou chamar de Baixa Mogiana: uma região que compreende um entroncamento entre a estrada de Mogi-Mirim e Casa Branca, assim como os ramais entre São José do Rio Pardo e Mococa, São João da Boa Vista e Poços de Caldas, e por fim, entre Pinhal e Itapira, somando-se às áreas de influência imediata das ferrovias aí implantadas.

As figuras abaixo retratam a estação ferroviária de São José do Rio Pardo no início do século XX (**Figura 5.0 - 1**) e no início do século XXI (**Figura 5.0 - 2**), sinalizando a importância do ramal ferroviário da estrada de ferro sorocabana na constituição urbana da região nordeste do estado de São Paulo, constituindo o que se tornaria, depois a região Mogiana.

<p>Figura 5.0 1 - Estação Ferroviária de São José do Rio Pardo em 1905.</p>	<p>Figura 5.0 2 - Estação Ferroviária de São José do Rio Pardo em 2016.</p>
<p>Fonte: Prefeitura Municipal de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Fonte: Prefeitura Municipal de São José do Rio Pardo.</p>

A região é servida por uma significativa malha rodoviária, que foi instalada inicialmente ao longo dos traçados dos ramais ferroviários da Mogiana, e apresenta como principais vias de acesso as Rodovias Anhangüera (SP-330), a partir da capital do estado, e a SP-340 (Miguel Noel Nascentes Burnier), a partir de Campinas (Campinas – Mogi - Guaçu – Casa Branca – Divisa MG). Além dessas rodovias, extensa malha viária corta a área de estudo, destacando-se a SP-333 (Ribeirão Preto – Cajuru), SP-253 (SP-330 – Santa Rosa de Viterbo), SP-338 (Cajuru – SP-340), SP-332 (SP-253 – Tambaú), SP-350 (Casa Branca – São José do Rio Pardo – Divisa MG), e SP-344 (Vargem Grande do Sul – Caconde).

A macro-localização da área de estudo é apresentada no **Mapa 5.0 - 1** – Localização da Área de Estudo.

Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem - DER - SP - Rio Claro - DR13 - Edição 2015

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Rodovia Estadual
- Rodovia Federal
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos
- Ferrovias
- Hidrografia
- Área de Estudo
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Mancha Urbana
- Represas
- Divisa de Municípios
- Divisa Estadual

Mapa:

5.0 - 1

Localização da Área de Estudo

Dissertação de Mestrado:

Geindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
janeiro de 2018	1:250.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Do ponto de vista administrativo, a área de estudo se localiza na Região Administrativa de Campinas, que engloba a Região de Governo de São João da Boa Vista, compreendida pelos municípios de Mococa, Tapiratiba, Caconde, São José do Rio Pardo, Divinolândia, São Sebastião da Gramma, Tambaú, Santa Cruz das Palmeiras, Casa Branca, Itobi, Vargem Grande do Sul, Águas da Prata, Aguaí, São João da Boa Vista, Santo Antônio do Jardim e Espírito Santo do Pinhal. Dentre os municípios que compõem a Região de Governo de São João da Boa Vista, a área de estudo localiza-se entre os municípios de São José do Rio Pardo e Divinolândia (**Mapa 5.0 - 2** – Localização da Área de Estudo em relação à Região Administrativa de Campinas e a Região de Governo de São João da Boa Vista).

Mapa: **5.0 - 2** Localização da Área de Estudo em relação à RA de Campinas e à RG São João da Boa Vista

Dissertação de Mestrado:
Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:1.250.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Do ponto de vista hidrográfico, a área de estudo localiza-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 4, denominada de Pardo, a qual apresenta como rio principal, o rio de mesmo nome, cujas nascentes localizam-se no estado de Minas Gerais (**Mapa 5.0 - 3** - Localização da Área de Estudo na UGRHI 4 – Pardo). O Rio Pardo tem suas nascentes no Planalto Sul de Minas (nasce na Serra do Cervo, município de Itapiúna, MG) e dirige-se para o rio Grande acompanhando a inclinação do relevo. É o maior afluente do rio Grande pela margem esquerda, ao qual se lança após um curso de cerca de 550 km.

Fone: IBGE - Mapeamento Sistemático do Brasil - Base Cartográfica Continua do Brasil ao Milionário - BCM

Legenda

- Sede Municipal
- × Altimetria - Ponto Cotado
- Curvas de Nível
- Ferrovias
- Rodovia Estadual
- Rodovia Federal
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos
- Hidrografia
- Massa D'Água
- UGRHI 4
- Área Urbana
- Limite Estadual
- Área de Estudo

Mapa:

5.0 - 3

Localização da Área de Estudo em relação a UGRHI 4 - Pardo

Dissertação de Mestrado:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:1.000.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Apesar de nascer em Minas Gerais, 84% do seu curso desenvolve-se no estado de São Paulo. Dentro do Estado de São Paulo, o rio Pardo apresenta como principais afluentes em sua margem direita o ribeirão Bom Jesus, o rio Canoas, o rio Cubatão, o rio Araraquara, o ribeirão da Prata ou do Adão, o ribeirão São Pedro, o ribeirão Santa Bárbara, o ribeirão do Lambari, o ribeirão das Areias, o ribeirão do Agudo, o ribeirão Indaiá, o ribeirão Rosário e o córrego Jacaré. Já em sua margem esquerda, o rio Pardo apresenta como principais afluentes o rio do Peixe (drenagem represada pelas PCH Rio do Peixe I e II): o rio Verde, o rio Tambaú, o ribeirão do Tamanduá, o córrego do Sucuri, o ribeirão do Banharão, o ribeirão das Palmeiras, o ribeirão do Turvo, o Ribeirão das Pitangueiras, o córrego das Pedras e o Rio Velho.

Em relação às sub-bacias da UGRHI-4 Pardo, menciona-se a localização da área de estudo dentro dos limites da Sub-Bacia do Alto Pardo, com área de 1.536,42 km² e principais drenagens representadas pelos rios Verde, Tambaú e do Peixe (**Mapa 5.0 - 4** - Localização da Área de Estudo em Relação às Sub-Bacias da UGRHI 4 – Pardo).

Mapa:

5.0 - 4

Localização da Área de Estudo em relação as Sub-Bacias da UGRHI 4 - Pardo

Dissertação de Mestrado:

Geindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:1.000.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A sub-bacia do rio do Peixe apresenta área de drenagem de 338,35 km², apresentando como principais tributários os córregos da Conceição, Pouso Frio e Água Fria e o ribeirão São Domingos. No Estudo de Impacto Ambiental da Usina do rio do Peixe (PCH Rio do Peixe II), essa sub-bacia foi definida como área de influência direta para a análise dos impactos dos meios físico e biótico, representando o total da área de contribuição direta para o reservatório do referido empreendimento hidrelétrico.

Em virtude da necessidade de estudar o histórico de intervenções morfológicas nos sistemas físicos impactados pelas PCH Rio do Peixe I e II, na forma de geoindicadores nas situações de morfologia original semi-preservada em estágio de pré-intervenção e de geoindicadores de morfologia antropogênica em estágio de perturbação ativa e perturbação consolidada, resolveu-se restringir ainda mais a área de estudo, preocupando-se em analisar a área diretamente afetada pelo reservatório e as estruturas civis da referida usina (área de estudo) (Mapa 5.0 - 1).

De forma a se visualizar a redução da área que originou a presente área de estudo com a área de influência direta definida no EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II, é apresentado o **Mapa 5.0 - 5 - Localização da Área de Estudo em relação à Área de Drenagem das PCH Rio do Peixe I e II**):

Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem - DER - SP - Rio Claro - DR13 - Edição 2015

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Rodovia Estadual
- Rodovia Federal
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos
- Hidrografia
- Curva de Nível
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Mancha Urbana
- Represas
- Área de Estudo
- Área de Contribuição - PCH Rio do Peixe
- Divisa de Municípios

Mapa:

5.0 - 5

Localização da Área de Estudo em relação à Área de Drenagem da PCH Rio do Peixe

Dissertação de Mestrado:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local:

São José do Rio Preto e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:200.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A área da bacia do rio do Peixe pode ser setorizada nas seguintes sub-bacias: córrego do Moinho, córrego da Cachoeira, córrego da Conceição, córrego do Pouso Frio, córrego das Almas, ribeirão São Domingos, córrego das Contendas, córrego Santo Ambrósio, córrego do Boqueirão, córrego Saturno, córrego das Pedras, córrego do Barreirinho, córrego do Diamante, córrego da Caatinga, córrego do Campinho, córrego da Água Fria, córrego da Divisa, córrego da Puma e córrego da Iracema.

De modo a delimitar a área drenada diretamente afetada pelo reservatório e estruturas civis das PCH Rio do Peixe I e II, manteve-se apenas a área das sub-bacias do córrego do Moinho e da Cachoeira, além de 05 sub-bacias de tributários sem denominação situados na margem direita do rio do Peixe, a partir da confluência deste rio com o tributário situado imediatamente após a última posição do remanso do reservatório, obtendo-se, dessa forma, uma área de estudo final de 51,89 km² (**Mapa 5.0 - 1** – Localização da Área de Estudo).

Em relação às coordenadas geográficas, a área de estudo localiza-se entre os paralelos 21° 34' 31"S e 21°39'20"S e os meridianos 46°48'44"W e 46°47'22"W.

Já em relação às coordenadas UTM, tem-se na porção norte da área de estudo as coordenadas 312357,80 e 7613127,98, e na porção sul, as coordenadas 314815,80 e 7604216,82.

Antes mesmo de se partir para uma análise individualizada das principais características da área de estudo, faz-se mister uma pequena apresentação do quadro físico e humano do estado de São Paulo, ressaltando-se o seu quadrante nordeste, de forma a visualizar as características regionais e como elas se diferenciam dentro dos arranjos físicos e humanos locais, até se chegar propriamente à área de estudo.

De forma geral, conforme pontua AB'SABER (1956) o estado de São Paulo apresenta uma paisagem constituída por maciços antigos do Brasil Atlântico, transicionando para paisagens representadas por coberturas sedimentares do Rio Paraná (**Figura 5.0 - 3**). Nesta última porção das paisagens paulistas, pode-se observar todos os fatos morfológicos atinentes ao Planalto Meridional, que se estende até o sul do Brasil, ao mesmo tempo em que na porção leste do Estado, os terrenos cristalinos resumem os principais eventos morfológicos do Planalto Atlântico Brasileiro. No entanto, AB'SABER (1956) assinala algumas diferenças relativas à singularidade do território paulista em relação aos atributos fisiográficos do Planalto Meridional e do Planalto Atlântico Brasileiro.

Figura 5.0 3 Seção Esquemática do estado de São Paulo, Serra do Mar ao Vale do Paraná

Fonte: AB'SABER (1956)

A principal diferença recai na nítida transição do relevo das regiões cristalinas, com suas formas dissecadas e as estruturas de relevo suaves e homogêneas, peculiares ao Brasil Meridional. Dessa forma, pontua AB'SABER (1956, p. 07):

(...) Num mapa geológico do Brasil, percebe-se logo a realidade destes fatos. À altura do estado de São Paulo, de norte para o sul, a faixa de maciços antigos pré-cambrianos da fachada atlântica do Brasil começa a se estreitar, enquanto para o interior estendem-se faixas de terrenos sedimentares paleozóicos e grandes extensões de rochas sedimentares e eruptivas mesozóicas, pertencentes à face norte-oriental da bacia sedimentar do rio Paraná (...).

Em relação à disposição da rede de drenagem estadual, observa-se que os rios em São Paulo internam-se para o oeste, partindo-se das regiões cristalinas, a partir dos contrafortes da Serra do Mar, por meio de cursos epigênicos que cruzam as estruturas suavemente inclinadas da Bacia do Paraná. A gênese desse padrão centrípeto de hidrografia é analisada por AB'SABER (1956, p. 13), colocando-se como explicação principal o grande levantamento pós-cretácico do Planalto Brasileiro:

(...) A ausência da série Bauru no Paraná, mercê do bombeamento local da bacia na região, redundou em uma série de fatos geotectônicos e hidrográficos diferentes para os dois territórios. É provável que os terrenos paleozóicos e mesozóicos inferiores do norte

e oeste do Paraná tenham permanecido na posição de “*old land*” meridional para a bacia cretácica do oeste de São Paulo, Triângulo Mineiro, Sudoeste de Goiás e Sul do Mato Grosso. Disto resultou, que, ao se processar o grande levantamento pós-cretácico do Planalto Brasileiro, tenha havido uma superimposição hidrográfica marcadamente centrípeta para o Alto Paraná, a qual abrangeu o corpo principal da área cretácica de São Paulo, do oeste de Minas Gerais, sudoeste de Goiás e sul do Mato Grosso. Daí os rios paulistas caminharem de SE para NW, os do triângulo mineiro se orientarem de E para W e SW, os do sudoeste de Goiás de N para S e de NNW para SSE, e finalmente, os de Mato Grosso de WNW para ENE. Os rios paranaenses, por oposição, caminham do oriente para o ocidente apenas quando se considera o conjunto, porque, observados mais em detalhe, eles demonstram perfeitamente o seu roteiro em leque a partir do cristalino para o interior: na porção nordeste e norte do estado, caminham de S para o N e de SSE para NNW; na porção centro-oriental do Estado, dirigem-se de E para W de ENE para WSW (...).

O anterior episódio de bombeamento pós-triássico determinou uma ligeira dispersão em leque dos rios paranaenses, observando-se durante o cretáceo a fixação dessa direção preferencial para as drenagens e uma deriva das drenagens paulistas para o NW, tornando-as os elementos centrais do fenômeno de superimposição hidrográfica centrípeta que encerrou o episódio de sedimentação que originou o Grupo Bauru.

A compreensão destes dois episódios é fator determinante para a individualização dos compartimentos fisiográficos existentes no território paulista, assim como marca sua originalidade quando se comparam as porções do Planalto Meridional e Atlântico deste estado em relação aos seus congêneres no restante do país.

A geomorfogênese do território paulista pode ser compreendida a partir da diferenciação dos terrenos cristalinos que, até o fim do período cretácico, se comportou como um anfiteatro que circundava o Escudo Cristalino Brasileiro, em zona de contato com a bacia sedimentar do rio Paraná. Esta região constitui hoje a região dissecada da Serra da Mantiqueira, o Planalto da Bocaina, os trechos paulistas do Vale do Paraíba e do Alto Tietê, assim como o reverso continental da Serra do Mar e Paranaíacaba. A área de estudo, localizada no Planalto do Alto Rio Grande constitui uma das áreas-core do Escudo Cristalino Brasileiro, sendo, portanto, rodeada pela área de maciços antigos pré-devonianos.

O Planalto do Alto Rio Grande tem como marca a presença de cristas monoclinais quartzíticas que truncam sistemas de relevo amorrados e colinosos em serras alongadas e tectonicamente deformadas, representando um conjunto de metassedimentos supracrustais proterozóicos, depositados na margem passiva do cráton do São Francisco.

Desde o período carbonífero até o cretáceo, a seção de terrenos pré-cambrianos do Escudo Brasileiro, onde se situa a área de estudo, funcionou como uma região fornecedora de sedimentos para as zonas deposicionais do interior. Ao findar-se o período mesozóico, essa região de “*old land*” representava um relevo em elevado estado de erosão, porém, bem longe das condições de aplainamento completo, em virtude dos diversos episódios de epirogênese e a diversidade de estruturas e formações geológicas.

Um conjunto de irregularidades tectônicas surgidas após a sedimentação do Grupo Bauru determinou o levantamento e fragmentação das estruturas antigas da porção sudeste do Planalto Brasileiro, pondo fim à continuidade das antigas superfícies de erosão dos Altos Campos e Cristas Médias, o que respondeu pela formação de planaltos em bloco, fossas e escarpas de falha que caracterizam tão bem o relevo do Brasil Tropical Atlântico.

Para CORDANI *et. al.* (2000) a região do Planalto do Alto Rio Grande compreende a porção central da Província Mantiqueira, produto da aglutinação do supercontinente Gondwana durante o período neoproterozóico.

Nesta porção central da Província Mantiqueira, DORANTI (2006, p. 54) afirma se tratar do registro do diacronismo de diferentes etapas da orogênese brasileira, na qual, em épocas distintas, ocorreram interações entre microcontinentes e arcos de ilhas da Placa São Francisco – Congo. Os estágios colisionais resultantes desse processo são responsáveis pela deformação, metamorfismo e geração de rochas granitoides crustais, em intervalos situados entre 560 e 630 M.a. O resultado da colisão dos orógenos do Ribeira e Brasília resultou na gênese de relevos vulcânicos encontrados na porção sul de Minas Gerais como na região de São José do Rio Pardo.

De forma geral, CORDANI *et. al.* (2000) inclui o sistema de rochas acima como um grupo de rochas de embasamento de diferentes idades, incluindo assembleias do arco magmático e unidades vulcano-sedimentares do mesoproterozóico ao neoproterozóico. Estas rochas foram deformadas pelo evento colisional entre o cráton do São Francisco e do Paraná, em evento anterior à orogênese brasileira.

Como resultado do processo colisional inter-cratônico, foram formados sistemas de nappes frontais, conforme ressalta DORANTI (2006), o que originou o terreno Socorro-Guaxupé, estruturalmente controlado por cavalgamentos de orientação ENE, em concordância com o Grupo Araxá.

Figura 5.0 4 – Unidades Tectônicas da Província Mantiqueira

Fonte: CORDANI *et. al.* (2000)

Durante o período Cretáceo, novas intrusões alcalinas resultaram em feições positivas de rochas do embasamento, entre a região de Poços de Caldas e a região oriental definida pela estrutura Socorro – Guaxupé, originando rochas nefelinas, sienitos, brechas vulcânicas, fonólitos e rochas piroclásticas. O referido vulcanismo soergueu os sedimentos da recém formada Bacia do Paraná.

O complexo de *nappes* frontais da estrutura Socorro – Guaxupé é individualizada na área de estudo por meio do Complexo Varginha – Guaxupé, que engloba rochas de fácies anfibolito a granulito, representada por granitos, migmatitos, granitoides e granulitos, além de rochas metassedimentares.

O intenso tectonismo do período cretácico foi responsável pelo soerguimento escalonado de blocos gnáissicos do embasamento cristalino, por meio de falhas surgidas após a sedimentação do arenito Botucatu. O intenso vulcanismo teve como consequência a formação de brechas vulcânicas, tufo e derrames de lavas, com alternância entre fases explosivas e efusivas. Como resultado, houve um abatimento da porção central do Maciço de Poços de Calda (DORANTI, 2006).

Na área de estudo o tectonismo faz-se sentir por meio de gnaisses bandados, migmatitos e gnaisses bandados com leitos máficos, alternando bandas claras quartzo-feldspáticas. As rochas mencionadas, originadas por tectônica rígida, são envoltas em um grande número de falhas, possivelmente se constituindo numa aba de uma grande anticlinal de eixo NW (OLIVEIRA, 1972). O sistema de falhas caracterizam-se pelo tipo gravitacional e direcional, produzindo diaclasamentos associados, fato notado na área de estudo, inclusive nas ombreiras onde está instalado o barramento da PCH Rio do Peixe II. O fraturamento generalizado favoreceu uma grande quantidade de veios de quartzo que preenchem as fraturas, distribuindo-se junto das falhas em direção NE, como também E-W. O preenchimento das fraturas por quartzo dá maior resistência mecânica aos maciços rochosos, no entanto, não são elemento impeditivo do ataque intempérico nos locais onde os afloramentos ocorrem, resultando geralmente no desmantelamento de blocos como resultado de processos erosivos.

Na região do rio do Peixe, OLIVEIRA (1972) encontrou gnaisses quartzíticos transicionando para gnaisses propriamente ditos, na qual camadas decimétricas podem se confundir com processos de gnaissificação mais atuais, por meio da associação de granada-gnaisses.

CRISTOFOLETTI (1973) interpretou a gênese do relevo da região de São José do Rio Pardo, onde se insere a área de estudo, como derivado do soerguimento escalonado do período cretácico, originando horst e grabens, observando-se na porção leste da região, em direção à Bacia do Paraná, os relevos são mais monótonos, motivados por falhas de direção oblíqua, que adernaram o relevo para leste, não produzindo soerguimento de blocos (**Figura 5.0 - 5**).

Em meio ao pacote de rochas cristalinas ocorrentes na área de estudo, DORANTI (2006) menciona a ocorrência de depósitos sedimentares fluviais, clásticos e epiclásticos gerados por barramentos tectônicos durante as oscilações climáticas do terciário, na forma de pequenas bacias ou terraços ou rampas de antigos terraços elevados e sustentados por controle estrutural. Alguns desses depósitos são vestígios de pequenas bacias, atualmente

erodidas e demarcadas por discordâncias erosivas e estruturais. Já outra parte dos sedimentos é depositada em colinas amplas ou morrotes dissecados, associados à drenagem atual e a processos de barramento de drenagem com assoreamento a montante, como parece ser o caso do trecho do rio do Peixe na área de estudo.

Figura 5.0 5 – Bloco-Diagrama com disposição em Horst e Graben

Fonte:DECOURTEN (2003).

Para DORANTI (2006) os depósitos quaternários na região de São José do Rio Pardo apresentam-se na forma de colinas de perfis convexos, bastante suaves, contíguas aos depósitos aluviais mais expressivos ou mesmo afastadas destes, capeando os interflúvios. São encontrados produtos de degradação mal trabalhados, envolvendo também solos transportados, aparecendo às vezes linhas de seixos e perfis lateríticos recobertos por espesso capeamento de latossolos.

5.1 Histórico de Ocupação Humana nos municípios de São José do Rio Pardo e Divinolândia

Conforme acima, a configuração geológica e geomorfológica permitiram uma individualização do território paulista em relação às demais porções do Escudo Cristalino Brasileiro e dos terrenos do sul do país, configurando inclusive os arranjos paisagísticos que

compõem a região, o mesmo não se pode afirmar quanto ao processo de ocupação, que é obra exclusiva do trabalho humano como agente produtor das paisagens.

O povoamento de uma determinada região dá-se por meio da abertura de caminhos e deslocamento da população, o que é de fundamental importância para a leitura das condições históricas, culturais e econômicas responsáveis por alterar o quadro natural e impor uma paisagem cultural. Isto torna necessário saber por que povoamentos chegam a determinadas regiões, e como seus legados culturais que permanecem de forma positiva ou negativa impregnados na paisagem (LEME, 1982).

A região onde estão inseridos os municípios de São José do Rio Pardo e Divinolândia, também conhecida como região da Baixa Mogiana, tem seu quadro histórico de ocupação ligado à procura de riquezas naturais, estabelecendo-se como rota para as minas situadas em Goiás e Cuiabá, e observando-se o início do processo de desmatamento já no século XVIII. Menciona-se, porém, que a área onde se inserem os municípios em estudo situa-se em zona de relevos movimentados de escudo cristalino, estando sua ocupação ligada à economia do café, iniciado no final do século XVIII.

Embora os primeiros cultivos de café tenham sido plantados na região da Depressão Periférica por volta de 1836, observa-se rápido deslocamento dessa cultura para as zonas cristalinas vizinhas. Em menos de 30 anos a partir desta data, surgiram uma série de cidades atreladas ao café, dentre elas, São José do Rio Pardo (LEME, 1982).

<p>Foto 5.1 1 - Museu do Café de Divinolândia, uma das marcas da tradição do café na região da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.1 2- Plantação de Café em fazenda próxima à PCH Itaquara e Fazenda Fotaliza na região da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

O rápido processo de urbanização da região prosseguiu durante o início do século XX com o surgimento de outras cidades, como Vargem Grande do Sul (1921), Tapiratiba (1924) e São Sebastião da Gramma (1925). O povoamento propiciado pela economia do café atrai população. Além dos paulistas e mineiros que desejavam enriquecer com a cultura, juntam-se os negros e os imigrantes italianos (**Figuras 5.1 - 1 e 5.1 - 2**), marcando fortemente a composição da população, além de terem sido determinantes para todo o processo de urbanização e criação de uma rede de circulação rodoferroviária (LEME, 1982).

<p>Figura 5.1 1 - Imigrantes Italianos no Pátio da Estação da Fazenda de Café Vila Costina, São José do Rio Pardo.</p>	<p>Figura 5.1 2 - Imigrantes Italianos trabalhando no desmonte da Ponte Metálica sobre o rio Pardo.</p>
<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>

Durante o período do café, a prática agrícola predominante era o desmatamento de áreas, criação de roçados, cultivo, exaustão do solo e abandono de áreas, repetindo-se o mesmo processo para cada nova área aberta, o que explica os baixos percentuais de coberturas vegetais nativas em toda a região. Nem mesmo os terrenos mais declivosos ou situados em

grandes altitudes foram poupados, como comprovam as plantações existentes na Serra da Mantiqueira ou mesmo na área de estudo, onde porções do Planalto do Alto Rio Grande ultrapassam os 1.000 m.

No período entre 1920 e 1950 assinala-se o máximo desenvolvimento da atividade cafeeira na região. Depois deste período são assinaladas fortes flutuações demográficas locais, observando-se, para o município de São José do Rio Pardo, uma diminuição de 2.077 habitantes entre 1920 e 1940, motivado, conforme assinala LEME (1982) pela tendência de reagrupamento das propriedades agrícolas.

Enquanto que na década de 1940 o tamanho médio das propriedades na região de São José do Rio Pardo era de 59,0 ha, na década de 1950 o tamanho médio passa para 82,0 ha. Com a crise do café em 1929, muitos lavradores foram obrigados a mudar de atividade ou procurar emprego em outras áreas. Esta mudança no perfil econômico da região é consolidada a partir da introdução das atividades secundárias, como a introdução dos primeiros segmentos industriais. A mudança no perfil econômico é acompanhada pela mudança no perfil demográfico, observando-se, já em 1940, leve predomínio da população urbana sobre a população rural (LEME, 1982).

Atribui-se também a mudança do perfil das propriedades e a indução ao processo de urbanização na região de São José do Rio Pardo o surgimento de uma série de sítios e chácaras ao redor da área urbana, fruto da fragmentação de grandes propriedades.

Os cultivos de cebola, a cargo dos italianos, e os de batata, a cargo dos imigrantes espanhóis, são elementos muito importantes para a ocupação dos municípios de Divinolândia e São Sebastião da Gramma, sendo a cebola cultivada em baixas encostas e áreas de planície fluvial, e as batatas em encostas íngremes.

A proliferação de sítios e chácaras também explica, conforme MATTOS (1959), a configuração paisagística regional, marcadamente rural. Este autor menciona a existência de um povoamento linear disperso na região, na forma de casas dispostas linearmente acompanhando as principais drenagens. Menciona-se também um padrão de bairros rurais formados a partir de antigas colônias ou pela tendência de aglomeração espontânea em locais com facilidade de acesso. Por fim, menciona-se, dentro da configuração paisagística rural, a constituição de povoados e vilas, apresentando já funções urbanas.

A centralidade estabelecida por São José do Rio Pardo é explicada pelo fato da cidade se comportar como um corredor de circulação que liga São Paulo ao sul de Minas Gerais,

configurando-se também como um centro de convergência entre algumas cidades situadas na Depressão Periférica, como é o caso de Mococa, ou mesmo no próprio Planalto Atlântico, como é o caso de Divinolândia, Tapiratiba e Caconde, no estado de São Paulo às cidades de Guaxupé, Guaranésia e Muzambinho, no sul do Estado de Minas Gerais (SEADE, 2004).

A ligação rodoviária Itobi-São José do Rio Pardo e a ligação ferroviária Itobi-São José do Rio Pardo – Itaquara foi desenhada acompanhando a orientação do relevo local, cuja gênese está intimamente ligada a eventos tectônicos, aproveitando-se exclusivamente da Falha de Guaxupé, que corta toda a região (**Mapa 5.1 - 1 - Área de Estudo em relação às Ferrovias do Estado de São Paulo**).

Fonte: IBGE - Mapeamento Sistemático do Brasil - Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo - BCIM

Legenda

Sede Municipal

Ferrovias

Companhia Mogiana de Estradas de Ferro - CMEF - Linha Tronco

Companhia Mogiana de Estradas de Ferro - CMEF - Ramal Guaxupé

Companhia Mogiana de Estradas de Ferro - CMEF - Ramal Mocóca

Área de Estudo

Limite Estadual

Mapa:

5.1 - 1

Área de Estudo em relação as Ferrovias do Estado de São Paulo

Dissertação de Mestrado:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:2.000.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Em relação ao sítio urbano de São José do Rio Pardo, é importante lembrar que ele se adaptou à topografia dissecada do local. Tomado em seu setor mais baixo, de cerca de 660 m, e o setor mais alto, de 770 m, nota-se um desnível de mais de 100 m. O Rio Pardo, ao atravessar a área urbana do município, apresenta-se bastante encaixado, aproveitando-se localmente a linha de falha que divide a cidade em duas partes, uma leste e a outra oeste. A porção leste apresenta-se topograficamente mais favorável, concentrando o maior contingente populacional do município (LEME, 1982).

A intensa degradação da paisagem e o acúmulo de pontos erosivos em toda a região é herança das práticas predatórias utilizadas nas lavouras de café, assinalando-se a prática da queimada e a derrubada de capoeiras como práticas que foram passadas de geração em geração pelos agricultores, promovendo um deslocamento contínuo em busca de novas áreas de matas para plantações. A rotação de cultura, fomentada pela introdução da cana-de-açúcar na região, embora seja mais benéfica pela ausência de uso de fertilizantes, acaba por agravar as condições das erosões, pela falta de preocupação dos agricultores com técnicas de conservação do solo.

A utilização de técnicas agrícolas tradicionais perdurou na região de São José do Rio Pardo até a década de 1960, tanto praticada pelos pequenos como pelos grandes proprietários. Aos pequenos proprietários, a falta de crédito agrícola e a introdução de culturas de exportação, como o café, ampliaram o êxodo rural e contribuíram para a estagnação da economia regional, sobretudo ao se saber do fato de que as indústrias são muito incipientes na região, acusando-se apenas 69 no ano de 1973, ligadas ao setor de transformação de produtos agropastoris (LEME, 1982) (**Figuras 5.1 - 3 e 5.1 - 4**).

<p>Figura 5.1 3 - Vista Aérea da Fábrica da Nestlé em São José do Rio Pardo.</p>	<p>Figura 5.1 4 - Industria RioPlastic de Plásticos Descartáveis, uma das principais de São José do Rio Pardo.</p>
<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>

A Companhia Industrial e Comercial Brasileira de Produtos Alimentares (Nestlé S.A.) (Figura 5.1 - 3), instalada em São José do Rio Pardo é o principal exemplo desse processo.

A população de São José do Rio Pardo tem atualmente no pequeno comércio local a sua principal fonte de renda. De acordo com o IBGE (2009) a produção agrícola ocupa 8.176 ha, o que equivale a 19,46% da área municipal. A produção agropecuária atingiu em 2008 valores correntes de R\$ 42.867.000,00, sendo o setor que menos contribuiu com o PIB municipal, o que evidencia a forte reestruturação produtiva de toda a região.

O setor de serviços, com contribuição de R\$ 442.660.000,00, seguido da indústria, com contribuição de R\$ 242.517.000,00 são os principais motores da economia municipal (IBGE, 2008).

Quando se atenta mais especificamente para os aspectos históricos ligados à implantação da PCH Rio do Peixe I, nota-se que sua origem está associada ao surgimento da Companhia Paulista de Energia Elétrica (CPEE), criada sob a forma de uma concessão municipal de São José do Rio Pardo, sendo oficializada a criação da companhia através do Sindicato de Luz Elétrica de São José do Rio Pardo, em 1896.

Três anos depois a empresa inaugura o serviço de iluminação pública na cidade. A qualidade ruim dos serviços forçou uma reestruturação na empresa, que passou a se chamar Companhia Luz Elétrica Rio-Pardense, em 1903. Em 1908 a empresa muda de nome mais uma vez, passando a se chamar Empresa Luz e Força Santa Alice. A eclosão de uma série de companhias municipais de energia elétrica foi o estopim para uma nova reestruturação das empresas da região, reunindo-se as concessionárias de Bariri e Socorro,

tendo como empresa principal a Companhia de Geração do Rio Pardo. Surge então a Companhia Paulista de Energia Elétrica, em 1912.

A primeira usina inaugurada após a criação da Companhia Paulista de Energia Elétrica foi justamente a Usina do Rio do Peixe I, em 1925. A primeira casa de máquinas da usina durou até 1977, quando foi desativada, permanecendo a geração das duas outras unidades, que funcionaram até o ano 2000.

Em 20 de janeiro de 1977 uma grande tromba d'água do Rio Pardo atingiu seus principais tributários, dentre eles, o Rio do Peixe, o que fez o nível do rio subir até extravasar a barragem, causando o deslocamento e consequente rompimento de parte do conduto forçado da PCH Rio do Peixe I. De forma a evitar futuros danos pela elevação do nível do rio, a PCH Rio do Peixe I foi redimensionada e reinaugurada em 1998 (PCH Rio do Peixe II), apresentando um reservatório de maiores dimensões, com cerca de 1,62 km² e 15 MW de potência instalada.

Na primeira visita de campo realizada para as usinas Rio do Peixe I e II, em fevereiro de 2014, percebeu-se num primeiro instante as pequenas dimensões do reservatório e o desnível considerável entre o barramento e a casa de máquinas, percorrido pelo conduto forçado. A usina, afastada cerca de 15 km do centro de São José do Rio Pardo, possui barramento do tipo gravidade, com segmento em arco e construída sobre concreto compactado a rolo. A casa de máquinas, tanto usina de 1925, quando da de 1998, está situada a 300 m do reservatório, num desnível de mais de 32 m, completado pela tomada d'água, por um vertedouro de superfície e um descarregador de fundo que alimenta o canal de adução para as unidades geradoras. As fundações se dão sob rocha gnáissica de bom padrão geotécnico.

A PCH Rio do Peixe I, com potência instalada de 3 MW, operava com equipamentos incapazes de suportarem o período de vazões extremas, como o ocorrido em 1977, que motivou o desmoronamento da encosta onde se situa o conduto forçado. A usina operou até 2000, quando teve a produção de energia paralisada e substituída pela PCH Rio do Peixe II, inaugurada um pouco antes, em 1998.

A primeira das três unidades geradoras da PCH Rio do Peixe I foi inaugurada em 1925, a segunda em 1927, ambas com turbinas Voith e gerador Siemens-Schuckert. Já a terceira unidade geradora foi inaugurada em 1949, com turbina James Leffel e Gerador General Electric. Todos estes equipamentos eletromecânicos encontram-se, aparentemente, em bom estado de conservação.

O antigo canal de adução da PCH Rio do Peixe I é revestido de concreto, com 980 m de extensão e seção retangular de 2,3 m x 2,8 m, observando-se no final do mesmo uma câmara de carga e uma tomada d'água para alimentação da tubulação adutora. Os condutos forçados foram construídos em chapas de ferro, acusando-se o seu rompimento parcial, conforme já mencionado, devido ao deslizamento da encosta. Os referidos condutos forçados tinham 278 m de comprimento e venciam 110 m de desnível.

O canal de fuga foi escavado em rocha, sob a casa de força, observando-se a restituição das águas no leito do rio do Peixe através de um tubo metálico de grande diâmetro.

Já a PCH Rio do Peixe II, instalada em 1998 com investimentos captados junto ao BNDES, possui 15 MW de potência instalada, concebida com um túnel de adução de 520 m e diâmetro irregular, até alcançar a câmara de carga, acoplada à chaminé de equilíbrio, observando-se, logo depois, adução em conduto forçado até a casa de máquinas, um desnível de 125 m. O conduto forçado foi construído em chapa de ferro paralelo ao conduto forçado da PCH Rio do Peixe I, possuindo 330 m de extensão e diâmetro de 2,65 m. Os apoios do conduto forçado são feitos de concreto assentado em solos de alteração e rochas gnáissicas. O canal de fuga tem início nos porões da casa de força, caminhando em céu aberto à área de descarga das turbinas da PCH Rio do Peixe I. O controle hidrométrico da PCH Rio do Peixe II é realizado por régua linimétrica instaladas no reservatório e no canal de fuga.

A casa de força da PCH Rio do Peixe II foi construída em concreto e alvenaria de tijolos, possuindo equipamentos automatizados, como turbinas Voith e geradores Siemens.

A documentação encontrada nas dependências da usina encontra-se no almoxarifado da PCH Rio do Peixe II (**Fotos 5.1 - 3 e 5.1 - 4**), na forma de depósito com armários e caixas, onde foram encontrados grande quantidade de projetos de engenharia, arranjos gerais, estudos geotécnicos, memoriais de cálculo, registros de operação, fotos relativas ao período de construção da PCH Rio do Peixe II. As condições inadequadas de acondicionamento do material motivou o setor de preservação da CPFL a retirar o material para o setor de conservação e arquivo, situado em Campinas, deixando no local, apenas os documentos com cópias ou em duplicidade, conforme constatado em trabalho de campo realizado em abril de 2017.

<p>Foto 5.1 3 - Documentação Fotográfica do período de construção da PCH Rio do Peixe II.</p>	<p>Foto 5.1 4 - Armários com Documentação da PCH Rio do Peixe II em almoxarifado localizado no prédio da casa de máquinas da referida usina.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Nesta expedição de campo, em conversa com o atual operador da usina, verificou-se a natureza dos documentos ainda nos arquivos da usina, e obteve-se o contato do Engenheiro Marcos Martins e da Engenheira Ana Paula Garcia Massuca, esta última responsável pela digitalização de todos os documentos da usina. Por meio do envio de ofício à CPFL, endereçado aos dois engenheiros, foi possível obter a documentação escaneizada relativa à PCH Riodo Peixe II, como arranjos gerais, ensaios geotécnicos, estudos hidrométricos e relatórios de renovação da Licença de Operação. A consulta aos técnicos da CPFL responsáveis pelo acervo histórico da PCH Rio do Peixe não indicou a existência de documentos da PCH Rio do Peixe I. No entanto, os projetos efetuados para a PCH Rio do Peixe II traziam referências à primeira usina. Compensou-se a ausência de documentos diretos da PCH Rio do Peixe I com cartas topográficas do Arquivo Público do Estado de São Paulo.

5.2 Aspectos Geológicos

A área de estudo está localizada na unidade geomorfológica definida por ALMEIDA (1964) como Planalto Atlântico, mais precisamente na área de contato entre a Zona Cristalina do Norte e o Planalto de Poços de Caldas (**Figura 5.2 - 1**).

O Planalto Atlântico apresenta estrutura heterogênea que resulta em uma diversidade de formas topográficas e indícios suficientes de conservação de antigas superfícies de aplainamento. A Zona Cristalina do Norte constitui-se numa faixa de rochas pré-cambrianas de cerca de 200 km de extensão e área de 11.200 km², formando uma transição entre as

terras altas do sudoeste mineiro e a região sedimentar mais baixa da Depressão Periférica. Trata-se de uma zona de estrutura complexa, com relevos montanhosos acondicionados pela existência da Superfície de Aplainamento de Itaguá, o que impediu que os relevos não ultrapassassem os 1.200 m de elevação em relação ao nível do mar.

Já na porção leste dessa região, os relevos ultrapassam os 1.600 m de altitude, estando sob influência da Superfície Japi, deformada por falhas e flexuras ao longo de terrenos que atingem o estado de Minas Gerais.

Os limites ocidentais da Zona Cristalina do Norte são dados pelos sedimentos carboníferos. Ao sul, o limite é feito pelo vale do rio Jundiaí, onde findam as rochas predominantemente gnáissicas e graníticas para ceder lugar aos xistos da Serrania de São Roque. O limite oriental é dado pelo vale do rio Atibaia, acompanhando a extensão da Superfície Japi que passa a se erguer para formar a zona tectônica da Mantiqueira e o Planalto de Campos do Jordão.

Figura 5.2 1 - Divisão Geomorfológica do estado de São Paulo - Almeida (1964)

Fonte: Atlas do estado de São Paulo – Departamento de Geografia – USP (2000).

A constituição geológica da Zona Cristalina do Norte é dada por gnaisses, com intercalações subsidiárias de micaxistos e quartzitos. São numerosas as bossas e *stocks* graníticos, como os que ocorrem a SE de Atibaia e na região NE de Bragança Paulista, como também as zonas norte e leste de Campinas, assim como nas vizinhanças de Pinhal e São José do Rio

Pardo. Muito localmente mencionam-se intrusões de anfibolitos e diques de diabásio. Predominam na maior parte da zona lineamentos dirigidos de 20° a 40° NE, particularmente nítidos no vale do rio Mogi Guaçu. No setor norte da zona ganham importância os lineamentos de sentido NW e ENE (LEME, 1982).

Na região delimitada pelos rios Jundiaí, Atibaia e Jaguari existem pequenas bacias sedimentares cuja acumulação precedeu o ciclo atual, sendo constituída por camadas de areia mais ou menos argilosas, argilas e cascalhos, em espessuras não maiores do que 30 m. A sedimentação moderna é insignificante, limitada às planícies terraceadas, cuja maior largura pouco excede a faixa de meandros dos rios que a drenam.

De forma geral, ALMEIDA (1964) ressalta que a natureza litológica, a situação relativa das superfícies Itaguá e Japi e as deformações que estas sofreram ditam a configuração geral da Zona Cristalina do Norte, seja na altitude em que se elevam os morros, como também em relação à amplitude do relevo local. São os granitos e gnaisses quartzosos as rochas que sustentam as maiores formas de relevo, embora localmente, como no caso das regiões de Socorro ou Lindóia, tal papel caiba aos quartzitos. Áreas de micaxistos, gnaisses micáceos, anfibolitos e outras rochas menos resistentes foram escavadas em vales subsequentes ou formaram relevos colinosos, como os encontrados na região de Jundiaí, Atibaia e Itapira.

O setor norte da Zona Cristalina mostra um relevo mais complexo. Nas vizinhanças da borda sedimentar o elemento principal a configurar o relevo é a Superfície Itaguá que determina o teto local, onde se encontram, por exemplo, os morros graníticos próximos à estação Itobi da Estrada de Ferro Mogiana, ou ainda a acidentada morraria granítica que atravessa o rio Pardo na região de São José do Rio Pardo (**Fotos 5.2 - 1 e 5.2 - 2**), onde está localizada a área de estudo da presente dissertação de mestrado (LEME, 1982).

<p>Foto 5.2 1 - Morros da região de São José do Rio Pardo vistos a partir dos divisores da área de estudo..</p>	<p>Foto 5.2 2 - Morrarias e Serranias da Região de São José do Rio Pardo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

A transição entre a Zona Cristalina do Norte e o Planalto de Poços de Caldas manifesta perturbações tectônicas que levaram a superfície Japi a se erguer cerca de 1.550 m, não apenas o maciço cristalino que sustenta essa superfície, mas toda a região gnáissica vizinha, que inclui as Serras da Fartura, do Boqueirão e da Forquilha, nos municípios de São Sebastião da Grama, Vargem Grande do Sul e Divinolândia. Como hipótese para tal perturbação, ALMEIDA (1964) aventa ao fato de uma possível atuação de falhamentos na região mesmo após a sedimentação do Grupo Bauru, responsável por elevar a mais de 1.550 m um testemunho arenítico cretácico, representado pela Serra do Mirante.

As perturbações tectônicas que acompanharam a intrusão do maciço cristalino afetaram a sedimentação do Grupo Tubarão, exibindo blocos de falhas adernadas em sentido SW, onde o embasamento gnáissico é recoberto diretamente por uma sequência de sedimentos típicos do Grupo Tubarão.

As drenagens principais da área de estudo, conforme (OLIVEIRA, 1972) *apud* LEME (1982), como o caso do Rio Pardo, ora seguem linhas de falha de sentido NE, ora as principais direções de gnaissificação, de sentido NW. Tanto o rio do Peixe, onde se localiza a área de estudo, quanto o rio Pardo, a principal drenagem da região, apresentam muitos meandros, principalmente em trechos que atravessam setores de relevo aplainado.

A ação do intemperismo na região é irregular, observando-se, conforme descreve (OLIVEIRA, 1972) *apud* LEME (1982) solos relativamente profundos, observando-se na paisagem diversos trechos com presença de matacões e afloramentos de ganisses e granulitos quartzo-feldspáticos, associados com solos mais rasos.

De acordo com (OLIVEIRA, 1972) *apud* LEME (1982) em estudo geológico em escala regional, verifica-se um conjunto de rochas metamórficas de idade pré-cambriana, enquadradas na ramificação noroeste do Grupo Paraíba, denominada Araxaídes por ERBERT (1968) em trabalho sobre a Geologia do Sul de Minas Gerais e áreas adjacentes. Na litologia da área predominam gnaisses homogêneos, com predomínio de minerais máficos, sobretudo biotita, em agrupamento na forma de leitos isorientados, curtos e descontínuos.

Enumeram-se para a região de estudo os gnaisses graníticos, granodioríticos, dioríticos, quartzíticos, porfiroblásticos e kinzigíticos. Menciona-se ainda gnaisses bandados, migmatíticos, com ocorrência em cerca de 2/3 da área do município de São José do Rio Pardo. A litologia da área de estudo, conforme OLIVEIRA (1972) *apud* LEME (1982) inclui ainda granulitos róseos alaskíticos, orientados, charnokitos, anfibolitos, piroxenitos e granada-piroxenitos (**Figuras 5.2 - 2 e 5.2 - 3**).

<p>Figura 5.2 2 - Detalhe de uma Amostra de Gnaiss Granítico.</p>	<p>Figura 5.2 3 - Detalhe de uma Amostra de Charnokito.</p>
<p>Fonte: Museu do Departamento de Geociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).</p>	<p>Fonte: Museu do Departamento de Geociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).</p>

Já em relação ao arcabouço estrutural onde se insere a área de estudo, OLIVEIRA (1972) *apud* LEME (1982) menciona uma estrutura geral orientada na direção NW-SE, observando-se medidas de gnaissificação de quase todos os tipos litológicos entre N20°NW e N65°W, com valores dominantes em 40°NW. As estruturas de gnaissificação mergulham predominantemente para SW, com inversões locais muito raras.

A região não apresenta dobramentos, salvo em escala de afloramentos, onde ocorrem migmatitos. Conforme o autor supracitado, a região de São José do Rio Pardo deve constituir a aba sul de uma grande anticlinal de eixo NW. A tectônica rígida se manifesta na

região através de uma grande quantidade de falhas gravitacionais, direcionais e de diaclasamentos associados.

O principal sistema de falhas regional possui direção NE e divide a área em três blocos, dos quais o bloco central desceu relativamente aos blocos noroeste e sudeste, originando, nos dizeres de OLIVEIRA (1972) *apud* LEME (1982) um *graben*. Este autor assinala ainda zonas milonitizadas ao longo das linhas de falha, com interferências em veios pigmatíticos que se tornaram cataclasados e intensamente epidotizados. O fraturamento generalizado dos diversos tipos litológicos em toda a região favoreceu a formação de uma grande quantidade de veios de quartzo preenchendo fraturas. Estes veios são formados essencialmente de quartzo branco leitoso, com alguma magnetita associada.

Em relação ao contato entre os tipos litológicos mencionados, (OLIVEIRA, 1972) *apud* LEME (1982) altera para o fato de quase todos serem gradacionais, não sendo possível traçar um limite exato ou aproximado entre os tipos de rochas confinantes.

Quando se analisa mais precisamente a área de estudo (**Mapa 5.2 - 1 - Área de Estudo em relação às Unidades Litoestratigráficas do Estado de São Paulo**), mencionam-se a Unidade Paragnáissica Superior do Grupo Varginha-Guaxupé, os Charnoquitos e Granitos da Unidade São José do Rio Pardo-Divinolândia (**Figuras 5.2 - 4 e 5.2 - 5**) e os Migmatitos da Unidade Varginha-Guaxupé (CPRM,2007).

<p>Figura 5.2 4 - Detalhe de uma Amostra de Paragnáisse.</p>	<p>Figura 5.2 5- Granitos no Leito do rio do Peixe na PCH Rio do Peixe II.</p>
<p>Fonte: Museu de Geociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).</p>	<p>Fonte: Museu de Geociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).</p>

Legenda

- Sede Municipal
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Área Diretamente Afetada
- Área de Estudo
- Mancha Urbana
- Limite Estadual
- Estrutura**
 - Falha ou Zona de cisalhamento compressional

Unidades Litoestratigráficas

NP3s?1Cjd: Neoproterozóico - Ediacariano - Granitos charnockitóides, tipo C; São José do Rio Pardo - Divinolândia (jd)

NP3s?1Cpc: Neoproterozóico - Ediacariano - Granitos charnockitóides, tipo C; São José do Rio Pardo - São Pedro da Caldas (pc)

NP3s?1Csm: Neoproterozóico - Ediacariano - Granitos charnockitóides, tipo C; suíte mangerítica (sm)

NP3s?cc: Neoproterozóico - Ediacariano - Granitóides tectônica e quimicamente indiferenciadas; Caconde (cc)

NPvm: Neoproterozóico - Ediacariano - Unidade paragnáissica migmatítica superior

NPvog: Neoproterozóico - Ediacariano - Unidade Ortognáissica migmatítica intermediária

Mapa: 5.2 - 1

Área de Estudo em relação as Unidades Litoestratigráficas do Estado de São Paulo

Dissertação de Mestrado: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:125.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Em relação às unidades dos litotipos mencionados, observa-se idade Proterozóica para os paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé (14,37 km² ou 27,69% da área de estudo) ou, localizados na porção norte da área de estudo, ao longo das cabeceiras e curso do córrego do Moinho, além do curso do rio do Peixe, numa faixa de aproximadamente 6 km a partir da confluência desta drenagem com o rio Pardo.

Já os Charnokitos e Granitos da Unidade São José do Rio Pardo-Divinolândia (24,34 km² ou 46,90% da área de estudo) ou ocupam quase todo o restante da área de estudo, numa faixa que começa a partir de 6 m da confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, incluindo setores de cabeceiras do córrego da Cachoeira e o restante das vertentes e topos das drenagens que contribuem com a margem direita do rio do Peixe existente na área de estudo. Esta litologia também apresenta idade proterozóica.

Os Migmatitos da Unidade Varginha-Guaxupé (10,51 km² ou 20,25% da área de estudo) estão restritos aos setores de cabeceiras das porções sudoeste e leste da área de estudo, acusando-se para o litotipo em questão, idade proterozóica.

Por fim, os depósitos aluvionares representam 2,67 km² ou 5,16% da área de estudo, concentrando-se numa faixa de sentido NO-SE ao longo do curso do rio do Peixe e de seus principais tributários.

5.3 Aspectos Geomorfológicos

Conforme aponta LEME (1982), a presença de uma fossa tectônica do tipo *graben* na região onde se insere a área de estudo, ainda que de posição modesta se comparada a existente no Vale do Paraíba, caracteriza a ossatura do sistema paisagístico regional, o que impõe a necessidade de considerar os eventos tectônicos e estruturais como essenciais para compreender a evolução geomorfológica de toda essa região.

ABREU (1973) ao tratar da região sul de Minas Gerais conclui que esta se localiza num núcleo de escudo muito complexo, soerguido por epirogênese positiva e afetado pela tectônica quebrantável ativa pós-cretácica (**Figura 5.3 - 1**). Enquanto que na região do Vale do Paraíba observa-se trecho fortemente rebaixado, limitado por escarpas retilíneas, a faixa oriental vai perdendo altitudes através de cristas

rejuvenescidas e montanhas complexas, até atingir a região de colinas da Depressão Periférica.

Quando se analisa mais focadamente a região, nota-se a transição do rebordo ocidental da Mantiqueira e os terrenos sedimentares da Depressão Periférica. No caso deste segundo compartimento, observam-se formas de relevo esculpidas em rochas sedimentares e migmatitos básicos da Sinéclise do Paraná. Já em relação ao primeiro compartimento, mencionam-se formas de relevo esculpidas em rochas pré-cambrianas de alto grau de cristalinidade. Em relação à área onde se encontram as rochas pré-cambrianas, especial atenção deve ser dada ao Planalto Sul de Minas Gerais, em virtude da intrusão cristalina de Poços de Caldas, responsável por introduzir novos elementos no arranjo regional das estruturas desse antigo maciço, traduzido localmente na forma de falhamentos resultantes de esforços tensionais ou pela presença de áreas elevadas da Superfície das Cristas Médias, sobretudo na porção sul do município de São José do rio Pardo (LEME, 1982).

Figura 5.3 1 - Evolução Estrutural Pós-Brasiliana no Sudeste Brasileiro

Fonte: IPT (1982).

Quando se individualiza a região de estudo dentro do grande conjunto de maciços antigos da região de Poços de Caldas, observa-se um relevo nitidamente mais movimentado do que o verificado no restante do conjunto de terrenos. No restante da superfície onde se insere o Planalto de Poços de Caldas a tectônica foi responsável pela elevação dos terrenos a uma altitude superior a 1.500 m. No restante dessa grande área planáltica, permanece a Superfície Itaguá, e as altitudes concentram-se no intervalo entre 550 e 720 m.

Em termos evolutivos, LEME (1982) aponta o início dos eventos geológicos que deram gênese à região onde se localiza a área de estudo como datados do Jurássico, marcando-se o início de eventos tectônicos que se prolongaram até o Cretáceo, quando do processo de separação do continente Gondwana, a qual se associa um enérgico vulcanismo fissural. Este vulcanismo, caracterizado como distensivo, foi bastante ativo em todo o Cretáceo, apresentando-se grandes manifestações vulcânicas explosivas básico-alcálinas, que deram origem ao Maciço de Poços de Caldas. Menciona-se também episódios de vulcanismo básico-ultrabásico-alcálico ou simplesmente episódios isolados de vulcanismo alcálico.

Nas regiões onde não se observaram sítios de reativação de vulcanismo, as falhas cretácicas mostram direcionamento predominante NE, NNE e NO. Já nas regiões reativadas em falhas normais em função dos esforços compressivos, ligados à intrusão alcálica de Poços de Caldas, observa-se direcionamento das falhas em direção NE, fato este que explica as direções preferenciais do relevo da região de estudo para este mesmo sentido, assim como o grande número de cursos d'água que a drenam, a começar pelo próprio rio Pardo (**Figura 5.3 - 2**).

Situada em períodos geológicos mais recentes, destaque deve ser dado em relação aos fatos geocronológicos que explicam o relevo regional às modificações imprimidas na Superfície de Aplainamento esculpida durante o Ciclo Geomórfico Sul-americano (CPRM, 1999).

Durante esta fase, os arcabouços estruturais dos blocos escalonados cuja gênese iniciou-se no Cretáceo, são ativadas vigorosamente. Como consequência, o modelo esculpido durante o Jurássico é desagregado, originando um novo relevo, mais movimentado, ocasionando a alteração da rede de drenagem pré-existente e alterando os processos de esculturação do relevo para o tipo erosão-sedimentação. A partir da

sucessão destes episódios na região da área de estudo, é que se tem a instalação de uma estrutura típica de *graben*, onde os blocos de sentido NE e SE se elevaram em relação ao bloco central, que foi rebaixado (LEME, 1982).

Figura 5.3 2 - Elementos Morfotectônicos da região do Alto Rio Pardo

Fonte: DORANTI (2006).

Aliado às oscilações climáticas pós-cretácicas, o modelado da região passou por sucessivos processos de dissecação responsáveis por elaborar uma superfície de aplainamento, cujos materiais superficiais e subsuperficiais até hoje permanecem na composição da paisagem.

Os aspectos tectônicos na área de estudo de estudo impõem direções preferenciais de sentido NW-SE, diferente do padrão NW-SE da porção leste do Estado de São Paulo. Esta direção preferencial diferenciada na área de estudo aparece nos interflúvios que estão entre as cotas 800 e 900 m, correspondendo ao que MATTOS (1959) chamou de área de colinas médias, ou como prefere LEME (1982) área de pré-serra.

Já nos interflúvios situados entre 1.000 e 1.300 m (**Figura 5.3 - 3**), predominam relevos movimentados e dissecados por vales vigorosos, geralmente com erosão atuando nas linhas de fraqueza estrutural, principalmente de fraturas e falhamentos, observando-se, inclusive, a presença de patamares embutidos. Essa zona foi definida por LEME (1982) como zona de serra.

Figura 5.3 3 - Níveis Altimétricos Regionais

Fonte: DORANTI (2006).

A mesma autora consegue identificar ainda um terceiro setor, situado na porção oeste do município de São José do Rio Pardo, denominada de área de colinas retilinizadas, situadas num intervalo altimétrico de 550 a 720 m. Para AB'SABER (1969b) a origem destas colinas, situadas em posição interplanáltica, é derivada de processos de pediplanação extensivos.

Já nas áreas de contato do Planalto de Poços de Caldas com as estruturas sedimentares da Depressão Periférica, tornam-se numerosos os vales em U ou de fundo chato e os divisores tornam-se mais amplos, demonstrando menor frequência dos controles estruturais exibidos em grande parte da região onde se situa a área de estudo.

No contato entre os blocos soerguidos e o bloco rebaixado do *graben* que compõem a região, observa-se acentuada quebra de declive, definindo-se, em ambos os lados, escarpamentos de falhas com orientação paralela. Estes escarpamentos acompanham dois sistemas de falhas principais: um de direção NW, menos acentuado e outro, de direção SE, onde são comuns os festonamentos, com o ataque dos processos erosivos tornando-se mais intenso sobre os blocos de falhas.

Menciona-se duas regiões onde o ataque erosivo é mais representativo. A primeira, acompanha a direção do rio da Fartura e a outra, o curso do rio do Peixe, ambos, importantes afluentes do rio Pardo. A diferença de altura no desnivelamento dos blocos que compõem o *graben* regional evidencia a ação diferencial do tectonismo na área, mais intensa na porção SE, pela proximidade com o Planalto de Poços de Caldas, área core dos processos de vulcanismo em toda a região. Na porção rebaixada do *graben*, onde se localiza a segunda região onde o ataque erosivo é mais intenso, a presença de facetas trapezoidais evidencia a ação dos controles tectônicos.

Na rede de drenagem, esta influência se dá no padrão de treliça. Os controles estruturais são suavizados, porém, com forte ação da erosão neste compartimento, fato que explica os níveis altimétricos menores. É nesta região que ocorrem diversas formas de agradação e as planícies fluviais dos principais tributários do rio Pardo, como o rio da Fartura, o rio do Peixe e o rio Guaxupé. O maior número e extensão das planícies fluviais no setor rebaixado do *graben*, é atribuído, conforme LEME (1982) ao fato de que os rios, ao terem que transpor desníveis acentuados, ganham velocidade e

consequentemente poder de erosão e transporte, que vão diminuindo à medida que se aproximam da confluência com o rio Pardo.

Se por um lado foi a tectônica a responsável por montar a ossatura da paisagem na região onde se localiza a área de estudo, é a erosão policíclica atuante em diferentes fases climáticas o elemento a explicar a existência de superfícies de aplainamento regionais.

A primeira, conforme pontua ALMEIDA (1964) fornece indícios muito claros de sua existência, sobretudo na área onde predominam rochas graníticas e quartzíticas, ladeadas por sedimentos, porque conforme se interioriza o maciço cristalino, as evidências dessa superfície se fazem mais sutis, só manifesta no subnívelamento dos principais divisores.

Essa primeira superfície de aplainamento foi nomeada por ALMEIDA (1964), como Superfície Itaguá. Nos dizeres de ALMEIDA (1964, p. 36):

“(...) é a superfície Itaguá que determina o teto local a que se elevam os morros graníticos próximo à estação Itobi (E. F. Mogiana) ou ainda à acidentada morraria, igualmente granítica, atravessada pelo rio Pardo, na região de São José do Rio Pardo (...)”.

Idêntico nivelamento dos terrenos ocorre entre 1.050 e 1.300 m, na porção sudeste do município de São José do Rio Pardo, numa região predominantemente de morros. Trata-se da Superfície de Cristas Médias, conforme a denominação de DE MARTONNE (1940) ou conforme prefere ALMEIDA (1958), a Superfície Japi. Caminhando-se na direção do Planalto de Poços de Caldas, a Superfície Japi foi elevada a altitude de 1.550 m, como também toda a área do maciço que sustenta este planalto, incluindo também, as regiões gnáissicas vizinhas situadas a noroeste, onde se localiza a Serra da Fartura, da Forquilha e do Boqueirão, situadas ao longo dos municípios de São Sebastião da Gramma, Vargem Grande do Sul e Divinolândia.

Em relação ao padrão de drenagem, a região tem predomínio da drenagem dendrítica, observando-se, porém, conforme pontua ABREU (1973) diferenças notáveis entre os rios que cortam os terrenos cristalinos e os sedimentares. Nos terrenos sedimentares

ocorre menor densidade de drenagem e o padrão dendrítico apresenta-se mais frouxo, quer pela pobreza dos rios, como dos afluentes menores.

Esse padrão de drenagem típico das áreas sedimentares aparece nos terrenos cristalinos em transição com terrenos sedimentares existentes na porção norte do município de São José do Rio Pardo. Nesta porção da região de estudo predominam charnokitos e gnaisses dioríticos e porfiroblásticos, mais friáveis do que os impermeáveis gnaisses graníticos.

Já em relação à influência do papel da intrusão alcalina de Poços de Caldas, ela só se faz sentir nos altos cursos de alguns tributários da margem esquerda do rio Pardo, como é o caso do rio das Antas, onde a forma anelar da chaminé alcalina condicionou o aparecimento de uma rede de drenagem de padrão similar.

Em suma, a análise das direções preferenciais do sistema de falhamentos regionais evidenciou uma direção predominante NE-SW, característica do Escudo Brasileiro, como bem pontuou RUELLAN (1952), herdada dos diastrofismos pré-cambrianos e ressaltados na paisagem por erosão diferencial.

Esse mesmo padrão de falhamentos está presente no rio Pardo e seus numerosos afluentes, nos trechos em que estes seguem os planos de falha existentes, já que, para as demais porções de terrenos drenadas, permanece a direção da gnaissificação, que é NW-SE. A direção de gnaissificação é mais proeminente em três dos principais afluentes do Rio Pardo: rio da Fartura, rio do Peixe e ribeirão Claro.

Conforme salienta ABREU (1973) na região drenada por esses cursos d'água ocorre concordância entre a direção da drenagem principal e as principais cristas, o que não ocorre com as demais regiões ao longo do município de São José do Rio Pardo, onde a direção brasileira (NW-SE) corta ortogonalmente o curso dos rios, fazendo com que os mesmos corram em direções opostas à rede de falhamentos, como é o caso do próprio Rio Tietê.

Embora o rio Pardo e seus principais afluentes sejam superimpostos, conforme pontuou ALMEIDA (1964), adaptando-se às direções estruturais ao longo de seus cursos, o mesmo não se pode notar nos tributários de menores ordens.

LEME (1982) define o padrão de drenagem dendrítico como típico dos altos cursos dos rios de ordem inferior, ao passo que quando se passa para os canais de ordem superior, o padrão se modifica para sub-dendrítico ou treliça, coincidindo com as áreas fraturadas ou mesmo falhadas.

Nas áreas onde os cursos d'água apresentam padrão em treliça, verifica-se nítida assimetria na distribuição dos canais, o que pode estar ligado tanto aos problemas de foliação, como de basculamento de blocos. Outro destaque ao padrão da drenagem na região onde se insere a área de estudo se dá em função do aparecimento de meandros, sobretudo em relação a três dos principais afluentes do rio Pardo, como é o caso do rio do Peixe (**Fotos 5.3 - 1 e 5.3 - 2**), Fartura e Guaxupé. Esses afluentes apresentam partes de seus cursos cortando a parte central do *graben* regional que sofreu rebaixamento.

Foto 5.3 1 - Trecho Meândrico do rio do Peixe na área do futuro barramento da PCH Rio do Peixe II (1998)

Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

Foto 5.3 2 - Trecho Meândrico do rio do Peixe próximo à ponte sob a Rodovia Estadual SP-344 (2017).

Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

De forma sintética, o relevo regional está condicionado às deformações pós-cretácicas ocorridas, responsável pela superimposição da drenagem a partir da cobertura paleozoica da Superfície Itaguá que possa ter existido sobre a Superfície Japi, como também, pelo entalhe diferencial das estruturas pré-cambrianas expostas entre as duas superfícies. LEME (1982, p. 79) destaca uma síntese regional para a evolução do relevo onde se insere a área de estudo:

“(...) O fato significativo da adaptação do traçado da drenagem dos maiores coletores, a direção estrutural dos gnaisses na área da Superfície Japi deformada, rios que a jusante dessa região são contidos em vales epigênicos, parece confirmar ser a deformação posterior a elaboração da Superfície Japi. (...) Durante a evolução, provavelmente policíclica, que se seguiu ao entalhe da superfície de aplainamento Japi, foram postas em relevo as estruturas mais resistentes, do mesmo modo que o descobrimento da superfície Itaguá, com o recuo da orla dos sedimentos paleozoicos vem dando origem a formas topográficas salientes nos locais onde se expõe os granitos e gnaisses quartzosos. A montante das soleiras suportadas pelas rochas mais resistentes evoluíram superfícies de erosão locais, cuja simultaneidade não pode ser confirmada (...).

Em relação às unidades geomorfológicas do Estado de São Paulo, conforme o Mapa Geomorfológico de ROSS & MOROZ (1997) (**Mapa 5.3 - 1** - Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas do Estado de São Paulo), observa-se regionalmente, a noroeste a Depressão do Mogi-Guaçu e o Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. Mencionam-se também, pequenas planícies fluviais correspondentes a diversos segmentos do rio Pardo.

Legenda

- Sede Municipal
- Rodovias
- Ferrovias
- Área de Estudo
- UGRHI 4 - Pardo
- Limite Estadual

Unidades Geomorfológicas

- Depressão Moji-Guaçu
- Pequenas Planícies Fluviais
- Planalto do Alto Rio Grande
- Planalto em Patamares Estruturais de Ribeirão Preto

Mapa: **5.3 - 1** **Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas do Estado de São Paulo**

Dissertação de Mestrado: **Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)**

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:750.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Mais precisamente em relação à área de estudo, menciona-se sua localização na unidade do Planalto do Alto Rio Grande.

De forma a se obter uma descrição mais adequada à escala da área de estudo, promoveu-se a elaboração de um mapa das unidades geomorfológicas para a referida área, em escala 1: 25.000 e apresentação em escala 1:50.000, utilizando dos procedimentos metodológicos definidos por PIRES NETO (1992) que considera a perspectiva sintético-histórica no mapeamento de pequenas escalas, baseada nas referências de DEMEK (1967) e VAN ZUIDAN (1962).

Para a confecção do mapeamento foram utilizados dados morfométricos de altimetria e parâmetros como a amplitude e comprimento das vertentes, declividades, embasamento geológico e tipos de solos.

O **Quadro 5.3 - 1** abaixo mostra os parâmetros utilizados para a definição das unidades geomorfológicas da área de estudo:

Quadro 5.3 1 – Parâmetros utilizados na definição das Unidades Geomorfológicas para a Área de Estudo

Relevo	Amplitude	Declividade	Geologia	Solos
Morros e Montanhas	120 a 300 m	30 a 45% > 45%	Charnokitos, Jotunitos, Granitos, Quartzito-Sienitos, Mangeritos e Noritos.	Argissolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos.
Morros	100 a 185 m	15 a 45% > 45%	Paragneisses, Biotita-Gnaisses, Xistos, Charnokitos, Jotunitos, Granitos, Quartzito-Sienitos, Mangeritos, Noritos, Migmatitos Estromáticos, Albita-Anatexistos, Tonalito-Gnaisses, Granito-Gnaisses.	Latossolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos, Argissolos Vermelho-Amarelo.
Morrotos e Morros	80 a 100 m	8 a 30%	Paragneisses, Biotita-Gnaisses, Xistos, Charnokitos, Jotunitos, Granitos, Quartzito-Sienitos, Mangeritos, Noritos, Migmatitos Estromáticos, Albita-Anatexistos, Tonalito-Gnaisses e Granito-Gnaisses.	Latossolos Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelho-Amarelo, Associação Cambissolos – Neossolos Litólicos.
Morrotos	30 a 65 m	8 a 30%	Paragneisses, Biotita-Gnaisses e Xistos.	Cambissolos e Latossolos

Relevo	Amplitude	Declividade	Geologia	Solos
				Vermelho-Amarelo
Morrotes e Colinas Pequenas	25 a 55 m	8 a 30%	Paragnaisses, Biotita-Gnaisses, Xistos, Charnokitos, Jotunitos, Granitos, Quartzo-Sienitos, Mangeritos e Noritos.	Cambissolos e Argissolos Vermelho-Amarelo.
Colinas Pequenas	20 a 30 m	8 a 15%	Paragnaisses, Biotita-Gnaisses e Xistos.	Cambissolos.
Terraços Fluviais	5 a 20 m	2 a 8%	Depósitos Aluviais: areias, argilas e cascalhos.	Associação Gleissolos - Neossolos Flúvicos
Planícies Fluviais	0 a 5 m	0 a 2%	Depósitos Aluviais: areias, argilas e cascalhos.	Associação Gleissolos - Neossolos Flúvicos

Elaboração: Edson Alves Filho .

A partir da intersecção espacial em ambiente ArcGis 10.2 entre os arquivos shapefile de geologia, solos e declividade, chegou-se a um primeiro traçado das unidades geomorfológicas da área de estudo. Para o refinamento da delimitação espacial das referidas unidades, utilizou-se das curvas de nível retiradas do modelo digital de elevação (MDE) Topodata, elaborado pela Embrapa, utilizando-se de espaçamento das curvas de nível de 5 e 5 m, compatível com escalas de até 1:10.000. Com as curvas de nível em mãos, elaborou-se o **Mapa 5.3 - 2 – Área de Estudo em relação às Classes Clinográficas**.

Pela análise do Mapa 5.3 - 2 é possível notar que as áreas com até 2% de declividade ocupam 4,97 km² ou 9,59% da área de estudo, ocupando uma faixa de sentido NO-SE, que começa a partir da confluência do rio do Peixe com o rio Pardo e vai até a confluência do rio do Peixe com curso d'água sem denominação situado próximo à posição mais externa do remanso do reservatório da PCH Rio do Peixe II.

As áreas com declividades situadas entre 2% e 8% ocupam 5,23 km² ou 10,09% da área de estudo, agrupando-se na base das colinas e morrotes da área de estudo ou ao longo das planícies e terraços fluviais existentes, distribuindo-se nas porções norte, sudoeste e leste da área de estudo.

Para as declividades situadas entre os intervalos de 8% e 15% encontrou-se uma área de 10,82 km², o que representa 20,87% da área de estudo, disseminada em toda a

área de estudo, mas ocupando os terços inferior e médio das vertentes das unidades geomorfológicas da área de estudo.

Já as áreas com declividades situadas entre os intervalos de 15% e 30% perfazem um total de 23,87 km² ou 46,02% da área de estudo, também disseminada ao longo de toda a área em questão, porém, ocupando os terços médios das vertentes das diferentes unidades geomorfológicas mapeadas.

A classe com declividades situadas entre 30% e 45% ocupa 6,13 km² ou 11,83% da área de estudo, situada nas porções noroeste, nordeste, central e sul da área de estudo, ocupando as porções de terço superior das vertentes.

Por fim, a classe com declividades superiores a 45% ocupa 0,83 km² ou 1,6% da área de estudo, situada, sobretudo nas porções noroeste e nordeste da área de estudo, ocupando os terços superiores das vertentes.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Curvas de Nível
- ▭ Divisa de Municípios
- ▭ PCH Rio do Peixe I (1925)
- ▭ PCH Rio do Peixe II (1998)
- ▭ Área de Estudo

Classes Clinográficas

- Até 2%
- 2% - 8%
- 8% - 15%
- 15% - 30%
- 30% - 45%
- > 45%

0 0,5 1 1,5 2 2,5 Km

Mapa:	5.3-2	Área de Estudo em relação às Classes Clinográficas	
Projeto: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)			
Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia			
Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Após a elaboração do Mapa 5.3 - 2, utilizou-se os limites das classes de declividade e as curvas de nível para refinar os limites das unidades geomorfológicas, delimitando-se os contornos finais das mesmas.

O **Mapa 5.3 - 3** – Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas totaliza 8 unidades para a área de estudo, assim discriminadas e ilustradas nas fotografias abaixo, cujos ângulos de visada aparecem no **Mapa 5.3 - 4** - Ângulos de Visadas das Fotografias das Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- ▬ Divisa de Municípios
- ▬ PCH Rio do Peixe I (1925)
- ▬ PCH Rio do Peixe II (1998)
- ▬ Área de Estudo

Unidades Geomorfológicas

- Planície Fluvial
- Terraço Fluvial
- Colinas Pequenas
- Morrote
- Morrotes e Colinas Pequenas
- Morrotes e Morros
- Morros
- Morros e Montanhas

Mapa:	5.3-3	Área de Estudo em relação às Classes Clinográficas	
Projeto: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)			
Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia			
Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

- **Morros e Montanhas:** situada na porção nordeste e sul da área de estudo (15,81 km² ou 30,86% da área de estudo), apresenta as maiores altitudes e declividades encontradas, tendo como suporte cambissolos e argissolos vermelho-amarelos. Grande parte da área das Fazendas Boa Vista, Bela Vista e Virgínia encontram-se nessa unidade geomorfológica, encontrando-se grande parte de sua área recoberta por cultivos temporários e perenes e nos trechos mais declivosos, por matas em bom estado de conservação. As **Fotos 5.3 - 3 e 5.3 - 4** a seguir apresentam os aspectos da unidade geomorfológica dos morros e montanhas na área de estudo.

<p>Foto 5.3 3 - Detalhe de Morro situado ao lado da Casa de Máquinas da PCH Rio do Peixe II.</p>	<p>Foto 5.3 4 - Vista Geral de Morros e Montanhas em divisor da porção nordeste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

- **Morros:** apresenta-se na forma de três agrupamentos (**Fotos 5.3 - 5 e 5.3 - 6**) na área de estudo (23,34 km² ou 44,37% da área de estudo). O primeiro, situado ao norte, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, é onde está localizada a Fazenda Ouro Branco, apresentando grande parte de sua área recoberta por matas. O segundo agrupamento está localizado na porção noroeste da área de estudo, abrangendo parte da área da Fazenda Santa Amélia. Predomina neste segmento da unidade geomorfológica dos morros pastagens e setores amplos com reflorestamentos e matas bem conservadas. Por fim, o terceiro agrupamento da unidade geomorfológica dos morros está situada na porção leste da área de estudo, onde está inserido o Sítio

Samambaia. Predominam neste trecho cultivos perenes e alguns fragmentos de mata em estágio avançado de regeneração.

<p>Foto 5.3 5 – Vista Geral de um Morro situado na Fazenda Ouro Branco.</p>	<p>Foto 5.3 6 – Detalhe de um Morro avistado a partir da Fazenda Ouro Branco.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

- Morrotes e Morros: apresentam-se na área de estudo na forma de dois agrupamentos: o primeiro, situado ao norte e o segundo situado a leste (2,75 km² ou 5,29% da área de estudo) (**Fotos 5.3 - 7 e 5.3 - 8**). O agrupamento situado ao norte encontra-se recoberto por matas em bom estado de conservação, enquanto que o agrupamento situado a leste apresenta predominantemente cultivos temporários.

Foto 5.3 7 – Detalhe de um Morro situado na Fazenda Santa Virgínia.	Foto 5.3 8 – Relevo de Morrotes e Colinas na Fazenda Santa Amélia.
Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17	Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

- Morrotes: situa-se na porção noroeste da área de estudo (**Fotos 5.3 - 9 e 5.3 - 10**), apresentando amplitude altimétrica entre 30 e 65 m e declividades de até 30%. Grande parte da área desta unidade geomorfológica é recoberta por pastagens e agricultura temporária, mencionando-se alguns fragmentos de matas.

Foto 5.3 9 – Detalhe de Morrote próximo ao curso do rio do Peixe na porção noroeste da Área de Estudo.	Foto 5.3 10 – Morrote com Cobertura Vegetal em Estágio Avançado de Regeneração na Fazenda Santa Isabel.
Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17	Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

As áreas de morrotes totalizam 1,94 km² ou 3,73% da área de estudo.

- Morrotes e Colinas Pequenas: situada nas porções noroeste e central da área de estudo (5,03 km² ou 9,69% da área de estudo) (**Fotos 5.3 - 11 e 5.3 - 12**), apresenta amplitude altimétrica entre 20 e 55 m e declividades de até 30%, observando-se recobrimento por áreas de pastagens e alguns fragmentos de matas em bom estado de conservação.

<p>Foto 5.3 11 – Colinas e Morrotes em área da Fazenda Santa Isabel.</p>	<p>Foto 5.3 12– Colinas Pequenas vistas a partir do rio do Peixe, porção central da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

- Colinas Pequenas: situado na porção noroeste da área de estudo (0,35 km² ou 0,67% da área de estudo) (**Fotos 5.3 - 13 e 5.3 - 14**), apresenta amplitude altimétrica de 20 a 30 m e declividades de até 15%, observando-se recobrimento de pastagens e alguns fragmentos de matas em bom estado de conservação.

<p>Foto 5.3 13– Colinas Pequenas próximas ao curso de drenagem na porção noroeste da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.3 14 - Vista Geral de Colinas Pequenas situadas na porção noroeste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

- Terraços Fluviais: distribuídos ao longo de cinco agrupamentos situados nas porções noroeste e sul da área de estudo (0,80 km² ou 1,54% da área de estudo) (**Fotos 5.3 - 15 e 5.3 - 16**), apresentam amplitude altimétrica de até 20 m e declividades de até 8%, observando-se recobrimento por coberturas vegetais pioneiras, vegetação higrófila e pastagens.

<p>Foto 5.3 15 – Vista do primeiro nível de Terraço do rio do Peixe com colina baixa ao fundo.</p>	<p>Foto 5.3 16 – Níveis de Terraço e Planície Fluvial do rio do Peixe.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

- Planície Fluvial: distribuída ao longo da área de estudo em uma faixa de sentido NO-SE (1,83 km² ou 3,52% da área de estudo) (**Fotos 5.3 - 17 e 5.3 - 18**). Observa-se amplitude altimétrica de até 5 m e declividades de até 5%,

apresentando matas higrófilas, pastagens e fragmentos remanescentes de matas nativas como elemento de cobertura.

<p>Foto 5.3 17 - Planície Fluvial do rio do Peixe a jusante do barramento da PCH Rio do Peixe II.</p>	<p>Foto 5.3 18 – Planície Fluvial do rio do Peixe vista a partir da Rodovia Estadual SP-211.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Os ângulos de visada das fotografias acima mencionadas são apresentadas no **Mapa 5.3 - 4 - Ângulos de Visadas das Fotografias das Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo.**

Legenda

- Ângulos de Visada
- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Divisa de Municípios
- PCH Rio do Peixe I (1925)
- PCH Rio do Peixe II (1998)
- Área de Estudo

Unidades Geomorfológicas

- Planície Fluvial
- Terraço Fluvial
- Colinas Pequenas
- Morrotes
- Morrotes e Colinas Pequenas
- Morrotes e Morros
- Morros
- Morros e Montanhas

0 0,5 1 1,5 2 2,5 Km

Mapa: **5.3-4** Ângulos de Visadas das Fotografias das Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo

Projeto: **Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP Universidade de São Paulo Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas Departamento de Geografia

FFLCH/USP

A seguir são apresentados os aspectos climáticos da área de estudo.

5.4 Aspectos Climáticos

Conforme nos lembra AB'SABER (1956) a fachada atlântica do território brasileiro possui sua face mais pronunciada voltada frontalmente para o oceano na altura das latitudes subequatoriais, o que cria uma condição privilegiada para a captação da umidade geral retirada da superfície do Oceano Atlântico pelos ventos alíseos dos hemisférios norte e sul.

Esse quadro geral é fundamental para a compreensão das características climáticas do território paulista, já que não fosse as elevadas cotas de precipitação advindas dos avanços sucessivos da Massa de Ar Tropical Atlântica (Ta), Equatorial (Ec) e Polar Atlântica (Pa), poderíamos ter, na latitude dos Estados de São Paulo e Mato Grosso, climas próximos ao desértico.

Durante o período Triássico, quando o Oceano Atlântico Sul se constituía numa massa de água intermediária e continua entre o Brasil e a África, houve justamente nessa mesma região grande extensão de terras com climas áridos devido à continentalidade excessiva do antigo bloco continental afro-brasileiro.

O estado de São Paulo situa-se entre as latitudes 20° e 25° S, sendo atravessado em sua porção centro-sul pelo Trópico de Capricórnio. Apenas 1/6 das Terras Paulistas encontra-se na Zona Temperada, incluindo nesse conjunto a porção sul do Estado e a maior parte do litoral. Isso faz com que o litoral, apesar de apresentar temperaturas médias anuais elevadas (entre 20°C e 23°C) não seja a faixa mais quente do Estado (SETZER, 1946).

A faixa com as maiores temperaturas do estado de São Paulo situa-se na porção norte e nordeste, sendo esta última a região onde se insere a área de estudo. Nestas regiões, as médias de temperatura situam-se na casa dos 23°C. No Planalto Atlântico, as temperaturas médias variam bastante, em virtude da topografia. Para se ilustrar essa diferença, observa-se médias de temperatura entre 21° e 22° C na zona litorânea e a poucos quilômetros de distância dessa faixa, as médias de temperatura ficam

entre 11,5°C e 20°C, no domínio das regiões serranas e das terras altas da Bocaina, Mantiqueira e Vale do Paraíba (SETZER, 1946).

Embora essas últimas regiões tenham médias de temperatura típicas de climas temperados quentes ou brandos, os índices pluviométricos são a demonstração mais nítida de que se trata de uma região tropical.

Conforme salienta (SETZER, 1946), entre as áreas de temperaturas brandas do Planalto Atlântico Paulista e as zonas de temperaturas elevadas do norte e nordeste do estado, estende-se uma vasta região com temperaturas em torno dos 19°C e 21°C, com índices crescentes do centro-sul para o norte e nordeste, como também do leste para o oeste. Dessa forma, na porção sul da Depressão Periférica, as temperaturas médias anuais giram em torno dos 19°C, enquanto que numa larga faixa que corta o estado no sentido oeste-sudoeste e norte-nordeste, as temperaturas médias anuais atingem 20°C. Neste mesmo sentido, acusa-se mais uma faixa de temperaturas, onde há um acréscimo de 1°C nas temperaturas médias anuais.

A análise da divisão climática do estado de São Paulo feita por (SETZER, 1946), baseada na proposta de Köppen, demonstra a dominância dos climas úmidos de temperatura branda para a maior parte das áreas planálticas, observando-se, porém, duas faixas de climas tropicais úmidos, situadas no litoral e extremo norte-noroeste

Quando se aplica essa classificação climática para a região onde se situa a área de estudo, menciona-se o Clima Tropical de Verão Úmido e Inverno Seco (Aw), situada no noroeste e norte do Estado, em região onde se processa a transição para os climas de extensas áreas do Brasil Central (**Figura 5.4 - 1**).

O tipo climático Aw ocupa dezenas de milhares de quilômetros quadrados da porção norte e norte-ocidental do território paulista, ao longo das vertentes esquerdas dos rios Paraná e Grande. Tem início ao norte do Porto de Tibiriçá, em pleno oeste paulista, apresentando penetrações na direção dos baixos chapadões do noroeste paulista e ao longo da calha dos grandes afluentes da margem esquerda do rio Grande. Seguindo pelo vale do rio Tietê, o tipo climático Aw avança até as proximidades de Avanhandava, e continua avançando sobre o vale do rio São José dos Dourados e ao longo dos rios Preto e Turvo, até chegar à região de Nova Granada e Olímpia.

Finalmente, o tipo climático Aw avança pelo vale do rio Pardo até chegar a região de Jardinópolis.

Figura 5.4 1 – Divisão Climática do estado de São Paulo, conforme SETZER (1946).

Fonte: SETZER (1946).

De acordo com MONTEIRO (1963, 1964, 1968) a região de São José do Rio Pardo localiza-se numa faixa de transição entre o domínio tropical, característico do Brasil Central e os quadros subtropicais do Brasil Meridional (**Figura 5.4 - 2**). Essa posição de transição, permite que os sistemas atmosféricos alternem-se com grande mobilidade. Mesmo ao se considerar que as chuvas frontais diminuem com a latitude, nessa faixa os eventos pluviais são determinados pela ação das frentes.

Ainda que a região em questão se situe ao norte do Trópico de Capricórnio, é controlada pelas massas equatoriais, tropicais e polares, sofrendo influência do revezamento sucessivo dos sistemas atmosféricos associados a essas massas de ar.

Figura 5.4 2 – Divisão Climática do estado de São Paulo, conforme MONTEIRO (1973).

Fonte: Atlas do estado de São Paulo – Departamento de Geografia – USP (2000).

De acordo com as unidades climáticas de Monteiro (1973) (**Mapa 5.4 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação ao Mapa de Unidades Climáticas do Estado de São Paulo, elaborado por MONTEIRO – 1973**), observa-se regionalmente duas unidades climáticas, a saber: os Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos, do tipo C, influenciados pelo relevo da Depressão Periférica, e os Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos do tipo B, influenciados pelo relevo movimentado do Planalto Atlântico.

Legenda

Vias Terrestres

Rodovia Estadual

Rodovia Municipal

Acessos Urbanos

Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925

Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997

Área Diretamente Afetada

Área de Estudo

Divisa de Municípios

Limite Estadual

Unidades Climáticas (Monteiro, 1964)

V - Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos

b - Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos

Mapa:
5.4 - 1

Área de Estudo em relação as Unidades Climáticas (Monteiro, 1964)

Dissertação de Mestrado:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:125.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A área de estudo (51,89 km²), conforme o Mapa 5.4-1, situa-se integralmente na Unidade dos Climas Tropicais Alternadamente Secos e úmidos do tipo B (Planalto Atlântico).

De acordo com CONTI (1975), no período de outono-inverno, tem predomínio na região a atuação da massa de ar polar, notando-se, porém, ainda a ação da massa tropical atlântica vinda de leste e nordeste. Durante o período do verão, a penetração das massas de ar quentes originadas do interior do continente são responsáveis por criar situações de instabilidades atmosféricas, responsáveis pela formação de nuvens de grande desenvolvimento e chuvas fortes localizadas. Associada ao relevo regional bastante movimentado, ocorrem episódios de exagero pluviométrico.

A localização da região onde se insere a área de estudo numa faixa de transição entre o domínio tropical do Brasil Central e os climas subtropicais do Brasil Meridional explica a presença do período chuvoso nos meses de verão e de um período seco nos meses de inverno. Porém, a atuação da topografia confere uma variação no ritmo regional.

LEME (1982) ao analisar dados pluviométricos das estações de São José do Rio Pardo, Caconde e Mococa, notou um ritmo pluvial caracterizado pela irregularidade. A análise dos dados de 1961 a 1977 demonstrou o ano de 1965 como o mais chuvoso para a região de Mococa, enquanto que o ano de 1968 foi o mais chuvoso para a região de São José do Rio Pardo e Caconde. A diferença de chuva entre o período chuvoso e o período seco nas estações analisadas chega a ser de três vezes, o que corrobora o ritmo pluviométrico irregular de toda a região.

Para a região de São José do Rio Pardo, o ano mais chuvoso foi o de 1976, com 148 dias de chuva. O mês mais chuvoso foi o de fevereiro, com 301,1 mm de chuva e o mês mais seco o de junho, com 40,1 mm de chuva. As máximas mais elevadas em 24 horas ocorreram entre outubro e março. Quando se analisam as máximas de 24 horas para os meses de inverno, o mês de setembro apresentou chuva acumulada de 60 mm, correspondendo a quase 40% da chuva esperada para o mês.

Conforme análise de LEME (1982) observa-se para as estações climatológicas analisadas que as chuvas concentradas ocorrem exatamente no período em que se tem os menores totais pluviométricos. Essa distribuição de chuvas tem um significado

geomórfico bastante importante para a região em análise: embora os totais pluviométricos sejam baixos, nas regiões de altas declividades pode ocorrer erosão laminar nos *fronts* e reversos das áreas mais escarpadas, como as situadas a nordeste e sudeste da região de São José do Rio Pardo. No entanto, as chuvas de verão são as responsáveis por comandar a morfogênese da área, principalmente na região dos contrafortes escarpados. Nessa época, as condições para deslizamentos são mais propícias, tendo-se como um grande evento para toda a região de estudo o ocorrido em 1977, quando na região de São José do Rio Pardo e Caconde, num espaço de 24 horas foi registrado um total pluviométrico superior ao total verificado em vários meses na série histórica analisada. O significado geomórfico deste evento alterou bastante a paisagem da região, observando-se deslizamentos, reativamentos erosivos e voçorocamentos muito mais numerosos do que os observados 10 anos antes.

Em visita à PCH Rio do Peixe II em 2015 foi possível ter acesso a uma série pluviométrica, cedida pelo Senhor Eduardo Roxo Nobre, proprietário da Fazenda Tubaca, localizada a cerca de 11 km das PCH Rio do Peixe I e II, nas margens rio Pardo. O pluviômetro da referida fazenda apresenta uma série que tem início em 1953 e vai até 2014, sendo apresentada no **Gráfico 5.4 - 1** abaixo:

Gráfico 5.4 1 – Precipitação Anual Acumulada na Fazenda Tubaca (1953 – 2014) – São José do Rio Pardo (SP).

Fonte: Estação Pluviométrica da Fazenda Tubaca – Propriedade do Sr. Eduardo Roxo Nobre.

O maior valor para a série histórica anual foi o ano de 2004, quando se chegou a um valor de 2.202,30 mm. No entanto, quando se considera o episódio de cheia do rio Pardo, registrado na literatura (LEME, 1982), e se recorta o intervalo de dados até esse ano, os valores mais elevados recaem sobre o total registrado no ano de 1977, que foi de 1.576,00 mm. A média de precipitação anual para todo o período considerado foi de 1.489,04 mm, o que torna o evento de 1977 5,8% maior que a média histórica, e 15,27% maior que a média histórica ao se considerar a série para o intervalo entre os anos de 1953 e 1977 (média de 1.367,21 mm).

Quando se considera apenas o ano de 1977 (**Gráfico 5.4 - 2**), encontra-se no mês de janeiro o de maior precipitação, de 344,5 mm, seguido de perto dos meses de fevereiro (343,2) e dezembro (342,1). A média de precipitação anual em 1977 foi de 174,4 mm.

Gráfico 5.4 2 – Precipitação Anual (1977) na Fazenda Tubaca – São José do Rio Pardo (SP).

Fonte: Estação Pluviométrica da Fazenda Tubaca – Propriedade do Sr. Eduardo Roxo Nobre.

A consulta aos arquivos históricos disponibilizados pela Prefeitura de São José do Rio Pardo em seu site confirma de maneira oficial a existência do evento extremo de chuva de 1977, como já mencionado, ocorrido mais precisamente no dia 19 de janeiro, o que permite consistir os dados do posto Fazenda Tubaca com os eventos maiores ocorridos no rio Pardo.

Para LEME (1982, p. 101) as regiões de maiores declividades foram as que mais sentiram os efeitos do episódio pluviométrico de 1977, em virtude da ação das chuvas de verão numa região com presença de rochas fraturadas. A autora assim descreve o quadro de eventos e seus efeitos sobre a geomorfogênese regional:

“(...) As chuvas de verão, iniciando-se em outubro, vão paulatinamente embebendo o manto de decomposição ou regolito; em fins de janeiro, que é o mês mais chuvoso, todo o material alterado e o colúvio estão encharcados e seus contatos com a rocha fresca altamente lubrificada, em equilíbrio precário.
(...)”

O evento de 19 de janeiro de 1977 (**Figuras 5.4 - 3 a 5.4 - 6**) rompeu o equilíbrio dinâmico da paisagem, promovendo uma série de deslizamentos em toda a região. Esse episódio foi noticiado na imprensa da época, mencionando-se chuvas ininterruptas no vale do rio Pardo durante uma semana.

<p>Figura 5.4 3 – Enchente de 1977 no centro da cidade de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Figura 5.4 4– Ponte Euclides da Cunha quase coberta pela inunda��o de 1977.</p>
<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>

<p>Figura 5.4 5 – Rompimento – Barragem da UHE Euclides da Cunha.</p>	<p>Figura 5.4 6 – Ilha de São Pedro quase inundada. .</p>
<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>	<p>Fonte: Prefeitura de São José do Rio Pardo.</p>

As chuvas verificadas no evento mencionado originaram-se ao longo de uma frente fria que se estacionou sobre toda a regio. LEME (1982) ao analisar as cartas sinpticas do dia 19 de janeiro de 1977, notou a presena de uma frente semi-estacionria localizada no litoral do Estado do Rio de Janeiro, com carter ondulante, e efeitos sobre os estados de So Paulo, a regio do sul de Minas Gerais e parte do estado do Mato Grosso. Essa massa polar deslocou-se de sul para o norte, porm, infletindo para o oceano, o que acentuou ainda mais o teor de umidade. No municpio de Caconde, registrou-se um total de chuva de 260,4 mm, enquanto que em So Jos do Rio Pardo choveu 229,0 mm e por fim, em Mococa, 155,0 mm. O carter enrgico do relevo regional responsvel por barrar o deslocamento dos sistemas frontais, aumentando a instabilidade do tempo.

Os estragos materiais trazidos com o evento de 19 de janeiro de 1977 incluíram o rompimento parcial do conduto forçado do antigo barramento da PCH Rio do Peixe I, analisada na presente dissertação de mestrado, como também foram noticiadas a invasão das casas pelas águas e a perda de plantações e pastagens.

Nas áreas de várzeas do município de São José do Rio Pardo, onde tradicionalmente se planta arroz e cebola, foram noticiados soterramento dos cultivos por detritos provenientes das encostas. A erosão ocasionada pelo evento extremo lançou nos rios da região uma carga de blocos de diversas dimensões, incluindo aluviões finos. Em algumas drenagens, observou-se desmoronamento dos vales e acúmulo impressionante de blocos de rochas. Além da destruição de parte do conduto forçado da PCH Rio do Peixe I, assinalou-se a destruição das barragens das usinas de Euclides da Cunha (Foto 37) e Armando Sales de Oliveira, situadas a montante da área de estudo.

LEME (1982) ao analisar os relatórios da Companhia Estadual de Energia Elétrica de São Paulo (CESP) para as usinas em questão, encontrou a razão para os acidentes que destruíram as usinas à falha humana. O rompimento das barragens teve como causa falhas graves de operação nas comportas dos vertedouros. A vazão na região dos vertedouros foi menor que a entrada de água pelo rio Pardo. O acúmulo de água foi tão elevado que chegou a passar por cima das barragens, demolindo todas as infraestruturas civis. Como causas principais, o relatório de investigação dos acidentes apontou: a) os operadores das usinas tomaram consciência tarde demais da iminência do desastre porque o mau tempo interrompia as comunicações com o posto de observação às 16 h do dia 19 de janeiro de 1977; b) a enchente tinha submergido completamente os linígrafos que medem o nível das águas.

De acordo com a avaliação dos técnicos da CESP responsáveis pela investigação do acidente, o desastre poderia ter sido interrompido se as comportas do vertedouro fossem abertas a tempo. No entanto, os operadores das usinas não tinham autonomia para tal manobra, uma vez que a central de operações da CESP estava instalada em Cabreúva, observando-se inclusive, problemas de comunicação com a central e avarias no sistema de abertura das comportas. A partir deste incidente, a CESP promoveu reformulação dos seus protocolos de segurança e mudanças na localização dos centros de controle e equipamentos, tornando as usinas semiautomáticas.

5.5 Cobertura Vegetal

No estado de São Paulo, conforme rememora AB'SABER (1956), as condições climáticas tropicais úmidas extensivas e o conjunto dos solos, favorecem condições edáficas para a penetração da Floresta Atlântica em direção ao interior do Estado. Assim, as florestas após se atenuarem na região da Depressão Periférica, extravasaram todo o Planalto Ocidental, até alcançar a área das matas marginais do rio Paraná. A exceção se faz aos relictos de cerrado da Depressão Periférica e diversas ilhotas de cerrado em diversos pontos dos chapadões ocidentais. Apenas os blocos mais altos do relevo escaparam à expansão florestal no estado de São Paulo. Na Serra da Bocaina, onde as altitudes se situam entre 1.100 e 1.300 m, as matas se restringem à posição dos vales e grotões, enquanto que os interflúvios são recobertos por campos de altitude.

Na região de Campos do Jordão, a mesma distribuição vegetacional é encontrada como a descrita para a região da Bocaina, exceção feita pela introdução de um novo elemento geobotânico, representado pelas Matas de Araucária, um relictos herdado das fases climáticas mais frias pela qual passou a região.

Os campos cerrados que aparecem na forma de faixas na Depressão Periférica e na forma de ilhas no Planalto Ocidental e nas colinas de idade pliocênica do vale do rio Paraíba são consideradas por AB'SABER (1956) a mais velha relíquia representativa do Brasil de Sudeste. De acordo com este autor, com a umidificação geral sofrida pelo clima no sudeste brasileiro no fim do Período Quaternário, as florestas orientais se expandiram para o ocidente, conquistando enormes áreas nos rebordos do Planalto Atlântico, como também pelos setores mais interiorizados desse planalto, onde as condições dos solos permitiram o enraizamento da vegetação.

Apenas nas regiões de Neossolos Quartzarênicos, menos férteis, existia uma resistência representada pelos cerradões e campos cerrados, os quais se constituíam em tipos vegetacionais que antecederam a fase de expansão das florestas atlânticas (**Figura 5.5 - 1**). AB'SABER (1956) chega a afirmar que, ao contrário do que ocorreu no Centro-Oeste, houve uma inversão completa do quadro de vegetação primitiva dos campos e matas no estado de São Paulo. No Centro-Oeste, o cerrado e o cerradão continuaram a constituir o substrato vegetacional da paisagem. Já aqui, as formações

florestais substituíram quase toda a cobertura primitiva de cerrado, deixando seus relictos insulados em alguns compartimentos do relevo.

Figura 5.5 1 - Domínios Naturais no estado de São Paulo durante o Pleistoceno (Ab'Saber, 1977).

Fonte: Atlas do estado de São Paulo – Departamento de Geografia – USP (2000).

O fato das florestais paulistas primitivas terem uma certa continuidade até a região da bacia dos rios Grande e Paraná, não atingindo a plataforma dos interflúvios situados fora do estado, contribuiu para criar um grande contraste paisagístico e geobotânico entre o estado de São Paulo e os estados vizinhos.

No estado de São Paulo, o povoamento e a utilização da terra acompanharam as plataformas interfluviais suaves e onduladas, enquanto que no Triângulo Mineiro, o povoamento e a utilização da terra se restringiram à encosta dos vales recobertos por Florestas Galeria.

De acordo com LEME (1982), a situação da cobertura vegetal na região onde se insere a área de estudo mostra-se bastante diversa daquela encontrada em sua condição original. De acordo com o Mapa de Vegetação do estado de São Paulo

elaborado por ROMARIZ (1955), toda a região em estudo era recoberta por matas latifoliadas que recobriam todo o Planalto Atlântico, sendo os tipos vegetacionais subdivididos entre a Floresta latifoliada Perene Tropical e a Floresta Latifoliada Semidecídua Tropical (**Figura 5.5 - 2**).

Figura 5.5 2 - Formações Vegetacionais no estado de São Paulo (ROMARIZ, 1955).

Fonte: JORDÃO (2011).

De acordo com OLIVEIRA (1964), a ocorrência da palmeira *Arecastrum romanzoffianum* (jerivá) (**Fotos 5.5 - 1 e 5.5 - 2**), encontrada ao longo de alguns cultivos é um dos poucos remanescentes das antigas matas tropicais semidecíduais da região.

<p>Foto 5.5 1 - Detalhe de uma Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.5 2 - Côcos de Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

A existência de um período seco bem definido em toda a região da Depressão Periférica é responsável pela distribuição da Floresta Estacional Semidecidual. No entanto, ao se sair do rebordo ocidental da Serra da Mantiqueira, acentua-se o caráter perenifólio da vegetação, em virtude da influência do clima. A altitude também é um elemento a alterar a composição da vegetação, acusando-se nas porções mais altas do relevo regional, como nas proximidades do município de Divinolândia, araucárias nas cotas superiores a 1.100 m.

Além das matas estacionais, a região conta ainda com área de cerrado, conforme relata LEME (1982). De acordo com a autora, mesmo ao se observar a ausência de cerrado na área em questão, conforme mapeamento de ROMARIZ (1955), o mapeamento de cobertura vegetal e uso do solo preparado por LEME (1982) acusou manchas em tonalidade cinza claro diferente das texturas encontradas para o padrão de matas e até mesmo para vegetações degradadas, o que levou a autora a interpretar esses remanescentes como cerrado.

A distribuição dos cerrados no estado de São Paulo, conforme lembra ROMARIZ (1955) concentra-se sobretudo em áreas sedimentares, onde as questões pedológicas, mais que as climáticas ou antrópicas são os fatores determinantes a explicar a localização dessa fitofisionomia. LEME (1982) ressalta que ainda que a ação antrópica possa ter contribuído para acelerar o processo de degradação da vegetação, a explicação para a ocorrência de tipos diferentes de fisionomias dentro de

um mesmo compartimento de relevo pode residir na deficiência de nutrientes e baixa fertilidade do solo em muitos pontos da região de estudo.

Em suma, mesmo o cerrado não sendo a fitofisionomia típica da região, as condições pedológicas podem explicar a sua ocorrência. Outra hipótese aventada pela autora é a de que as matas preferem solos férteis, o que deixaria espaço para a proliferação de cerrados nas regiões em que esta condição não ocorre.

Os remanescentes vegetacionais da região onde se insere a área de estudo apresentam-se bastante alterados, tanto em sua composição, como em sua fisionomia. Como lembra LEME (1982), as modificações no padrão da cobertura vegetal nativa iniciaram-se no final do século XIX, com o cultivo do café, permanecendo em continua transformação com a introdução dos cultivos de cebola e batata.

LEME (1982) ressalta em trabalho de fotointerpretação para a região de estudo, entre os anos de 1962 e 1972, observou-se uma tendência inicial de condicionamento das manchas de vegetação original a terrenos de baixa capacidade de produção agropecuária, seja em virtude da declividade ou da fertilidade natural dos solos.

As maiores modificações na cobertura vegetal primitiva ocorreram nos compartimentos mais rebaixados do relevo, sobrando na forma de grandes capões, sobretudo nos terços superiores das vertentes e nos topos as coberturas de Florestas Estacionais Semidecíduais. Mesmo em alguns setores de declividade mais acentuada, acusou-se no período entre 1962 e 1972, a retirada de cobertura vegetal para a inserção de culturas agrícolas.

<p>Foto 5.5 3- Encosta de Morro recoberto por Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Avançado de Regeneração. A presença da Palmeira Jerivá (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) é um indicativo do bom estado de conservação das matas – Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.5 4- Morro recoberto por fragmento de Floresta Estacional Semidecidual - Fazenda Ouro Branco, porção nordeste da área de estudo. As porções de cimeira, representadas pelos terços superiores e topos foram os locais onde a vegetação se conservou na área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Ainda que mudanças substanciais no mosaico vegetacional não tenha sido acusadas, menciona-se, na porção leste do município de São José do Rio Pardo e no sudoeste da área de estudo, o aumento de áreas de reflorestamento, sobretudo de eucaliptos, mantendo-se, nesse mesmo setor, a conservação da cobertura original nas partes mais íngremes das encostas. Menciona-se também algumas manchas de eucalipto plantadas na proximidade do reservatório, originados nas medidas de compensação ambiental do projeto de ampliação que originou a PCH Rio do Peixe II.

Quando se recorta especificamente a área de estudo em relação ao Mapeamento de Remanescentes Florestais do estado de São Paulo (KRONKA *et. al.*, 2005) (**Mapa 5.5 - 1 - Área de Estudo em relação aos Remanescentes de Cobertura Vegetal**) notam-se remanescentes secundários em diversos estágios de sucessão ecológica da Floresta Estacional Semidecidual, totalizando 9,82 km², o que representa 24,32% da área de estudo. Os referidos remanescentes ocupam as posições de topos e setores de altas encostas dos córregos da cachoeira e do Moinho, assim como setores de altas encostas e topos dos tributários da margem direita do Rio do Peixe na área de estudo.

Legenda

Sede Municipal

Vias Terrestres

Rodovia Estadual

Rodovia Municipal

Acessos Urbanos

Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925

Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997

Área Diretamente

Área de Estudo

Mancha Urbana

municípios

Limite Estadual

Cobertura Vegetal (2009)

Floresta Estacional Semidecidual

Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual

Mapa:
5.5 - 1

**Área de Estudo em
relação aos Remanescentes
de Cobertura Vegetal (2009)**

Dissertação de Mestrado:
**Geoindicadores de
Alterações Morfológicas em Sistemas
Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)**

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:125.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

De acordo com o Plano de Bacias da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 4 – Pardo (CPTI,2008), verifica-se para toda a UGRHI 9.277 fragmentos de Floresta Ombrófila Estacional Semidecidual, dos quais 142 estão situados na área de estudo.

O conceito ecológico que define a Floresta Estacional Semidecidual está condicionado a dupla estacionalidade climática, sendo uma tropical, correspondendo as chuvas de verão, e outra subtropical, relativa ao período seco, sem seca fisiológica, quando as temperaturas atingem médias de 15°C. A estacionalidade climática age como fator limitante para a presença de lianas, epífitas e fetos arborescentes, típicos da Mata Atlântica, uma vez que se perde a condição microclimática criada pela umidade.

A Floresta Estacional Semidecidual é composta por fanerófitas com gemas foliares protegidas da seca por escamas, tendo folhas adultas esclerófitas ou membranáceas decíduais. O percentual de árvores caducifólias neste tipo de fitofisionomia situam-se entre 20% e 50%.

A distribuição da Floresta Estacional Semidecidual na área de estudo é apresentada em mapeamento em escala de detalhe (ano 2016), constante no item 5.7 (Mapa 5.7 - 2). As áreas remanescentes de coberturas vegetais nativas em seus mais diversos estágios de regeneração totalizam 20,89 km² ou 40,26% da área de estudo.

Quando se analisam os estágios de regeneração da Floresta Estacional Semidecidual na área de estudo, notam-se fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado (0,30 km² ou 0,57% da área de estudo) apenas em um único fragmento situado na porção norte, em setor de terço superior e topo localizado na Fazenda Ouro Branco.

Já os fragmentos de Floresta Estacional Montana em Estágio Médio de Regeneração ocupam a área de estudo de modo indiscriminado (6,61 km² ou 12,73% da área de estudo), porém, sempre localizada nos terços superiores das vertentes e em posição de topo. Os fragmentos de Floresta Estacional Montana em Estágio Inicial de Regeneração (9,84 km² ou 19,01% da área de estudo) também encontram-se disseminados em toda a área de estudo, ocupando os setores de média e baixa encosta. Por fim, em relação aos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração (2,14 km² ou 4,12% da área de

estudo), também ocupam região de topo, no entanto, ladeadas por usos agrícolas e pastagens.

Em relação aos fragmentos de Floresta Estacional Aluvial, foram encontrados fragmentos apenas nos estágios pioneiro, inicial e médio de regeneração. Os fragmentos pioneiros (0,14 km² ou 0,26% da área de estudo) concentram no curso do rio do Peixe na porção central e norte da área de estudo, ao lado de áreas de pastagens e culturas permanentes. Já os fragmentos em estágio inicial (0,58 km² ou 1,11% da área de estudo) acompanham a porção norte do curso do rio do Peixe na área de estudo, como também a planície fluvial e terraços de tributários no sudoeste, sendo ladeadas por áreas de pastagem e cultivos permanentes e alguns fragmentos de floresta estacional semidecidual montana. Por fim, as áreas da floresta estacional semidecidual aluvial em estágio médio de regeneração (0,81 km² ou 1,56% da área de estudo) estão localizadas nas porções central e norte da planície e terraços do rio do Peixe, acompanhando fragmentos de floresta estacional semidecidual montana em bom estado de conservação.

Por fim, menciona-se a ocorrência da vegetação higrófila herbácea como remanescente das coberturas vegetais aluviais remanescentes na área de estudo, ocupando de forma indiscriminada as áreas de terraços e planície fluvial do rio do Peixe e principais tributários. Este tipo de cobertura representa 0,47 km² ou 0,90% da área de estudo.

5.6 Cobertura Pedológica

OLIVEIRA (1972) definiu como irregular a ação do intemperismo na região do município de São José do Rio Pardo, o que ocasiona solos relativamente profundos, aos quais se associam grande facilidade de mobilização da águas de escoamento, suscitando, assim, cuidados especiais em relação ao trabalho mecânico da erosão e a necessidade de adoção de estratégias conservacionistas, sobretudo com o uso da vegetação.

O levantamento da Comissão de Solos (1960) encontrou três tipologias para a região onde se insere a área de estudo: Argissolos Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolos

Vermelho-Amarelo (LV) e Neossolos Litólicos (L). As três tipologias possuem como material de origem as rochas do Complexo Cristalino que compõem o Planalto Atlântico.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo ocupam cerca de 82% da área do município de São José do Rio Pardo, caracterizando-se por uma sequência de horizontes A, Bt e C, bem diferenciados e com profundidades em torno de 2,5 m. São solos ácidos a medianamente ácidos. Em campo, conforme OLIVEIRA *et. al.* (1999), a identificação desses solos fica facilitada pela presença de superfície arenosa e esbranquiçada devido a presença de um sub-horizonte A2. Nos cortes de estradas, a identificação dos Argissolos Vermelho-Amarelo fica facilitada pela presença de uma espécie de ombro na parte superficial e uma parte inferior dos horizontes mais cavada. As principais restrições apresentadas pelos Argissolos Vermelho-Amarelo são ditadas pelo relevo, seguido pela erosão e por fim, pela fertilidade.

<p>Figura 5.6 1 - Perfil Típico de um Argissolo Vermelho-Amarelo.</p>	<p>Figura 5.6 2 - Perfil de Argissolo Vermelho Amarelo encontrado em barranco situado em estrada vicinal da porção norte da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Embrapa Solos</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

A vulnerabilidade à erosão demonstrada pelos Argissolos Vermelho-Amarelo decorre do fato destes solos apresentarem uma camada superior arável, de textura leve, o que requer práticas de manejo cuidadosas nem sempre seguidas nas práticas agrícolas. Dessa forma, são desaconselháveis para este tipo de solo as culturas anuais. Aconselha-se a utilização em culturas permanentes, pastagens e reflorestamentos.

Já em relação aos Latossolos Vermelho-Amarelo (LVA) menciona-se a textura argilosa, a grande profundidade e a cor alaranjada. São solos ácidos a medianamente ácidos, com presença de saturação de bases. Ocupam a posição de meia encosta em relevos serranos. São solos quimicamente menos férteis que os Argissolos Vermelho-Amarelo, devido a saturação de bases, mas apresentam excelentes condições físicas. Em relação ao manejo, verifica-se restrições em relação à declividade quando se opta pelo plantio de culturas anuais, sendo indicado, nestas condições de terreno, o plantio de culturas permanentes, pastagens e reflorestamento.

<p>Figura 5.6 3 - Perfil Típico de um Latossolo Vermelho-Amarelo.</p>	<p>Figura 5.6 4 - Perfil de um Latossolo Vermelho-Amarelo.</p>
<p>Fonte: Embrapa Solos</p>	<p>Fonte: Embrapa Solos</p>

Por fim, quando se analisam os Neossolos Litólicos (L), menciona-se seu pouco desenvolvimento e espessura em torno de 40 cm, tendo o horizonte A diretamente assentado sobre o horizonte C. Estes solos ocorrem em áreas de acentuada declividade. O relevo montanhoso, bem como a pequena profundidade do perfil, os torna apenas indicados para pastagens controladas.

<p>Figura 5.6 5 - Perfil Típico de um Neossolo Litólico.</p>	<p>Figura 5.6 6 - Perfil de Neossolo Litólico com camada de seixos, típicos de posição de cimeira.</p>
<p>Fonte: Embrapa Solos</p>	<p>Fonte: Embrapa Solos</p>

De acordo com o Plano de Bacias da UGRHI 4 – Pardo (CPTI, 2008), a região onde se insere a área de estudo tem solos de textura média a argilosa, predominante da decomposição de rochas cristalinas, basaltos, arenitos, argilitos e siltitos. Os Latossolos Vermelho-Amarelo predominam na porção ocidental da região onde se localiza a área de estudo, sendo provenientes de sedimentos cenozoicos associados a rochas basálticas, ocupando áreas de colinas amplas.

Já os Argissolos Vermelho-Amarelo também derivam de sedimentos cenozoicos, ocupando setores de colinas amplas e médias, assim como morrotes alongados e espigões. Por fim, os Neossolos Litólicos, originados de rochas cristalinas, ocorrem nas áreas escarpadas do Planalto Atlântico.

De acordo com ROSS & MOROZ (1997), os solos da região onde se insere a área de estudo apresentam alto potencial erosivo em virtude das formas de relevo bastante dissecadas, vales entalhados e densidade de drenagem alta.

Mais precisamente na área de estudo (**Mapa 5.6 - 1** - Área de Estudo em relação às Classes de Solo), retirada do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II, nota-se predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelo, ocupando 33,30 km² ou 64,17% da área de estudo, encontrando-se disseminado nesta.

Na sequência, aparecem os Cambissolos (9,33 km² ou 17,98% da área de estudo) ocupando as porções noroeste, central e sudoeste, em setores de média e alta vertente.

<p>Figura 5.6 7- Perfil Típico de um Cambissolo, apresentando pedregosidade.</p>	<p>Figura 5.6 8 - Perfil de Cambissolo</p>
<p>Fonte: Embrapa Solos</p>	<p>Fonte: Embrapa Solos</p>

Os Latossolos Vermelho-Amarelo (4,63 km² ou 8,92% da área de estudo) aparecem na porção noroeste e leste da área de estudo, ocupando posições de média e alta encosta e topos alongados.

Já a Associação Gleissolos – Neossolo Fluvicos, situada numa faixa de sentido NO-SE na área de estudo, acompanhando planície e terraços fluviais, ocupa 4,06 km² ou 7,82% da área de estudo.

Figura 5.6 9 - Perfil Típico de um Gleissolo.

Fonte: Embrapa Solos

Figura 5.6 10 - Perfil Típico de um Neossolo Flúvico.

Fonte: Embrapa Solos

Legenda

- Sede Municipal
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Área de Estudo
- Divisa de Municípios
- Solos na Área de Estudo**
 - Solo**
 - Argissolos Vermelho-Amarelo
 - Associação Cambissolo com Neossolos Litólicos
 - Associação Cambissolos com Neossolos Litólicos
 - Associação Gleissolos com Neossolos Flúvicos
 - Cambissolos
 - Latossolo Vermelho-Amarelo
 - Limite Estadual

Mapa:
5.6 - 1

Área de Estudo em
relação as Unidades Climáticas

Projeto:

**Geoindicadores de
Alterações Morfológicas em Sistemas
Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)**

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
janeiro de 2018	1:45.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Por fim, a Associação Neossolos Litólicos – Cambissolos ocupa apenas 0,57 km² ou 1,11% da área de estudo, situando nos topos da unidade geomorfológica dos morros e montanhas.

Na sequência, são apresentadas as principais características do uso atual da terra na área de estudo.

5.7 Uso e Ocupação da Terra

As intervenções antrópicas sobre o meio se dão em busca do atendimento das necessidades humanas, sejam elas agrícolas, urbanas, industriais ou para a instalação de infraestruturas, originando diferentes formas de uso da terra. Estas alterações causam modificações nos atributos ambientais e precisam ser planejadas para que não causem consequências indesejadas ao meio ambiente e recursos hídricos (IPT, 2000a).

A região onde se insere a área de estudo apresenta uma paisagem com matriz composta de pastagens e cultivos agrícolas, estando as coberturas vegetais reduzidas à forma de manchas e corredores. O avanço da agricultura na economia paulista tem intensificado a utilização das terras, destacando-se os cultivos de café, cana-de-açúcar, laranja e as áreas de reflorestamento.

De acordo com o Plano de Bacias da UGRHI 4 – Pardo (CPTI, 2008), o município de São José do Rio Pardo, apresenta uma área recoberta por cultivos agrícolas, de cerca de 7.050 hectares, o que corresponde a cerca de 17% da área municipal. Entre os principais cultivos municipais, menciona-se a cana-de-açúcar, que ocupa 54% da área plantada, seguida pelo milho, que ocupa 28%, e a cebola, com 14% da área plantada. Os 4% restantes de área destinada às lavouras se dividem entre plantações de arroz, batata, feijão e tomate.

Quando se recorta o mapeamento Preliminar de Cobertura Vegetal e Uso da Terra do estado de São Paulo (SMA, 2010) (**Mapa 5.7 - 1 - Área de Estudo em relação à Cobertura Vegetal e Uso da Terra do estado de São Paulo - 2010**) para a área de estudo, verifica-se que:

Fonte: Remanescentes Florestais do Estado de São Paulo (IF 2010) e Classificação Visual de Imagens Orbitais de Alta Resolução (Google Earth, 2016)

Legenda

Vias Terrestres

- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Área Diretamente Afetada
- Área de Estudo
- Divisa de Municípios
- Limite Estadual

Vegetação Atual - Biota/FAPESP

- 1 - Floresta Estacional em contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista
- 2 - Vegetação Secundária da Floresta Estacional em contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista

Uso da Terra

- Solo Exposto
- Áreas Urbanas
- Culturas cíclicas, culturas perenes, pastagens

Inventário Florestal 2010

- Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual

Mapa:

5.7 - 1

Área de Estudo em relação ao Uso da Terra

Dissertação de Mestrado:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
setembro de 2017	1:125.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Grande parte da área, cerca de 55%, apresenta cobertura herbáceo-arbustiva, 34% representam fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, 9% foram classificados como áreas de solo exposto e 2% correspondem a corpos d'água, incluindo aí o reservatório das PCH Rio do Peixe I e II.

De forma a atualizar os dados de uso da terra para o cenário mais atualizado possível, elaborou-se o **Mapa 5.7 - 2 – Uso da Terra na Área de Estudo (2016)**. O presente mapa foi elaborado a partir da interpretação visual de imagem Google Earth, com 0,40 cm de resolução espacial, datada de junho de 2016. Cada uma das categorias de uso da terra são ilustradas com fotografias tiradas em diferentes localidades da área de estudo, apresentando-se as visadas das fotografias no **Mapa 5.7 – 3 – Ângulos de Visadas das Fotografias do Uso da Terra na Área de Estudo**.

Legenda

Sede de Comarca

Sede de Município

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Hidrografia

Divisa de Municípios

PCH Rio do Peixe I (1925)

PCH Rio do Peixe II (1998)

Área de Estudo

Cobertura Vegetal e Uso e Ocupação da Terra

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração

Vegetação Higrófila Herbácea

Vegetação Herbácea

Bambu

Arvoredo

Reflorestamento

Agricultura Temporária - Área em Pousio para Plantio de Cana-de-Açúcar

Agricultura Temporária - Milho

Agricultura Temporária - Cana-de-Açúcar

Agricultura Temporária - Horticultura

Agricultura Permanente - Área em Pousio para Plantio de Café

Agricultura Permanente - Café

Estrada Sem Pavimento

Rodovia

Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

Núcleo Rural

Núcleo Rural com Arvoredo

PCHs Rio do Peixe 1 e 2

Corpos D'Água

São José do Rio Preto

Araçatuba

Ribeirão Preto

Araraquara

Marília

Bauru

Avaré

Campinas

Sorocaba

Guarulhos

São Paulo

Registro

0

0,5

1

1,5

2

2,5

Km

Mapa:

5.7-2

Uso da Terra na Área de Estudo (2016)

Projeto:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data

Escala

Desenho

Verificado

Setembro 2016

1:50.000

Edson Alves Filho

Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A partir do referido mapa, é possível verificar que as coberturas vegetais nativas e seus remanescentes representam 40,26% da área de estudo e incluem pequenos maciços, alguns grandes fragmentos e inúmeros corredores de Florestas Estacionais Semidecíduais Montanas e Aluviais, em diferentes graus de regeneração. Já as categorias de uso da terra ocupam, portanto, 59,74% da área de estudo, demonstrando o grande avanço da agropecuária no processo de fragmentação de toda a paisagem e a importância da agricultura e do uso hidrelétrico como principais fatores de antropização da mesma.

Estão incluídas dentro das categorias de uso da terra coberturas vegetais de origem antrópica, como vegetação herbácea, bambuzais, arvoredos e reflorestamentos. Com destaque principal entre as categorias de uso da terra, aparece a vegetação herbácea, que recobre 22,39 km² ou 43,16 % da área de estudo, destinando-se sobretudo à pecuária leiteira, que tem grande importância econômica em São José do Rio Pardo.

<p>Foto 5.7 1- Pasto Sujo (Vegetação Herbácea) e pecuária na Fazenda Ouro Branco.</p>	<p>Foto 5.7 2 - Vegetação Herbácea em divisor da porção nordeste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Na sequência aparece a agricultura temporária, na subcategoria de horticultura, ocupando 2,13 km² ou 4,11% da área de estudo. Foi possível verificar em trabalho de campo cultivos de alface, coentro, rúcula, almeirão e couve.

<p>Foto 5.7 3- Horticultura em divisores da porção leste da área de estudo (Fazenda Boa Vista)</p>	<p>Foto 5.7 4- Detalhe do Preparo da Terra para cultivo hortícola (Fazenda Boa Vista).</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Os cultivos temporários de cana-de-açúcar representam 1,94 km² ou 3,75% da área de estudo. Estão situados principalmente nas porções de meia e alta encosta, aproveitando-se de áreas de latossolos e argissolos existentes na área de estudo.

<p>Foto 5.7 5 - Cultivo de Cana-de-Açúcar em Colina Pequena (fazenda Rio do Peixe), na porção norte da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.7 6 - Plantio de Cana-de-Açúcar na Fazenda Boa Vista, porção leste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

Na sequência, com 1,22 km² ou 2,36% da área de estudo, mencionam-se os corpos d'água, representados pelo reservatório da PCH Rio do Peixe 2 e o talvegue do rio do Peixe.

<p>Foto 5.7 7 - Reservatório da PCH Rio do Peixe II visto a partir do vertedouro.</p>	<p>Foto 5.7 8- Rio Pardo próximo à confluência com o rio do Peixe.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

As áreas de cultivos permanentes, na forma de plantações de café e áreas de pousio correlatas, representam 0,95 km² ou 1,86% da área de estudo, sobretudo na porção nordeste e sul da msma, situados em posição de meia e alta encosta.

<p>Foto 5.7 9 - Plantação de Café na fazenda Bela Vista, porção nordeste da área de estudo.</p>	<p>Foto 5.7 10- Plantação de Café na Fazenda Boa Vista, porção leste da área de estudo.</p>
<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>	<p>Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17</p>

As áreas de reflorestamento representam 1,84% (0,95 km²) da área de estudo, situada sobretudo na porção sudoeste (Fazenda Santa Amélia) e noroeste da área de estudo, ocupando posição de média e alta encosta.

Foto 5.7 11 - Vista Geral de Reflorestamento de Eucalipto na Fazenda Santa Amélia, porção sudoeste da área de estudo.	Foto 5.7 12 - Detalhe de área de Reflorestamento de Eucalipto na Fazenda Santa Ampelia, porção sudoeste da área de estudo.
Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17	Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

Já as áreas representadas por núcleos rurais, estradas sem pavimento, arvoredos, núcleos rurais com arvoredo, faixa de servidão de linha de transmissão e as estruturas civis das PCH Rio do Peixe I e II representam 1,19 km² ou 2,29% da área de estudo, possuindo, cada classe de modo individual, menos de 1% da área total estudada, o que indica pequena representatividade neste total.

Foto 5.7 13 - Núcleo Rural com Arvoredo (Fazenda Ouro Branco).	Foto 5.7 14- Estrada Vicinal de acesso às PCH Rio do Peixe I e II.
Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17	Fonte: Fotografias de Trabalho de Campo do Autor, abr/17

Apresenta-se, na sequência, o **Mapa 5.7 – 3 – Ângulos de Visadas das Fotografias do Uso da Terra na Área de Estudo.**

Legenda

■

Ângulos de Visada

●

Sede de Comarca

●

Sede de Município

○

Sede de Distrito

△

Bairro, Povoados e Outros

—

Hidrografia

▬

Divisa de Municípios

▬

PCH Rio do Peixe I (1925)

▬

PCH Rio do Peixe II (1998)

▬

Área de Estudo

Cobertura Vegetal e Uso e Ocupação da Terra

■

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

■

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração

■

Vegetação Higrófila Herbácea

■

Vegetação Herbácea

■

Bambu

■

Arvoredo

■

Reflorestamento

■

Agricultura Temporária- Área em Pousio para Plantio de Cana-de-Açúcar

■

Agricultura Temporária - Milho

■

Agricultura Temporária - Cana-de-Açúcar

■

Agricultura Temporária - Horticultura

■

Agricultura Permanente - Área em Pousio para Plantio de Café

■

Agricultura Permanente - Café

■

Estrada Sem Pavimento

■

Rodovia

■

Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

■

Núcleo Rural

■

Núcleo Rural com Arvoredo

■

PCHs Rio do Peixe 1 e 2

■

Corpos D'Água

Mapa:

5.7-3

Ângulos de Visada das Fotografias de Uso da Terra na Área de Estudo (2016)

Projeto: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A seguir são apresentadas as unidades de paisagem para a área de estudo, num esforço de sintetizar todos os aspectos físicos e humanos em compartimentos sintéticos.

5.8 Uma necessidade de síntese: as unidades de paisagem na Área de Estudo

Na Geografia Tradicional, o sítio, conforme nos lembra SILVEIRA (1999) era entendido como localização apropriada para um habitat ou atividade em função das características físicas do local e do entorno. A situação seria revelada por uma comparação das características geográficas de um lugar em relação a outro. Assim, conforme demonstram BAILLY & BEGUIN (1982, p. 109) *apud* SILVEIRA (1999), o sítio envolve as características do meio local da implantação de uma determinada atividade, enquanto a situação se refere às relações desta localidade com um meio físico exterior mais longínquo.

SILVEIRA (1999) continua sua caracterização acerca dos conceitos de sítio e situação, ao lembrar-se de algumas considerações de PINCHEMEL (1994). Para este autor, o sítio se caracteriza em função dos dados naturais (ainda que essa noção não tome seu pleno valor se não levar em conta sua relação com a rede de centros e vias), reservando seu conceito de situação para descrever uma posição próxima ou periférica em relação ao mercado, tal como utilizado pelo Modelo de *Von Thünen*.

MANNHEIM (1940:299) define a situação como uma configuração única, no sentido em que as coisas buscam se individualizar em coisas únicas. Assim, conforme nos lembra esse autor, os elementos participantes de uma situação possuem, em suas atividades, temas comuns, que definem a natureza desse esforço solidário.

De formal geral, GEORGE (1969, p. 14), sintetiza o conceito de situação, quando diz:

(...) todos os elementos agem em conjunto para definir uma situação geográfica, reforçando-se ou contrariando-se uns aos outros, e por isso, as coletividades humanas não vivem com

cada um dos elementos do meio, mas com todos ao mesmo tempo.

O conceito de área de ocorrência pode ser associado ao de situação, pois assim, ter-se-ia como verificar e classificar os elementos, os quais, como se sabe, constroem as situações. A ordem dos sistemas sejam eles sociais ou naturais, cristalizam uma organização em cada lugar, formando um arranjo singular, criador, dessa forma, de uma situação geográfica. Desse modo, como nos lembra SILVEIRA (1999, p. 25), *“a situação geográfica pode ser vista, também, como o movimento do diverso buscando uma maior diferenciação e especialização a partir de comandos progressivamente unificados”*.

Por fim, sugere-se como ponto de fundo para a análise situacional, aquilo que SILVEIRA (1999), apoiando-se em SANTOS (1996, p.63) e CASSIRER (1982) analisam:

A situação é uma manifestação, um produto provisório e instável do movimento de totalização, enquanto o evento pode ser visto como uma unidade do movimento desse processo. Daí a necessidade de rever o todo como realidade e como processo, como uma situação e como movimento.

Cabe assim, à noção de situação geográfica, aquilo que CASSIRER (1982, p. 108) define como condição de todo o conceito: a busca de uma “unidade do múltiplo”, um vínculo de relação entre o individual e o universal. Se isolarmos, pois, um desses dois momentos, destrói-se a síntese que todo o conceito se propõe a conseguir”.

Ao se tomar, agora, o pressuposto de que a síntese do meio pode ser lida através da situação geográfica, partir-se-á, agora, para um esforço de compartimentação da área de estudo em grandes conjuntos, as unidades de paisagem, lembrando-se, dessa forma, que este conceito é aqui entendido, conforme definição adotada por MONTEIRO (2000, p.39):

(...) entidade espacial delimitada, segundo um nível de resolução do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo, sempre resultado de integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte, forma e cobertura

(físicas, biológicas e antrópicas), expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema); verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução.

O esforço de compartimentar a área de estudo em unidades de paisagem é o de apresentar um pano de fundo sobre como os sistemas físicos e sociais se articulam nessa área para extenuar suas especificidades, dando, portanto, um entendimento global de como a área de estudo está organizada.

Dessa forma, para compor as unidades de paisagem da área de estudo, realizou-se a combinação das áreas dos diferentes elementos que serviram para caracterização geral da mesma, sejam elas de suporte, forma e cobertura (geologia, geomorfologia, pedologia, clima e uso da terra (2016)), conseguindo-se, nessa operação, diversos compartimentos, inicialmente em número bastante elevado, devido ao método de operação espacial (intersecção) realizado pelos SIG. Para evitar um número excessivo de unidades, visto que o resultado inicial obteve unidades muito pequenas, que se diferenciavam das vizinhas por apenas um único atributo, realizou-se a junção destas às unidades maiores, obtendo-se como resultado final 10 unidades de paisagem, arranjadas conforme a **Tabela 5.8 - 1 - Composição das Unidades de Paisagem na Área de Estudo**. Na sequência é apresentado o **Mapa 5.8 - 1 – Unidades de Paisagem na Área de Estudo**.

Tabela 5.8 1 - Composição das Unidades de Paisagem na Área de Estudo

Unidade de Paisagem	Solos	Geologia	Geomorfologia	Cobertura Vegetal e Uso da Terra	Clima	% da Área de Estudo
1	Associação Gleissolos com Neossolos Flúvicos	Depósitos Aluvionares	Planície Fluvial	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	7,11
2	Argissolos Vermelho-Amarelo	Charnockito, Jotunito, Granito, Quartzo	Morros	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	21,54

Unidade de Paisagem	Solos	Geologia	Geomorfologia	Cobertura Vegetal e Uso da Terra	Clima	% da Área de Estudo
		sienito, Mangerito, Norito		Inicial de Regeneração		
3	Latosolo Vermelho- Amarelo	Migmatito estromático, Albita anatexito, Tonalito- gnaisse, Granito- gnaisse	Morrotes e Morros	Agricultura Temporária - Horticultura	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	4,77
4	Argissolos Vermelho- Amarelo	Paragnaisse, Biotita- gnaisse, Xisto	Morros e Montanhas	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	31,64
5	Argissolos Vermelho- Amarelo	Paragnaisse, Biotita- gnaisse, Xisto	Morrotes e Colinas Pequenas	Vegetação Herbácea	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	13,10
6	Argissolos Vermelho- Amarelo	Paragnaisse, Biotita- gnaisse, Xisto	Morrotes	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	0,21
7	Cambissolos	Paragnaisse, Biotita- gnaisse, Xisto	Morros	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	9,40
8	Argissolos Vermelho- Amarelo	Charnockito, Jotunito, Granito, Quartzo sienito, Mangerito, Norito	Morros	Agricultura Temporária - Horticultura	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	11,81
9	Associação Gleissolos com Neossolos Flúvicos	Depósitos Aluvionares	Terraços Fluviais	Vegetação Herbácea	Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido	0,42

Elaboração: Edson Alves Filho .

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia

Vias Terrestres

- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos

- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)

Área de Estudo

Divisa de Municípios

Unidades de Paisagem na Área de Estudo

Área de Estudo	1	4	7
	2	5	8
	3	6	9

0 0,75 1,5 3 Km

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:	5.8 - 1	Unidades de Paisagem na Área de Estudo	
Projeto:			
Dissertação de Mestrado			
Local:			
São José do Rio Pardo e Divinolândia			
Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Conforme pode ser observado no mapa acima, a área de estudo apresenta 9 unidades de paisagem, sendo a unidade de paisagem 4 a mais representativa (31,64% da área de estudo). Esta unidade é tipicamente natural, destacando-se os argissolos vermelho-amarelo, paragnaisse, biotita-gnaisses, xistos e morros e montanhas como elementos de suporte e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração e o Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido como elementos de cobertura.

Na sequência, menciona-se a unidade de paisagem 2 (21,54% da área de estudo), que apresenta como elementos de suporte os argissolos vermelho-amarelo, charnockitos, jotunitos, granitos, quartzo-sienitos, mangeritos, noritos e morros como elementos de cobertura a Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração e o Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido, como elementos de cobertura.

A terceira unidade de paisagem mais representativa na área de estudo é a de número 5, representando um arranjo onde a antropização da paisagem é mais marcante, simbolizada pelo elemento de cobertura vegetação herbácea, onde se instalou o uso pecuário na área de estudo. Como elementos de suporte da referida unidade de paisagem, mencionam-se os argissolos vermelho-amarelos, paragnaisse, biotita-gnaisses, xistos e os morrotes e colinas pequenas. Menciona-se também como elemento de cobertura o Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido.

Outra unidade de paisagem a apresentar um arranjo marcadamente antrópico é a unidade de paisagem número 8, a quarta mais expressiva na área de estudo. Nela o elemento de cobertura agricultura temporária – horticultura, é o registro da importância que esta atividade econômica primária teve como elemento transformador da paisagem na área de estudo. Como elementos de suporte, mencionam-se os argissolos vermelho-amarelo, charnockitos, jotunitos, granitos, quartzo-sienitos, mangeritos, noritos e morros. Como elemento de cobertura, menciona-se também o clima tropical alternadamente seco e úmido.

As unidades de paisagem 7 e 1 representam respectivamente 9,40% e 7,11% da área de estudo, apresentando um arranjo paisagístico marcadamente natural. A diferença entre as duas unidades fica restrita à posição que ambas ocupam na topografia local, observando-se no caso da unidade 7 posição de meia e alta encosta, como também

dos topos do relevo local, e no caso da unidade 1, sua circunscrição no compartimento da planície fluvial do rio do Peixe.

As demais unidades de paisagem ocupam apenas 5,4% da área de estudo (unidades 3, 6 e 9), apresentando fortes marcas de antropização, como as coberturas herbáceas e culturas temporárias e indícios de recuperação após usos agropecuários, traduzido pela existência de uma cobertura vegetal bastante rala, representativa do estágio pioneiro de regeneração.

A unidade do múltiplo, conforme pontuação de CASSIRER (1982) ajuda a compreender o conceito de análise situacional, permitindo, assim, que os conjuntos paisagísticos aqui delimitados também possam ser entendidos nessa mesma acepção. E como uma situação geográfica funciona como uma espécie de “raio-x” da paisagem, cristalizada num dado momento, ela fornece também, quais são os elementos e como estes estão arrançados na definição do que seria uma área, no momento em que ela é analisada. Assim, qualquer estudo que se preocupe em compreender a situação geográfica dessa dada área, deve partir da consideração desse arranjo paisagístico.

O predomínio de unidades de paisagem majoritariamente naturais na área de estudo deve-se ao padrão de ocupação antrópico, bastante esparsa e disseminada, na forma de pequenos aglomerados rurais, pequenas infraestruturas de apoio às atividades agropecuárias da área de estudo, estradas vicinais de pequena largura. A única infraestrutura de maior porte na área de estudo é justamente o reservatório da PCH rio do Peixe II.

6. MARCO TEÓRICO

A seção 4 da presente dissertação de mestrado realizou uma revisão bibliográfica assentada sobre os conceitos de história da paisagem, derivações antropogênicas, a centralidade do setor elétrico na produção do que se chamou de paisagens híbridas e por fim uma avaliação dos principais efeitos causados no arcabouço físico das paisagens motivados por empreendimentos hidrelétricos.

Adotou-se a premissa de que as paisagens nascem como heranças de uma história natural do tempo profundo e vão sendo derivadas pelo homem através da técnica e da cultura, resultando nos arranjos híbridos que vemos hoje. No entanto, não se pode relegar o arcabouço natural herdado, como também a própria dinâmica interna dos processos de derivação dos sistemas naturais, que ocorrem quando da intervenção humana na paisagem.

De forma a elucidar esse percurso, as subseções a seguir foram estruturadas em cinco planos: primeiramente se colocará luz sobre a perspectiva de leitura da história natural das paisagens, de forma a reconhecer esse campo como legítimo para os estudos de derivações antropogênicas das mesmas, uma vez que esse processo deixa marcas nos sistemas e subsistemas físicos, possíveis de serem lidos inclusive em documentos históricos.

Na sequência, assume-se que a produção das paisagens a partir da atuação do homem sobre a superfície da terra é dado pela técnica e pela cultura, as quais se amalgamam em um híbrido de onde não se pode separar a ação do homem da base natural que ele recebe da natureza. Isto torna o processo de derivação antropogênica das paisagens a própria expressão desse processo de hibridização da técnica e da cultura com a base natural.

Num terceiro plano, põe-se luz sobre o papel da eletrificação na concepção da modernidade, inclusive na sua capacidade de influir na urbanização das cidades e na organização do território, rearticulando o meio urbano e rural e produzindo verdadeiras paisagens elétricas, dotadas de tecnificidade e de objetos técnicos que são a máxima representação do mundo moderno.

Num quarto plano será dada ênfase aos atributos naturais que compõem as paisagens, apontando-se as mudanças em sistemas naturais e como estas se comportam em paisagens que sofreram derivação antropogênica.

Será sublinhado que, embora se reconheça o viés técnico e cultural que comanda a produção das paisagens, quando se tem em mente a produção da história natural das mesmas, pode-se recorrer, como opção metodológica, à consideração dos elementos essencialmente naturais, uma vez que os mesmos são fruto da herança de temporalidades anteriores à presença humana.

A parti daí será demarcada a opção teórico-metodológica, pela presente dissertação de mestrado, a favor da análise do processo de derivação antropogênica sob o prisma das modificações resultantes nos sistemas e subsistemas físicos encontrados na área de estudo, para os quais é necessário ter em mente as noções de escala têmporo-espaciais de manifestações de mudanças ambientais processadas pelo homem..

Num quinto plano de análise será apresentada uma articulação entre os conceitos de mudança e impactos ambientais, assim como outros conceitos, por meio da definição das sensibilidades, impactos e fragilidades ambientais.

A validade da leitura do conceito de mudanças ambientais e impactos motivados pela ação humana na Geomorfologia vem se tornando tão promissora, que alguns autores já tem se manifestado pela criação de um novo campo, o da Antropogeomorfologia, dedicado à leitura dos processos geomorfológicos completamente alterados pela ação humana e seus impactos decorrentes.

Por fim, será dada luz sobre o papel do relevo como suporte das paisagens e elemento fundamental no equilíbrio dinâmicos das mesmas, possibilitando assim, validar o uso da Cartografia Geomorfologia de Detalhe como ferramenta para a avaliação de mudanças ambientais causadas pelos impactos negativos no meio físico de empreendimentos hidrelétricos.

6.1 A Paisagem como Herança Natural: uma compreensão dos ritmos da natureza

OLIVEIRA & ENGEMANN (2011) afirmam que o reconhecimento da História Ambiental como conhecimento legítimo das ciências ambientais tem buscado um caminho que é o de interpretar a paisagem à luz das escolhas que as populações fizeram no passado. Nash, conforme aventam os autores supracitados foi o primeiro estudioso a utilizar o termo História Ambiental na década de 1960, sugerindo que a paisagem fosse interpretada como um documento histórico. O estudo da História Ambiental, nessa acepção, seria feito por meio das ferramentas metodológicas da História, da Ecologia e da Geografia, produzindo uma análise integrada dos ecossistemas, abarcando tanto

a dimensão humana das populações que habitaram essas paisagens, como a dimensão física e biológica desses ecossistemas (**Figuras 6.1 - 1 e 6.1 - 2**).

<p>Figura 6.1 1 - A Conquista do Vale do Itajaí.</p>	<p>Figura 6.1 2 - Florestas Virgens da Serra da Mantiqueira na Província do Rio de Janeiro.</p>
<p>Fonte: Grupo de Estudos de História Ambiental do Vale do Itajaí.</p>	<p>Fonte: Quadro de Rugendas, Instituto Moreira Sales.</p>

Para História Ambiental, conforme analisa DRUMMOND (1991) o fator tempo é o elemento mais importante, sobretudo se atentarmos que neste caso estão envolvidas escalas temporais de processos que ocorrem em centenas de milênios de anos.

A escala de tempo da história natural entrava em choque com a noção de tempo galgada na cultura ocidental. Autores como Charles Lyell, Alfred Russel, Wallace e Darwin, ao estudarem as paisagens e as formas antigas e atuais de vida, inferiram processos de longo termo, como formação das rochas, gênese de montanhas, erosão, elevação do nível dos mares, eras glaciais, extinção de espécies, que se contrapunha à noção de tempo bíblico arraigada na sociedade, na qual a história da criação teria sido construída em, no máximo, 6 mil anos.

O resultado do avanço da ciência naturalista europeia durante o século XIX foi o de provocar um cataclisma no sistema ocidental de contagem de tempo (BARBER, 1980), produzindo choques que perduram até hoje.

Em suma, na perspectiva da História Natural, a vida cultural humana está contida em um tempo geológico muito mais amplo, fato este que DRUMMOND (1991) diz ser negligenciável pelas ciências sociais. Basta lembrar, conforme pontua o próprio autor,

que as ciências sociais ficaram às margens da discussão na noção de tempo no período em que esta mesma noção era construída pelas ciências naturais.

A história clássica do desenvolvimento das ciências sociais colocava as sociedades humanas acima da História Natural, adotando apenas às duras penas, em seus estudos, fatores vivos e mortos relacionados à natureza. De acordo com DRUMMOND (1991) dois sociólogos norte-americanos já se indagavam no final dos anos de 1980 o motivo pelo qual as ciências sociais não terem integrado a vanguarda do despertar ecológico, iniciado já em 1970. Para estes autores, a resposta à indagação reside no fato de que as ciências sociais já nasceram sob a égide do paradigma da imunidade humana aos fatores da natureza, considerando sociedade e cultura humana inteligíveis em si mesmas.

A exceção da incorporação da História Ambiental nas ciências sociais está presente em algumas correntes da Antropologia. Em suma, como afirma DRUMMOND (1991) o legado registrado pelas ciências sociais é fundamentalmente humanista no sentido de privilegiar a sociedade e cultura humanas como objetos suficientes e como campos máximos de investigações legítimas.

A mudança no quadro supracitado passa a ocorrer no final do século XX, quando crises ambientais sucessivas passam a desafiar os movimentos sociais ambientalistas, desafiando as ciências sociais a incorporarem o paradigma ambiental em suas abordagens. Não era mais possível pensar as sociedades humanas sem a ancoragem na realidade natural. No entanto, foram ainda os cientistas naturais a liderarem o processo de tentativa de explicação das sociedades em seu viés ecológico.

DRUMMOND (1991) cita nomes como os biólogos Paul Ehrlich, Rachel Carson, Garrett Hardin, o engenheiro E. F. Schumacher e o físico Amos Lovins, atuantes nos Estados Unidos e Inglaterra desde 1950. No Brasil, cita-se o ativismo do engenheiro químico José Lutzenberger desde a década de 1970 (**Figuras 6.1 - 3 e 6.1 - 4**).

<p>Figura 6.1 3 - Biólogo Americano Paul Ehrlich, um dos pioneiros do movimento ambientalista norte-americano.</p>	<p>Figura 6.1 4 - Engenheiro Químico José Lutzenberger, importante ativista ambiental brasileiro nos anos 1970.</p>
<p>Fonte: New Word, Nwe Mind, Nova York, 2012.</p>	<p>Fonte: Portal do Governo do Brasil, 2010.</p>

Como mencionado, as ciências sociais foram desafiadas pelo movimento ambientalista a incorporarem o paradigma ambiental em seus temários, observando-se, porém, um pioneirismo da Antropologia, que acabou acumulando um legado teórico e empírico bastante grande (MORAN, 1990, MEGGERS, 1971).

A Sociologia e a Economia iniciaram suas reformas mais tardes, encontrando resultados instigantes, mais limitados ao universo das próprias disciplinas. Algumas das obras importantes da Sociologia Ambiental Americana, conforme DRUMMOND (1991) foram escritas por autores como Schnaiberg (1980), Catton (1980) e Humphrey & Buttel (1982). Já no campo da Economia Ambiental menciona-se Daly (1977) e Boulding (1978).

O desafio de incorporar a História Ambiental dentro das ciências sociais, conforme DRUMMOND (*op. cit.*), é o de colocar a sociedade no mesmo patamar da natureza. Dessa forma seria necessário atribuir aos componentes naturais a capacidade de interferir na sociedade. Não seria suficiente, de acordo com este autor, o uso de metáforas ambientais, ecológicas ou naturais, como a utilizada na Escola de Ecologia Humana de Chicago. Nesta perspectiva, as ciências sociais precisariam incorporar o paradigma de que as condições naturais são capazes de condicionar ou modificar a cultura.

Os principais desafios metodológicos da História Ambiental, de acordo com DRUMMOND (*op. cit.*) seriam, num primeiro momento, a busca de uma identidade ou

homogeneidade natural, o que faz com que as pesquisas busquem a delimitação de uma região, como um território árido, o vale de um rio, uma ilha, um trecho de terras florestadas, uma área de ocorrência de determinada espécie. Em suma, a História Ambiental prosperaria melhor em cenários fisicamente circunscritos. É comum no processo de delimitação das áreas de estudo o recorte cultural ou político, não se esquecendo nunca, porém, das particularidades físicas e ecológicas, como as encontradas em um parque nacional, na área de influência de uma obra, entre outros (DRUMMOND, 1991).

A consideração do entorno físico na delimitação das áreas de estudo faz com que a História Natural se ligue com a História Regional, pois acaba por focalizar processos naturais e sociais em um espaço geográfico bem circunscrito.

Outra característica metodológica ligada à História Ambiental é o diálogo que é feito com todas as ciências naturais, inclusive as aplicadas, entre os quadros físicos e ecológicos das regiões estudadas. São utilizados conhecimentos de geologia, geomorfologia, meteorologia, biologia, ecologia, engenharia florestal. Neste contexto, os historiadores ambientais não visitariam protocolarmente as ciências naturais, na busca de insumos para apenas caracterizar as áreas em investigação, mas dependeriam dela para produzir o seu trabalho.

Um terceiro e último traço da História Ambiental é que ela explora as interações entre o quadro dos recursos naturais e os diferentes estilos civilizatórios das sociedades humanas, encontrando na Antropologia Cultural e na Geografia Humana conceitos e enfoques úteis para estudar o papel da cultura na utilização dos recursos naturais.

As fontes documentais da pesquisa em História Ambiental incluiriam memórias, inventários, diários, escrituras de compra e venda, testamentos, memoriais descritivos de obras, estudos sobre epidemias, entre outros. Em suma, tudo o que se possa permitir saber de onde se originam os recursos naturais, como são utilizados pelas sociedades e quais as tecnologias envolvidas é foco de estudo em História Ambiental (**Figura 6.1 - 5**).

Figura 6.1 5 – Carta Topográfica de Casa Branca – Região de São José do Rio Pardo, de 1905 – Exemplo de Fonte Documental utilizada em História Ambiental.

Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.

Os sinais das atividades humanas também representam foco de interesse para a História Ambiental, como por exemplo, a existência de um rio assoreado e seus efeitos na paralisação da navegação, nos povoadamentos humanos e na agricultura, encostas desmatadas, sinais de erosão, alterações no padrão de uso e cobertura do solo, entre outros.

O enfoque metodológico permitido pela História Ambiental focaliza na interpretação e construção de documentos históricos como basilares do conhecimento de como as sociedades produzem suas paisagens e como os ambientes se modificam nesse processo. Cabe mencionar que muito dos estudos preconizados pela história ambiental, de avaliação da relação do homem com a natureza estão no cerne do temário da Geografia, e por isso, sofrem do mesmo problema epistemológico desta ciência, que é o da dificuldade de reunir num mesmo campo um conjunto de fenômenos, num mesmo objeto de estudo, com naturezas tão distintas. No entanto, ao longo da presente seção, foram levantadas algumas opções metodológicas, sobretudo aquelas que recaem sobre a negação do conceito de que a ação humana sobre a natureza é inteligível em si mesma. A própria Geografia vem tentando elaborar propostas teórico-metodológicas baseadas em campos epistemológicos nos quais os postulados positivistas que tentam opor sociedade e natureza sejam superados, como a própria fenomenologia e a epistemologia da complexidade.

No entanto, ao considerar que os estudos de história ambiental das paisagens requerem a avaliação da herança pretérita da natureza herdada pelo homem como campo de investigação, adotando-se como ferramentas de pesquisa, os documentos históricos, percebeu-se que este postulado está diretamente associado aos objetivos da presente pesquisa, justificando, portanto, a necessidade de expor os fundamentos teóricos que o balizam.

6.2 A Paisagem como Híbrido: uma fusão entre a herança natural e a cultura

O papel da presença humana na formação da estrutura e funcionamento dos ecossistemas, conforme alertam OLIVEIRA & ENGEMANN (2011) tem se tornando cada vez mais frequentes nas pesquisas ambientais nos últimos anos.

Os legados da atuação humana no passado, junto com o arcabouço dos eventos naturais repercutem nos ecossistemas, de forma a controlar o seu funcionamento. Estas alterações persistem na paisagem por milhares de anos, influenciando a estrutura da vegetação, a composição das espécies, a ciclagem de nutrientes, o fluxo de água, o clima, entre outros. De forma cumulativa, as interferências humanas na

paisagem têm causado impactos globais nas funções ecológicas dos ecossistemas, muitas vezes mascarada por uma leitura que só entende a paisagem a partir de seu funcionamento atual.

A reconstrução histórica da atividade humana sobre a paisagem pode se realizar sob diferentes enfoques e em diferentes escalas espaço-temporais. No entanto, os recortes devem permitir que a paisagem seja lida como espaço vividos e apropriado pelas culturas, que manipulam os recursos e a base física existente, derivando-os, mudando suas essências e níveis de funcionamento. A busca pelas condições de existência e os circuitos econômicos constituem-se os motores de apropriação, de identificação e de transformação das paisagens (**Figuras 6.2 - 1 e 6.2 - 2**).

<p>Figura 6.2 1 - Terra Preta de Índio.</p>	<p>Figura 6.2 2 - Roça Indígena em Aldeia localizada no estado de Rondônia.</p>
<p>Fonte: Museu Paraense Emílio Goeldi.</p>	<p>Fonte: Museu Paraense Emílio Goeldi.</p>

Mesmo após o abandono das atividades produtivas, os elementos naturais da paisagem se recuperam, mas passam a evoluir em outra direção, alterando, conforme já mencionado, sua essência, por meio da derivação antropogênica causada pela ação dos agrupamentos humanos.

O processo contínuo de derivação antropogênica vai formando, conforme a acepção de OLIVEIRA & ENGEMANN (2011), paleoterritórios, entendidos como a espacialização das resultantes ecológicas, nos ecossistemas, dos diversos usos socioeconômicos. O paleoterritórios constituem a etapa antrópica dos processos bióticos e abióticos que condicionaram os processos de regeneração dos elementos

naturais da paisagem. Assim, o resgate da história desses usos superpostos é de grande importância para o entendimento da dinâmica de evolução das paisagens.

O conceito de paisagem, bastante apropriado para o entendimento da fusão da natureza com a sociedade, é, como já mencionado, polissêmico. Dentre os diversos significados atribuídos ao conceito de paisagem menciona-se o de que ela é uma estrutura espacial resultante da interação entre os processos naturais e as atividades humanas.

CRUMLEY (1987) chega a afirmar que ao associar ações passadas e presentes, a paisagem constitui-se numa categoria do espaço, ou ainda, na manifestação espacial da relação homem-natureza.

As formas de influência das atividades humanas nos fluxos e processos dos ecossistemas e das paisagens são múltiplas, partindo-se de paisagens quase naturais, com pouquíssima influência humana, até as paisagens completamente derivadas, ou paisagens antropogênicas. Os solos, conforme afirmam OLIVEIRA & ENGEMANN (2011) guardariam a memória mais longa dos distúrbios ocasionados na paisagem, observando-se, porém, uma capacidade de resiliência e de registro de distúrbios na fauna e na flora.

A domesticação da paisagem constitui-se num processo consciente pela qual a manipulação humana produz mudanças nos processos físicos e ecológicos, resultando numa paisagem alterada e voltada às necessidades produtivas e culturais das populações que a habitam.

O conceito que trata a paisagem como a máxima expressão da relação sociedade-natureza é de suma importância para a presente pesquisa, uma vez que permite a leitura conjunta dos processos de co-evolução entre o ambiente natural e as intervenções antrópicas que simbolizam a expressão cultural da paisagem (**Figura 6.2 - 3**).

Figura 6.2 3 – Restos Vegetais encontrados em Sambaquis no estado do Rio de Janeiro.

Fonte: SHEEL-YBERT et. al. (2010).

Na presente pesquisa, o processo de instalação de uma usina hidrelétrica num meio com alterações antrópicas acumuladas é o registro da produção da paisagem enquanto híbrido, resultando, naquilo, que para alguns autores é possível chamar de Paisagens Elétricas.

6.3 As Paisagens Elétricas: o setor energético e as novas raridades

De acordo com BOUNEAU & VARASCHIN (2012) a noção de paisagem tem oscilado entre dois pólos: no primeiro conceitua-se a paisagem como resultado da ação do homem e do mundo da vida e, no segundo, seria vista como percepção visual de determinado ambiente. A Convenção Européia de Paisagem (2004) conceitua a mesma como sendo uma porção do território percebido pela população e que resulta da interação de fatores naturais com fatores humanos.

BOUNEAU & VARASCHIN (2012) ressaltam, porém, que o conceito estabelecido pela Comissão Europeia de Paisagem (**Figuras 6.3 - 1 e 6.3 - 2**) não incluiu a evolução das técnicas como um dos fatores responsáveis pela produção das paisagens, o que dificultaria a inclusão das paisagens elaboradas pela ação técnica como elemento a ser patrimonializado ou protegido.

<p>Figura 6.3 1 - Emblema da Primeira Convenção Europeia de Paisagens, realizada em Florença, na Itália, em 2000.</p>	<p>Figura 6.3 2 - Emblema da Convenção Europeia de Paisagens realizada em 2015, na cidade do Porto, Portugal.</p>
<p>Fonte: Convenção Europeia da Paisagem.</p>	<p>Fonte: Convenção Europeia da Paisagem.</p>

Para os autores, a patrimonialização das paisagens estaria fundada em três pressupostos. No primeiro, as paisagens a serem merecedoras de proteção seriam as pitorescas, as quais se aproximam das pinturas dos quadros. O segundo pressuposto é ambiental e considera como dignas de patrimonialização as grandes paisagens associadas à necessidade de proteção de determinados sítios, e por último, se teriam as paisagens culturais, fruto da interação dinâmica da natureza com a sociedade.

Na França, o geógrafo Jean Robert Pitte foi um dos pioneiros no estudo das paisagens elétricas do século XX, inaugurando uma temática pouco pensada durante os anos de 1980.

BOUNEAU & VARASCHIN (2012) consideram o sistema elétrico como uma inovação técnica inteligente, uma vez que funciona como um sistema capaz de pontilhar a paisagem com objetos de diversas ordens, produzindo combinações bastante peculiares. NYE (1995) considerava a energia elétrica algo tão sublime que causava fortes reações emocionais às pessoas ao se defrontarem com as paisagens originadas da eletricidade.

Por outro lado, as inovações técnicas da eletricidade foram responsáveis por uma verdadeira revolução das paisagens pré-existentes. A energia ajudou a reconfigurar as cidades e mudou a forma de organização do campo, criando os símbolos inequívocos do que seria a modernidade. Por essa capacidade inequívoca de modelar os espaços e criar paisagens novas, é que se considera ser perfeitamente possível falar em paisagens elétricas, marca inquestionável da hibridização da relação natureza e sociedade.

Natureza e sociedade, nos dizeres de SANTOS (2002) formam um híbrido, onde não se separa a forma da sua ação. Dessa forma, o conceito de paisagem cultural poderia unificar a leitura do conceito de patrimônio natural, como algo que se situa tanto nos tempos da natureza, como nas formas produzidas pela sociedade.

A resignificação do conceito de natureza ou mesmo a valorização das reminiscências existentes nos grupos que ainda conseguem conviver nos seus ritmos, cria aquilo que DAMIANI *et. al.* (1999) chama de espaço residual. A natureza, a partir das lógicas atuais, entra no processo de produção de mercadorias, passa a ser consumida como um produto, sendo inclusive passível de ser lida dentro do processo de produção e reprodução do espaço.

BERMAN (1986) e LEFBVRE (1969) relembram que o processo de modernização iniciado no século XX tem a capacidade virtual de abarcar todo o mundo. Estas transformações atingem de forma direta a vida das pessoas, sobretudo pelos estímulos trazidos pela produção capitalista e a densificação da técnica como um elemento mediador da vida humana. De acordo com LEFBVRE (*op. cit.*), as novas técnicas criadas no início do século como a eletricidade, o automóvel e o avião atingem em cheio a vida cotidiana.

BERMAN (*op. cit.*) identificou os ritmos e peculiaridades da modernidade durante o século XIX, destacando o surgimento de uma nova paisagem, repleta de engenhos a vapor, fábricas, ferrovias, bondes, telégrafos, postes de energia elétrica e barragens (**Figuras 6.3 - 3 e 6.3 - 4**). Pelas descrições permitidas pelos dois autores, as técnicas da modernidade materializam-se no espaço e revelam-se na paisagem. A paisagem entendida como cultura e, portanto produto social, é o resultado da acumulação de tempos, observando-se porções com acumulações de tempo distintas, na qual os

objetos não mudam de idade, nem ao mesmo tempo, inclusive nem com a mesma velocidade.

<p>Figura 6.3 3 - Usina Vulcan Street Plant, instalada sobre o rio Fox, Wisconsin, datada de 1882, uma das primeiras a serem instaladas no mundo.</p>	<p>Figura 6.3 4 - Posto de Iluminação Pública em Campos dos Goitacazes, a primeira cidade a ser iluminada no Brasil, em 1883.</p>
<p>Fonte: Wisconsin Historical Markers, 2014.</p>	<p>Fonte: História da Energia no Brasil, Ministério de Minas Energia, 2016.</p>

A eletrificação é uma invenção da técnica, um símbolo da modernidade, que invade a rua, o trabalho, o lazer e o cotidiano. A instalação da energia elétrica provoca alterações na morfologia, na estrutura e na dinâmica da paisagem, produzindo num jogo de alteração dos atributos naturais desta mesma paisagem, uma nova, antropogênica.

A nova paisagem antropogênica produzida modela a natureza, produzindo objetos técnicos que funcionam como próteses na paisagem e chegam a alterar até mesmo o significado e a interpretação que as pessoas fazem das mesmas, uma vez que os conteúdos da técnica e os objetos técnicos dele derivados impregnam de modernidade e fazem com que o modo de vida urbano se espalhe para todos os territórios, observando-se, inclusive em paisagens rurais, cargas de artificialidade muito mais comuns ao ambiente citadino.

A eletricidade produz, portanto, verdadeiras paisagens elétricas, identificadas pelos reservatórios artificiais criados, pelas grandes estruturas de concreto representados pelos barramentos, pelas casas de máquinas, pelas subestações, todos esses objetos na paisagem, dotados de grande materialidade técnica. Poder-se-ia acrescentar

também a leitura dos processos naturais derivados dessas paisagens, como as mudanças laterais dos canais fluviais, o aumento das barras de sedimentos em desembocaduras de rios, a mudança do perfil das vertentes ocasionadas pelas mudanças das propriedades rurais no entorno das usinas hidrelétricas, entre outras.

Todas essas marcas deixadas na paisagem natural, só possíveis de serem elaboradas no tempo humano, graças à implantação de objetos técnicos dotados de grande artificialidade, como os empreendimentos hidrelétricos.

O processo de produção e reprodução do espaço é capaz de inserir nos mais recônditos lugares um modo de produzir e transformar as paisagens totalmente ligado ao sistema produtor das mercadorias. Como lembra DAMIANI *et. al.* (1999), ao se ligar um interruptor se consome natureza, chegando-se a uma fase na qual a mesma se revela como raridade, tornando-se um resíduo no espaço.

Ao se ter em mente que a natureza é uma herança e um atributo cheio de significados das coletividades humanas, o seu rápido consumo pelo modo de produção capitalista lhe confere um comportamento e uma possível leitura dentro do conceito de espaço residual. As necessidades imperiosas do tempo moderno criam artificialidades tamanhas nestes espaços preteritamente naturais, que ao se observar o processo gradativo de derivação antropogênica das paisagens naturais, é possível ler o processo de produção e reprodução do espaço e seus efeitos na paisagem, permitindo-se, nessa leitura, resignificar o próprio papel da natureza, valorizando tanto seus aspectos atinentes à História Natural, como o processo de apropriação que as coletividades humanas empregaram ao longo da história, construindo sua própria humanidade.

Ao se valorizar uma abordagem em conjunto, na qual as paisagens elétricas que se originam a partir das modificações antropogênicas, associadas aos impactos causados por empreendimentos hidrelétricos, é possível valorizar os atributos ambientais de significativo valor tanto natural como cultural, os quais permanecem ainda como resíduos dentro da paisagem.

6.4 Escalas Têmporo-Espaciais e a Noção de Mudanças em Sistemas Naturais

O percurso teórico realizado até aqui representou uma leitura de como as paisagens revelam-se num primeiro momento como herança de ecologias e de geologias de tempos pretéritos, e como a presença humana enquanto sociedade, passa a produzir as paisagens por meio da técnica e da cultura.

O processo de derivação antropogênica das paisagens, no entanto, não elimina a carga de naturalidade que as ecologias e geologias pretéritas ofereceram às coletividades humanas num esforço laborioso de milhões de anos. Renunciar a este postulado, por exemplo, seria desconsiderar uma importante carga daquilo que explica como as paisagens são feitas, mesmo ao se considerar a validade da produção técnica e cultural das mesmas, ao longo dos tempos das coletividades humanas.

Ao se definir como objetivo geral da presente dissertação de mestrado, o de realizar uma leitura da história da paisagem na área de estudo, por meio da interação entre os barramentos representados pelas PCH Rio do Peixe I e II e os sistemas físicos naturais e modificados em sua área diretamente afetada, reconhece-se o caráter cultural da produção das paisagens, mas opta-se por investigar o processo de derivação das paisagens por meio de um campo muito promissor de investigação, validado pela Geomorfologia Antropogênica.

Nesse novo campo, reconhece-se a atuação do homem até mesmo na capacidade de influir nos sistemas naturais, redirecionando inclusive a magnitude e frequência desses processos, os quais terão reflexos diretos na fisiologia dos elementos herdados pelos processos geomorfológicos de períodos anteriores a existência humana na superfície da terra.

Para se ter a correta leitura das mudanças ambientais e geomorfológicas produzida pela ação humana nas paisagens, é necessários recorrer ao recorte espacial considerado mais apropriado para circunscrição dos processos físicos que trabalham na modelagem das formas de relevo e da própria paisagem, que é a bacia hidrográfica.

Por se constituir em um sistema aberto, de fácil delimitação e identificação através de elementos topográficos, as bacias hidrográficas tem ganhado aceitação como área de análise, as quais se convertem em recorte espacial para os estudos ambientais. Dessa forma, assinala FUJIMOTO (2001, p.34), através da definição do conceito de bacia hidrográfica utilizada em sua pesquisa:

A bacia hidrográfica é aqui utilizada como unidade de estudo, pois se constitui em uma unidade natural, onde o elemento integrador está representado pelos canais de drenagem naturais. Na bacia hidrográfica, embora a água seja o elemento integrador, pode-se levar em consideração outros elementos da natureza como relevo, solos, vegetação, e de elementos da sociedade como as atividades econômicas e o uso do solo a elas relacionadas.

A definição do recorte espacial define uma escala de compreensão dos fenômenos de cunho ambiental. As ações antrópicas acabam por inserir uma variável que remodela esses fenômenos, tornando-os mais complexos. Dessa forma, há uma necessidade de reavaliar diagnósticos das intervenções do homem em sociedade, na modificação dos atributos do meio, como avalia RODRIGUES (2004, p.97):

As transformações químicas e o transporte de materiais também são realizados numa velocidade e volume maiores. Ações antrópicas com alto nível de transgressão podem ser realizadas em anos, meses, dias e horas. Todas essas colocações implicam na necessidade de se reconhecerem as ações antrópicas e suas derivações, tomando-se como referências escalas têmporo-espaciais maiores, sem perder de vista as demais. Como resultado, devem ser consideradas e enfatizadas as abordagens escalares complementares e as escalas de detalhe como 1:10.000 ou maiores e intervalos temporais diários, horários e menores. A adequação das escalas maiores de abordagem referem-se ao fato de que a observação das ações antrópicas em seus aspectos dinâmicos, tal como impõe a abordagem geomorfológica, implica em incorporar sua temporalidade e espacialidade próprias.

Tendo em vista o excerto acima, o uso de escalas de detalhe para o correto tratamento das intervenções antrópicas, cujo trato através da abordagem geomorfológica permite uma leitura das alterações ocorridas no meio físico, colocam a necessidade de se diferenciar bem, dentro das escalas do tempo geológico, os eventos em seus mais diversos intervalos de recorrência e os efeitos que os mesmos têm na alteração das paisagens.

BRUNSDEN (1996) ressalta que a verdadeira Geomorfologia não se inicia com uma revolução, mas é comandada por processos graduais que operaram diariamente bem em frente aos nossos olhos. Esta frase iniciada pelo autor serve para resgatar os princípios do Atualismo de autores como *Guettard & Demarest*, *Hutton & Playfair*, *Heim & Von Hoff* e finalmente, *Charles Lyell*, cuja importância foi considerável para o desenvolvimento da Geomorfologia, pelo entendimento que o mesmo possibilitou sobre o processo de formação dos vales.

A ideia principal do Neo-Catastrofismo baseia-se na estabilidade morfológica ou estase (*stasis*), a qual é interrompida por breves e instantâneos episódios de especiação ou erosão, com grande significado genético para mudanças morfológicas.

Na Geomorfologia, o conceito de resistasia significa que o estado instável nas taxas de mudanças após eventos catastróficos tem profunda relação com o reordenamento das feições morfológicas na paisagem. Este conceito entra em contraposição com o conceito de Biostasia, que advoga um estado de estabilidade morfológica. BRUNSDEN (1996) ilustra estes conceitos com a metáfora de um soldado que “após um longo período de calma é despertado por breves momentos de terror”.

Para BRUNSDEN (1996) as medições até agora acumuladas mostram que os sistemas terrestres são dinâmicos e estão longes de serem estáveis. A Terra é continuamente perturbada por uma série de eventos tectônicos cuja ação se desdobra em diversas unidades de terreno. Os controles de erosão em nível do mar não se processam da mesma maneira, nos mesmos lugares e do mesmo modo ao longo das mudanças climáticas observadas pelas diferentes escalas temporais.

Os processos geomorfológicos, conforme pontua BRUNSDEN (1996) são constituídos de eventos discretos que variam em suas características. Se quisermos entender as mudanças nas formas da paisagem, só conseguiremos entendendo os eventos que

mudam essa paisagem. Não é necessário, portanto, rejeitar os princípios do Uniformitarismo, mas aceitar que os processos em que ele se desenha mudam em relação as suas taxas e áreas de atividades, mudando as condições ambientais sob a superfície da Terra.

A importância das propriedades de frequência, magnitude e duração dos eventos passam ocupar um lugar central no estudo da natureza nos processos. Estes conceitos passam a ser tratados de forma estatística, com a introdução dos estudos de probabilidade, período de retorno e variabilidade e também em termos mais grosseiros, como totais, número, distribuição, trabalho empregado, energia e intensidade. Esta nova abordagem inclui também as condições na qual o regime opera, introduzindo os conceitos de antecedência, balanço anual, sazonalidade e concentração.

As premissas acima estabelecidas por BRUNSDEN (1996) que fundamentam seu conceito de Mudanças Geomorfológicas, permitiu que o mesmo propusesse uma tipologia de eventos que ocorrem em períodos arbitrários de tempo, seguindo concepções por ele criadas em 1990, como também dos trabalhos de SELBY (1985) e CROZIER (1986) (**Figura 6.4 - 1**). Desta forma tem-se a seguinte hierarquia:

- a) **Ciclo:** período geomorfológico de atividade que dura milhões de anos para se completar e que apresenta como característica um evento de formação com a escala temporal de dezenas ou milhares de anos, como por exemplo uma glaciação ou orogenia.
- b) **Epí ciclo:** um período de atividade que ocorre por dezenas ou milhares de anos e que se torna efetivo por milhões de anos ou mais, como por exemplo um aumento no nível do mar, um desmatamento ou uma recuperação isostática.
- c) **Fase:** um evento que se constrói ou que se sustenta em termos de mudanças de magnitude de impulso ou mudanças de controle nas últimas centenas de anos dentro de uma efetiva escala de tempo de milhares de anos, como por exemplo, uma mudança climática como uma pequena idade do gelo.

- d) **Episódio:** um pequeno período de tempo de poucos anos, como escala de centenas de anos ou mais, que sustenta mudanças notáveis nas taxas do trabalho geomorfológico. Como exemplo, cita-se a sequência de anos úmidos que causam elevação do lençol freático, a atividade de desmoronamento ou movimentos nos canais fluviais.
- e) **Processos/eventos extremos:** Um evento cujo o pulso tem alta magnitude e baixa frequência e que ocorre muito rapidamente dentro de uma escala de tempo de dezenas ou centenas de anos, como por exemplo, uma grande inundação.
- f) **Ocorrência:** um evento diário que não está ligado a eventos extremos dentro do funcionamento de um sistema, como por exemplo, pico de vazões médias. Estes eventos são relevantes para uma escala de tempo de dez anos ou mais.

Figura 6.4 1 – Escalas Temporais de Eventos Geomorfológicos e Processos Associados.

Fonte: BRNSDEN (1996).

BRUNSDEN (1996) conclui, a partir de sua tipologia de processos/eventos, que o entendimento de processos em Geomorfologia inclui episódios de diversos tempos, na qual a duração do trabalho de um determinado evento e o tempo em que ele opera são relevantes, tendo uma contribuição bastante importante para o sistema geomorfológico estudado.

Baseado nas contribuições de YATSU (1966) e de TRICART (1976), BRUNSDEN (1996) propõe uma nova hierarquia de eventos baseadas em sua relevância temporal para a frequência dos processos.

Desta forma:

- a) **Eventos Instantâneos:** duram entre 0-1 ano. São relevantes para os sistemas geomorfológicos em termos de uma centena de anos. Geralmente são descritos como desastres naturais dentro da experiência humana. Como exemplos podemos citar grandes inundações ou erupções, que são eventos grandes e que desempenham bastante trabalho, cujas cicatrizes ou depósitos persistirão por muito tempo.
- b) **Eventos de Curto Termo:** duram centenas de anos para se completar, como mudanças de um canal fluvial ou mesmo milhares de anos, como aumento do nível do mar ou pequenas mudanças climáticas. São relevantes para as mudanças das formas numa escala de tempo de dezenas de milhares de anos.
- c) **Eventos de Longo Termo:** São aqueles que ocupam talvez dezenas de milhares de anos e tem efetividade nas mudanças nas formas para mais de 10 milhões de anos. Incluem as maiores glaciações, como a glaciação de *Wurm* que estão associadas a grandes mudanças ambientais.

A definição de escalas de tempo e frequência de eventos geomorfológicos são importantes por que elas definem possíveis áreas de interesse e escalas de pesquisa. Nas pesquisas que utilizam grandes escalas espaciais e temporais, o foco deve ser os grandes eventos tectônicos e variações climáticas importantes, como o aumento do nível do mar, cuja ação se processa por grandes massas de terra.

Nas médias escalas espaciais e temporais deve-se por foco nos eventos climáticos que promovem mudanças na cobertura vegetal ou no nível de base, cuja resposta isostática controla as mudanças das formas. Nesta perspectiva pode-se detectar taxas de mudanças em sedimentos de grosso calibre que estão associadas a episódios climáticos específicos e suas localidades, os quais serão avaliados em suas taxas por longos períodos de tempo.

Nas pequenas escalas espaciais e temporais, mudanças ambientais de curto tempo como uma pequena idade do gelo tornam-se mais claras dentro da escala da existência humana. Nestas escalas, taxas de mudanças de processos podem ser detectadas e pequenas formas e sequencias de sedimentos podem ser atribuídas a processos específicos ou processos sistêmicos.

BRUNSDEN (1996) propõem ainda uma classificação dos eventos em Geomorfologia de acordo com o papel dos mesmos na evolução das formas da paisagem:

- a) **Eventos Discretos:** quando a ocorrência do processo é notado como uma ocorrência normal de eventos predecessores e sucessores dentro de um sistema.
- b) **Evento Efetivo:** causam uma mudança na performance do processo que excede um determinado limiar, como por exemplo a média anual das taxas de erosão, de denudação e de deposição.
- c) **Evento Redundante:** é aquele que não excede a resistência ou a tolerância do sistema, não aparentando produzir um trabalho efetivo.
- d) **Evento Formativo:** é o evento com certa frequência e magnitude, que controla a formação e a forma de uma feição. Este evento promove mais trabalho do que os eventos cumulativos, até o ponto que um novo evento formativo se processa. Os eventos formativos criam formas que persistem por longos períodos, a despeito das motivações trazidas por eventos frequentes.
- e) **Eventos Extremos:** são os eventos de grande ocasião, cujas ocorrências são mais raras dentro de uma distribuição estatística, variando por

exemplo, duas vezes dentro do desvio padrão dos limiares normais de distribuição.

- f) **Eventos em Sequência:** são fruto da combinação de eventos de uma dada frequência e magnitude, que eventualmente parecem não ter efeito sob o trabalho geomorfológico.

Quando se atenta para os eventos catastróficos e as mudanças geomorfológicas e ambientais por eles decorrentes, BRUNSDEN (1996) faz uma distinção entre eventos singulares e eventos catastróficos. No caso dos eventos catastróficos, o autor o considera um evento que produz uma subversão em uma dada ordem sistêmica considerada. Ela envolve a quebra da condição previa do sistema e sua obliteração, produzindo uma nova evolução na sequência de processos de um dado sistema. Como exemplo pode-se citar um impacto de um meteoro ou a inundação de um vale por um fluxo de lava.

Eventos pouco prováveis fisicamente são possíveis de acontecer, basta que ocorram as condições certas de combinação. Se um evento extremo se processa no limiar de um sistema, ocorrendo por meio de uma catástrofe, isso pode significar que o limite de um sistema foi atingido e uma nova especificação de seu funcionamento pode se processar. Desta forma, BRUNSDEN (1996) considera que o termo catástrofe é apenas usado como valor de julgamento para descrever a condição quando um sistema reinicia sua forma de funcionamento.

O balanço entre a taxa de criação e destruição das formas permitiu com que BRUNSDEN (1996) estabelecesse cenários para a evolução das paisagens, baseado em algumas características:

- a) **Características Estáveis:** a taxa de criação das formas é igual a taxa de destruição, tendo como resultado final, o mesmo número de elementos de formas, porque os eventos de destruição comandados pela erosão são compensados por processos de criação. Como exemplo, citam-se as cicatrizes de escorregamento após uma tempestade, as quais, após um processo de revegetação, se recuperam, até que uma nova chuva promove o surgimento de outro escorregamento.

- b) **Características de Manutenção:** uma dada forma é mantida num dado lugar pela operação dos mesmos tipos de processos ao longo do tempo, atuando dentro da tolerância do sistema. Como exemplo, cita-se um penhasco marinho ou um depósito de talus.
- c) **Características Incrementais:** a taxa de criação da forma é menor que sua destruição, e desta forma, a paisagem passa a ser construída de maneira incremental, progressivamente ao longo do tempo, como por exemplo, a formação de um canal fluvial.
- d) **Características Acumulativas:** a taxa de criação das formas é muito maior que a de destruição. O número de elementos criados irá aumentar até que todos os materiais disponíveis para criação destas formas tenham fim. Os eventos acumulativos irão criar formas com formatos similares dentro de uma dada paisagem, mas com idades diferentes. Como exemplo, pode-se citar uma sequência de deslizamentos em uma escarpa.
- e) **Características de Reforço:** a taxa de criação das formas e a ênfase por caminhos de processos que acentuam formas existentes permitem um *feedback* positivo dentro do sistema, contribuindo com a perpetuação da forma. Como exemplo, cita-se o intemperismo divergente.
- f) **Características Imutáveis:** as taxas de criação e destruição das formas produzem pouco trabalho em virtude da pequena energia disponível no sistema. A geometria das formas tende a ser plana porque a pouca energia mobilizada não encoraja mudanças na estrutura da forma. Neste caso, os materiais tendem a ser resistentes e a energia é absorvida antes que o trabalho se concretize.

BRUNDEN (1986) alerta ainda para o fato de que a ocorrência de grandes eventos não interrompe completamente o desenvolvimento de uma paisagem, pelo contrário, é responsável por iniciar um processo de recuperação, que desencadeará uma nova ordem, dando estabilidade para um aparente caos.

O autor supracitado ressalta ainda que essa maneira de ver as coisas pode ser muito útil para os estudos acadêmicos e práticos em Geomorfologia, pois expande o ponto de vista eminentemente gradualista, que tenta esconder que as paisagens

evoluem por descontinuidades e continuidades, por mudanças abruptas após evoluções graduais, e por eventos extremos que operam conjuntamente com eventos frequentes.

Figura 6.4 2 – Duração das Formas do Relevo em relação à escala temporal dos processos formativos da paisagem.

Fonte: BRNSDEN (1996).

Até o presente momento, discorreu-se sobre como se processam as mudanças em sistemas geomorfológicos em suas diferentes escalas, ressaltando-se os limiares que permitem a persistência de determinadas formas do relevo, ou a completa mudança de limiares, que podem resultar em novo reequilíbrio de um determinado sistema, motivada por processos catastróficos, geralmente ocasionados por mudanças tectônicas.

As mudanças geomorfológicas promovem modificações em processos constitutivos do relevo, que terão impacto direto nas formas de relevo, e portanto, nos ambientes resultantes dessas transformações. Ao se intervir a ação humana na magnitude e frequência de processos geomorfológicos, pode-se promover rupturas de processos em escalas espaço-temporais compatíveis com eventos formativos relativos à escala

do microrrelevo. Menciona-se também, a capacidade do homem de causar a ruptura de limiares de processos geomorfológicos esperados para ocorrer na escala temporal dos séculos, influenciando, assim nos processos formativos do relevo nas escala das vertentes.

Ao se avaliar as mudanças ambientais e efeitos geomorfológicos correlatos da ação humana em diferentes sistemas e subsistemas naturais, sairia-se do campo eminentemente da avaliação de mudanças ambientais, esperadas para se processarem dentro das escalas têmporo-espaciais próprias da manifestação de eventos geomorfológicos pouco antropizados e se partiria para a avaliação dos impactos ambientais produzidos pela ação humana nesses mesmos sistemas, observando-se no nível da paisagem a produção desses efeitos.

Em suma, haveria uma alteração no conceito, saindo-se da interpretação das formas de relevo naturalmente processadas pelos diferentes ciclos de **mudanças ambientais** dos sistemas geomorfológicos, para a avaliação das formas de relevo derivadas dos **impactos ambientais** ocasionados pela ruptura de limiares geomorfológicos esperados pelos ciclos de mudanças ambientais naturais.

6.5 Do Conceito de Mudanças em Geomorfologia aos Impactos Ambientais – abordagens sobre a Avaliação de Impactos em Empreendimentos Hidrelétricos: as sensibilidades, as fragilidades e os impactos ambientais.

Muitas das questões ambientais induzidas pela ação humana não tem recebido a adequada atenção nas discussões sobre mudanças ambientais. Uma questão importante nestas discussões seria o significado do global e as escalas espaciais adotadas na análise das alterações ambientais.

Na proposição de tipologias levantada por TURNER *et. al.* (1990), as mudanças ambientais podem ser de dois tipos: sistêmicas e cumulativas. As mudanças sistêmicas envolveriam impactos diretos no funcionamento do sistema global. Como exemplo, os autores colocam as emissões de efluentes industriais e gases do efeito

estufa. Já as mudanças cumulativas produzem impactos localizados ao redor de todo o mundo.

A magnitude e frequência dos impactos cumulativos são compartilhados por todos, uma vez que os recursos globais que são a cerne destes mesmos impactos, também são intercambiados por todos. Como exemplo de impactos cumulativos, os autores colocam a poluição das águas subterrâneas e seu esgotamento, o esgotamento das espécies e alterações genéticas que tem influência na biodiversidade, o desmatamento, o esgotamento dos solos, entre outros.

O sentido sistêmico de Mudanças Globais, conforme TURNER *et. al.* (1990) refere-se à escala espacial de operação ou funcionamento de um sistema.

Mudanças sistêmicas globais não precisam ser causadas por atividades de escala global, apenas o impacto físico de uma atividade precisa ser global em escala para promover uma alteração sistêmica. As fontes industriais de CO₂, por exemplo, são altamente concentradas na superfície da Terra. Atualmente, sete países industrializados possuem 11% da população mundial e produzem 40% das emissões de dióxido de carbono.

O segundo significado do termo global se refere aos seus sentidos cumulativos, no qual existe uma área ou acumulação substantiva de uma mudança localizada. A mudança é global, nestes termos, se ela ocorre numa escala que abrange o mundo inteiro ou representa uma fração significativa de um dado fenômeno ambiental total ou de um recurso global.

Os tipos de mudanças cumulativas são locais por natureza, no entanto, constituem mudanças que pode afetar todo ambiente humano. Elas envolvem as paisagens ou faces da terra, como as florestas, pastagens e terras úmidas, que experimentam processos de conversão de uso e cujas modificações nos fluxos bioquímicos acabam por ter uma escala sistêmica global em seu movimento, citando-se por exemplo, o movimento dos óxidos nitrosos e sulfurosos, o ozônio pela troposfera e a poluição da água.

As palavras sistêmica e cumulativo são usadas para caracterizar mudanças físicas produzidas pelas atividades humanas. As atividades humanas causam essas

alterações ambientais, tendo sido divididas e designadas como fontes proximativas (*proximate sources*) e forças condutoras (*driving, forces*) (TURNER *et. al.*, 1990).

As fontes proximativas são a etapa final das atividades humanas, como a biomassa produzida na queima de insumos industriais, que afeta diretamente o ambiente, enquanto as forças condutoras (*driving, forces*) constituem um complexo de ações humanas, que incluem ações racionais em diversos sentidos, como a mudança de população, a urbanização e as mudanças tecnológicas. As *driving forces*, nessa acepção, alimentam as *proximate sources*.

Para que as dimensões humanas das mudanças ambientais sejam bem compreendidas, especial atenção deve ser dada ao entendimento das mudanças cumulativas. A comunidade científica internacional chegou a um acordo de que certas mudanças cumulativas alcançaram seu estado crítico, na qual podem se tornar mudanças sistêmicas globais.

O homem conseguiu alterar a base física que sustenta o sistema da geosfera e biosfera. Desta forma, as alterações causadas pela produção industrial do mundo industrializado são as que mais afetam os fluxos biogeoquímicos e consequentemente estes dois sistemas.

A chave para se entender as mudanças ambientais globais é entender os diferentes tipos de mudanças ambientais cumulativas, que contribuem mais diretamente para as mudanças sistêmicas, como as alterações nos usos do solo que impactam o ciclo hidrológico.

Para se acessar adequadamente a ação humana dentro dos quadros de alteração ambiental, TURNER *et. al.* (1990) propõem como sendo necessário, para isso, uma reconciliação nas trajetórias das ciências naturais e sociais, seja no entendimento de como as forças sociais que afetam, em macro escala, a relação sociedade-natureza.

A abordagem em micro escala das atividades humanas varia de região em região, no entanto, as mudanças cumulativas históricas e os contextos locais são essenciais para reconhecer até que ponto essas ações se somam e possuem efetivamente a possibilidade de afetar o ambiente em escala global.

Os estudos soviéticos sob modificações antropogênicas na paisagem foram os pioneiros no estudo das interações regionais entre atividades humanas e processos bioquímicos regionais. No entanto, esses estudos foram localizados, e para um completo entendimento dos efeitos de meso e macro escala, seria necessário espalhar essas experiências para outras regiões.

Em algumas instâncias, as condições subglobais ocorrem em paralelo com as globais, o que requer que se adote uma explicação das evoluções das alterações globais em nível intra e inter-regional. Este nível de articulação deve ser feito com muito cuidado, de forma a montar uma base unificada e sofisticada, que articule as bases física e social, de forma a alimentar modelos que possam ter um significado realmente global (TURNER *et. al.*, 1990).

Figura 6.5 1 – Conexão entre fenômenos de escala regional e global e mudanças ambientais correlatas.

Fonte: TURNER *et. al.* (1990).

As mudanças intra-regionais são produzidas dentro de uma região pelas fontes proximativas humanas. Elas podem atingir uma magnitude suficiente na qual aspectos

do ambiente regional são transformados, não registrando efeitos físicos diretos em outras regiões.

Já as mudanças transregionais são produzidas pelas atividades humanas em uma ou mais regiões e se fazem sentir em outras regiões. As mudanças inter-regionais não são nem cumulativas-globais e nem sistêmicas, no entanto, se as mesmas tiverem seus efeitos duplicados, podem atingir um nível de mudança cumulativa global. Por fim as mudanças regionais-globais incluem os efeitos que se fazem sentir numa região como num conjunto de regiões e que afetam diretamente o sistema global, como a emissão dos gases CFC pelas atividades industriais.

Para TURNER *et. al.* (1990), o termo mudança ambiental global pode se referir legitimamente aos dois tipos de mudanças trabalhadas, tanto as sistêmicas, quanto as cumulativas. Estes dois tipos de mudanças podem, tanto em seus atributos físicos, quanto humanos, variar significativamente em sua escala espacial, sendo necessário acessá-las tanto em macro escala, quanto em micro escala. Por esta razão, em virtude da falta de estudos, especial atenção deve ser dada aos estudos que ligam os efeitos de meso-escala aos efeitos de macro-escala.

O encaminhamento teórico até o presente momento processado, partiu da noção de como se processam mudanças em eventos geomorfológicos em sua evolução natural, observando-se neste desenvolvimento, como a ação humana pode derivar e estabelecer rupturas de limiares de processos naturais, causando impactos negativos diretos sobre esses sistemas. Sai-se, portanto, como já mencionado, da concepção de mudança para uma definição de impacto, quando se observa no nível da paisagem a produção de efeitos que alteram o quadro natural de evolução das mesmas.

A noção de impacto ambiental, conforme ressalta SANCHEZ (2008) está bastante difundido na mídia, ao começar com as imagens impactantes de vazamentos de petróleo na qual aves e animais marinhos aparecem envoltos em óleo. Essa noção, embora seja claramente incluída na definição de impacto ambiental, não dá, porém, conta de expressar toda a extensão do conceito.

Na literatura técnica, conforme lembra SANCHEZ (2008) há diversas definições para impacto ambiental, como a de MOREIRA (1992) que a define como qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes, provocado por uma ação

humana. Para WESTMAN (1985) é apenas o efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem.

Uma das definições encontradas na literatura, considerada por SANCHEZ (2008) como uma das mais completas é a de WATHERN (1998a), que considera impacto ambiental a mudança de um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada. Para SANCHEZ (2008) a definição de Wathern é inovadora pois foi a primeira a introduzir a dimensão dinâmica dos processos do meio ambiente com base no entendimento das alterações ambientais, para ele, sinônimo de impacto ambiental.

Na concepção dinâmica do conceito de impacto ambiental proposto por Wathern, a avaliação de impacto ambiental de um determinado empreendimento deveria ser avaliada considerando duas situações hipotéticas, uma considerando as possíveis alterações ambientais no cenário de implantação do empreendimento, e outra considerando a não implantação do empreendimento.

No caso brasileiro, a norma NBR ISSO 14.001:2004 define impacto ambiental como qualquer modificação no meio ambiente, adversa (impacto negativo) ou benéfica (impacto positivo), que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

A definição oficial do conceito de impactos ambientais no brasil, no entanto, é mais antiga, datando da Resolução CONAMA Nº1, de 1986, logo em seu artigo 1º:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas;

III – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

IV – a qualidade dos recursos ambientais.

Para SANCHEZ (2008), a definição brasileira recai em uma imprecisão conceitual, que se confundiria, na verdade, com o conceito de poluição. Para o autor, a diferença entre o conceito de impacto ambiental e o de poluição recairia nos seguintes aspectos:

- a) Enquanto que o conceito de poluição tem somente conotação negativa, impacto ambiental pode ser benéfico ou adverso.
- b) Poluição refere-se a matéria ou energia, ou seja, a grandezas físicas que podem ser medidas e para as quais podem-se estabelecer padrões (níveis admissíveis de emissão ou de concentração ou intensidade).
- c) Várias ações humanas causam significativo impacto ambiental sem que estejam fundamentalmente associadas à emissão de poluentes (por exemplo, a instalação de barragens ou a instalação de um parque de geradores eólicos).
- d) A poluição é uma das causas do impacto ambiental, mas os impactos podem ser causados por outras ações além do ato de poluir.
- e) Toda poluição (ou seja, emissão de matéria ou energia além da capacidade assimilativa do meio) causa impacto ambiental, mas nem todo o impacto ambiental tem a poluição como causa.

A parti da leitura de diversas definições de impacto ambiental, SANCHEZ (2008) propõe os seguintes elementos como principais causas para a ocorrência de um impacto ambiental:

- a) Supressão de certos elementos do ambiente, como: vegetação, destruição completa de habitats;
- b) Destruição de componentes físicos da paisagem;
- c) Supressão e elementos significativos do ambiente construído;
- d) Supressão de referencias físicas à memória (locais sagrados, cemitérios, pontos de encontro);

- e) Supressão de elementos ou componentes valorizados do ambiente (cavernas, paisagens notáveis, etc.);
- f) Introdução de espécies exóticas;
- g) Introdução de componentes construídos, como barragens, rodovias, edifícios, áreas urbanizadas;
- h) Sobrecarga por poluentes de qualquer tipo;
- i) Redução da disponibilidade de recursos para uma determinada espécie;
- j) Aumento da demanda por bens ou serviços públicos.

A Avaliação dos Impactos Ambientais no Brasil, definida pela Resolução CONAMA Nº 1, de 1986, embora apresente inconsistências no conceito de impacto ambiental e por consequência em seus instrumentos de avaliação, é a normativa oficial a definir os procedimentos para estudos de viabilidade e de impacto ambiental para o licenciamento de empreendimentos hidrelétricos.

Ao longo dos anos, órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente, empresas estatais e privadas foram aprimorando as metodologias de avaliação de impactos, chegando-se inclusive a consagrar algumas, como a Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos, elaborada pelo Sistema Eletrobrás (2007).

Nesta metodologia, a avaliação ambiental integrada das áreas de influência de empreendimentos hidrelétricos é processada por meio, inicialmente, da avaliação das sensibilidades socioambientais, passando pela avaliação dos impactos negativos e positivos propriamente dito, até se atingir a análise das fragilidades, resultado da combinação da análise de sensibilidades e impactos.

A sensibilidade, tal como preconizada no Manual de Inventário Hidrelétrico de 2007, é definida como *“a propriedade de reagir que possuem os sistemas ambientais e ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetados por uma ação humana”*. Neste documento, a sensibilidade socioambiental é avaliada por meio de características como a integridade dos recursos naturais, dos aspectos qualitativos da paisagem e das situações socioeconômicas, de tal forma que permita a distinção das diferentes áreas, com seus respectivos graus de sensibilidade (EPE, 2011).

Para outros autores, como BRUNSDEN & THORNES (1979), a estabilidade ou não que os sistemas ambientais tem em modificar as paisagens, pode ser lida através do conceito de sensibilidade. Para esses autores, a estabilidade das paisagens está em função da distribuição espacial e temporal das forças de resistência ou barreiras e as forças de distúrbio, medidas pelo produto da magnitude da barreira à mudança pela magnitude representada pelas forças de distúrbio.

A sensibilidade de uma paisagem à mudança é expressa também pela probabilidade de ocorrer uma determinada mudança no controle do sistema, produzindo uma resposta sensível a esta mudança e reconhecível no sistema afetado. O efeito da sensibilidade de uma paisagem envolveria dois aspectos: um ligado à propensão da mudança e outro ligado à capacidade do sistema de absorver a mudança. Quando maior for a barreira levantada pela paisagem à mudança, maior terá que ser o evento a causar a mudança, o que pode ser medido pela resistência morfológica, traduzida pelas taxas de intemperismo, erodibilidade, entre outras.

No entanto, os autores chamam atenção à capacidade que os sistemas tem em absorver e armazenar energia, água e materiais, reduzindo o efeito que determinados eventos possam ter em sua capacidade de mudar as paisagens. Além do mais, deve-se levar em consideração à resiliência pretérita das paisagens à mudança, herdadas de sistemas e condições ambientais muito diferentes das atuais, como por exemplo, citam os autores, quanto ao aspecto bastante suave das vertentes periglaciais das paisagens inglesas, que de tão leves, tem se comportado como uma barreira resistente às mudanças comandadas pelos sistemas ambientais atuais.

Para BRUNSDEN & THORNES (1979) há nas paisagens uma grande variação espacial das respostas às mudanças, sendo estas de dois tipos principais: uma primeira, ligada às respostas rápidas e de alta sensibilidade que alguns subsistemas tem ao reagir à pulsos de mudanças e depois relaxarem sua resposta quando novas condições do sistema passam a imperar. São, portanto, muito sensíveis às variações climáticas, se comportando como um filtro às mudanças para os demais subsistemas, pelo fato de repassar a energia do pulso de mudança com uma quantidade bem menor. As áreas onde se desenvolvem paisagens de grande sensibilidade são morfológicamente complexas, exibindo formas de transição e alta capacidade de restauração em virtude da instalação de um novo estágio de estabilidade.

Já o segundo tipo de variação espacial às mudanças na paisagem se referem aos subsistemas cujas respostas são lentas, como as verificadas em regiões de interflúvios e platôs. Estas áreas repousam longe dos limiares de mudanças na paisagem, notando-se rara propagação dos pulsos de mudança entre os subsistemas, devido à baixa densidade de caminhos de propagação e alta capacidade de armazenamento de energia. Essas paisagens se caracterizam, em suma, por baixas concentrações de energia, água e materiais, são geralmente passivas, insensíveis às mudanças estabelecidas pelas variações climáticas, e, portanto, mudam devagar.

As paisagens com alta sensibilidade à mudança podem exibir marcas de perturbação pouco significativa, mas que perduraram por longos períodos, produzidas por eventos de grande escala, como movimentos de massa complexos, fluxos de lava e inundações. Paisagens altamente sensíveis podem ser traduzidas por áreas onde a atuação de canais atuais, aliada à alta densidade dos mesmos, produzam alta taxa de escoamento superficial. Nessas áreas, pequenas mudanças ambientais são registradas na coluna estratigráfica. Por oposição, nas paisagens de baixa sensibilidade, as grandes mudanças traduzidas pelo aumento do escoamento superficial não conseguem exceder os limiares dos sistemas, promovendo mudanças localizadas, mas que são rapidamente absorvidas.

De um ponto de vista geral, BRUNSDEN & THORNES (1979) concluem que os impulsos que levam as paisagens às mudanças estão relacionados aos controles de limiares intrínsecos à organização dessas paisagens, às barreiras existentes nas mesmas e as respostas que as barreiras dão aos impulsos de mudança, o que sugere que os processos que comandam a modificação das paisagens são episódicas, e não continuas, como já sugeriam Erhart, Butler, Tricart & Cailleux e Schumm.

Ao se comparar o conceito de sensibilidade ambiental trazido pelo Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobras com o conceito de Sensibilidade das Paisagens à Mudança, nota-se como pontos comuns o arcabouço sistêmico a explicar a forma como os sistemas ambientais se organizam. No entanto, o conceito de sensibilidade da maneira como aparecem escrito no documento citado, não explica como a ação humana altera os mecanismos de organização dos sistemas, como também não explica como isso se processa nas diferentes escalas existentes nos sistemas e subsistemas ambientais, e muito menos, como se processa ao longo das diferentes escalas de tempo geológico. Por outro lado, no conceito de sensibilidade, as

variáveis escalares de funcionamento dos sistemas são claramente postas, dando a entender quais variáveis sistêmicas contribuem para tornar as paisagens mais sensíveis às mudanças, e a partir daí, se avaliar o quanto a ação humana pode acelerar ou não os mecanismos de sensibilidade já intrínsecos à organização das paisagens. Por outro lado, os autores não apresentam um roteiro metodológico para produção de uma cartografia de sensibilidade das paisagens.

Ao se retomar o conceito de sensibilidade ambiental elaborado pela Eletrobrás com uma visão mais crítica a partir dos apontamentos sugeridos pelo conceito de sensibilidade das paisagens às mudanças, pode-se perceber, que no caso da avaliação das variáveis do meio físico, é dada ênfase aos aspectos geológicos da paisagem ligados à morfoestrutura e pouca ênfase nos atributos morfoclimáticos e fisiológicos da paisagem em suas mais diversas escalas tempo-espaciais, extraído-se classes de sensibilidade, puramente os atributos morfológicos e estruturais, sem uma avaliação da gênese dos processos que levaram a elaboração dessas formas, como também, da ausência de uma avaliação de como as formas do relevo existentes na paisagem possam ter em relação às mudanças de tempo rápido, expressas inclusive na escala das formas de vertente.

A análise das sensibilidades do meio físico, conforme preconizado pelo Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás (será detalhado na seção 7.3), presta-se a uma tentativa de comparar essa metodologia de avaliação de viabilidade ambiental de empreendimentos hidrelétricos usado pelo sistema elétrico brasileiro, com os preceitos teórico-metodológicos da Geomorfologia Antropogênica e seus geoindicadores de avaliação de mudanças e impactos causados por diferentes tipos de intervenções. Como o roteiro de procedimentos metodológicos requer a comparação das duas metodologias, é necessário reproduzi-las conforme seus roteiros técnico-operacionais, mesmo ao se atentar para eventuais limitações ou falta de alcance conceitual.

A análise de sensibilidade, cujo instrumento técnico-operacional para mensuração e compreensão das mudanças ambientais de ciclo curto é dada pelos geoindicadores, cujos eventos, conforme definido por BERGER (1996), relacionam-se às medidas de superfície ou próximo à superfície que variam significativamente num período de 100 anos ou menos e cujo resultado são essenciais para compreender as mudanças ambientais.

Reforça-se assim, que será a operacionalização desses geoindicadores que permitirá compreender as mudanças de ciclo curto na paisagem estudada pela presente pesquisa, restando ao conceito de sensibilidade, utilizado pelo Manual do Inventário Hidrelétrico, mediante a ciência de suas limitações técnico-operacionais, ser operacionalizado para a área de estudo em sua íntegra, para cumprir a função, conforme definido nos objetivos da pesquisa, de permitir, uma comparação entre as novas possibilidades trazidas pela metodologia de geoindicadores para avaliação de mudanças ambientais introduzidas por ações antrópicas.

O uso da metodologia de geoindicadores é pouco utilizada dentro dos estudos ambientais aplicados ao processo de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos. O que se vê, ao contrário, é a consagração da avaliação de sensibilidades ambientais, como também de impactos e fragilidades ambientais, metodologias essas definidas e operacionalizadas pelo Manual de Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás, como oficiais no processo de seleção de partições de queda de aproveitamentos hidrelétricos.

De acordo com o conceito de sensibilidade ambiental contido no Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2007), os diferentes graus de sensibilidade apontam a capacidade de resistência natural de cada área analisada. As áreas mais sensíveis são as mais propícias a sofrerem alterações ambientais expressivas frente à implantação de um empreendimento.

Para a avaliação das sensibilidades socioambientais, é necessário definir conjunto de Indicadores de Sensibilidade, que por sua vez resultam da agregação de um conjunto de Variáveis.

Essas variáveis precisam ser espacializadas por meio de processo de agregação, resultando em Mapas de Indicadores de Sensibilidade. A agregação dos mapas dos Indicadores de Sensibilidade, por sua vez, resultará em um Mapa de Sensibilidade Socioambiental de um determinado componente ambiental.

A **Figura 6.5 - 2** – Análise das Sensibilidades Ambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007), demonstram os procedimentos necessários a este tipo de avaliação.

Figura 6.5 2 – Análise das Sensibilidades Ambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Fonte: EPE (2011)

Tendo em vista que, de um conjunto de n Indicadores de Sensibilidade de um mesmo tema-síntese x , um determinado indicador pode ser mais sensível que outro, é necessário realizar a ponderação destes indicadores através da atribuição de um valor numérico que representasse a relevância deste indicador no tema-síntese em que se insere, devendo a soma dos pesos dos ISAs do tema-síntese ser igual a 1 (um).

O **Quadro 6.5 - 1** – Indicadores de Sensibilidade Ambiental por Tema-Síntese de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007), apresenta esta metodologia.

Quadro 6.5 1 – Indicadores de Sensibilidade Ambiental por Tema-Síntese de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Tema-síntese	Indicador de Sensibilidade Ambiental	Peso
Tema-síntese x	Indicador de Sensibilidade Ambiental 1 – ISA ₁	P _{ISA1}
	Indicador de Sensibilidade Ambiental 2 – ISA ₂	P _{ISA2}
	...	...
	Indicador de Sensibilidade Ambiental n – ISA _n	P _{ISAn}

Fonte: EPE (2011)

Para cada Indicador de Sensibilidade i , seleciona-se um conjunto de n Variáveis que podem ser expressas numericamente, ou qualificadas, para serem mapeadas. As variáveis selecionadas para a composição dos indicadores precisam ser consistidas, de modo a avaliar a relevância que apresentam no Indicador de Sensibilidade e no sistema socioambiental definido.

Para possibilitar a obtenção de áreas diferenciadas em termos de sensibilidade, é necessário adotar um sistema de ponderação e a hierarquização das múltiplas variáveis selecionadas, tal como realizado para os Indicadores de Sensibilidade, de acordo com a importância da variável naquele indicador. O **Quadro 6.5 - 2** - Indicadores Variáveis e Pesos utilizados na Avaliação de Sensibilidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007), abaixo apresenta a presente proposição.

Quadro 6.5 2 – Indicadores Variáveis e Pesos utilizados na Avaliação de Sensibilidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Indicador de Sensibilidade	Variável	Peso
Indicador de Sensibilidade i	Variável 1	P_{var1}
	Variável 2	P_{var2}
	...	...
	Variável m	$P_{var m}$

Fonte: EPE (2011).

Ainda, para possibilitar a diferenciação de graus de sensibilidade numa mesma variável, cada uma das Variáveis selecionadas deve ser classificada em cinco Graus de Sensibilidade: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

A determinação dos graus, quando se trata de valores numéricos, deve ser considerada a partir das médias aritméticas, atribuída ao valor central o grau médio, permitindo definir os demais graus com a variação que ocorre no entorno deste valor. Entretanto, quando se verifica uma concentração muito grande dos valores em uma única classe, pode ser optar por aplicar nova distribuição dos valores, objetivando maior espalhamento dos dados nas classes existentes.

Para a avaliação de impactos socioambientais negativos e positivos, o Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2007) determina a identificação dos Indicadores de Impacto Socioambiental mais relevantes dentro de cada um dos temas-síntese ou componentes ambientais considerados. É necessário, neste sentido, o conhecimento das diferentes etapas de implantação de um empreendimento hidrelétrico e os impactos negativos e positivos associados a elas, inclusive aqueles que só poderão ser identificados após o início da operação. Cabe ressaltar, conforme será visto a seguir, que a avaliação de impacto socioambiental é um processo valorativo, e por isso, sujeito à subjetividade de quem avalia, e aos riscos trazidos em relação à suficiência ou não das variáveis selecionadas para a avaliação, assim como a atribuição de seus pesos relativos à importância do sistema ambiental avaliado.

Os Indicadores de Impacto selecionados preliminarmente devem ser submetidos a uma análise de consistência, de modo a avaliar os Indicadores de Impacto dentro de

cada tema-síntese e dentro do sistema socioambiental considerado. Cada indicador de impacto é caracterizado por sua significância, por sua intensidade e por sua abrangência, que em conjunto permitem a espacialização do impacto na área de estudo definida. O agrupamento dos indicadores de um mesmo tema-síntese é expresso no mapa de impactos daquele tema-síntese, conforme pode ser observado na **Figura 6.5 - 3** – Avaliação de Impactos Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Figura 6.5 3 – Avaliação de Impactos Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Fonte: EPE (2011)

Considerando-se que há diferenças nas formas de manifestação dos diversos impactos, é necessário, conforme a metodologia em questão, desenvolver um sistema de pesos que hierarquize os n indicadores de impacto de um determinado tema-síntese. Essa hierarquização resulta na Significância atribuídas aos impactos socioambientais.

A Significância, por sua vez, resultou da análise de 3 atributos principais:

- a) Magnitude
- b) Importância
- c) Sentido

Cada um destes atributos, por sua vez, deve ser representado por um conjunto de outros atributos, como o tempo e a forma de incidência, a probabilidade de ocorrência, a reversibilidade, a existência de sinergia, entre outros. Dependendo do impacto em análise, deve ser atribuída uma nota àquele atributo, de modo que a soma destas notas representasse a Magnitude ou a Importância.

O Sentido do Impacto refere-se ao sentido numérico positivo ou negativo para representar, respectivamente, o aspecto favorável ou desfavorável da alteração provocada pelo impacto socioambiental.

Assim, quando o impacto é positivo, seu sentido é (+1) e quando o impacto é negativo, seu sentido é (-1). A agregação da Magnitude, Importância e Sentido na Significância do Impacto deve ser feita por meio do produto entre os índices obtidos nos 3 atributos principais mencionados.

Além da Significância, os impactos socioambientais também devem ser representados quanto à sua Intensidade. Ela expressa a manifestação dos efeitos dos impactos de um determinado aproveitamento hidrelétrico, podendo ser relacionada à características como a área a ser inundada pelo reservatório, a potência instalada, o tempo de residência da água, entre outras.

Para valorar a intensidade, deve-se identificar as características que tem relação direta com os impactos socioambientais identificados. Cada uma destas características deve ser classificada em diferentes graus de intensidade, aos quais se atribuem notas de modo semelhante às Variáveis dos Indicadores de Sensibilidade, conforme o descrito no **Quadro**

6.5 - 3 – Valores de Intensidade definidos a partir das características dos aproveitamentos hidrelétricos, conforme o Manual do Inventário Hidrelétrico (ELETROBRAS, 2007).

A definição da faixa de valores pode ser feita a partir de análise qualitativa, baseando-se em referências externas e em aproveitamentos localizados na região em estudo.

Quadro 6.5 3 – Valores de Intensidade definidos a partir das características dos aproveitamentos hidrelétricos, conforme o Manual do Inventário Hidrelétrico.

Característica do aproveitamento	Faixa de Valores	Nota
	Faixa de valores associados a impactos muito baixos	1
	Faixa de valores associados a impactos baixos	2
	Faixa de valores associados a impactos médios	3
	Faixa de valores associados a impactos altos	4
	Faixa de valores associados a impactos muito altos	5

Fonte: EPE (2011).

A integração entre a Significância e a Intensidade deve ser feita pelo produto entre estas variáveis. O produto resultante deve ser normalizado pelo produto do valor máximo em módulo da Significância e o valor máximo de intensidade (i.e., cinco). A normalização resultante deve ser ajustada para que a variação dos valores associados aos impactos ficasse entre um valor maior que zero e cinco (em módulo).

Para realizar a espacialização dos valores atribuídos ao produto normalizado entre a significância e a intensidade dos impactos, deve-se definir áreas de abrangência a partir da identificação de elementos geográficos que representem a extensão dos efeitos.

Estas áreas de abrangência são dependentes de cada tipo de impacto, embora haja impactos que apresentem áreas de abrangência idênticas ou muito semelhantes, como aqueles relacionados à inundação provocada pelo empreendimento. Assim, para a espacialização dos impactos podem ser gerados polígonos em ambiente SIG correspondentes às áreas de abrangência dos indicadores de impacto de cada aproveitamento, a partir dos quais é possível identificar as áreas em que ocorrem os efeitos cumulativos e sinérgicos desses impactos.

Nesta abordagem, considera-se a existência de efeitos cumulativos entre impactos de mesma natureza (i.e., avaliados no mesmo indicador de impacto) sempre que existir mais de um aproveitamento na área de estudo, ou caso os efeitos dos impactos resultantes sobre uma determinada área apresentem abrangências espaciais muito próximas. Assim, as áreas

em que os aproveitamentos ou impactos com áreas de abrangência estiverem mais próximos, há concentração de efeitos.

A metodologia de avaliação de impactos socioambientais, conforme o Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2007) considera também os efeitos sinérgicos entre impactos. Este efeito é obtido quando impactos da mesma natureza tem suas áreas de abrangência sobrepostas, criando uma cumulatividade que se soma e produz efeitos tanto no local onde ocorrem, como em áreas situadas mais a jusante.

O efeito sinérgico pode ser compreendido como resultante da interação entre impactos gerados por dois ou mais aproveitamentos, como em relação à sobreposição de diferentes impactos, com consequências diferentes da simples soma dos efeitos causados pela implantação de um determinado aproveitamento, podendo produzir efeitos diferentes do esperado com a simples consideração dos impactos de um aproveitamento isoladamente.

A composição do impacto sobre o tema-síntese ou componente ambiental deve ser realizada através da soma ponderada entre os diferentes impactos. Os pesos atribuídos são os resultantes da Significância do indicador de impacto.

Ainda, na composição do tema-síntese, devem ser avaliados os efeitos sinérgicos entre os impactos de naturezas distintas, atribuindo maiores graus às áreas de sobreposição entre abrangências. Considera-se que nessas áreas de sobreposição de abrangências, ocorre interação entre os diferentes impactos.

Os impactos socioambientais positivos e negativos devem ser agregados separadamente, pois a natureza distinta de ambos não permite afirmar que haja interação entre eles, ou que um possa afetar a abrangência ou intensidade de manifestação do outro. Assim sendo, para os temas-síntese onde ocorram impactos positivos, devem ser gerados mapas de impacto socioambiental separadamente. Para os demais temas-síntese que apresentem impactos socioambientais negativos, deve-se gerar apenas um mapa de impacto negativo por componente-síntese.

A montagem da matriz de impactos socioambientais que será derivada no Mapa de Impactos Socioambientais para cada componente-síntese considerado, deve conter uma sequência de elementos de avaliação.

O primeiro elemento caracterizador de impacto é a Significância, que é constituído por outras três características do impacto, denominadas Magnitude, Importância e Sentido.

A primeira característica da Significância, denominada Magnitude, está relacionada a atributos que expressam a amplitude e a velocidade com que os impactos alteram as condições socioambientais, sua probabilidade de ocorrência e a gravidade da alteração.

Dentro deste conceito, devem ser considerados os seguintes atributos para valoração: Forma de Incidência (Impacto Direto ou Indireto), Distributividade (Impacto Local ou Regional), Tempo de Incidência (Impacto Mediato ou Imediato), Prazo de Permanência (Impacto Temporário ou Permanente) e Probabilidade (Ocorrência Certa, Provável ou Pouco Provável).

A Forma de Incidência é entendida como a maneira como a fonte de impacto age sobre a característica impactada. Já o Impacto Direto pode ser entendido como aquele resultante de uma relação de causa e efeito decorrente de atividades realizadas pelo empreendedor. Por fim, o Impacto Indireto pode ser considerado como aquele resultante de uma reação secundária ou terciária em relação a um impacto direto.

A Distributividade pode ser entendida como a amplitude da área atingida pelo impacto. Já o conceito de Impacto Local pode ser definido como aquele que ocorre quando o mesmo atinge apenas a área do empreendimento, ou de atividades relacionadas diretamente a ele. Por fim, o Impacto Regional pode ser entendido como aquele que ocorre quando o impacto atinge uma área maior que aquela atingida pela obra.

O conceito de Tempo de Incidência pode ser definido como a escala temporal na qual o impacto se manifesta, ou o tempo que o impacto leva para ser perceptível. Já em relação ao conceito de Impacto Imediato, pode-se entendê-lo como aquele que ocorre instantaneamente à ação que o desencadeia, considerando toda a fase de implantação do empreendimento.

O conceito de Impacto Mediato pode ser entendido como aquele que ocorre em médio e longo prazo, fazendo-se perceptível após a implantação do empreendimento. Já o Prazo de Permanência pode ser definido como a característica intrínseca do impacto que determina sua duração no tempo.

Os Impactos Temporários podem ser entendidos como aqueles que dependem diretamente da fonte geradora, deixando de existir quando esta é interrompida. Este tipo de impacto se manifesta somente durante uma fase de construção do empreendimento.

O conceito de Impacto Permanente pode ser entendido como aquele que permanece mesmo após interrompida a fonte geradora. Representa uma alteração definitiva e com duração indefinida.

A Probabilidade, dentro da Matriz de Avaliação de Impactos sugerida, pode ser entendida como o grau de certeza sobre a ocorrência do impacto. Os Impactos Pouco Prováveis são aqueles que se revelam como de poucas chances de ocorrência, no entanto, presentes, não podendo ser desprezada sua eventual ocorrência.

Um Impacto Provável pode ser entendido como aquele que se revela como de grandes chances de ocorrência, não podendo afirmar a ocorrência de forma absoluta. Normalmente é um impacto que depende de desdobramentos das atividades relacionadas ao empreendimento. Já um Impacto Certo pode ser entendido como aquele em que a ocorrência é absolutamente possível de se manifestar. Normalmente é um impacto decorrente de atividades imprescindíveis à obra.

A segunda característica da Significância, denominada Importância, está relacionada a atributos que expressam a interação entre os diferentes impactos, expressa pela sinergia, a possibilidade de reversão da alteração provocada e a relevância do impacto, percepção subjetiva do impacto baseada nos conhecimentos e na experiência de quem o avalia.

Desta forma, deve-se considerar como atributos de valoração da significância: a Sinergia (presença ou ausência de interações com outros impactos / empreendimentos), Reversibilidade (impacto reversível ou irreversível) e Relevância (percepção classificada em: Muito Pequena, Pequena, Média, Grande e Muito Grande).

O conceito de Reversibilidade pode ser entendido como a possibilidade de recuperação da situação anterior ao efeito que causou o impacto. Desta forma, um Impacto Reversível é definido como aquele que pode voltar à situação anterior às ações que causaram o impacto.

Já os Impactos Irreversíveis podem ser entendidos como aqueles que se revelam impossíveis de reverter à situação anterior às ações que o causaram.

A Relevância de um Impacto, já definida anteriormente, também pode ser entendida como o grau de percepção do impacto. É um critério subjetivo que prevê um julgamento interdisciplinar, que incorpora a sensibilidade da análise técnica sobre cada impacto. Deve-se classificar a relevância dos impactos em cinco categorias: Impacto Muito Pequeno, Impacto Pequeno, Impacto Médio, Impacto Grande e Impacto Muito Grande.

Após os impactos terem sua Significância e sua Importância valorada e sua Abrangência espacial delimitada, eles assumem o papel de indicadores que podem ser integrados em um ambiente SIG – Sistema de Informações Geográficas, permitindo sua espacialização e posterior combinação com os mapas de Sensibilidade Ambiental.

Quando se deseja analisar as Fragilidades Socioambientais de uma determinada área de estudo, o Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2007) determina a necessidade de avaliação conjunta de áreas sensíveis onde incidirão impactos socioambientais significativos relativos aos aproveitamento(s) hidrelétrico(s) considerado(s).

O conceito de Fragilidade, conforme ELETROBRÁS (2007) é definido como *“o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações, ou o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem perda de qualidade”* (Manual de Inventário Hidrelétrico, 2007).

As áreas de fragilidade podem ser obtidas através da combinação das áreas de sensibilidade ambiental, identificadas para cada tema-síntese ou componente ambiental mediante a espacialização dos impactos socioambientais negativos associados. Além disto, também deve-se identificar as áreas de potencialidade socioeconômica, através do cruzamento das áreas de sensibilidade socioeconômica positiva com os impactos positivos gerados pela instalação dos empreendimentos.

A utilização de SIG na composição de Mapas de Fragilidade Socioambiental permite a agregação e o arranjo das diversas informações levantadas na Avaliação de Sensibilidade Ambiental e na Avaliação de Impactos Socioambientais em um banco de dados único, com o objetivo de elaboração e produção dos Mapas de Fragilidade Ambiental. Dentro deste banco de dados é possível compatibilizar as informações referentes aos diversos indicadores utilizados.

Por meio da utilização de SIG podem ser sobrepostos os mapas e somados os valores já ponderados e hierarquizados dos atributos dos indicadores representados nos Mapas de Sensibilidade Ambiental e nos Mapas de Impacto Socioambiental, dando origem a quatro Mapas de Fragilidade Ambiental, conforme os Tema-Síntese ou Componentes Ambientais, e também o Mapa de Potencialidade Socioeconômica, conforme pode ser observado na **Figura 6.5 - 4** – Procedimentos Metodológicos para elaboração de Mapas de Fragilidades e Potencialidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Figura 6.5 4 – Procedimentos Metodológicos para elaboração de Mapas de Fragilidades e Potencialidades Socioambientais de acordo com a Metodologia do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007).

Fonte: EPE (2011).

A metodologia de avaliação ambiental integrada, definida pelo Sistema Eletrobrás (2007) será utilizada, conforme o descrito nos procedimentos metodológicos, recortando esta metodologia apenas para a análise dos impactos, sensibilidades e fragilidades do meio físico, componente ambiental trabalhado na presente dissertação de mestrado. No entanto, a metodologia acima descrita não é a única a investigar os impactos gerados pela implantação de empreendimentos hidrelétricos, tendo suscitado, dentro das preocupações da pesquisa, a necessidade de avaliação de impactos pela perspectiva da Geomorfologia Antropogênica, cujo o item abaixo ajuda a fundamentar. A comparação entre as duas propostas metodológicas de avaliação de impactos ambientais, mesmo ao se considerar as diferenças conceituais e teórico-metodológicas, se baseou mais na preocupação em demonstrar novas opções metodológicas ao quadro atualmente consagrado na literatura de avaliação de viabilidade ambiental de empreendimentos hidrelétricos, colocando lado a lado, as principais vantagens e limitações das propostas consideradas.

6.6 Antropogeomorfologia e Impactos no Meio Físico

Um sistema é mantido em equilíbrio pela interação entre as forças que operam as suas partes. CHORLEY (1962) definiu que os processos geomorfológicos constituem partes de um sistema aberto que tem entrada com certa energia e forças operativas, como chuva, vento e força da gravidade, que executa trabalho numa certa área, como por exemplo, uma bacia hidrográfica, tendo implicações diretas, portanto, no meio físico. Neste trabalho, é produzida uma nova paisagem pelos processos de erosão e sedimentação.

NIR (1983) ressalta, no entanto, que a noção de equilíbrio em Geomorfologia tem sido mal compreendida pois estaria ligada a uma certa inoperabilidade dos processos dentro do sistema. A noção de equilíbrio deve ser compreendida como relação entre forças ativas, cujos elementos estão em equilíbrio num certo tempo e num certo lugar, ligada, portanto, ao conceito de entropia, na qual as forças usam o mínimo de energia possível para manter o estado de equilíbrio.

O Homem, aposta NIR (1983), é capaz de agir contra a força da gravidade pois é capaz de mover grande quantidade de rochas, cascalho e solos de um lugar para o outro, criando novas formas de relevo. Ele pode levar água acima dos canais naturais. Todas estas ações no entanto, não são possíveis dentro dos processos naturais.

Com o avanço tecnológico, observa-se o avanço das áreas de pastagem sobre as florestas, criando campos para os cultivos. No entanto, como pontua NIR (1983), o desmatamento tem efeitos desastrosos na resistência hidráulica dos solos e na erosão. O papel da vegetação é o de influenciar as taxas de infiltração da água no solo e o aumento das taxas de resistência hidráulica, o que tem impacto direto na diminuição da superfície de escoamento e no aumento da resistência do solo, causando alterações no meio físico, induzidas completamente pela ação humana.

A relação entre escoamento superficial e cobertura florestal foi estudado experimentalmente em algumas regiões. Na Suíça, experimentos indicam que os picos de vazão variam de um terço à metade em áreas florestadas do que o observado em áreas desmatadas. Nos Estados Unidos foram estudadas áreas reflorestadas, que indicaram uma redução entre 52 e 84% do escoamento superficial em parcelas instaladas em bacias reflorestadas num intervalo de apenas 5 anos após a implantação dos projetos de reflorestamento

A constituição dos solos, sua granulometria e a pressão da água são os fatores primários que determinam a estabilidade das vertentes. Quando um solo está saturado por água, as

forças de fricção e coesão são reduzidas até um ponto que os pacotes de solos não resistem a ação da força da gravidade. A coesão dos materiais dentro de uma vertente é garantido pela ação das raízes. A remoção da cobertura vegetal e consequentemente das raízes são o fator mais importante que contribui para o aumento da erosão.

Conforme pontua MANTOVANI (2015) em sua revisão de bibliografia sobre os fundamentos teóricos da Antropogeomorfologia, além de NIR, atribui-se a Szabó, Dávid e Lóczy (2006) uma preocupação na sistematização dos conteúdos da Antropogeomorfologia, como sua contribuição ao gerenciamento ambiental e os principais efeitos das ações antrópicas sobre o meio físico.

Para as diferentes modalidades de intervenção do meio físico e sua análise pela Antropogeomorfologia, MANTOVANI (2015) destaca a contribuição de Szabó & SÜTÓ aos estudos das modificações causadas pela mineração.

A construção de diques talvez seja uma das obras de engenharia mais antigas do mundo, sendo datada de mais de 7.000 anos, com a construção de assentamentos agrícolas no delta do rio Nilo. A implantação da agricultura e dos diques mudou consideravelmente o padrão morfológico do delta deste rio. NIR (1983), no entanto, pondera que a mera construção de diques nos rios pode ter resultados desastrosos para as cheias. Como resultado destes barramentos, os rios podem evoluir construindo novos canais, como por exemplo, o que ocorreu com o rio Amarelo, na China. Uma grande inundação no ano de 1892 destruiu os diques existentes e criou uma nova desembocadura situada 450 km ao sul da desembocadura existente.

<p>Figura 6.6 1 - Sistema de Irrigação egípcio, aproveitando-se das águas do rio Nilo.</p>	<p>Figura 6.6 2 - Camponeses fugindo de inundação no rio Amarelo, em 1931, China.</p>
<p>Fonte: COLTRIN, Gilberto. Saber e Fazer História: História Geral, 2009.</p>	<p>Fonte: GLANTIZ, Mickey. <i>Climate Affairs: A Primer</i>, 2003.</p>

A implantação de barramentos em rios é responsável por causar erosão à montante e sedimentação à jusante, o que requer dragagens constantes. O trabalho erosivo causado pela retificação é responsável por mover o *knickpoint* em direção à montante, numa razão de 30 m por dia, principalmente nos períodos de chuvas fortes.

Estes exemplos de intervenção do leito original dos rios, conforme conclui NIR (1983), são o exemplo da consideração de apenas um fator em detrimento de outros. Preservar os gradientes originais dos rios e construir meandros artificiais talvez seria uma medida mais acertada no sentido de recuperar a situação original de equilíbrio.

Em relação às alterações fluviais por barragens, NIR (1983) pontua que elas são responsáveis por criar lagos artificiais, produzindo efeitos hidrológicos adicionais, como a diminuição da velocidade do fluxo de água e um estímulo à sedimentação. Após a água rica em sedimentos atravessar a barragem, ela perde parte dos sedimentos em suspensão e passa a erodir o leito do rio, num efeito conhecido como efeito de queda d'água. O processo de erosão irá continuar até que a água adquira uma carga de sedimentos em suspensão como a que possuía na condição de equilíbrio (**Figura 6.6 - 3**).

Figura 6.6 3 – Alterações Fluviais causadas a jusante de barramentos (a) e feitos erosivos correlatos (b).

(a)

(b)

Fonte: ALVAREZ (1986).

Os efeitos de longo termo da construção de barragens em um rio incluem uma regressiva agradação na região imediatamente a montante do lago que resulta na incisão de um novo vale. Os efeitos fazem-se sentir dentro do próprio reservatório, na qual a combinação de ondas, correntes e mudanças sazonais no nível da água produzem formas de relevo no fundo do reservatório parecidas com o relevo litorâneo, como penhascos, lagunas e baías. A jusante da barragem, como já mencionado, o fluxo de água sem carga em suspensão é

capaz de erodir o leito do rio até que a condição de carga em suspensão retorne à condição de equilíbrio. O saldo de todas estas intervenções é a formação de um novo nível de terraço, paralelo à direção do fluxo, que diminuiu de tamanho nas regiões vizinhas à barragem até sumir quando o processo de limpeza do reservatório é concluído. Outro efeito direto da construção de barragens nos processos morfodinâmicos fluviais é a diminuição das dimensões dos canais, uma vez que o reservatório absorve os efeitos das vazões de pico.

Em relação aos métodos de pesquisa, NIR (1983) enumera a abordagem histórica, na qual deve-se investigar a sequência de intervenções do homem nas formas e processos geomorfológicos, assim como nas mudanças dos padrões de cobertura do uso da terra. Já na abordagem socioeconômica, se investigaria o cerne da dinâmica das intervenções humanas, sob o enfoque econômico, social e iconográfico. A abordagem geomorfológica incluiria a investigação das taxas e extensão dos processos geomorfológicos estudados, e por fim, ter-se-ia o enfoque do planejamento, cuja função seria reunir os enfoques anteriormente mencionados.

Para NIR (1983), os métodos de investigação em Antropogeomorfologia incluiriam a investigação de uma determinada área antes e depois da intervenção humana, como também a investigação e simulação dos processos antropogeomorfológicos, separando-se e comparando-se áreas ainda em estágio natural com áreas na qual as intervenções tenham se processado. Os métodos de investigação incluiriam também o estudo de ambientes completamente alterados pela ação humana, medindo-se os processos resultantes da implantação desse novo tipo de ambiente e por fim, a investigação do comportamento socioeconômico, em virtude de seus efeitos nas taxas de processos antropogeomorfológicos.

No cenário nacional, o desenvolvimento da Antropogeomorfologia, conforme analisa MANTOVANI (2015) vem se desenvolvendo graças as contribuições de LIMA (1990), com sua contribuição com os efeitos geomorfológicos resultantes da ocupação urbana ao longo de uma bacia contribuinte do Sistema Guarapiranga, no município de São Paulo, obtendo indicadores e taxas de processos superficiais associados à urbanização.

Desde então, o trabalho de LIMA (1990), assim como o de RODRIGUES (2005) passam a fornecer insumos analíticos para o estudo da derivação antropogênica do relevo ocasionada pela urbanização, o que resulta em uma série de outros trabalhos que se enveredaram pelo mesmo fenômeno. Dentre as principais contribuições recentes, conforme enumera MANTOVANI (2015), destacam-se os trabalhos de MOROZ – CACCIA GOUVEIA (2010),

ESTAIANO (2007), LUZ (2010 e 2014), BERGES (2013), CLARO (2014) e VENEZIANI (2014).

O estudo das derivações antropogênicas é desenvolvido ainda por RODRIGUES (2005). A abordagem antropogênica da autora apoia-se no estudo sistemático do tripé morfológico: formas, materiais e processos. A novidade na abordagem antropogeomorfológica trazido pelo trabalho da autora, dentro do tripé consagrado no campo da Geomorfologia, residiria no fato de que a própria interferência antrópica seria considerada uma ação geomorfológica, capaz de modificar as propriedades e localização dos materiais superficiais, interferir em vetores, taxas e balanços de processos, e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia, a qual a autora denomina de morfologia antropogênica.

Na contribuição trazida por RODRIGUES (2005), a investigação das ações humanas no meio físico só foram possíveis mediante a vasta experiência da autora na avaliação de impactos ambientais, realizadas desde 1984 em vastas áreas do território brasileiro, a qual incluiu intervenções de grande porte como linhas de transmissão, usinas hidrelétricas, ferrovias e dutos. Outra fonte de inspiração para a proposta metodológica em questão foram alguns trabalhos oriundos da Geomorfologia Aplicada, como os trabalhos de HART (1986), NIR (1983) e VERSTAPPEN (1983). A partir da revisão desta literatura, a autora adotou como procedimento metodológico a necessidade de reconhecer a morfologia original representativa da fase de pré-perturbação, como também a morfologia da fase de perturbação ativa.

A partir do rol de indicações metodológicas oriunda do procedimento de revisão bibliográfica, RODRIGUES (2005) orientou-se efetivamente nos princípios e orientações da: a) utilização da cartografia geomorfológica; b) da utilização de escalas diversas e complementares, c) da utilização e produção do conhecimento geomorfológico das condições originais das áreas estudadas, d) da identificação e utilização dos padrões de intervenção humana significativos para a morfodinâmicas, e) da análise das interferências humanas como interferências de natureza geomorfológica, f) da produção do conhecimento e análise da sequência e sobreposições de interferências humanas, g) do reconhecimento dos conteúdos em diversas e complementares escalas e finalmente; h) da utilização dos sistemas geomorfológicos com o reconhecimento cartográfico de seus limites em cada escala estudada, como referência chave para a correlação subsequente.

Como reflexo dos apontamentos teóricos e metodológicos apontados por RODRIGUES (2005), como já mencionado, apareceram inúmeros trabalhos que se inverteram à aplicação da Antropogeomorfologia e da Cartografia Geomorfológica de Detalhe no

entendimento do funcionamento do meio urbano. O trabalho de MOROZ – CACCIA GOUVEIA (2010), conforme os apontamentos de MANTOVANI (2015), produziu um esforço considerável para a análise retrospectiva-evolutiva em ambiente urbano, mais precisamente a Bacia do rio Tamanduateí. Neste trabalho, se analisa o histórico de ocupação do sítio urbano de São Paulo até o estágio atual da urbanização, com o uso bastante apropriado e completo de mapas históricos, elementos iconográficos e descrições minuciosas sobre o processo de derivação antropogênica da paisagem urbana.

Outro trabalho que se enveredou pelo uso da Antropogeomorfologia no estudo de questões urbanas é o de CLARO (2014), que ao estudar uma sub-bacia do rio Tamanduateí, definiu linhas gerais para o mapeamento de unidades complexas urbanas em escala de detalhe, derivaas, conforme pontua MANTOVANI (2015), das morfologias originais e antropogênicas.

BERGES (2013), conforme recorda MANTOVANI (2015) estudou a Bacia do córrego da Móoca, na qual realizou uma análise histórica dos eventos de inundação e sua correlação com os extremos de precipitação e o histórico de intervenções hidráulicas e urbanas na bacia em questão.

VENEZIANI (2014) foi outro autor que explorou a abordagem antropogeomorfológica em áreas urbanas, estudando, conforme enumera MANTOVANI (2015) a Bacia do córrego Três Pontes, localizado na Zona Leste do município de São Paulo. Neste trabalho, VENEZIANI (2014) procurou realizar um mapeamento da vulnerabilidade às inundações a partir da identificação de unidades morfológicas complexas.

Já o trabalho de LUZ (2014), que deu continuidade às pesquisas do mesmo autor em 2010, conforme relembra MANTOVANI (2015) se enveredou pelas investigações relativas à planície do rio Pinheiros, por meio de análises morfológicas, sedimentológicas e estratigráficas da planície fluvial em questão, considerando a abordagem antropogeomorfológica e aventando novas hipóteses para evolução geológica dos pacotes sedimentares da planície, baseado nos efeitos da urbanização.

Conforme destaca MANTOVANI (2015), dentre os trabalhos que seguiram as orientações metodológicas apontadas por LIMA (1990) e RODRIGUES (2005), apenas o de ESTAIANO (2007) se enveredou pelas análises antropogeomorfológicas fora do ambiente urbano, investigando as formas antropizadas produzidas pelos impactos da mineração.

O conhecimento de como se processam as derivações antropogênicas no meio físico vem se constituindo em leitura obrigatória aos estudos que se preocupam com as modificações

trazidas pelo homem nos ambientes físicos. Como estas intervenções alteram as taxas, balanços e processos dos eventos naturalmente processados pela natureza, o conhecimento destas mudanças revela-se fundamental aos estudos ambientais, pois tenta separar dentro de um universo de eventos e processos, aqueles que são ligados exclusivamente aos ritmos da natureza, daqueles que foram derivados pelos homens e, portanto, correspondem à impactos e distorções no funcionamento dos sistemas e subsistemas físicos.

6.7 O Entendimento do Relevo como Suporte da Paisagem

A análise sistêmica, influenciada pelo avanço tecnológico do pós-guerra, suscitou, dentro do ramo das ciências naturais, a análise e o efeito de processos. Na Geomorfologia, um novo ramo se consagrava tendo por base as contribuições dos geomorfólogos franceses Büdel, Cholley, Tricart e Cailleux, os quais foram determinantes para o avanço da Geomorfologia Climática. O trabalho destes pioneiros foi a identificação e definição de sistemas e zonas morfoclimáticas. Para cada uma dessas zonas, se encontraria um conjunto de processos e formas específicos do relevo, com influência direta na pedogênese e na cobertura vegetal.

A visão conjunta da evolução de processos crustais e climáticos trazida pela Geomorfologia Climática teve reflexos imediatos no estudo sobre as paisagens, permitindo interpretar sua evolução, considerando desde antigas feições, herdadas pela sucessão de climas passados até o estudo da gênese do modelado por processos atuais.

A abordagem sistêmica dos estudos de Cailleux, Tricart e Kilian durante os anos de 1950 suscitou um melhor aparato teórico-metodológico para o estudo do meio natural. Embora a paisagem não fosse o foco principal, o paradigma geossistêmico permitiu que se abandonasse uma tradição de estudos descritivos das paisagens para se partir para abordagens mais dinâmicas, nas quais todos os elementos do meio natural fosse estudados em conjunto, levando alguns autores a denominar essa nova abordagem como Ecogeografia.

Os trabalhos de CAILLEUX (1957), TRICART & KILLIAN (1979) pretendiam a apreensão global e integrada dos componentes do meio natural, o que teve repercussão imediata no estudo das paisagens. Nesta perspectiva o conhecimento da gênese do relevo e as mudanças têmporo-espaciais correlatas, passaram a ser explicadas considerando-se os fluxos de energia e matéria trocadas entre os sistemas físicos e biológicos.

Para o estudo das paisagens, o relevo forneceria as influências, presentes no modelado, de uma geomorfogênese atual e pretérita, as quais associadas ao clima, dão o subsídio para explicar como se comportam os elementos de cobertura da paisagem, sobretudo os tipos de solo e a cobertura vegetal, influenciados pelos tipos de intemperismo e tipos de formas de relevo.

A pedogênese teria um papel importante no estudo da evolução das paisagens uma vez que interfere na taxa de evolução das formas de relevo, como também, ao mesmo tempo é influenciada por ele, nos seus atributos genéticos (**Figura 6.7 - 1**).

Figura 6.7 1 – Fatores Ecodinâmicos envolvidos na evolução das paisagens.

Fonte: TRICART (1977).

A partir do balanço entre a dinâmica morfogenética do relevo e a intensidade e sentido das trocas com a cobertura vegetal e os solos, seria possível aferir o nível de estabilidade das paisagens, garantindo assim, insumos para o seu planejamento e conservação.

O paradigma geossistêmico, sobretudo por meio dos trabalhos de CHORLEY (1962) e HACK (1972) ressaltaram a necessidade de se considerar o desenvolvimento do relevo como um sistema aberto, o que se contrapunha, portanto, à herança davisiana. Para Chorley, a concepção do relevo como sistema aberto permite que a Geomorfologia dê insumos importantes ao estudo das paisagens, pois a investigação volta-se para a inter-relação entre forma e processo, considerando o caráter multivariado e preponderante dos processos atuais, ao mesmo tempo em que se consideram as formas herdadas da paisagem.

Enquanto que a concepção davisiana aponta para uma evolução cíclica, sequencial e irreversível do relevo, e portanto da paisagem, a ideia de um sistema aberto permite a leitura da heterogeneidade espacial como resultado da evolução da mesma, o que resulta em diferenciação morfológica e topográfica.

Em suma, pode-se dizer que a paisagem evolui pelo balanço entre a ação das formas atuais e a resistência dos materiais. O conceito de equilíbrio na concepção davisiana, que seria fruto da condição estacionária alcançada após lenta evolução temporal, é substituída pelo conceito de equilíbrio dinâmico, onde os elementos que constituem a paisagem estão regulados de modo que as formas de relevo e seus diferentes compartimentos topográficos podem ser mantidos ao longo do tempo. Assim, o estado de equilíbrio não implica necessariamente em nivelamento, aplainamento ou rebaixamento da morfologia, como faz crer a noção de equilíbrio na concepção davisiana, mas sim explicaria como as formas se apresentam diferenciadas na paisagem.

Em superfícies constituídas por diferentes tipos de rochas, o equilíbrio dinâmico é mantido pelos variados níveis topográficos conservando o mesmo gradiente ao longo do tempo (HACK, 1972). No entanto, como o equilíbrio é dinâmico, qualquer alteração no balanço dos fluxos de energia redundaria em modificações no comportamento da matéria, gerando o rompimento do estado de equilíbrio dinâmico, com consequências na morfologia e na topografia, até que um novo estado de equilíbrio se reestabeleça.

Na teoria bio-resistática de Erhart, o estado clímax das paisagens seria obtido quando vertentes recobertas por vegetação produziram atividade morfogenética fraca ou nula, com pouca modificação das condições do relevo e manutenção do mesmo em suas condições originais.

Figura 6.7 2 – Fase Biostática de Evolução das Paisagens.

Fonte: ERHART (1956).

O estado clímax pode ser alterado para o estado de resistasia quando transformações do potencial ecológico e da exploração biológica levam à condições de desequilíbrio sistêmica, com reflexos imediatos na morfogênese e alteração das condições originais do mesmo.

Figura 6.7 3 – Fase Resistática de Evolução das Paisagens.

Fonte: ERHART (1956).

Por fim, a contribuição de BERTRAND (1971) apoiado nos estudos de níveis taxonômicos de relevo de TRICART (1965) acaba por propor uma Geografia Física Global, a qual, apoiada no paradigma sistêmico, se proporia à classificação das paisagens por meio de unidades hierarquizadas. Para Bertrand, a combinação dos elementos de suporte e cobertura da paisagem estariam integrados na forma de um geossistema, cuja escala Têmporo-espacial permitiria ao geógrafo observar as combinações mais interessantes que compõem a diversidade de paisagens existentes.

6.8 A Cartografia Geomorfológica de Detalhe: uma ferramenta para Avaliação de Impactos de Empreendimentos Hidrelétricos no Meio Físico

RODRIGUES (1997) assinala que a Cartografia Geomorfológica pode ser considerada como um dos principais métodos e produtos da Geomorfologia, pois o cerne da representação dos elementos mapeados incluem a morfometria, a morfografia, a morfogênese, além da cronologia geológica, constituindo, portanto, como lembra TRICART (1965) o tripé geomorfológico.

No entanto, RODRIGUES (1997) ressalta que as vezes a Cartografia Geomorfológica é confundida com a própria Geomorfologia, sendo correto relacioná-la ao campo da Geomorfologia Aplicada, sendo ela enquanto produto, uma ferramenta para a compreensão de objetivos mais abrangentes, como o conhecimento e a representação das características do relevo e sua evolução.

A gênese do desenvolvimento da Cartografia Geomorfológica, conforme pontua MANTOVANI (2015), por meio da leitura das indicações de COLTRINARI (2011) está ligada à preocupação do geomorfólogo em descrever, classificar, representar, por meio de uma Cartografia Temática bastante específica, o relevo da superfície terrestre, diante da sua diversidade espacial, temporal, de formas, materiais e gênese.

Quando se analisa o tempo histórico, associa-se a produção dos primeiros mapas geomorfológicos à Passarge, com a produção de seu Atlas Morfológico, datado de 1914, na forma de oito mapas em escala 1:50.000.

Desde a publicação do Atlas de Passarge, a Cartografia Geomorfológica tem passado por intensa renovação. Apesar das divergências entre os autores, o conteúdo básico da Cartografia Geomorfológica, como já mencionado, inclui a geometria das formas (morfologia

e morfometria), a origem (morfogênese) e a idade (morfocronologia), assim como a natureza dos materiais.

Diante da necessidade de representação de tantas variáveis, RODRIGUES (1997) atribui à Cartografia Geomorfológica, assim como a própria Geomorfologia, a consagração em utilizar temas de grande complexidade, pois integram elementos e informações de naturezas diversas, começando por informações descritivas e interpretativas, passando àquelas de natureza estatística, dinâmica e evolutiva, às informações com representação pontual e linear.

RODRIGUES (2005) a partir das definições da Geomorfologia Antropogênica e utilizando-se dos pressupostos da Cartografia Geomorfológica, elaborou uma proposta metodológica de Cartografia Geomorfológica Evolutiva ou Geocartografia Geomorfológica Retrospectiva (**Figura 6.8 - 1**). De acordo com a autora, as orientações básicas para se estudar os efeitos das ações antrópicas no meio físico, passariam por:

- a) Observação das ações humanas como ações geomorfológicas na superfície terrestre.
- b) Investigação nas ações humanas dos padrões significativos para a morfodinâmica.
- c) Investigação da dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com o estágio de pré-perturbação.
- d) Emprego de diversas e complementares escalas espaço-temporais.
- e) Emprego e investigação das possibilidades da Cartografia Geomorfológica de Detalhe.
- f) Exploração da Abordagem Sistêmica.
- g) Uso da Noção de Limiares Geomorfológicos e Análise de Magnitude e Frequência.
- h) Ênfase na Análise Integrada em Sistemas Geomorfológicos.
- i) Consideração pelas particularidades dos Contextos Morfoclimáticos e Morfoestruturais.

- j) Ampliação do monitoramento de Balanços, Taxas e Geografia dos Processos Derivados e Não-Derivados das Ações Antrópicas.

Em LIMA (1990) se encontram as primeiras orientações metodológicas para o uso da Cartografia Geomorfológica e seu emprego para a análise de intervenções antrópicas em áreas urbanas. O primeiro grupo de intervenções antrópicas seria o das intervenções morfológicas, denominadas de intervenção de primeira ordem, na qual se inserem a retirada da vegetação e a urbanização.

A partir da premissa acima, LIMA (1990) propõe desdobrar a categoria intervenção na urbanização por meio do detalhamento dos padrões de arruamento, pela densidade das edificações, pela densidade dos lotes ou ainda, por fases de consolidação urbana. Posteriormente, RODRIGUES (2004) consolida ainda mais sua proposta de Cartografia Geomorfológica de Detalhe para o estudo das intervenções em sistemas físicos em ambiente urbano. Sugere detalhar essa fase de intervenção, a partir da indicação da extensão, profundidade e densidade das novas formas de relevo geradas pelo processo de urbanização ou pelo volume de remanejamento ou substituição de materiais superficiais originais.

Figura 6.8 1 – Legenda de Mapeamento Geomorfológico Retrospectivo da Bacia do rio Guavirituba.

ELEMENTOS DA MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	TIPOS		NOMENCLATURA	REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	PERFIL ESQUEMÁTICO		
	ELEMENTOS AREOLARES	E	CORTES	PATAMARES PLANOS
			DEGRAUS DE CORTES
			ATERROS	RAMPAS DE ATERROS
	ELEMENTOS PONTUAIS E LINEARES	ARRUAMENTO (Cortes e Aterros de Pequenas Dimensões)
		Rupturas de Declives por Corte
		Rupturas de Declives por Aterro
		Nichos de Nascente Antropizados
	EVIDÊNCIAS MORFOLÓGICAS DE PROCESSOS	PROCESSOS DE SAÍDA DE MATERIAL		Esgoamento Superficial Concentrado	SULCOS		N.S.A.
					RAVINAS		N.S.A.
Movimentos de Massa Rápidos				CICATRIZES DE ESCORREGAMENTOS		N.S.A.	
				COLMATAGEM COMPLETA			N.S.A.
PROCESSOS DE DEPOSIÇÃO		COLMATAGEM EM PROCESSO	1º NÍVEL D E COLMATAGEM		N.S.A.		
			2º NÍVEL DE COLMATAGEM		N.S.A.		

Fonte: RODRIGUES (2004).

Para o mapeamento das formas de relevo incluídas na Morfologia Original em escalas de detalhe, foram considerados os atributos dessas formas originais, como declividade, geometria de sub-setores de vertentes, rupturas e mudanças originais, além de parâmetros morfológicos dos materiais superficiais dos solos, como profundidade, textura, estrutura e transição entre horizontes pedológicos. Em relação à Morfologia Antropogênica, RODRIGUES (2004) mantém os procedimentos metodológicos contidos em LIMA (1990), na qual se deve proceder ao mapeamento das formas em sequencias cronológicas e de acordo com os estágios de intervenção da urbanização (**Figura 6.8 - 2**).

O estudo das sequencias cronológicas para o desvendamento do processo de derivação antropogênica do meio físico motivada por intervenções humanas encontra respaldo em autores como GURNELL, PERY & GEOFREY (2005), na qual as análises históricas permitem informações valiosas sobre os processos geomorfológicos de longo termo.

Para esses autores, o conhecimento das condições previas de escoamento ao longo de bacias hidrográficas, assim como nos canais fluviais, podem fornecer informações valiosas

sobre o comportamento dos processos geomorfológicos ao longo do tempo. Desta forma, análises históricas são necessárias para avaliar a alteração das condições geomorfológicas de sistemas fluviais ao longo do tempo, na qual é necessário definir os intervalos em que as alterações se tornaram mais efetivas, causando impactos na morfologia dos canais, como episódios de canalização ou alterações de uso do solo. De forma resumida, a aplicação de estudos históricos em Geomorfologia Fluvial permite estabelecer marcos na tentativa de se compreender a natureza dos impactos humanos nestes sistemas, como também, definir processos de restauração em canais que tenham sido alterados pela ação humana.

GURNELL, PERY & GEOFFREY (2005) lembram, porém, que os documentos históricos a serem analisados nas pesquisas de Geomorfologia Fluvial são de diversas escalas e possuem diversos níveis de acurácia, os quais nem sempre produzidos de acordo com as exigências dos estudos geomorfológicos. O principal desafio dos estudos históricos em Geomorfologia será o de determinar a acurácia das informações derivadas, de forma a permitir a correta extração de padrões espaciais e temporais de processos, advindos destes grandes artefatos de observação, registro e mapeamento de informações.

Ao se continuar a análise das contribuições de RODRIGUES (2004) para a proposição de metodológicas para as intervenções antrópicas em áreas urbanas, a autora concluiu ter sido possível identificar a apropriação seletiva dos compartimentos geomorfológicos da Região Metropolitana de São Paulo, identificando inclusive a apropriação na forma de transgressão, com a apropriação de unidades menos propícias à urbanização, como planícies de inundação e morros de embasamento cristalino que passaram a ser intensamente ocupados a partir da década de 1960.

Ao se levar em consideração a proposta de RODRIGUES (2004), o subsídio dado pela Cartografia Evolutiva inicia-se com a análise da morfologia original da área, ou seja, seu estágio de pré-perturbação. Nesta fase, avaliar-se-ia alguns atributos da morfologia original, como as declividades, rupturas e mudanças de declive do terreno, indicando o estado e características naturais desta, que, em tese, ainda não teriam sofrido ação antrópica direta e indireta. A utilização da documentação cartográfica para a análise da morfologia original, conforme LIMA (1990) baseia-se no uso de cartas topográficas em médias e grandes escalas, como 1:25.000 e 1:10.000, e fotografias aéreas em pequenas escalas, como 1:18.000 e 1:10.000, na qual se prime pelo mapeamento da geometria das vertentes (retilindades, concavidades e convexidades), sua posição (terço superior, médio ou inferior) e possíveis sub-unidades de vertentes, como anfiteatros, nichos de nascentes, rupturas e mudanças.

Figura 6.8 2 – Morfologias Original e Antropogênica mapeadas por LIMA (1990) na Bacia do rio Guavirituba.

Fonte: LIMA (1990).

Para o mapeamento da morfologia em estado perturbado, LIMA (1990) sugere uma hierarquia de intervenções, através de sequência cronológica relacionadas com o episódio de urbanização. Neste mapeamento, no qual é indicado a morfologia antropogênica, o autor sugere alguns parâmetros, como: padrão de arruamento, densidade das edificações, estágio de consolidação urbana, densidade e distribuição dos materiais superficiais, profundidade e extensão de cortes e aterros, volumes dos materiais remanejados ou importados.

O reconhecimento da importância do mapeamento da morfologia antropogênica no planejamento pode ser indicada, segundo os resultados da pesquisa de LIMA (1990), quando a mesma correlacionou a existência de descontinuidades texturais dos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo com a existência de anfiteatros íngremes côncavos nas cabeceiras de drenagem, onde através das perturbações associadas à habitação de baixo padrão, como cortes e aterros compactados, ocorreram instabilidades nas encostas, com frequentes episódios de movimentos de massa.

Ao se partir do princípio da necessidade de escolha de um recorte têmporo-espacial para a realização de uma análise de mudanças ou impactos ambientais relacionados à interferência antrópica nos diferentes sistemas físicos, ressalta-se também a necessidade

da investigação da história cumulativa dessas intervenções no ambiente, tendo como princípios, de acordo com RODRIGUES (2004), as contribuições de TOY & HADLEY (1987), NIR (1983), assim como as de LIMA (1990).

Essas contribuições assinalam que para a compreensão de novos balanços e tipos de processos que se instalam junto com as interferências antrópicas na superfície terrestre, é necessária a reconstituição dos estágios de pré-perturbação, perturbação ativa e pós-perturbação, nas quais os processos originais, assim como as formas e os materiais devem ser comparados com as situações de modificação, constituindo-se assim, como parâmetros para o dimensionamento destas. Assim, de acordo com RODRIGUES (2004, p.95):

O princípio de reconstituição deve, portanto, iniciar-se com a investigação geomorfológica pré-anthropogênica do sistema afetado e concluir-se a partir da investigação do acúmulo ou sobreposição histórica de intervenções antrópicas sobre a área.

O estágio de pré-perturbação do sistema estudado envolveria, portanto, uma cronologia anterior à data de instalação de um determinado empreendimento. O estágio de perturbação ativa assinalaria o período da efetiva instalação do mesmo, quando são significativas as atividades de remoção de materiais para a instalação de infraestruturas diversas, como a barragem, casa de força, conduto forçado, o desvio do rio, entre outros. Por fim, o estágio de pós-perturbação assinalaria o período de consolidação da área, após o início da operação da usina.

Conforme relatado no item 6.6, baseado em revisão de bibliografia realizada pelo trabalho de MANTOVANI (2015), verifica-se que, dos trabalhos que seguiram as orientações teórico-metodológicas de LIMA (1990) e RODRIGUES (2015), apenas o de ESTAIANO (2009) produziu um estudo de antropogeomorfologia e cartografia geomorfológica de detalhe fora do ambiente urbano. Nesta perspectiva, a presente pesquisa tenta se enveredar por um caminho pioneiro, uma vez que são os escassos os trabalhos de aplicação de indicadores e geoindicadores para a modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos.

A Cartografia Geomorfológica de Detalhe a ser utilizada na presente pesquisa se enveredará mais pelos aspectos morfológicos, como o próprio título da pesquisa já diz, baseada nos apontamentos teóricos de autores como Chorley (1962), Keneddy (1971), Howard (1973), Ghristofoletti (1987), Hagget (1975) e Schumm (1977), pioneiros na análise de sistemas aplicada à geomorfologia, como também na definição de apontamentos sobre a natureza dos sistemas morfológicos, compostos pela associação das propriedades físicas

dos sistemas e seus atributos constituintes. A partir da eclosão do paradigma geossistêmico, autores como Tricart (1965) e Demek (1967) vão sistematizar conteúdos das legendas dos mapas geomorfológicos, colocando ênfase nos aspectos morfológicos, responsáveis pelo entendimento dos fatos no relevo situados no 5º táxon, onde se analisam os aspectos geométricos, genéticos das formas de relevo, subdividindo-as nos diferentes tipos de vertentes e formas fluviais.

Ao se ter em mente o trabalho de RUBIO (2008) na qual são propostos uma série de indicadores e geoindicadores de impactos ambientais no meio físico para empreendimentos hidrelétricos, no entanto, sem a aplicação em uma área específica, é que se chama atenção para os procedimentos metodológicos a seguir, uma vez que se demonstra a iniciativa pioneira da aplicação da abordagem antropogeomorfológica e da cartografia geomorfológica de detalhe para uma bacia de drenagem em área de contribuição direta de um empreendimento hidrelétrico, testando, portanto, os apontamentos teórico-metodológicos de diversos trabalhos que se enveredaram pela Cartografia Geomorfológica e pela Antropogeomorfologia no desvendamento dos impactos negativos relativos ao meio físico.

7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos ao se definirem como ferramenta operacional de um determinado método epistemológico, dele deriva desde sua essência, ao usar categorias de análise e conceitos teóricos vinculados a esse método.

No caso da presente pesquisa, o percurso teórico detalhado duante o item 6 partiu de um encadeamento de conceitos, a partir de um nível crescente de complexidade. Num primeiro momento definiu-se um percurso teórico que enxergou a paisagem primeiramente desumanizada, como uma herança geológica, geomorfológica e ecológica de tempos pretéritos, cujos processos e lógicas internas são anteriores a ação do humana na superfície terrestre, processadas por um arranjo sistêmico de energia e matéria que define formas e processos responsáveis pela conformação dos compartimentos físicos da paisagem. Num segundo momento, abordou-se o conceito de paisagem como híbrido, buscando-se na definição, de que, se mesmo atentarmos para produção física das paisagens, desde que o homem se tornou por meio da cultura um produtor de paisagens, é possível notar a marca da ação humana no desenvolvimento de paleo-paisagens, produzindo uma derivação antropogênica das mesmas.

No item 6.3, que tratou das paisagens elétricas, o objetivo foi apresentar conceitos que delineiam o papel central ocupado pelo homem na derivação das paisagens naturais, no qual as paisagens produzidas pela eletrificação são uma marca indelével da modernidade, e portanto, da cara atual que o meio técnico-científico-informacional imprime nos territórios, como também sua materialização, na escala humana, que é a paisagem, podendo-se inclusive afirmar que a instalação de paisagens elétricas junto com as ferrovias, no final do século XIX, no estado de São Paulo, foram os motores a explicar o início do processo de modernização que imprimiu uma cara industrial ao estado mais moderno e rico da federação.

Ao se acentuar o caráter cultural de produção das paisagens pelo homem, com a adoção do conceito de paisagens elétricas, não se pretendeu colocar uma cisão do enredo de conceitos propostos para a parte teórica da pesquisa, abandonando-se toda a herança natural de ecologias e geomorfológicas pretéritas que ela carrega, mas sim o de reconhecer a grande carga de artificialidade material que o homem imprime nos sistemas naturais, implantando sistemas de engenharia, com racionalidades próprias, cuja capacidade de atuação chega inclusive ser capaz de atingir as próprias dinâmicas internas de organização dos sistemas naturais, os quais, como se sabe, se processam em escalas e ordens de organização até então alheios a atuação do homem em sociedade.

De forma a trazer o entendimento de como se processa de um lado, a organização das paisagens por meio da ação da técnica e da cultura, produzindo o que se chamou de paisagens elétricas, deve-se fazer o mesmo movimento em direção do sentido de como se processa a produção das paisagens ditadas pelos ritmos naturais, de forma a se estabelecer, um ponto de conexão entre processos de naturezas tão dispares, fundamental para o entendimento de fenômenos tão complexos como a análise da paisagem geográfica por meio das teorias geográficas.

Admiti-se que os processos naturais e culturais produtores das paisagens se processam por lógicas e escalas diferenciadas, mas o homem ao agir em sociedade, produz por meio da cultura e da técnica uma carga de artificialidade tão grande que chega ser capaz de alterar inclusive as dinâmicas naturais, daí em se falar paisagens híbridas.

O ponto de encontro para se entender como as paisagens se hidridizam ao longo da história, seria realizar uma leitura da história da derivação antropogênica dessas paisagens, entendendo como os motores históricos, sociais, econômicos ou culturais promoveram alterações nas lógicas internas e sistêmicas de organização das paisagens naturais.

Parte-se então, em concordar com a idéia de que é a cultura que comanda a produção das paisagens, mas assume-se que a leitura do processo de produção da paisagem analisada na área de estudo se enveredará por uma corrente naturalista, composta por conceitos, categorias e procedimentos metodológicos oriundos da Geomorfologia Antropogênica.

Mesmo ao se ter em mente que a cultura é o motor de produção das paisagens desde quando o homem passou a atuar em sociedade sobre a superfície da Terra, sabe-se não ser possível usar um mesmo repertório conceitual e teórico e procedimentos metodológicos herdados pela perspectiva cultural em geografia para tratar de assuntos de ordem geomorfológica e biológica.

No entanto, usar procedimentos metodológicos da Geomorfologia Antropogênica, não recairia numa forma de desumanização da leitura da paisagem ou da acertiva em se enxergar claramente que o imperativo de produção das paisagens atuais vem da cultura e da técnica, mas pelo contrário, de propor pela própria via de análise da corrente naturalista da paisagem, que há inclusive uma maneira instigante de ver que os processos naturais derivam por meio da ação humana, constituindo processos com magnitudes, taxas e balanços de processos diferentes daqueles encontrados nos sistemas naturais sem a análise dos efeitos da ação humana.

Nessa nova maneira de entender a produção física das paisagens, seria possível conectar a temporalidade humana, usando-se é claro, de categorias e conceitos da Geomorfologia, mas lendo nesses mesmas categorias e conceitos um traço da ação humana na derivação de processos naturais. Assim se conecta numa mesma paisagem, que para o caso da área de estudo, é uma paisagem elétrica, uma história de intervenções sobrepostas, por meio de barramentos cujas instalações trazem a herança de sistemas de engenharia datados de períodos diferentes, um primeiro do início do século XX, em um segundo barramento do final do século XX.

Estudar a capacidade que sistemas de engenharia com comandos técnicos diferenciados teriam numa paisagem já derivada desde o início do tropismo e da colonização, ajudaria a conformar uma verdadeira leitura da história ambiental da paisagem na área de estudo, retirando-se dessa leitura histórica, como os sistemas e subsistemas físicos, ou seja os topos, as vertentes, os nichos de nascente, os terraços e os canais fluviais da área de estudo, responderam aos imperativos de transformação emanados por uma ordem técnica, de um capitalismo industrial nascente no Brasil, levando a análise histórica de transformação dessa paisagem até o início do século XXI.

Assume-se que a pesquisa parte das teorias e procedimentos metodológicos guiados pela Geomorfologia Antropogênica, mas sem deixar de ter em mente que a derivação antropogênica, que produz novas formas de relevo e redefine o sentido dos processos físicos e bióticos na área de estudo se redefiniram ao longo do tempo, ajudados pela ação racional e consciente do homem por meio da técnica e da cultura.

Nos itens 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8 a contribuição da Geomorfologia Antropogênica para o presente estudo é explicitada. Parte-se também de uma leitura na ordem crescente de complexidade dos conceitos. Num primeiro momento se elucida como se organizam as escalas temporais e espaciais dos processos físicos que operam a produção dos fenômenos naturais, ressaltando-se as discontinuidades espaciais e temporais dos processos físicos na conformação das mudanças nas paisagens naturais. A partir do momento que o homem introduz elementos de perturbação na organização dos sistemas naturais, os processos de constituição das formas do relevo passam a agir de forma diferenciada, resultando em mudanças ambientais que podem evoluir para impactos ambientais, de acordo com a magnitude e frequência que essas mudanças podem causar em um determinado sistema físico.

Ao longo do item 6.6 foram dados diversos exemplos de como a ação do homem pode derivar processos naturais, ressaltando-se na modalidade usinas hidrelétricas, os efeitos na alteração da dinâmica de funcionamento das vazões, diminuição da largura de canais fluviais e formação de relevos subterrâneos nas regiões de remanso dos reservatórios. Nestes casos, não se teria apenas mudanças ambientais típicas do desajuste das taxas e balanços de processos naturais, mas a produção de novas formas do relevo, produzidas diretamente pela ação humana nos sistemas ambientais, produzindo efeitos que inclusive se fazem sentir na operação dos sistemas de engenharia representados pelas usinas hidrelétricas. São produzidos contratempos e constrangimentos que impactam a operação dessas usinas, como também se verifica a derivação do sentido da evolução dos sistemas e subsistemas físicos na área de influência dessas usinas. Sai-se, portanto do conceito de mudança ambiental para o de impacto ambiental.

Como os impactos ambientais recaem diretamente na forma de produção de novas formas de relevo, conforme definido no item 6.7, sentiu-se a necessidade de recuperar a abordagem sistêmica de análise da paisagem, na qual o relevo aparece como suporte para a paisagem, e cujos impactos derivados da ação humana em suas lógicas de organização interna, são responsáveis de causar não apenas alterações nas formas de relevo, mas na própria pedogenese e na organização e evolução da cobertura vegetal.

Somente no item 6.8 é que se discorre sobre os preceitos teóricos e metodológicos que a Cartografia Geomorfológica possui para analisar o processo de derivação antropogênica das paisagens afetadas pelos diversos tipos de empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, ressaltando-se as escalas, materiais e métodos necessários para a investigação da história dessa derivação antropogênica.

Ao longo do item 7 serão então resgatados em cada um dos procedimentos metodológicos elencados pela presente pesquisa quais foram os métodos da Geomorfologia Antropogênica e da Cartografia Geomorfológica usados na investigação da história da paisagem na área de estudo.

7.1 Cadeias Técnicas Desenvolvidas

De modo geral, foram desenvolvidas 14 etapas de trabalho para atingir os objetivos gerais e os objetivos específicos anteriormente citados (**Figura 7.1 - 1**).

Num primeiro momento, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de história da paisagem, derivações antropogênicas, história do setor elétrico paulista e intervenção antrópica causada por empreendimentos elétricos. Num segundo momento, a revisão bibliográfica permitiu estabelecer um panorama teórico que se enveredou pelos conceitos de paisagem como herança natural, paisagem como híbrido, paisagens elétricas, os conceitos de mudança e impactos em geomorfologia, do relevo como suporte da paisagem e da cartografia geomorfológica como ferramenta para a avaliação de impactos causados por empreendimentos hidrelétricos.

Como base nos preceitos teóricos e metodológicos retirados da revisão bibliográfica e dos fundamentos teóricos, partiu-se para a seleção dos materiais cartográficos para a produção dos mapas de caracterização da área de estudo e de insumos técnicos para a sistematização dos geoindicadores de avaliação de impactos causados por empreendimentos hidrelétricos.

Após a leitura dos capítulos referentes aos impactos do meio físico no EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II, como também da revisão bibliográfica e dos fundamentos teóricos da pesquisa, definiu-se a área de estudo e promoveu-se à seleção de materiais que visaram caracterizá-la. Na sequência, de forma a atender o objetivo específico de identificar e caracterizar as sensibilidades, impactos ambientais negativos e fragilidades por meio da

metodologia de Avaliação Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos, foram selecionadas bases cartográficas e mapeamentos temáticos de forma a compor esses mapeamentos, permitindo assim, fazer um rápido estudo de viabilidade ambiental do meio físico para a área de estudo.

De posse do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II e seguindo os apontamentos metodológicos sugeridos por RUBIO (2008) para listagem de geoindicadores de avaliação de impactos ambientais negativos de empreendimentos hidrelétricos, promoveu-se a seleção de um quadro geral de geoindicadores para as condições de morfologia original semi-preservada em estágio de pré-intervenção, morfologia antropogênica em estágio de intervenção ativa e morfologia antropogênica em estágio de intervenção consolidada. Após a definição e sistematização do quadro de geoindicadores, promoveu-se um mapeamento morfológico de detalhe da área de estudo para a condição de morfologia original semi-preservada e um mapeamento morfológico de detalhe e de categorias físicas de uso da terra para cada uma das condições de morfologia antropogênica na área de estudo, ou seja, um mapeamento de morfologia antropogênica para a fase de intervenção ativa e outro para a fase de intervenção consolidada.

Figura 7.1 1 – Fluxograma de Cadeias Técnicas Desenvolvidas para a Pesquisa

Após a identificação das morfologias original semi-preservada e antropogênica, por meio dos referidos mapeamentos, procedeu-se a sistematização das mudanças ambientais para a área de estudo derivadas dos dados quantitativos destes mapeamentos, como também, da seleção de geoindicadores de sistemas e subsistemas físicos levantados no EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II, documentos históricos consultados no Arquivo Público do estado de São Paulo e nos relatórios de renovação da Licença de Operação da referida usina.

Todos os materiais utilizados ao longo de todos esses procedimentos operacionais, como também o detalhamento de cada procedimento são mostrados nos itens abaixo.

7.2 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para compor a base cartográfica da área de estudo e as informações relativas aos mapas de morfologia original semi-preservada e morfologia antropogênica da área de estudo envolveram a aquisição de cartas topográficas atuais e históricas, fotografias aéreas, imagens orbitais de alta resolução espacial, além de estudos técnicos de impacto ambiental, Programa Básico Ambiental e Relatórios de Renovação de Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II. Abaixo, são listados cada um dos presentes documentos.

De forma a facilitar a compreensão dos materiais selecionados e produtos cartográficos derivados, dividiu-se os materiais utilizados em três grandes grupos: um primeiro relativo àqueles utilizados para a caracterização da área de estudo, um segundo relativo aos materiais utilizados para avaliação ambiental integrada do meio físico na área de estudo, e um terceiro, para o estudo da história cumulativa das intervenções antrópicas na área de estudo.

1. Cartacterização da Área de Estudo:

- a) **Material:** Cartas Topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Folhas SF-23-V-C-VI-1 (São José do Rio Pardo). Escala 1:50.000 (1970) e SF-23-V-C-VI-2 (Caconde). Escala 1:50.000 (1975).

Informações Extraídas: altimetria, curvas-de-nível, hidrografia, limites municipais.

Mapas derivados a partir do Material: 5.0 - 1 – Localização da Área de Estudo; 5.0 - 2 – Localização da Área de Estudo em relação à Região Administrativa de Campinas e à Região de Governo de São João da Boa Vista; 5.0 - 3 – Localização

da Área de Estudo na UGRHI 4 – Pardo; 5.0 - 4 – Localização da Área de Estudo em relação às sub-bacias da UGRHI 4 – Pardo; 5.0 - 5 – Localização da Área de Estudo em relação à Área de Drenagem das PCHs Rio do Peixe I e II; 5.1 - 1 – Área de Estudo em relação às Ferrovias do estado de São Paulo; 5.2 - 1 – Área de Estudo em relação às Unidades Litoestratigráficas do estado de São Paulo; 5.3 - 1 – Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas do estado de São Paulo; 5.3 - 2 – Declividades na Área de Estudo; 5.3 - 3 – Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo; 5.4 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação às Unidades Climáticas do estado de São Paulo (Monteiro, 1973); 5.5 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação aos Remanescentes de Cobertura Vegetal do estado de São Paulo; 5.6 - 1 – Solos na Área de Estudo; 5.7 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação aos Usos da Terra do estado de São Paulo; 5.7 - 2 – Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área de Estudo (2016); 5.8 - 1 – Unidades de Paisagem na Área de Estudo.

- b) **Material:** Mapa das Regiões Administrativas e de Governo do estado de São Paulo (IGC).

Informações Extraídas: Limites das Regiões Administrativas e de Governo do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.0 - 2 – Localização da Área de Estudo em relação à Região Administrativa de Campinas e à Região de Governo de São João da Boa Vista.

- c) **Material:** Mapa das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo (IGC).

Informações Extraídas: Limites da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 4 – Pardo e sub-bacias correlatas.

Mapas derivados a partir do Material: 5.0 - 3 – Localização da Área de Estudo na UGRHI 4 – Pardo; 5.0 - 4 – Localização da Área de Estudo em relação às sub-bacias da UGRHI 4 – Pardo.

- d) **Material:** Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (CEMA, 1993).

Informações Extraídas: Limite da Área de Drenagem ou Área de Influência Direta dos Meios Físico e Biótico da PCH Rio do Peixe II.

Mapas derivados a partir do Material: 5.0 - 5 – Localização da Área de Estudo em relação à Área de Drenagem das PCHs Rio do Peixe I e II.

- e) **Material:** Base Cartográfica Digital de Ferrovias do Brasil (Ministério dos Transportes).

Informações Extraídas: arquivo shapefile com os limites das ferrovias do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.1 - 1 – Área de Estudo em relação às Ferrovias do estado de São Paulo.

- f) **Material:** Base Cartográfica Digital da Geologia do estado de São Paulo (Serviço Geológico do Brasil – CPRM).

Informações Extraídas: arquivo shapefile com os litotipos e lineamentos estruturais do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.2 - 1 – Área de Estudo em relação às Unidades Litoestratigráficas do estado de São Paulo.

- g) **Material:** Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (Ross & Moroz, 1997 *apud* Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do estado de São Paulo – Datageo).

Informações Extraídas: unidades geomorfológicas do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.3 - 1 – Área de Estudo em relação às Unidades Geomorfológicas do estado de São Paulo.

- h) **Material:** Curvas de Nível das Cartas Topográficas São José do Rio Pardo e Caconde interpoladas em intervalos de 5 em 5 m.

Informações Extraídas: Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir dos valores de altimetria. Processamento do MDT em ambiente ArcGis 10.2 para Geração de Carta de Declividades.

Mapas derivados a partir do Material: 5.3 - 2 – Declividades na Área de Estudo.

- i) **Material:** Curvas de Nível das Cartas Topográficas São José do Rio Pardo e Caconde interpoladas em intervalos de 5 em 5m, Declividades, Unidades Litoestratigráficas e Classes de Solos.

Informações Extraídas: Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo por meio de intersecção espacial das variáveis altimetria, declividades, geologia e solos.

Mapas derivados a partir do Material: 5.3 - 3 – Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo.

- j) **Material:** Esquema Representativo das Feições Climáticas Individualizadas no Território Paulista dentro das Articulações destas nas Faixas Zonais (Monteiro, 1973).

Informações Extraídas: Limite das Unidades Climáticas do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.4 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação às Unidades Climáticas do estado de São Paulo (Monteiro, 1973).

- k) **Material:** Arquivo Vetorial dos Remanescentes Florestais do estado de São Paulo (Kronka et.al., 2005 *apud* Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do estado de São Paulo – Datageo).

Informações Extraídas: arquivo shapefile com os remanescentes florestais e fitofisionomias associadas do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.5 - 1 – Localização da Área de Estudo em relação aos Remanescentes de Cobertura Vegetal do estado de São Paulo.

- l) **Material:** Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (CEMA, 1993).

Informações Extraídas: Classes de Solos da área de estudo a partir do Mapa de Solos na Área de Influência Direta (AID) do Meio Físico.

Mapas derivados a partir do Material: 5.6 - 1 – Solos na Área de Estudo.

- m) **Material:** Imagens Geoeye e Airbus (Google Earth) com resolução espacial de 50 cm, datadas de junho de 2016.

Informações Extraídas: cobertura vegetal e uso da terra (2016).

Mapas derivados a partir do Material: 5.7 - 2 – Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área de Estudo (2016).

- n) **Material:** Arquivos shapefile de geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal e uso da terra e clima.

Informações Extraídas: limites vetorias das unidades litoestratigráficas na área de estudo, das unidades geomorfológicas na área de estudo; das classes de solos na área de estudo, da cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo, das unidades climáticas na área de estudo, combinando-os por meio de intersecção espacial para geração do mapa de unidades de paisagem para a área de estudo.

Mapas derivados a partir do Material: 5.8 - 1 – Unidades de Paisagem na Área de Estudo.

2. Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo:

- a) **Material:** Unidades Litoestratigráficas do estado de São Paulo (Serviço Geológico do Brasil – CPRM) e Mapa dos Sismos Naturais no estado de São Paulo (Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2007).

Informações Extraídas: sensibilidade da variável sismos naturais e falhas geológicas de movimentação recente por meio da intersecção espacial e valoração de graus e pesos dos arquivos vetoriais dos lineamentos estruturais, unidades litoestratigráficas na área de estudo e pontos de ocorrência de sismos naturais na

região de estudo; sensibilidade da variável instabilização de maciços rochosos na área de estudo por meio da valoração de graus e pesos no arquivo shapefile de unidades litoestratigráficas.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 1 - Sensibilidade à Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente na Área de Estudo; 8.1 - 2 - Sensibilidade à Variável Instabilização de Maciços na Área de Estudo.

- b) **Material:** Arquivo Vetorial dos Títulos Minerários do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Informações Extraídas: arquivo shapefile com os títulos minerários na área de estudo.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 3 - Sensibilidade à Variável Recursos Minerais na Área de Estudo.

- c) **Material:** Arquivos Vetoriais dos Domínios Hidrogeológicos Brasileiros (Serviço Geológico do Brasil – CPRM).

Informações Extraídas: domínios hidrogeológicos na área de estudo.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 4 - Sensibilidade à Variável Hidrogeologia na Área de Estudo.

- d) **Material:** Arquivos Vetoriais de unidades litoestratigráficas, sismos naturais, títulos minerários e domínios hidrogeológicos.

Informações Extraídas: sensibilidade ao indicador geologia na área de estudo por meio da intersecção espacial e valoração de pesos dos arquivos shapefile de unidades litoestratigráficas, sismos naturais, títulos minerários e domínios hidrogeológicos.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 5 - Sensibilidade ao Indicador Geologia na Área de Estudo.

- e) **Material:** Arquivo Vetorial das Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo.

Informações Extraídas: sensibilidade da variável geomorfologia por meio da valoração de graus e pesos.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 6 - Sensibilidade à Variável Geomorfologia na Área de Estudo.

- f) **Material:** Arquivo Vetorial das Classes de Solo na Área de Estudo.

Informações Extraídas: sensibilidade da variável erodibilidade por meio da valoração de graus e pesos.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 7 - Sensibilidade à Variável Erodibilidade na Área de Estudo.

- g) **Material:** Arquivo Vetorial dos Postos Pluviométricos do estado de São Paulo (Departamento de Águas e Esgoto do estado de São Paulo - DAEE).
- Informações Extraídas:** sensibilidade à erosividade das chuvas por meio de interpolação do tipo krigagem nos valores médios de precipitação contidas nos séries históricas dos postos pluviométricos elencados para a área de estudo.
- Mapas derivados a partir do Material:** 8.1 - 8 - Sensibilidade à Variável Erosividade na Área de Estudo.
- h) **Material:** Arquivo Vetorial da Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área de Estudo (2016).
- Informações Extraídas:** sensibilidade à variável cobertura vegetal e uso da terra por meio da valoração de graus e pesos.
- Mapas derivados a partir do Material:** 8.1 - 9 - Sensibilidade à Variável Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área de Estudo.
- i) **Material:** Arquivo Vetorial das Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo, Arquivo Vetorial das Classes de Solo na Área de Estudo, Arquivo Vetorial dos Postos Pluviométricos do estado de São Paulo, Arquivo Vetorial da Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Área de Estudo.
- Informações Extraídas:** sensibilidade ao indicador erosão do solo na área de estudo por meio da intersecção espacial e valoração de pesos dos arquivos shapefile de unidades geomorfológicas, classes de solos, postos pluviométricos e cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo.
- Mapas derivados a partir do Material:** 8.1 - 10 - Sensibilidade ao Indicador Erosão do Solo na Área de Estudo.
- j) **Material:** Arquivos Vetoriais dos Indicadores Geologia e Erosão do Solo na Área de Estudo.
- Informações Extraídas:** sensibilidade síntese do meio físico na na área de estudo por meio da intersecção espacial e valoração de pesos dos arquivos shapefile dos indicadores geologia e erosão do solo.
- Mapas derivados a partir do Material:** 8.1 - 11 - Sensibilidade do Meio Físico na Área de Estudo.
- k) **Material:** Arquivos Vetoriais de hidrografia, limites do reservatório, abrangência das estruturas civis das PCHs Rio do Peixe I e II, poços tubulares, cobertura vegetal remanescentes, área da bacia, unidades litoestratigráficas e declividades.
- Informações Extraídas:** áreas de abrangências dos impactos ambientais negativos no meio físico decorrentes da implantação das PCHs Rio do Peixe I e II.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 12 - Impactos Negativos do Meio Físico na Área de Estudo.

- l) **Material:** Arquivos Vetorias de Sensibilidade Síntese do Meio Físico na Área de Estudo e Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico na Área de Estudo.

Informações Extraídas: fragilidade ambiental do meio físico na área de estudo por meio da intersecção espacial e valoração por meio de pesos dos arquivos shapefile de sensibilidade síntese do meio físico e impactos ambientais negativos no meio físico na área de estudo.

Mapas derivados a partir do Material: 8.1 - 13 - Fragilidade do Meio Físico na Área de Estudo.

3. História Cumulativa das Intervenções Antrópicas na Área de Estudo.

- a) **Material:** Fotografias Aéreas da Fundação de Energia (1930):Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 110; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 111.; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 112; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 113; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 114; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 115; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 116; Escala 1:35.000: Faixa Faixa 35; Foto 117; Carta Topográfica Casa Branca. Escala: 1:100.000 (1905) – Comissão Geográfica e Geológica do estado de São Paulo.

Informações Extraídas: fotointerpretação, restituição digital de elementos morfológicos em escala de detalhe dos sistemas e subsistemas físicos da área de estudo; mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra (1930) e restituição vetorial dos elementos planialtimétrico e toponímia da Folha Topográfica Casa Branca (1905), da Comissão Geográfica e Geológica do estado de São Paulo.

Mapas derivados a partir do Material: 8.2 - 1 - Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção; 8.3 - 1 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo - 1930.

- b) **Material:** Fotografias Aéreas da Empresa Base Aerolevantamentos S.A. (1971): Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18038; Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18039; Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18040; Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18041; Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18042; Escala: 1:25.000; Faixa: 20; Foto: 18043; Fotografias Aéreas da Empresa Base Aerolevantamentos (1972): Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26518; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26519; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26520; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26521; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26522; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26523; Escala: 1:25.000;

Faixa: 58; Foto: 26541; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26542; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26543; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26544; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26545; Escala: 1:25.000; Faixa: 58; Foto: 26546.

Informações Extraídas: cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo (1972).

Mapas derivados a partir do Material: 8.3 - 2 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1972).

- c) **Material:** Fotografias Aéreas da Empresa Base Aerolevantamentos (1983): Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 41; Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 42; Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 43; Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 44; Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 45; Escala: 1:35.000; Faixa: 34; Foto: 46; Escala: 1:35.000; Faixa: 33.B; Foto:10; Escala: 1:35.000; Faixa: 33.B; Foto:11; Escala: 1:35.000; Faixa: 33.B; Foto:12.

Informações Extraídas: cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo (1983).

Mapas derivados a partir do Material: 8.3 - 3 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1983).

- d) **Material:** Imagens Ikonos (Space Image) com resolução espacial de 1m, datadas de setembro de 1998.

Informações Extraídas: cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo (1998) e elementos cartografáveis relativos à morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa retirado do quadro de geoindicadores aplicados à fase de intervenção ativa..

Mapas derivados a partir do Material: 8.3 - 4 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1998); 8.3 - 6 - Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa.

- e) **Material:** Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II

Informações Extraídas: Estruturas Civas e Temporárias da Implantação da PCH Rio do Peixe II e estruturas civis existentes da PCH Rio do Peixe I.

Mapas derivados a partir do Material: 8.3 - 6 - Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; 8.4 - 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

- f) **Material:** Fotografias Aéreas da Empresa Base Aerolevantamentos (2006): Escala: 1:30.000; Faixa: 152; Foto: 8524; Escala: 1:30.000; Faixa: 152; Foto: 8525; Escala: 1:30.000; Faixa: 152; Foto: 8526; Escala: 1:30.000; Faixa: 152; Foto: 8527; Escala: 1:30.000; Faixa: 153; Foto: 8640; Escala: 1:30.000; Faixa: 153; Foto: 8641; Escala: 1:30.000; Faixa: 153; Foto: 8642; Escala: 1:30.000; Faixa: 153; Foto: 8643; Escala: 1:30.000; Faixa: 153; Foto: 8644; Escala: 1:30.000; Faixa: 154; Foto: 8665; Escala: 1:30.000; Faixa: 154; Foto: 8666; Escala: 1:30.000; Faixa: 154; Foto: 8667.

Informações Extraídas: cobertura vegetal e uso da terra na área de estudo (2006).

Mapas derivados a partir do Material: 8.3 - 5 - Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (2006).

- g) **Material:** Imagens Geoeye e Airbus (Google Earth) com resolução espacial de 50 cm, datadas de junho de 2016.

Informações Extraídas: elementos cartografáveis relativos à morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada retirado do quadro de geoindicadores aplicados à fase de intervenção consolidada.

Mapas derivados a partir do Material: 8.4 - 1 - Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

- h) **Material:** Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

Informações Extraídas: Áreas de Depósitos Tectogênicos.

Mapas derivados a partir do Material: 8.4 - 1 - Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

- i) **Material:** Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II.

Informações Extraídas: histórico de vazões do Rio do Peixe, características gerais de projeto da PCH Rio do Peixe II, Índices de Qualidade da Água.

Mapas derivados a partir do Material: 8.2 - 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção; 8.3 - 6 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; 8.4 - 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

Resultados Obtidos do Material: Quadro 8.2 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção; Quadro 8.3 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; Quadro 8.4 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

- j) **Material:** Projeto Básico de Engenharia da PCH Rio do Peixe II.

Informações Extraídas: estruturas civis e de apoio das PCH Rio do Peixe I e II.

Mapas Derivados do Material: 8.2 - 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção; 8.3 - 6 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; 8.4 - 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

Resultados Obtidos do Material: Quadro 8.3 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; Quadro 8.4 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

- k) **Material:** Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II
Informações Extraídas: dados hidrométricos, dados sedimentométricos; dados de geometria fluvial, áreas assoreadas do reservatório.

Mapas Derivados do Material: 8.3 - 6 – Morfologia Antropogênia em Fase de Intervenção Ativa; 8.4 - 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

Resultados Obtidos do Material: Quadro 8.3 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa; Quadro 8.4 - 1 – Aplicação dos Geoindicadores de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

7.3 Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo

Conforme apontado no item 6.5, a metodologia de Avaliação Ambiental Integrada prevê a necessidade de se investigar as propriedades que os sistemas naturais tem de reagir, por meio da alteração de seu estado de qualidade ao serem afetados por alguma ação humana. Para a avaliação dessa reação, três fatores são essenciais: a avaliação das sensibilidades ambientais, por meio da valoração das sensibilidades intrínsecas que cada componente do sistema ambiental tem em relação a sua própria organização interna, a avaliação os impactos ambientais positivos ou negativos e as fragilidades ambientais resultantes da interação de um dado impacto sobre a sensibilidade existente de um dado componente ambiental.

A avaliação completa das sensibilidades ambientais de uma determinada área envolveria a avaliação de todos os componentes ambientais (meio físico, biótico e socioeconômico), alertando-se, no entanto, que o presente trabalho, por seus objetivos, pretende-se apenas uma avaliação do componente ambiental meio físico, já bastante complexo em relação às suas variáveis.

Para a avaliação das sensibilidades ambientais do meio físico na área de estudo foram definidos dois indicadores, conforme a **Tabela 7.3 - 1**:

Tabela 7.3 1 – Pesos e Graus atribuídos aos Indicadores utilizados na Avaliação de Sensibilidade Ambiental do Meio Físico na Área de Estudo.

Tema Síntese	Indicador de Sensibilidade Ambiental	Peso	Variáveis do Indicador
Meio Físico	Geologia – ISA1	0,50	Sismos Naturais e Falhas Geológicas de Movimentação Recente
			Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos
			Recursos Minerais
			Hidrogeologia
			Geomorfologia
	Processos Erosivos – ISA2	0,50	Erodibilidade
			Erosividade
			Grau de Proteção da Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Elaborado por: ALVES FILHO (2016)

O indicador Geologia é composto de 05 variáveis, enquanto que o indicador processos erosivos apresenta duas variáveis. A seleção das variáveis levou em consideração os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso da terra, descritos ao longo dos itens 5.2, 5.3, 5.5, 5.6 e 5.7 da presente dissertação. Cabe ressaltar que as variáveis elencadas para a análise de sensibilidade foram consolidadas ao longo de uma série de avaliações ambientais integradas levadas a cabo pela Empresa de Pesquisas Energéticas (E.P.E), autarquia federal responsável pelo planejamento do setor elétrico nacional.

A partir de 2004, esta empresa se tornou responsável pelo planejamento e encaminhamento dos leilões para contratação de energia elétrica, levando-se em consideração os cenários de expansão da economia e aumento da demanda por consumo de energia elétrica. Dentro do planejamento elétrico levado a cabo pela E.P.E está a definição dos empreendimentos hidrelétricos a serem leiloados e consequentemente licenciados, como também, a tarefa de contratação de estudos de inventários hidrelétricos.

Os inventários hidrelétricos são parte integrante do Sistema de Inventário Hidrelétrico (SINV), originado no Brasil durante a década de 1960, quando da formação dos primeiros quadros técnicos federais que começaram a promover de maneira sistemática o inventariamento dos recursos hidroenergéticos brasileiros. No entanto, a introdução de variáveis ambientais nos estudos de viabilidade de empreendimentos hidrelétricos só foram introduzidos junto com a consolidação da legislação ambiental brasileira, no final da década de 1980.

A consolidação de uma metodologia para o levantamento do potencial hidroenergético e sistematização de um banco de dados com o potencial hidrelétrico brasileiro só ocorreu no

final da década de 1990, com a publicação da primeira versão do manual do inventário hidrelétrico pelo Ministério de Minas e Energia. A avaliação das variáveis ambientais nessa primeira versão ficou restrita apenas às ferramentas já usuais de avaliação de impacto ambiental, utilizadas no processo de licenciamento ambiental brasileiro.

A partir de 2007, o Manual do Inventário Hidrelétrico sofre uma revisão, incorporando inovações do próprio setor energético, por meio da adoção de ferramentas computacionais para a seleção de partições de queda de aproveitamentos hidrelétricos, que levaram em consideração a avaliação econômico-energética e ambiental. A partir da sistematização dessa ferramenta de seleção dos aproveitamentos energéticos a serem destinados ao licenciamento ambiental, a avaliação da viabilidade ambiental dos mesmos passou por uma revisão, em virtude da necessidade do cálculo de índices ambientais para alimentação do sistema SINV.

As metodologias de avaliação de impacto ambiental, geralmente qualitativas, tiveram que ser revistas para se adaptar ao sistema SINV, adotando, portanto, um aspecto valorativo/quantitativo. De forma também a se evitar possíveis complicações no processo de licenciamento ambiental dos aproveitamentos hidrelétricos, as avaliações de viabilidade, ao invés de fazerem um diagnóstico e prognóstico mais simplificado das características das regiões de influência dos aproveitamentos, passaram a se pautar por análises mais aprofundadas de avaliação, inclusive antecipando ferramentas de avaliação de impactos ambientais.

A avaliação das sensibilidades ambientais para um dado componente síntese, conforme já mencionadono item 6.5, leva à necessidade de indicação de variáveis e definição de graus de sensibilidade

Para as variáveis que apresentam os mesmos pesos entre si, isso se deveu por não ter se identificado discrepâncias tão significativas das sensibilidades entre as mesmas.

A **Tabela 7.3 - 2** a seguir apresenta as variáveis que compõem os indicadores selecionados para a avaliação da sensibilidade do meio físico na área de estudo.

Tabela 7.3 2 – Pesos e Graus atribuídos às Variáveis que compõem os indicadores de avaliação do Componente Meio Físico na Área de Estudo.

Variável	Peso	Fonte	Grau	Categoria
Sismos Naturais e Falhas Geológicas de Movimentação Recente	0,15	Mapa de Sismos Naturais do Estado de São Paulo e Geologia Estrutural (CPRM, 2007).	1	Áreas Fora do Buffer de Intensidade de Sismos Naturais de Intensidade 5 (20 km) e 6 (50 km) e Fora do Buffer de 2,5 km de Zona de Cisalhamento Compressional
			2	Áreas de Sedimentos Quaternários situados dentro do Buffer de 20 km de Sismos de Intensidade 5 e do Buffer de 50 km dos Sismos de Intensidade 6
			3	Área na Faixa do Buffer de 20 km de Sismos de Intensidade 5
			4	Área na Faixa do Buffer de 50 km dos Sismos de Intensidade 6
			5	N.A.
Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos	0,20	Mapa Geológico do CPRM.	1	Paragnaisses, Biotita-Gnaiss e Xisto
			2	N.A.
			3	Migmatito Estromático, Albita-Anatexisto, Tonalito-Gnaiss e Granito-Gnaiss
			4	Charnokito, Jotunito, Granito, Quartzito-Sienito, Mangerito e Norito
			5	N.A.

Variável	Peso	Fonte	Grau	Categoria
Recursos Minerais	0,30	Títulos Minerários DNPM (2016).	1	Área Sem Ocorrência de Títulos Minerários
			2	N.A.
			3	N.A.
			4	Granito para Brita
			5	Areia
Hidrogeologia	0,15	CPRM (2007).	1	Domínio Cristalino
			2	N.A.
			3	N.A.
			4	N.A.
			5	N.A.

Variável	Peso	Fonte	Grau	Categoria
Geomorfologia	0,20	Mapa 5.3 - 3 – Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo	1	Terraços e Planície Fluvial.
			2	Colinas Pequenas.
			3	Morrotes, Morrotes e Colinas Pequenas.
			4	Morrotes e Morros.
			5	Morros, Morros e Montanhas.
Erodibilidade	0,25	EIA-RIMA PCH Rio do Peixe II.	1	Associação Gleissolos - Neossolos Flúvicos
			2	Latossolos Vermelho-Amarelo
			3	N.A.
			4	Argissolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos
			5	Associação Cambissolos – Neossolos Litólicos, Neossolos Litólicos

Variável	Peso	Fonte	Grau	Categoria
Erosividade	0,25	Agência Nacional das Águas (ANA, 2008)	1	R entre 9,6 e 9,8
			2	R entre 9,8 e 10
			3	R entre 10,0 e 10,2
			4	R entre 10,2 e 10,4
			5	N.A.
Grau de Proteção da Cobertura Vegetal e Uso da Terra	0,50	Imagens Geoeye e Arbus (Google Earth) com resolução espacial de 50 cm..	1	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
			2	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio, Inicial e Pioneiro de Regeneração, Reflorestamento.
			3	Núcleos Rurais, Núcleos Rurais com Arvoredo.
			4	Vegetação Higrófila Herbácea, Vegetação Herbácea, Área de Corte com Vegetação, Área de Aterro com Vegetação

Variável	Peso	Fonte	Grau	Categoria
			5	Área de Corte com Solo Exposto, Área de Aterro com Solo Exposto, Estrada Sem Pavimento, Agricultura Temporária (Cana-de-Açúcar, Horticultura), Agricultura Permanente (Café)

Elaborado por: ALVES FILHO (2016)

A variável Sismos Naturais e Falhas Geológicas de Movimentação Recente foi selecionada para a avaliação do indicador Geologia em virtude da existência de zona de cisalhamento compressional na área de estudo, um passado de vulcanismo alcalino, como também, do registro de sismos registrados junto ao Mapa de Sismos Naturais do estado de São Paulo, elaborado a partir dos registros do Observatório Sismológico Nacional, da Universidade de Brasília.

Foram selecionados apenas os pontos com sismos de intensidade 4 e 5, os mais intensos na faixa leste do estado de São Paulo e em seguida, definiu-se duas faixas de propagação, por meio de buffers de 20 e 50 km a partir do ponto de registro do sismo. Estas distancias foram definidas de acordo com os efeitos de propagação em razão da intensidade dos sismos, contidos no encarte da publicação do Mapa de Sismos Naturais do estado de São Paulo.

Os riscos de reverberação dos sismos naturais em áreas de com presença de falhas geológicas está associadas a descontinuidade representada pelos falhamentos e o contato deste com terrenos sedimentares, cujos níveis de estratificação são bons meios propagadores de ondas e passíveis, portanto, de reverberar os efeitos sismogênicos.

De forma a avaliar esse efeito na falha de cisalhamento compressional existente na área de estudo, definiu-se por meio do software ArcGis 10.2 um buffer de 2,5 km para cada lado destes falhamentos. Após a preparação dos arquivos *shapefile* contendo as respectivas informações, os mesmos foram combinados por meio de análise espacial de intersecção, definindo-se os cruzamentos de acordo com as categorias de sensibilidade apresentadas na Tabela 7.3 - 2.

Quando não se observou intersecção entre áreas de sismos naturais com as área de influencia definida para a falha de cisalhamento compressional para a área de estudo, definiu-se o grau de sensibilidade como muito baixo (1). Quando se observou intersecção de áreas de sedimentos aluviais da área de estudo com as faixas de sismos de intensidade 5 e 6, definiu-se o grau de sensibilidade como baixo (2). Quando se observou o avanço da faixa de 20 km dos sismos naturais de intensidade 5 dentro da área de estudo, definiu-se um grau de sensibilidade médio (3). Na observação da intersecção da área de estudo com a faixa de sismos de intensidade 6 (faixa de 50 km), definiu-se grau de sensibilidade alto (4). Não se observaram sobreposições entre as faixas de 20 e 50 km (sismos de intensidade 5 e 6) dentro da área de estudo, o que não permitiu a definição de áreas de sensibilidade muito alta.

Após o preenchimento do banco de dados do arquivo *shapefile* com todas as categorias relativas à variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente, promoveu-se a multiplicação entre grau das categorias e o peso da variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente (**Mapa 8.1 - 1**), apresentado mais adiante.

A variável Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos defini os graus de sensibilidade que os diferentes litotipos apresentam em relação aos processos erosivos. Definiu-se grau de sensibilidade muito baixo (1) para as rochas cristalinas de estrutura maciça, mais resistentes, portanto ao intemperismo (Paragnaisses, Biotita-Gnaiss e Xistos), grau de sensibilidade médio (3) para rochas cristalinas com injeções de minerais ou recristalizações, as quais representam pontos preferenciais de ataque do intemperismo em virtude das diferentes resistências dos minerais (Migmatito Estromático², Albita-Anatexisto, Tonalito-Gnaiss e Granito-Gnaiss), e por fim, grau 4 (alto) para rochas cristalinas ricas em minerais com fraturas obliquas, mais propícias ao ataque do intemperismo (Charnokito, Jotunito, Granito, Quartzo-Sienito, Mangerito e Norito). Após o preenchimento dos graus de sensibilidade, multiplicou-se os mesmos pelo peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos (**Mapa 8.1 - 2**).

Em relação à variável Recursos Minerais, o banco de dados dos títulos dos processos minerários levantados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) acusa para a área de estudo a existência de exploração de granito para brita e areia. A partir do download do arquivo *shapefile* com os títulos minerários do estado de São Paulo, procedeu-se ao recorte dos mesmos para a área de estudo, preenchendo-se o banco de dados de acordo com os graus de sensibilidade definidos na Tabela 7.3 - 2. Em virtude da capacidade de descaracterização das planícies fluviais, definiu-se para os polígonos com produção de areia grau de sensibilidade muito alto (5) e para as áreas de exploração de granito para brita, grau de sensibilidade alto (4), sobretudo ao se levar em consideração a existência de falhamentos na área de estudo e rochas graníticas com fraturas obliquas. Após o preenchimento dos graus de sensibilidade, multiplicou-se os mesmos pelo peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Recursos Minerais (**Mapa 8.1 - 3**).

² São caracterizados como migmatitos estromáticos aqueles que sofreram injeções de magma externo ao longo dos planos de foliação, constituindo uma estrutura estromática ou acamada.

Na avaliação dos graus de sensibilidade da Variável Hidrogeologia, o banco de dados elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para os domínios hidrogeológico brasileiros revelou para a área de estudo apenas uma unidade aquífera, referente aos aquíferos do Domínio Cristalino. Em virtude do armazenamento da água nas fraturas das rochas cristalinas, esse tipo de aquífero é pouco susceptível à contaminação, e por isso, foi classificado como de sensibilidade muito baixa (1). Após o download do arquivo *shapefile* do CPRM, recortou-se o limite das unidades aquíferas para a área de estudo e depois promoveu-se o preenchimento do banco de dados, conforme os graus de sensibilidade definidos na Tabela 7.3.2. Após o preenchimento dos graus de sensibilidade, multiplicou-se os mesmos pelo peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Hidrogeologia (**Mapa 8.1 - 4**).

A avaliação dos graus de sensibilidade da variável Geomorfologia utilizou como fonte de informações o Mapa 5.3 - 3 Unidades Geomorfológicas na Área de Estudo. A definição dos graus de sensibilidade para a presente variável levou em consideração a posição altimétrica, declividades, substrato rochoso e solos que compõem as unidades geomorfológicas encontradas, o que motivou a atribuição da sensibilidade muito baixa (1) para as áreas de planícies e terraços, e no outro extremo, grau de sensibilidade muito alto (5), para as áreas de morros e montanhas (Tabela 7.3 - 2), onde as declividades e altitudes acentuadas, associadas à cobertura pedológica pouco coesa e risco de potencialização de processos erosivos, como queda de blocos de granito, sobretudo nas frentes de erosão das rochas cristalinas, potencializam os efeitos de uma série de movimentos de massa. Após o preenchimento dos graus de sensibilidade, multiplicou-se os mesmos pelo peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Geomorfologia (**Mapa 8.1 - 5**).

A partir da intersecção espacial entre os Mapas 8.1 - 1, 8.1 - 2, 8.1 - 3 e 8.1 - 4, atribuiu-se peso de 0,2 para todas as variáveis, chegando-se ao **Mapa 8.1 - 6** – Sensibilidade do Indicador Geologia. Após a inserção do peso de 0,2 em coluna criada dentro do banco de dados originado pela união dos arquivos *shapefile* dos mapas mencionados, multiplicou-se as sensibilidades parciais das variável pelo peso, obtendo-se o valor da sensibilidade do indicador em questão.

A primeira variável elencada para o Indicador Processos Erosivos, Erodibilidade, foi retirada do Mapa de Solos da Área de Influência Direta (AID) da PCH Rio do Peixe II, elaborado para o EIA-RIMA do referido empreendimento pela CEMA (1993), recortando-se o referido mapeamento para a área de estudo. A definição dos graus de sensibilidade para as classes

de solo foi definido levando-se em consideração os aspectos texturais, posição no relevo e o grau de desenvolvimento dos mesmos, o que permitiu classificar a Associação Gleissolos – Neossolos Flúvicos como de sensibilidade muito baixa (1) à erodibilidade, em virtude de sua posição no relevo, e, em contraposição, sensibilidade muito alta (5) para a associação Cambissolos – Neossolos Litólicos e para os Neossolos Litólicos, reconhecidamente pouco desenvolvidos e situados nas porções mais declivosas do relevo (Tabela 7.3 - 2). Após o preenchimento dos graus de sensibilidade, multiplicou-se os mesmos pelo peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Erodibilidade (**Mapa 8.1 - 7**).

Para o cálculo da variável erosividade, levou-se em consideração os efeitos da chuva na erosão dos solos, obtidas por meio do fator R da Equação Universal da Perda de Solos (SOARES FILHO; CARMO; NOGUEIRA, 1998) que mede o efeito da energia cinética causada pelas chuvas. O fator R é dado pela equação proposta por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980), definida por $R = 6,866.(p^2/P)^{0,85}$, onde p = a precipitação média mensal e P é igual a precipitação média anual.

Para a região de estudo foram encontrados quatro postos do DAEE: C3-013, C3-028, C3-029 e C3-035. As séries históricas de cada um desses postos foram consistidas, sendo calculadas as médias das precipitações mensais e anuais de cada posto. Na sequência, aplicou-se a Equação do Fator R da Equação Universal de Perda de Solos, encontrando-se valores de erosividade para cada um dos postos. Os valores encontrados, conforme a tabela 7.3 - 2 situaram-se entre 10,4 e 9,8, permitindo, portanto, a definição das quatro classes de valores de erosividade.

Para espacializar essas classes, utilizou-se o software ArcGis 10.2, mais especificamente seu módulo de Análise Espacial, escolhendo-se como modelo de interpolação, o de *krigagem*. A partir do arquivo *shapefile* com os pontos dos postos do DAEE, inseriu-se uma coluna com os valores de erosividade calculados, procedendo-se depois à geração da superfície de valores de erosividade, encontrando-se, para a área de estudo, duas isolinhas de valores, uma primeira, situada na faixa dos 409,1 mm e outra, na faixa dos 478,4 mm.

A faixa de valores geradas pelo método de krigagem é feita pelo modelo raster, o que motivou sua conversão em formato vetorial para a futura combinação com as variáveis erodibilidade e grau de proteção da cobertura vegetal e uso da terra, em virtude da necessidade de geração do mapa do Indicador Processos Erosivos. Após a conversão das isolinhas de erosividade em formato vetorial, multiplicou-se os graus de sensibilidade

definidos para os diferentes intervalos de erosividade pelo peso da variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Erosividade (**Mapa 8.1 - 8**)

Já a última variável selecionada para o indicador Processos Erosivos foi a de Grau de Proteção da Cobertura Vegetal e Uso da Terra, retirada do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra da Área de Influência Direta (AID) da PCH Rio do Peixe II, elaborado para o EIA-RIMA do referido empreendimento pela CEMA (1993). O presente mapeamento representa, portanto, a fase de intervenção ativa da PCH Rio do Peixe II, condizente, portanto, como o estágio de ocupação do uso da terra no período de implantação da PCH Rio do Peixe II. Após o recorte da figura para área de estudo, promoveu-se o preenchimento do banco de dados da cobertura vegetal e uso da terra, levando-se em consideração o grau de cobertura do solo promovido pelos diferentes usos, conforme pode ser observado na Tabela 7.3 - 2. Após o preenchimento dos graus de sensibilidade referente às coberturas vegetais e usos da terra, promoveu-se a multiplicação desses graus com o peso definido para a variável, obtendo-se o Mapa de Sensibilidade da Variável Cobertura Vegetal e Uso da Terra (**Mapa 8.1 - 9**).

A intersecção espacial entre as variáveis Erodibilidade, Erosividade e Cobertura Vegetal e Uso da Terra permitiu a inserção de uma nova coluna no banco de dados para a inserção do peso representativo para a análise em conjunto entre as três variáveis, para o qual se definiu os valores de 0,25 para erodibilidade, 0,25 para erosividade e 0,50 para o grau de proteção da cobertura vegetal e uso da terra. Após a inserção dos pesos, multiplicou-se as sensibilidades parciais das três variáveis em questão pelos seus respectivos pesos, obtendo-se a sensibilidade final do Processos Erosivos, apresentada no **Mapa 8.1 - 10 – Sensibilidade do Indicador Processos Erosivos**.

Quando se observa a Tabela 7.3 - 2, nota-se na distribuição dos pesos das variáveis relativas ao indicador Geologia, maior peso para a variável Recursos Minerais (0,4), em virtude do efeito desmantelador das planícies fluviais e áreas de maior declividade.

Na sequência, com peso de 0,3, aparece a variável Áreas Suscetíveis à Instabilização de Maciços Rochosos, na qual se aponta o risco trazido em relação às rochas cristalinas com alto grau de fraturamento, responsável por processos erosivos como quedas de bloco e movimentos de massa.

Com peso de 0,25, aparece a variável Geomorfologia, em virtude de apresentar alguns compartimentos com considerável grau de sensibilidade ao meio físico, como áreas de morros e montanhas.

Por fim, com os menores pesos atribuídos em relação ao indicador Geologia, aparecem as variáveis Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente (peso de 0,2) e Hidrogeologia (peso 0,1), as quais apresentam pouca expressão territorial na área de estudo, como no primeiro caso, ou em virtude da natureza litológica, apresenta pouca sensibilidade à contaminação de águas subterrâneas, como no segundo caso.

A somatória entre os pesos das variáveis do indicador Geologia dá 1,0, mesmo valor da somatória das variáveis do indicador processos erosivos, de forma a permitir a combinação entre as variáveis para a elaboração do Mapa Síntese de Sensibilidade do Meio Físico na Área de Estudo. Para as duas variáveis em questão, conforme Tabela 7.3 - 1, definiu-se pesos iguais de 0,5.

A justificativa para se atribuir o mesmo peso para os indicadores Geologia e Processos Erosivos se deveu às características ambientais da área de estudo, na qual os atributos geológicos e de cobertura contribuem de maneiras iguais para compreender o quadro ambiental do meio físico.

Para compor o Mapa Síntese de Sensibilidade do Meio Físico na Área de Estudo (**Mapa 8.1 - 11**), uniu-se por intersecção espacial os mapas 8.1 - 6 e 8.1 - 9, criando-se uma nova coluna para a inserção dos pesos entre as variáveis. Adicionalmente, criou-se uma coluna para a inserção da sensibilidade final, obtendo-se o presente indicie, pela multiplicação dos valores de sensibilidade de cada um dos indicadores com os pesos definidos para ambos.

Para a análise dos impactos ambientais negativos no meio físico, conforme apontado no item 6.5, a metodologia do Manual do Inventário Hidrelétrico, em seu capítulo sobre Avaliação Ambiental Integrada de Aproveitamentos Hidrelétricos destaca que a avaliação dos impactos é obtida através da multiplicação dos valores de significância, intensidade e abrangência de impactos, obtendo-se pela soma dos produtos o impacto final normalizado de determinado componente ambiental.

A matriz de avaliação de impactos utilizada é do tipo de interação, a partir de um controle bidimensional que relaciona fatores ambientais com ações impactantes. A matriz de *Leopold et. al.* (1971) é uma das matrizes de interação mais conhecidas mundialmente e amplamente aplicada no Brasil, sendo inclusive adotada na Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos constante no Manual do Inventário Hidrelétrico do Sistema Eletrobrás.

A Matriz de *Leopold* está baseada numa lista com mais de 100 ações impactantes divididas em 88 fatores ambientais, distribuídas em três componentes ambientais (Meio Físico, Meio

Biótico e Meio Socioeconômico). Para a presente dissertação será feita avaliação ambiental apenas do componente ambiental Meio Físico. Para o preenchimento da matriz, é necessário primeiro realizar todas as combinações possíveis entre ações impactantes e fatores ambientais, obtendo-se como resultados, os impactos ambientais a serem mapeados.

A partir desse momento, a matriz de *Leopold* utilizada na Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos se difere um pouco em relação à Matriz de *Leopold* utilizada em diversas avaliações de impactos contidas em Estudos de Impacto Ambiental. Na segunda, o preenchimento dos valores de significância, intensidade e abrangência segue apenas parâmetros qualitativos, elencando-se no final, medidas mitigadoras e corretivas dos impactos assinalados, os quais serão posteriormente detalhados no Projeto Básico Ambiental. Na matriz de *Leopold* utilizada nas Avaliações Ambientais Integradas, os valores de entrada na matriz são completamente quantitativos, obtendo-se o valor final dos impactos pelo multiplicação entre significância, intensidade e abrangência.

Enquanto que o aferimento dos valores de significância é relativamente objetivo, a atribuição de valores é subjetiva, em razão da atribuição de peso relativo em relação ao fator ambiental afetado pelo projeto de determinado empreendimento. Ressalta-se também, que pela não utilização do princípio da exclusão, como também pelo fato de não se relacionar os fatores ambientais em relação aos seus efeitos finais, os impactos ambientais levantados podem aparecer em duplicidade (TOMMASI, 1994; MOTA & AQUINO, 2002).

Outras críticas tecidas à metodologia são relativas à sua baixa eficiência na avaliação de impactos indiretos e a não representação das características temporais e dinâmicas dos sistemas e componentes ambientais representados. Como aspectos positivos, a diferenciação entre componentes ambientais, fatores ambientais e ações impactantes torna de fácil compreensão para o público as diferentes etapas de interferência da obra em um dado sítio biofísico e seus impactos nas comunidades e assentamentos lindeiros, como também consegue incorporar parâmetros qualitativos e quantitativos de maneira direta. Outro aspecto positivo é que se consegue enxergar com clareza as ações necessárias para remediação dos impactos, assim com os estudos que serão necessários para a realização dessas tarefas, permitindo inclusive enxergar quais parâmetros devem ser acompanhados diretamente ao longo de todo o tempo de vida útil do empreendimento (TOMMASI, 1994; MOTA & AQUINO, 2002).

Mesmo ao se levar em consideração as limitações da metodologia de avaliação de impactos mencionada, assim como as diferenciações entre a abordagem quantitativa utilizada na

Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos do Sistema Eletrobrás e a abordagem qualitativa utilizada na maioria dos Estudos de Impacto Ambiental, para efeitos de comparação entre as metodologias de Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos com a Metodologia de Avaliação por meio dos Geoindicadores, manteve-se os preceitos metodológicos integrais contidos em ambas as metodologias. Além do mais, o pioneiro trabalho de RUBIO (2008) ao comparar uma série de matrizes de avaliação de impacto do meio físico de empreendimentos hidrelétricos ao longo do rio Paranapanema e ao propor uma lista de geoindicadores a partir dos mesmos, o fez a partir da consideração integral das matrizes de Leopold analisadas.

A única adaptação realizada na presente dissertação de mestrado em relação aos apontamentos metodológicos de RUBIO (2008) deve-se ao fato de se utilizar a abordagem quantitativa para compor a Matriz de *Leopold* referente às PCHs Rio do Peixe I e II, tornando, portanto, aderente o princípio de avaliação de impactos das Avaliações Ambientais Integradas do sistema elétrico nacional com as metodologias utilizadas no licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos, fazendo a direta relação com os geoindicadores correspondentes aos impactos analisados.

A **Tabela 7.3 - 3** abaixo apresenta a Matriz de *Leopold* elaborada para o presente estudo:

Tabela 7.3 3 – Qualificação e Quantificação dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico identificados para a Área Diretamente Afetada (ADA) das PCHs Rio do Peixe I e II (área de estudo).

Ações Impactantes	Componente Ambiental Meio Físico																					
A1. Fase de Planejamento	Impacto	Incidência	V	Distributividade	V	Tempo de Incidência	V	Prazo de Permanência	V	Probabilidade	V	Magnitude	Sinergia	V	Reversibilidade	V	Relevância	V	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A1. Fase de Planejamento																						
A.1.02 - Divulgação Prévia																						
A2. Fase de Construção																						
A.2.01 - Mobilização de Obra																						
A.2.02 - Aquisição de Terras (negociações e indenizações)																						
A.2.03 - Remanejamento de população residente																						
A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de intervenção direta (estruturas permanentes, canteiros de obra)																						
A.2.05 - Limpeza e desmatamento das áreas de bota-fora																						
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras																						
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)																						
A.2.08 - Exploração de areia e cascalho																						
A.2.09 - Manejo dos bota-foras																						

Ações Impactantes	Componente Ambiental Meio Físico																					
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	Impacto	Incidência	V	Distributividade	V	Tempo de Incidência	V	Prazo de Permanência	V	Probabilidade	V	Magnitude	Sinergia	V	Reversibilidade	V	Relevância	V	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes																						
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia																						
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe																						
A.2.14 - Construção de acessos internos às obras																						
A.2.15 - Transporte de solo, areia e cascalho até as frentes e canteiros de obras																						
A.2.16 - Operação do canteiro de obras																						
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio																						
A.2.18 - Escavações obrigatórias																						
A.2.19 - Transporte dos materiais escavados																						
A.2.20 - Injeções de impermeabilizaçã o																						

Ações Impactantes	Componente Ambiental Meio Físico																					
A.2.21 - Implantação das estruturas de concreto	Impacto	Incidência	V	Distributividade	V	Tempo de Incidência	V	Prazo de Permanência	V	Probabilidade	V	Magnitude	Sinergia	V	Reversibilidade	V	Relevância	V	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro																						
A.2.23 - Drenagem sub-superficial das estruturas de concreto																						
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga																						
A.2.25 - Drenagem, bombeamento e ensecamento da área entre as ensecadeiras de montante e jusante																						
A.2.26 - Proteções superficiais das barragens																						
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras																						
A.2.28 - Montagem eletromecânica																						
A.2.29 - Execução de obras civis complementares																						
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação																						
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais																						
A.2.32 - Enchimento do reservatório																						

Ações Impactantes	Componente Ambiental Meio Físico																					
A.2.33 - Testes pré-operacionais	Impacto	Incidência	V *	Distributividade	V *	Tempo de Incidência	V *	Prazo de Permanência	V *	Probabilidade	V *	Magnitude	Sinergia	V *	Reversibilidade	V *	Relevância	V *	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras																						
A3. Fase de Operação																						
A.3.01 - Operação da PCH Rio do Peixe																						
A.3.02 - Manutenção preventiva e conservação de rotina																						
A.3.03 - Manutenção Corretiva																						
A4. Fase de Desativação																						
A.4.01 - Esvaziamento do Reservatório																						
A.4.02 - Remoção da Barragem, Vertedouro, Canal de Fuga, Casa de Força e demais obras civis																						
A.4.03 - Revegetação e Remediação de Passivos Ambientais na área diretamente afetada pelo empreendimento																						

V* = Valor

Elaborado por: ALVES FILHO (2016)

A planilha acima, apresenta em sua primeira coluna as ações impactantes relativas à implantação de empreendimentos hidrelétricos, considerando a fase de planejamento, construção, operação e desativação. Para cada ação impactante, relativa a qualquer evento construtivo do empreendimento segue-se de um impacto relativo a algum componente ambiental, como por exemplo, os recursos hídricos superficiais, os recursos hídricos subterrâneos, relevos e solos, clima e qualidade do ar e patrimônio paleontológico. Em virtude do cruzamento obrigatório entre ação impactante e impacto, há repetição de um mesmo impacto ao longo das diversas ações impactantes.

Na sequência é preenchida a incidência do impacto, que pode ser indireto, admitindo-se o valor 1 e direto, admitindo-se valor 2. A distributividade tem haver com a escala de abrangência do impacto, que pode ser regional, admitindo-se valor 1 e local, admitindo-se valor 2. O tempo de incidência tem a ver com o tempo esperado para a manifestação do impacto, podendo ser mediato, admitindo-se valor 1 e imediato, admitindo-se valor 2. Já o prazo de permanência traduz o tempo total esperado de duração do impacto, podendo ser temporário, quando se admite valor 1 e permanente, quando se admite valor 3. A probabilidade refere-se ao grau de certeza esperado para a manifestação dos impactos, admitindo-se valor 1 para impactos pouco prováveis de manifestação, valor 2 para impactos prováveis de manifestação e valor 3 para impactos com probabilidade certa de manifestação.

Já a magnitude é determinada pela soma dos valores de incidência, distributividade, tempo de incidência, prazo de permanência e probabilidade. Na sequência, são preenchidos os valores para sinergia, a qual avalia a possibilidade dos efeitos de um determinado impacto se associar a outro, resultando em um novo efeito dentro de um determinado sistema ambiental analisado. Os valores de sinergia admitem valor 3 para sinergia maior de um impacto e valor 1 para sinergia menor de um determinado impacto. A Reversibilidade indica a possibilidade dos efeitos negativos de determinado impacto serem revertidos, retornando a condição inicial antes da manifestação do impacto, admitindo-se valor 1 para impactos reversíveis e valor 3 para impactos irreversíveis. A Relevância avalia o grau de representatividade de um determinado impacto em relação aos demais impactos avaliados, como também sua representatividade em relação aos efeitos que o mesmo tem em relação ao sistema ambiental analisado. Admiti-se valor 1 para relevância muito pequena, valor 2 para relevância pequena, valor 3 para relevância média, valor 4 para relevância grande e valor 5 para relevância muito grande.

A importância do impacto é medida pela somatória entre sinergia, reversibilidade e importância. O sentido de um determinado impacto revela sua natureza para o sistema ambiental analisado, podendo ser positivo, quando se admite valor 1 e negativo, quando se admite valor -1. O valor final de um determinado impacto é obtido pela multiplicação entre magnitude, importância e sentido.

Cabe ressaltar que para haver a combinação dos valores de impacto com as análises de sensibilidade, é necessário normalizar os impactos em intervalos de 1 a 5, conforme o indicado na **Tabela 8.1 - 1** mostrada posteriormente.

Após o preenchimento da matriz de quantificação e qualificação dos impactos definidos para a área de estudo, foram definidas as áreas de abrangência para cada um dos impactos, levando-se em consideração as indicações da metodologia de Avaliação Ambiental Integrada do Manual do Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas. As áreas de abrangência são apresentadas no **Quadro 7.3 - 1**, a seguir.

Quadro 7.3 1 – Áreas de Abrangencia dos Impactos Ambientais Potenciais Negativos no Meio Físico na Área de Estudo.

Lista de Impactos no Meio Físico	
	3.07 - Possibilidade da expansividade de solos e rochas das fundações.
<u>1. Recursos Hídricos Superficiais</u>	3.08 - Perda temporária de umidade local decorrente da supressão da vegetação.
	3.09 - Potencialização da colapsividade dos solos com risco de ocorrência de abatimentos nos terrenos.
1.01 - Retenção de Sedimentos e Alterações na Geometria Fluvial a jusante do barramento.	3.10 - Aumento da sismicidade potencial na região do empreendimento.
1.02 - Formação de ambiente lântico e alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas superficiais na fase de operação	3.11 - Alteração das condições de umidade em razão do aumento da massa d'água local.
1.03 - Assoreamento de remansos e confluências	3.12 - Aumento da capacidade erosiva nas margens do reservatório por embate de ondas e elevação do nível do freático.
1.04 - Alteração do regime de vazão das águas a jusante e a montante em decorrência da instalação de ensecadeiras.	3.13 - Alteração do grau de criticidade e de ocorrência de processos gravitacionais de massa nas margens do reservatório.
1.05 - Aumento da velocidade e da vazão do curso d'água em razão da supressão da vegetação.	3.14 - Erosão de depósitos de sedimentos formados no leito do reservatório.
1.06 - Possibilidade do aumento da turbidez da água durante o período de execução das obras civis e da limpeza da bacia de acumulação.	3.15 - Aumento da susceptibilidade a processos gravitacionais de massa em ambientes anteriormente submersos.
1.07 - Possibilidade do aumento no aporte de sedimento dos cursos d'água em decorrência das atividades das obras e da implantação das estruturas de apoio.	3.16 - Alteração da qualidade dos solos na área do antigo reservatório e no seu entorno.
1.08 - Aumento da capacidade erosiva dos cursos d'água a jusante durante o enchimento do reservatório.	3.17 - Recalques diferenciais na barragem.
1.09 - Diminuição da vazão do curso d'água a jusante.	3.18 - Deslizamento de taludes na barragem.
1.10 - Diminuição da turbidez da água pela retenção de sedimentos no reservatório.	3.19 - Galgamento (overtopping).
1.11 - Alteração do processo de transporte de sedimentos à jusante da barragem	3.20 - Fissuramento
1.12 - Variação periódica do nível d'água a jusante da barragem.	3.21 - Degradação da paisagem pela execução de movimentos de terra e rocha e formação do reservatório.
1.13 - Alteração da qualidade de água no reservatório pela presença de depósitos de bota-foras, matéria orgânica, estéreis de mineração e da inundação de estruturas danificadas.	3.22 - Degradação da paisagem pela operação da usina.
1.14 - Intensificação de processos de assoreamento na área do reservatório.	3.23 - Esterelização prematura de jazidas em exploração.
1.15 - Alteração do controle das vazões em cursos d'água tributários devido à formação de depósitos em suas desembocaduras.	3.24 - Formação e Perenização de Áreas Úmidas e Alagadas
1.16 - Estratificação térmica das águas do reservatório.	<u>3. Relevos e Solos</u>
1.17 - Piora da qualidade de água a jusante do reservatório em virtude da liberação de água degradada com o esvaziamento do reservatório.	3.01 - Áreas com Exposição de Topo Rochoso
1.18 - Alteração da qualidade de água pelo depósito de sedimentos do reservatório com características físico-químicas diferentes dos terrenos originais.	3.02 - Área das Estruturas Civas da Usina + Áreas de Apoio
1.19 - Imposição de restrições à operação de usinas a jusante pela alteração da qualidade de água ou pelo volume de sedimentos transportado.	3.03 - Área do Reservatório + Área das Estruturas Civas da Usina + Áreas de Apoio
<u>2. Recursos Hídricos Subterrâneos</u>	3.04 - Área das Estruturas Civas da Usina + Áreas de Apoio
2.01 - Aumento da vazão em poços tubulares profundos.	3.05 - Áreas com declividades superiores a 15% em áreas de neossolos Litólicos e argissolos sobre as vertentes que circundam o reservatório
2.02 - Alteração das condições de escoamento subterrâneo nas imediações do eixo da barragem.	3.06 - Área do Conduto Forçado e Canal de Adução
2.03 - Indução à ocorrência de processos associados à rede de drenagem de subsuperfície (<i>piping</i> e outros processos).	3.07 - Área das Estruturas Civas da Usina + Áreas de Apoio
2.04 - Rebaixamento do nível d'água de subsuperfície pela redução da capacidade de infiltração de água no solo em decorrência da supressão da vegetação.	3.08 - Áreas com Vegetação Suprimida
2.05 - Diminuição do escoamento de base do aquífero para os cursos d'água.	3.09 - Área das Estruturas Civas da Usina + Áreas de Apoio
2.06 – Alteração do Balanço Hídrico na Bacia Hidrográfica	3.10 - Área da Bacia Hidrográfica
2.07 – Aumento da Vulnerabilidade dos Aquíferos à contaminação	3.11 - Área da Bacia Hidrográfica
<u>3. Relevos e Solos</u>	<u>4. Clima e Qualidade do Ar</u>
3.01 - Desenvolvimento de processos de escorregamento em regiões com exposição de topo rochoso com rocha alterada.	
3.02 - Risco de Contaminação dos Solos	4.01 - Alteração da Qualidade do Ar
3.03 - Perda de Solos com Aptidão Agrícola	4.02 - Alteração no Clima Local
3.04 - Intensificação de processos erosivos em decorrência das atividades das obras e da implantação das estruturas de apoio.	
3.05 - Instabilização de vertentes, com possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa durante a limpeza da bacia de acumulação.	
3.03 - Perda de Solos com Aptidão Agrícola	<u>5. Patrimônio Paleontológico</u>
3.04 - Intensificação de processos erosivos em decorrência das atividades das obras e da implantação das estruturas de apoio.	5.01 - Risco de Perda de Sítios Paleontológicos
3.05 - Instabilização de vertentes, com possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa durante a limpeza da bacia de acumulação.	
3.06 - Possibilidade da ocorrência de subsidência em decorrência da abertura de túneis e canais.	
Área de Abrangência dos Impactos no Meio Físico	3.16 - Área do Reservatório + Buffer de 500 m

Lista de Impactos no Meio Físico	
1. Recursos Hídricos Superficiais	3.17 - Linha da Barragem + Buffer de 100 m
	3.18 - Linha da Barragem + Buffer de 100 m
	3.19 - Barragem + Reservatório
1.01 - Buffer de 500 m no curso do rio do Peixe a partir do vertedouro até a foz com o rio Pardo.	3.20 - Linha da Barragem + Buffer de 100 m
1.02 - Área do reservatório + Buffer de 500 m em todo o curso do rio do Peixe na área de estudo.	3.21 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio
1.03 - Área do reservatório + Buffer de 500 m a partir da confluência das drenagens que desaguam no reservatório seguindo 40 m a montante	3.22 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio
1.04 - Buffer de 500 m a montante do reservatório + Buffer de 500 m a jusante do vertedouro	3.23 - Área dos Títulos Minerários em exploração
1.05 - Buffer de 500 m no curso do rio do Peixe dentro da área de estudo	3.24 - Áreas Úmidas e Alagadas + Buffer de 50 m
1.06 - Área do Reservatório + Buffer de 500 m a partir do vertedouro	
1.07 - Buffer de 500 m no rio do Peixe a partir do reservatório + Buffer de 500 m nos cursos d'água próximos às estruturas de apoio da obra	4. Clima e Qualidade do Ar
1.08 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	
1.09 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	4.01 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio
1.10 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	4.02 - Área da Bacia Hidrográfica
1.11 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	
1.12 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	5. Patrimônio Paleontológico
1.13 - Área do Reservatório	
1.14 - Área do Reservatório	5.01 - Áreas sedimentares dentro da área de estudo
1.15 - Buffer de 500 m a partir da confluência das drenagens que desaguam no reservatório seguindo 40 m a montante	
1.16 - Área do Reservatório	
1.17 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	
1.18 - Buffer de 500 m a partir da ponta mais externa do reservatório até a confluência do rio do Peixe com o rio Pardo	
1.19 - Buffer de 500 m a partir do vertedouro	
2. Recursos Hídricos Subterrâneos	
2.01 - Buffer de 50 m ao redor dos poços tubulares cadastrados	
2.02 - Buffer de 100 m a partir da linha representada pelo eixo da barragem	
2.03 - Buffer de 500 m na rede de drenagem	
2.04 - Buffer de 500 m das drenagens próximas às áreas com supressão de vegetação	
2.05 - Buffer de 500 m na rede de drenagem	
2.06 - Área da Bacia Hidrográfica	
2.07 - Área da Bacia Hidrográfica	
3. Relevos e Solos	
3.01 - Áreas com Exposição de Topo Rochoso	
3.02 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio	
3.03 - Área do Reservatório + Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio	
3.04 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio	
3.05 - Áreas com declividades superiores a 15% em áreas de neossolos Litólicos e argissolos sobre as vertentes que circundam o reservatório	
3.06 - Área do Conduto Forçado e Canal de Adução	
3.07 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio	
3.08 - Áreas com Vegetação Suprimida	
3.09 - Área das Estruturas Cíveis da Usina + Áreas de Apoio	
3.10 - Área da Bacia Hidrográfica	
3.11 - Área da Bacia Hidrográfica	
3.12 - Buffer de 500 m no perímetro do reservatório	
3.13 - Buffer de 500 m no perímetro do reservatório	
3.14 - Área do Reservatório	
3.15 - Área do Reservatório	

Elaborado por: ALVES FILHO (2016)

Cabe ressaltar que a lista de impactos com as respectivas áreas de abrangências acima mostradas foi obtida após a consolidação da lista de impactos ambientais negativos potenciais do meio físico de empreendimentos hidrelétricos, elaborado por RUBIO (2008), assim como a consulta à avaliação de impactos realizadas para a PCH Rio do Peixe II, constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) do referido empreendimento, elaborado pela CEMA (1993). Ademais, consultou-se em nos sites da CETESB e do IBAMA, alguns outros Estudos de Impacto Ambiental de forma a se elaborar uma lista de impactos negativos no meio físico o mais detalhado possível. Ressalta-se que a referida análise não considerou impactos positivos relativos ao setor elétrico, uma vez que os mesmos frequentemente aparecem relacionados no componente ambiental meio antrópico, o qual não é objetivo de análise na presente dissertação.

Após a definição, qualificação e quantificação dos impactos negativos para as PCH Rio do Peixe I e II, procedeu-se a elaboração de arquivos shapefile a partir das áreas de abrangência definidas para cada impacto, totalizando 53 impactos. Definidas as áreas de abrangência, procedeu-se ao preenchimento dos bancos de dados dos arquivos shapefile com os valores dos impactos normalizados, unindo em um único arquivo shapefile todos os arquivos dos impactos. Após este procedimento, aplicou-se uma escala coroplética nos valores normalizados de impactos negativos, obtendo-se o **Mapa 8.1 - 12**, denominado Mapa de Impactos Negativos na Área de Estudo.

Por fim, em relação aos procedimentos metodológicos utilizados para a Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área Diretamente Afetada pelas PCH Rio do Peixe I e II (área de estudo), menciona-se a confecção do Mapa de Fragilidade da Área de Estudo (**Mapa 8.1 - 13**).

Para confecção do Mapa de Fragilidade, promoveu-se a intersecção espacial em ambiente ArcGis 10.2 do Mapa Síntese de Sensibilidade do Meio Físico (Mapa 8.1 - 11) com o Mapa de Impactos Negativos (Mapa 8.1 - 12). Após a intersecção espacial entre os dois mapas, criou-se uma coluna para inserção do peso entre as duas variáveis consideradas. Aplicou-se um peso de 0,50 e procedeu-se à multiplicação ponderada entre os valores de sensibilidade e de impactos, obtendo-se o valor final da fragilidade para a área de estudo (Mapa 8.1 - 13).

7.4 Pesquisa de Geoindicadores e Impactos Ambientais Negativos aplicáveis à modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos

A Sistematização dos Impactos do Meio Físico incidentes sobre a Área de Estudo foi realizada conforme as indicações metodológicas contidas nos trabalhos de RUBIO (2008), RUBIO (2015) e MANTOVANI (2015), os quais desenvolveram por meio da metodologia das listas de Geoindicadores (BERGER & DOUGLAS, 1996) a sistematização de impactos de empreendimentos hidrelétricos e rodoviários, adaptando a lista de geoindicadores conforme os compartimentos dos sistemas físicos impactados. No presente trabalho considerou-se como sistemas físicos a serem analisados por meio da metodologia de geoindicadores os sistemas Bacia Hidrográfica, Vertente e Fluvial e Lacustre, delimitando-se para este último os subsistemas planícies e terraços e canal/reservatório.

A partir da lista de geoindicadores elaborada por estes trabalhos, como também, da sistematização dos impactos negativos do meio físico avaliados pelo Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II, elaborado pela CEMA (1993), foi possível elaborar uma lista de geoindicadores para a área de estudo conforme os sistemas geomorfológicos impactados.

A relação de geoindicadores selecionados para a área de estudo está distribuído em relação ao sistema e subsistema físico de incidência, indicador, parâmetro, unidade de medida e escala de ocorrência, fase de intervenção representada pela instalação das PCH Rio do Peixe I e II, instrumento de avaliação utilizado, e por fim, o impacto ambiental negativo associado.

Cabe ressaltar que a lista abaixo (**Quadro 7.4 - 1**) representa uma relação ideal de geoindicadores para avaliação de mudanças geomorfológicas na área de estudo. No entanto, a ausência de documentação histórica e cartográfica para alguns indicadores, fez com que se tivesse de excluí-los da lista de resultados obtidos para a presente pesquisa. A lista consolidada de geoindicadores realmente utilizados na presente pesquisa é apresentado mais adiante, no item 8.2.

Quadro 7.4 1 – Relação de Geoindicadores aplicados à modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos e seus instrumentos de avaliação.

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais Negativos Associados
Bacia Hidrográfica	-					Pré-Intervenção	Intervenção Ativa	Intervenção Consolidada		
						Morfologia Original Semi-Preservada	Morfologia Antropogênica			
		Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica		Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	km	Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	km	Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Ordenamento	Ordem do Rio no Trecho de Barramento		Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Área	Área de Drenagem	km²	Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)		Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Densidade	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)		Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Densidade	Coeficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (Cm)	km²/m	Escala Regional				Cartas Topográficas	-
		Cobertura Vegetal	Tipologia	km²	Escala Regional				Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite, Documetos do Processo de Licenciamento Ambiental	1.13 / 1.17 / 1.18/ 2.07
		Cobertura Vegetal	Estágio Sucessional	km²	Escala Regional				Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite, Documetos do Processo de Licenciamento Ambiental	1.13 / 1.17 / 1.18/ 2.07
Cobertura Vegetal	Volume	m³	Escala Regional				Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite, Documetos do Processo de Licenciamento Ambiental, Projeto Básico de Engenharia	1.13 / 1.17 / 1.18/ 2.07 / 4.01		
Material	Volumes Totais das Obras (concreto, solo, enroncamento,	m³	Escala Regional				Relatório das Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental,	1.06 / 1.07		

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Remobilizado	escavação)						Projeto Básico de Engenharia	
		Condições Climáticas / Água Disponível	Temperatura Média Anual	°C	Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Condições Climáticas / Água Disponível	Umidade Relativa do Ar	%	Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Condições Climáticas / Água Disponível	Evapotranspiração		Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Diária	mm/dia	Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Anual	mm/ano	Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Condições Climáticas / Água Disponível	Nebulosidade (área coberta)	X oitavos	Escala Regional				Projeto Básico de Engenharia	4.02
		Desmatamento	Número de Processos	unidade	Escala Regional				Aerofotos / Imagens de Satélite / Outros Levantamentos	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07
		Desmatamento	Área dos Processos	km²	Escala Regional				Aerofotos / Imagens de Satélite / Outros Levantamentos	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07
		Desmatamento	Duração dos Processos	meses	Escala Regional				Imagens de Satélite / Outros Levantamentos	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07
		Desmatamento	Tempo de Ocorrência dos Processos	processo/mês	Escala Regional				Imagens de Satélite / Outros Levantamentos	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Desmatamento	Tempo de Ocupação até um novo uso	meses	Escala Regional				Imagens de Satélite / Outros Levantamentos	3.01 / 3.04 / 1.05 / 1.06 / 1.07
Vertente	-	Declividades	Área de Ocupação das Classes de Declividade	km2/classe	Escala de Detalhe				Cartas Temáticas	3.12 / 3.13
		Rupturas	Quantidade de Rupturas	unidade	Escala de Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.12 / 3.13
			Extensão das Linhas de Ruptura	m	Escala de Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe	3.12 / 3.13
		Extensão das Vertentes	Extensão Média das Vertentes	m	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas, Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
		Disseção Vertical das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecção Vertical das Áreas Ocupadas		Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
		Disseção Horizontal das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecção Horizontal das Áreas Ocupadas		Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico	3.12 / 3.13
		Tipo de Aquífero	Tipo de Aquífero (fraturado, poroso)		Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Temáticas, Outros Levantamentos	2.02
		Profundidade do Aquífero	Profundidade do Aquífero	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Perfil de Sondagem, Outros Levantamentos	2.02
		Propriedades dos Solos	Unidades de Solo		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.24 / 3.09 / 3.03 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Espessura do Solo	m	Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.24 / 3.09 / 3.03 / 3.23
		Propriedades	Espessura das Camadas	mm	Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.24 / 3.09 / 3.03 / 3.23

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Físicas do Solo								
		Propriedades Físicas do Solo	Estrutura		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Textura		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Porosidade		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Resistência		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Compactação		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Permeabilidade		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Quantidade de Água no solo	g de água / g de solo	Escala de Detalhe / Escala Regional				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 3.02 / 3.09 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Químicas do Solo	Índices de Qualidade dos Solos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Tradagem, Análises Laboratoriais	3.02 / 2.07 / 3.16
		Solos Perturbados	Área Total de Aterros	m2	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas, Relatórios de Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Volume Total de Aterros	m3	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas, Relatórios de Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental,	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									Projeto Básico de Engenharia	
		Solos Perturbados	Área de Cortes	m2	Escala de Detalhe				Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Volume Total dos Cortes	m3	Escala de Detalhe				Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Área das Superfícies Expostas	m2	Escala de Detalhe				Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Material Escavado		Escala de Detalhe				Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Volume de Escavações		Escala de Detalhe				Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Litologia	Unidades Geológicas	km2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Temáticas, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.07 / 3.17 / 3.18 / 3.23
		Propriedades Químicas das Rochas	Composição Química		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos	3.20
		Propriedades Químicas das Rochas	Reatividade		Escala de Detalhe / Escala Regional				Testes	3.07 / 3.17 / 3.18 / 3.20
		Propriedades Químicas das Rochas	Durabilidade		Escala de Detalhe / Escala Regional				Avaliações de Laboratório	3.07 / 3.17 / 3.18 / 3.20
		Propriedades Físicas das	Cor		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos	-

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Rochas								
		Propriedades Físicas das Rochas	Densidade ou Peso Específico	d	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais	3.10 / 3.19
		Propriedades Físicas das Rochas	Porosidade	%	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outras Avaliações	3.07 / 3.17 / 3.18 / 2.07
		Propriedades Físicas das Rochas	Permeabilidade		Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaio	3.07 / 3.17 / 3.18 / 2.07
		Propriedades Físicas das Rochas	Absorção	A	Escala de Detalhe / Escala Regional				Testes	3.07 / 3.17 / 3.18 / 2.07
		Propriedades Físicas das Rochas	Dureza		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.10 / 3.19
		Propriedades Físicas das Rochas	Módulo de Elasticidade	E (kg/cm2)	Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaio	3.07 / 3.17 / 3.10 / 3.18 / 3.19
		Propriedades Físicas das Rochas	Coefficiente de Poisson	v	Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaio	3.07 / 3.17 / 3.10 / 3.18 / 3.19
		Propriedades Geológicas das Rochas	Composição Mineralógica		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.20 / 3.23

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Propriedades Geológicas das Rochas	Textura		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.20
		Propriedades Geológicas das Rochas	Estrutura		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.20
		Propriedades Geológicas das Rochas	Estado de Alteração		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes / Análises Laboratoriais	3.20
		Propriedades Geológicas das Rochas	Fraturas		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.20 / 2.07
		Propriedades Geológicas das Rochas	Gênese		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Testes	3.20
		Propriedades Mecânicas das Rochas	Resistência à Compressão	Tr	Escala de Detalhe / Escala Regional				Testes	3.06 / 3.10 / 3.19
		Propriedades Mecânicas das Rochas	Resistência ao Choque	Rc	Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaaios	3.06
		Propriedades Mecânicas das Rochas	Resistência ao Desgaste	Ra	Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaaios	3.06
		Propriedades Mecânicas das Rochas	Resistência ao Corte		Escala de Detalhe / Escala Regional				Testes	3.06 / 3.23

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Rochas								
		Propriedades Mecânicas das Rochas	Resistência à Britagem		Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaaios	3.06 / 3.23
		Propriedades Geotécnicas das Rochas	Grau de Alteração		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos	3.06
		Propriedades Geotécnicas das Rochas	Grau de Resistência à Compressão Simples	E (kg/cm2)	Escala de Detalhe / Escala Regional				Ensaaios	3.06 / 3.10 / 3.19
		Propriedades Geotécnicas das Rochas	Grau de Consistência		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos	3.06
		Propriedades Geotécnicas das Rochas	Grau de Fraturamento	fraturas/m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos	3.06 / 2.07 / 3.10 / 3.19
		Infiltração de Água no Solo	Capacidade de Infiltração		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Ensaaios / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 2.07/ 3.09 / 3.17 / 3.18
		Infiltração de Água no Solo	Velocidade de Infiltração		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Ensaaios / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 2.07/ 3.09 / 3.17 / 3.18
		Infiltração de Água no Solo	Taxa de Infiltração		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Ensaaios / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 2.07/ 3.09 / 2.05 / 3.17 / 3.18
		Infiltração de Água no Solo	Infiltração Acumulada		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Ensaaios / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 2.07/ 3.09 / 2.05 / 3.17 / 3.18

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Infiltração de Água no Solo	Condutividade Hidráulica dos Solos		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Ensaios / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.03 / 2.04 / 3.07 / 2.07/ 3.09 / 2.05 / 3.17 / 3.18
		Recarga de Aquífero	Forma de Recarga do Aquífero		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.04 / 2.07 / 2.05
		Recarga de Aquífero	Volume de Recarga do Aquífero		Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.04 / 2.07 / 2.05
		Recarga de Aquífero	Tempo de Retenção no Aquífero		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	2.02 / 2.04 / 2.07 / 2.05
		Erosão	Tipo de Processo		Escala de Detalhe / Escala Regional				Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 1.06 / 1.07 / 3.12 / 3.13 / 3.14 / 3.15
		Erosão	Área Afetada	m2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 1.06 / 1.07 / 3.12 / 3.13 / 3.14 / 3.15
		Erosão	Volume erodido	m3	Escala de Detalhe / Escala Regional				Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 1.06 / 1.07 / 3.12 / 3.13 / 3.14 / 3.15
		Erosão	Tempo de Duração do Processo		Escala de Detalhe / Escala Regional				Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 1.06 / 1.07 / 3.12 / 3.13 / 3.14 / 3.15
		Erosão	Frequência		Escala de Detalhe / Escala Regional				Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 1.06 / 1.07 / 3.12 / 3.13 / 3.14 / 3.15
		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2	Escala de Detalhe				Aerofotos / Imagens de Satélite / Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 4.02 / 3.21 / 5.01

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									Engenharia	
		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2/mês	Escala de Detalhe				Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 4.02 / 3.21 / 5.01
		Reflorestamento	Tempo de Revegetação da APP	km2/ano	Escala de Detalhe				Relatórios de Acompanhamento de Operação / Monitoramentos Ambientais	3.01 / 3.04 / 3.12 / 3.13 / 3.22
		Reflorestamento	Área de Reflorestamento da APP	km2	Escala de Detalhe				Aerofotos / Imagens de Satélite / Monitoramentos Ambientais	3.01 / 3.04 / 3.12 / 3.13 / 3.22
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Altitude	Cota Máxima de Inundação	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.21 / 3.23 / 5.01
		Área	Área Máxima de Inundação	km2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.14 / 3.15 / 3.21 / 3.23 / 5.01
		Área	Área de planície de inundação suprimida pelo reservatório	km2	Escala de Detalhe				Cartografia Geomorfológica de Detalhe / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	3.24 / 3.03 / 3.23
		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2	Escala de Detalhe				Aerofotos / Imagens de Satélite / Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 1.13 / 4.02 / 3.21 / 5.01

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	km2/mês	Escala de Detalhe				Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia	3.01 / 3.04 / 3.05 / 2.04 / 3.08 / 1.05 / 1.06 / 1.07 / 1.13 / 4.02 / 3.21 / 5.01
		Reflorestamento	Tempo de Revegetação da APP	km2/ano	Escala de Detalhe				Relatórios de Acompanhamento da Operação / Monitoramentos Ambientais	3.12 / 3.13 / 3.22
		Reflorestamento	Área de Reflorestamento da APP	km2	Escala de Detalhe				Aerofotos / Imagens de Satélite / Monitoramentos Ambientais	3.12 / 3.13 / 3.22
		Propriedades Físicas do Solo	Umidade do Solo		Escala de Detalhe				Cartas Temáticas, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Espessura do Solo	m	Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Espessura das Camadas	mm	Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Estrutura		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Propriedades Físicas do Solo	Textura		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Porosidade		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Resistência		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Compactação		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Permeabilidade		Escala de Detalhe				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.06 / 1.07 / 1.08 / 3.24 / 3.23
		Propriedades Físicas do Solo	Quantidade de Água no solo	g de água / g de solo	Escala de Detalhe / Escala Regional				Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.03 / 1.08 / 3.24 / 3.03
		Propriedades Químicas do Solo	Índices de Qualidade dos Solos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	2.07 / 3.16

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
	Subsistema Canal/Reservatório	Material do Leito	Estrutura		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Material do Leito	Textura		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Material do Leito	Espessura		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Material do Leito	Composição		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.14
		Solos Perturbados	Área das Ensecadeiras	m2	Escala de Detalhe				Relatórios de Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.21 / 5.01
		Solos Perturbados	Volume das Ensecadeiras	m3	Escala de Detalhe				Relatórios de Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia	3.13 / 1.06 / 1.07 / 3.21 / 1.19 / 5.01
		Qualidade da Água	Alumínio	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Qualidade da Água	Bário	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Cádmio	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Chumbo	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Cloreto	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Clorofila - a		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Cobre	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									Ambientais	
		Qualidade da Água	Coliformes Totais	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Coliformes Fecais	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Coloração da Água		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.06 / 1.07 / 1.13 / 1.17
		Qualidade da Água	Condutividade Específica		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Cromo Total	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	DBO	mg/L	Escala de Detalhe / Escala				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
					Regional				Ambiental, Monitoramentos Ambientais	
		Qualidade da Água	DQO	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Fenóis		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Ferro Total	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Fósforo Total	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Manganês	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Mercurio	mg/L	Escala de Detalhe /				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
					Escala Regional				de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	
		Qualidade da Água	Microtox		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Níquel	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrato	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrito	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da	Nitrogênio Total	mg/L	Escala de				Análises Laboratoriais,	1.13 / 2.07 / 1.17 /

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Água	Kjedahl		Detalhe / Escala Regional				Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Óleos e Graxas	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Ortofosfato Solúvel		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Oxigênio Dissolvido (OD)		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	pH		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.13 / 1.19
		Qualidade da Água	Resíduo Não - Filtrável		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Qualidade da Água	Resíduo Total		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.06 / 1.07 / 1.13 / 3.14 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Sulfactantes		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Teste de Toxidade Crônica		Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19
		Qualidade da Água	Turbidez	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais	1.06/ 1.07/ 1.13 / 3.14 / 1.17 / 1.19
		Qualidade da Água	Zinco	mg/L	Escala de Detalhe / Escala Regional				Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos	1.13 / 2.07 / 1.17 / 1.18 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									Ambientais	
		Vazão	Vazão do Canal Principal (Q7, Q10)	m3/s	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.04 / 1.05 / 1.08 / 1.02 / 1.09 / 1.03 / 1.12 / 1.15 / 1.19
		Vazão	Vazão de Pico	m3/s	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.05 / 1.08 / 1.09 / 1.02 / 1.03 / 1.12 / 1.15 / 1.19
		Vazão	Vazão decorrente da Transposição de Bacia	m3/s	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	2.01 / 2.06
		Vazão	Existência de Descarregador de Fundo		Escala de Detalhe				Relatório de Atividades de Implantação / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	1.12 / 3.22 / 1.19
		Vazão	Periodicidade da Abertura do Descarregador de Fundo		Escala de Detalhe				Relatórios de Acompanhamento da Operação	1.12 / 3.22 / 1.19
		Vazão	Vazão durante procedimento de abertura do descarregador de fundo	m3/s	Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação	1.09 / 1.12 / 3.22 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		Variação do N.A.	Regime de Operação do Reservatório		Escala de Detalhe				Relatórios de Acompanhamento da Operação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Monitoramentos Ambientais / Projeto Básico de Engenharia	3.12 / 3.13 / 1.12 / 3.22
		Variação do N.A.	Deplecionamento diário do reservatório	m	Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação	3.12 / 3.13 / 1.12 / 3.22
		Variação do N.A.	Deplecionamento mensal do reservatório	m	Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação	3.12 / 3.13 / 1.12 / 3.22
		Variação do N.A.	Deplecionamento anual do reservatório	m	Escala de Detalhe				Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação	3.12 / 3.13 / 1.12 / 3.22
		Dinâmica de Sedimentação	Carga Suspensa Anual (Qs)	ton/ano	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais / Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 1.08 / 1.10 / 1.11 / 1.14 / 3.14 / 1.19
		Dinâmica de Sedimentação	Carga Suspensa nos episódios de abertura do descarregador de fundo	ton/ano	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Outras Avaliações / Relatórios de Acompanhamento de Operação / Monitoramentos Ambientais / Projeto Básico	1.06 / 1.07 / 1.08 / 1.10 / 1.11 / 1.14 / 1.19

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									de Engenharia	
		Dinâmica de Sedimentação	Taxa de Transporte de Sedimentos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Outras Avaliações / Monitoramentos Ambientais / Projeto Básico de Engenharia	1.06 / 1.07 / 1.08 / 1.10 / 1.11 / 1.14 / 3.14 / 1.19
		Dinâmica de Sedimentação	Suprimento Sedimentar	ton/km2/ano	Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.06 / 1.07 / 1.08 / 1.10 / 1.11 / 1.14 / 3.14 / 1.19
		Dinâmica de Sedimentação	Taxa de Desassoreamento		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.07 / 1.08 / 1.11 / 1.14 / 3.14
		Inundações	Ponto de Localização dos Eventos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria / Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.15
		Inundações	Número de Eventos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.15
		Inundações	N.A. Atingido		Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria / Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.15
		Inundações	Vazões Máximas durante os		Escala de Detalhe /				Outros Levantamentos /	1.15

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
			eventos		Escala Regional				Monitoramentos Ambientais	
		Inundações	Duração dos eventos		Escala de Detalhe / Escala Regional				Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais	1.15
		Inundações	Tempo de Enchimento do Reservatório	meses	Escala de Detalhe / Escala Regional				Relatório de Atividades de Implantação / Projeto Básico de Engenharia	3.12 / 1.08 / 3.05 / 3.21 / 5.01
		Inundações	Velocidade de Enchimento do Reservatório	m3/mês	Escala de Detalhe				Relatório de Atividades de Implantação / Projeto Básico de Engenharia	3.12 / 1.08 / 3.05 / 3.21 / 5.01
		Comprimento	Extensão do Canal Original	km	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos	1.01 / 1.02
		Comprimento	Extensão do Trecho de Vazão Reduzida (entre a barragem e a casa de força)	km	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia	1.01 / 1.06 / 1.07 / 1.09
		Comprimento	Extensão do Desvio do Rio	km	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia	1.01 / 1.06 / 1.07
		Perímetro	Perímetro do Reservatório	km	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Imagens de Satélite / Relatórios de	3.05 / 1.02 / 1.03 / 4.02 / 3.14 / 3.15 / 3.21 / 3.03 / 3.23 /

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
									Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia	5.01
		Largura	Largura da Seção do Canal (Wmp)	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria	3.11 / 1.03
		Largura	Largura Superficial (L)	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos / Topo-Batimetria	3.11 / 1.03
		Profundidade	Profundidade Média da Seção (Dmp)	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria / Outros Levantamentos	1.07 / 3.11 / 1.03 / 1.14 / 3.23
		Volume	Volume Total do Reservatório	m3	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Topo-Batimetria / Projeto Básico de Engenharia	3.10 / 3.11 / 3.19 / 1.14
		Volume	Volume Útil do Reservatório	m3	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Topo-Batimetria / Projeto Básico de Engenharia	3.10 / 3.11 / 3.19 / 1.14
		Declividade	Perfil Longitudinal do Canal	km	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas	1.03
		Declividade	Gradiente Fluvial	m	Escala de Detalhe / Escala				Cartas Topográficas	

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
					Regional					
		Seção Transversal	Área da Seção Transversal (Amp)	m2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria	1.07 / 3.11 / 1.03 / 1.16 / 3.14
		Seção Transversal	Área Molhada (A)	m2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria	1.07 / 3.11 / 1.03 / 1.16
		Seção Transversal	Perímetro Molhado (P)	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria	1.07 / 3.11 / 1.03 / 1.16
		Seção Transversal	Raio Hidráulico (R)	m/m2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Topo-Batimetria	1.07 / 3.11 / 1.03 / 1.16
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Quantidade de Cachoeiras Suprimidas	unidade	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia	1.01
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Altura das Cachoeiras Suprimidas	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Outros Levantamentos	1.01
		Forma e Padrão do Curso	Quantidade de Corredeiras	unidade	Escala de Detalhe / Escala				Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico	1.01

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
		D'Água	Suprimidas		Regional				de Engenharia	
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Extensão das Corredeiras Suprimidas	m	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos	1.01
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Extensão Suprimida por forma de canal	m	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Aerofotos	1.01
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Forma do Canal (F)		Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos	1.01
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Sinuosidade do leito original		Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos	1.01
		Nascentes	Quantidade de Nascentes Suprimidas	unidade	Escala de Detalhe				Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia	3.13 / 3.05 / 2.05
		Nascentes	Quantidade de Nascentes Suprimidas na área do deplecionamento	unidade	Escala de Detalhe					3.13 / 3.05 / 2.05
		Sistemas Insulares	Quantidade de Ilhas no Canal Principal	unidade	Escala de Detalhe / Escala				Cartas Topográficas / Aerofotos / Imagens de Satélite	

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Escala	Fase de Intervenção			Instrumento de Avaliação	Impactos Ambientais
					Regional					
		Sistemas Insulares	Área Total de Ilhas do Canal Principal	km2	Escala de Detalhe / Escala Regional				Cartas Topográficas / Aerofotos / Imagens de Satélite	

Fonte: RUBIO (2008)

A partir da lista completa de geoindicadores selecionada acima, como também a consulta da documentação cartográfica e histórica presente nos estudos ambientais realizados na região de estudo, foi possível propor uma legenda para a cartografia geomorfológica de detalhe realizada para a área de estudo, de forma a compor um estudo da história cumulativa das intervenções antrópicas realizadas na área diretamente afetada pela implantação das PCH Rio do Peixe I e II.

A lista de geoindicadores relacionada acima mostra uma composição variada de dados extraídas de diferentes documentos técnicos, no entanto, a leitura pura e simples desta lista nos permite apenas ter uma ideia decomposta, por causa da natureza dos dados, de como se processam os elementos naturais e derivados da paisagem estudada. Para se ter uma ideia de processos que permitam uma leitura geográfica e histórico-geográfica da paisagem estudada, é necessário recompor os dados, analisar processos e reuní-los em um texto coerente que dê o sentido de um conjunto em perpétua evolução, indo portanto, além da simples seleção e preenchimento de tabelas de indicadores e geoindicadores.

7.5 Estudo da História Cumulativa das Intervenções Antrópicas na Área de Estudo

Propô-se então como legendas para os mapas de morfologia original preservada e morfologia antropogênicas para a área de estudo, os seguintes elementos:

- (i) Morfologia Original Semi-Preservada
 - a) Topos
 - b) Divisor Principal
 - c) Divisor Secundário
 - d) Colo Principal
 - e) Colo Secundário
 - f) Mudança Convexa de Declive em terço superior, médio e inferior de vertente
 - g) Mudança Concava de Declive em terço superior, médio e inferior de vertente
 - h) Ruptura Convexa de Declive em terço superior, médio e inferior de vertente
 - i) Ruptura Côncava de Declive em terço superior, médio e inferior de vertente

- j) Ruptura Vertente – Planície Definida
- k) Ruptura Vertente Planície Indefinida
- l) Vales em Berço
- m) Vales em V
- n) Anfiteatros Côncavos Amplos
- o) Vertentes de Perfil Côncavo e Convexo Indiscriminados
- p) Terraços Fluviais
- q) Planícies Fluviais

Para as áreas de morfologia original semi-preservada, os conteúdos de legenda acima mencionados basearam-se na proposta francesa de mapeamento morfológico de detalhe, cujos estudos pioneiros de cartografia geomorfológica de detalhe foram desenvolvidos por QUEIROZ NETO & JOURNAUX (1978), conforme citado nos apontamentos metodológicos de MANTOVANI (2015). Para os setores de vertentes, utilizou-se a proposta de cartografia geomorfológica de detalhe contida nos trabalhos de SAVIGEAR (1965) adaptada por COOKE & DORNKAMP (1990). Estes autores, conforme aponta MANTOVANI (2015) estavam preocupados em identificar as feições mínimas de relevo mapeáveis, permitindo identificar as singularidades morfológicas de cada setor das vertentes, prestigiando os elementos morfográficos e morfométricos. Nesta técnica de mapeamento morfológico são privilegiados os elementos concavos ou convexos e as discontinuidades do relevo, sejam elas mudanças descontínuas ou suaves (mudanças) ou abruptas (rupturas). Esta orientação metodológica permitiu delimitar os limites dos topos, setores de vertentes (superior, médio e inferior) o contato entre a vertente e a planície fluvial e os níveis de terraço, além das rupturas e mudanças de vertentes mencionadas.

Após a definição dos elementos da legenda mostrados acima, separou-se as fotografias aéreas da área de estudo, datadas de 1930, montando-se modelos stereo-triplet, aos trios, para a restituição completa da fotografia central. Restitui-se por meio de um stereoscópio de bolso Carl Zeiss, todos os elementos lineares representados pelas mudanças, rupturas, divisores e colos, como também os elementos areolares, representados pelos grandes compartimentos morfológicos, como anfiteatros côncavos amplos, planícies e terraços fluviais, topos e vertentes de perfil côncavo e convexo. Foram utilizadas minas coloridas para diferenciar bem os diferentes elementos morfológicos cartografados. Com todos os overlays em mãos, procedeu-se ao georreferenciamento dos mesmos em ambiente ArcGis 10.2, vetorizando-se os elementos em questão, de forma a incorporá-los na base cartográfica elaborada para a presente pesquisa, o que resultou no Mapa 8.2 - 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção.

(ii) Morfologia de Intervenção Ativa e Consolidada

A definição do quadro de geoindicadores baseado na proposta metodologia de RUBIO (2008) também permitiu observar alguns indicadores e parâmetros de impactos ambientais relacionados à fase de implantação de empreendimentos hidrelétricos, tais como áreas remobilizadas para cortes, área destinada à instalação do canteiro de obras, aterros, a própria área do reservatório, áreas de empréstimos e bota-foras, alterações no regime de vazões dos corpos hídricos, como também alterações ligadas ao meio físico não diretamente relacionadas à implantação da obra, como aglomerados rurais, áreas agrícolas, áreas com cicatrizes de movimentos de massa, áreas de solo exposto, entre outros. A partir da varredura de todos os geoindicadores listados para a fase de intervenção ativa em morfologia antropogênica, selecionou-se, apenas aqueles com expressão espacial discernível em fotografias aéreas e imagens de satélite, ou aqueles cujos mapeamentos foram produzidos nas documentações técnicas consultadas.

A Fase de Intervenção Ativa, ou Fase de Implantação, como mostrado no Quadro 7.4 - 1, é a que concentra a maior parte dos impactos selecionados para a avaliação da área de estudo, sendo portanto, necessários detalhá-los o mais precisamente possível. As limitações de representação cartográfica que algumas categorias de geoindicadores, como a qualidade de água representam no mapeamento da morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa, pelo fato de representarem processos sem abrangência espacial, não limita a proposta de tentativa de mapeamento apresentado logo a seguir. Deve-se ressaltar que grande parte dos geoindicadores selecionados para a fase de intervenção ativa apresentam abrangência espacial, e portanto, são passíveis de mapeamento. Já aqueles que não possuem essa característica, seu impacto na área de estudo será analisado por meio de uma comparação numérica, relevando assim as mudanças de magnitude ao longo do tempo dos indicadores analisados.

As categorias elencadas para compor o Mapa de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa é apresentado abaixo:

- a) Aglomerados Rurais
- b) Áreas com Agricultura Permanente

- c) Áreas com Agricultura Temporária
- d) Açudes
- e) Cavas de Mineração Abandonada
- f) Estradas
- g) Linhas de Transmissão
- h) Microterracetes de Pisoteio
- i) Cicatrizes de Movimentos de Massa
- j) Reservatório e Estruturas Civas da PCH Rio do Peixe I
- k) Áreas com Perda de Vegetação
- l) Poços Tubulares
- m) Fossas Sépticas
- n) Áreas com Cortes
- o) Áreas com Aterros
- p) Área da Bacia de Acumulação do Reservatório da PCH Rio do Peixe II
- q) Área das Ensecadeiras
- r) Descarregador de Fundo
- s) Área de Desvio do Rio

De posse das categorias mencionadas acima, utilizou-se da Imagem Orbital de Alta Resolução Ikonos, datada de setembro de 1998, devidamente georreferenciada com os parâmetros cartográficos utilizados para a base cartográfica digital elaborada para a área de estudo. A referida imagem foi inserida no software ArcGis 10.2, promovendo-se a vetorização das categorias mencionadas acima, assim como o georreferenciamento do Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II, onde foi possível retirar os elementos das estruturas civis e de apoio das PCH Rio do Peixe I e II. Após a vetorização e alimentação do banco de dados das categorias acima mencionadas em ambiente ArcGis 10.2, foram determinados os padrões temáticos da legenda, o que culminou no Mapa 8.3 - 6 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa.

A Fase de Intervenção Consolidada está associada aos aspectos operativos de um determinado empreendimento, observando-se de modo mais claro os mecanismos de antropização e derivação da paisagem ocasionados pelo uso hidrelétrico, tais como a presença de depósitos tectogênicos fruto dos materiais remobilizados durante a fase de obras, depósitos de remanso originados pela alteração do regime de vazão do rio em virtude da implantação do reservatório, proliferação de macrófitas em virtude do aumento dos

nutrientes acumulados em função do papel de retenção de sedimentos promovido pelo reservatório, entre outros.

Baseado na relação de geoindicadores listados no Quadro 7.4 - 1, elegeu-se apenas aqueles cuja manifestação espacial seria possível de ser restituída junto às imagens orbitais Geoeye e Arbus compiladas pelo Google Earth para a área de estudo. Dessa forma, elegeu-se como elementos a serem restituídos da Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada:

- a) Poços Tubulares
- b) Fossa Séptica
- c) Aglomerados Rurais
- d) Áreas com Agricultura Permanente
- e) Áreas com Agricultura Temporária
- f) Áreas com Aterramento de Planície Fluvial
- g) Áreas com Aterramento de Terraço Fluvial
- h) Açudes
- i) Cavas de Mineração Abandonadas
- j) Depósitos Tectogênicos
- k) Depósitos de Remanso
- l) Áreas com Desplacamento de Blocos Rochosos
- m) Áreas com Ocorrência de Macrófitas
- n) Cicatrizes de Movimentos de Massa
- o) Estradas
- p) Formação de Depósitos em Desembocaduras de Rios
- q) Linhas de Transmissão
- r) Microterraces de Pisoteio
- s) Reservatório e Estruturas Cíveis da PCH Rio do Peixe I
- t) Reservatório e Estruturas Cíveis da PCH Rio do Peixe II
- u) Processos Erosivos a jusante do reservatório
- v) Processos Erosivos de Vertente
- w) Solo Exposto/Movimento de Terra
- x) Áreas Colmatadas
- y) Áreas de Aterro
- z) Áreas de Corte
- aa) Áreas de Empréstimo.

De posse das categorias mencionadas acima, utilizou-se da Imagem Orbital de Alta Resolução Geoeye e Ikonos compiladas pelo Google Earth para a área de estudo, mosaicadas pelo software SAS Planet para a resolução espacial de 50 cm. O referido mosaico foi inserido no software ArcGis 10.2, promovendo-se a vetorização das categorias mencionadas acima. Foram inseridos também os elementos de infraestrutura civil das PCH Rio do Peixe I e II, retirados do Projeto Básico das referidas usinas. Após a vetorização e alimentação do banco de dados das categorias acima mencionadas em ambiente ArcGis 10.2, foram determinados os padrões temáticos da legenda, o que culminou no **Mapa 8.4 - 1** – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada.

(iii) Categorias Físicas de Uso da Terra

A necessidade de se precisar o nível de perturbação morfológica na área de estudo entre as fases de pré intervenção e intervenção consolidada, resultou na elaboração de mapas intermediários de categorias físicas de uso da terra. Nessa leitura, conforme apontam as orientações metodológicas de LIMA (1990) e CLARO (2013) as categorias de uso da terra são entendidas como padrões de alteração do meio físico, produzindo mudanças na morfologia do relevo bastante característicos, tais como carreadores de plantações agrícolas, patamares planos derivados de depósitos tectogênicos entre outros. Dessa forma, ao se associar a uma determinada categoria de uso da terra a produção de um efeito específico na morfologia do relevo, é possível ler por meio dessas categorias físicas de uso da terra o grau de perturbação morfológica de uma determinada área ao longo do tempo.

Para a área de estudo, elaborou-se Mapas de Categorias Físicas de Uso da Terra para os anos de 1930 (Mapa 8.3 - 1), 1972 (8.3 - 2), 1983 (8.3 - 3), 1998 (8.3-4), 2006 (8.3 - 5) e 2016 (5.7 - 2), utilizando-se do georreferenciamento de um conjunto de fotografias aéreas já mencionadas e elencadas no item 7.2.

A importância da cartografia dos diferentes usos da terra e seus respectivos rebatimentos em mudanças morfológicas na área de estudo reside no fato de se poder avaliar de modo mais preciso modificações ambientais entre os marcos de instalação das intervenções representadas pela instalação do uso hidrelétrico na área de estudo, sendo possível assim relativizar o grau de impacto ou mudanças ambientais causadas especificamente pela instalação das PCH Rio do Peixe I e II. Caso se aponte, por exemplo, aumento significativo do uso agrícola na área de estudo, deve-se relativizar algumas das mudanças morfológicas

encontradas na morfologia antropogênica como exclusivas do uso hidrelétrico, ou na ordem inversa, no caso de alterações sutis nessas categorias, pode-se afirmar com mais precisão uma maior exclusividade do uso hidrelétrico na conformação da morfologia antropogênica da área de estudo.

As categorias físicas de uso da terra adotadas em cada um dos anos mencionados é a seguinte:

- 1930

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Canteiro de Obras
7. Casa de Máquinas
8. Conduto Forçado
9. Chaminé de Equilíbrio
10. Tomada D'Água
11. Vertedouro
12. Canal de Adução
13. Ensecadeira de Montante
14. Ensecadeira de Jusante
15. Ensecadeira de Jusante
16. Área de Desvio do Rio
17. Reservatório
18. Corpos D'Água
19. Estrada Sem Pavimento
20. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
22. Vegetação Herbácea
23. Agricultura Temporária
24. Agricultura Permanente
25. Rodovia Pavimentada
26. Núcleo Rural

- 1972

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Casa de Máquinas
7. Conduto Forçado
8. Chaminé de Equilíbrio
9. Tomada D'Água
10. Vertedouro
11. Canal de Adução
12. Reservatório
13. Corpos D'Água
14. Estrada Sem Pavimento
15. Faixa de Servidão de Linha de Transmissão
16. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
17. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração
18. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração
19. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração
20. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração
22. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração
23. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração
24. Vegetação Herbácea
25. Vegetação Hidrófila Herbácea
26. Bambu
27. Arvoredo
28. Reflorestamento
29. Agricultura Temporária
30. Agricultura Permanente
31. Rodovia Pavimentada
32. Núcleo Rural
33. Núcleo Rural com Arvoredo

- 1983

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Casa de Máquinas
7. Conduto Forçado
8. Chaminé de Equilíbrio
9. Tomada D'Água
10. Vertedouro
11. Canal de Adução
12. Reservatório
13. Corpos D'Água
14. Estrada Sem Pavimento
15. Faixa de Servidão de Linha de Transmissão
16. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
17. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração
18. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração
19. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração
20. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração
22. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração
23. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração
24. Vegetação Herbácea
25. Vegetação Hidrófila Herbácea
26. Bambu
27. Arvoredo
28. Reflorestamento
29. Agricultura Temporária
30. Agricultura Permanente
31. Rodovia Pavimentada
32. Núcleo Rural
33. Núcleo Rural com Arvoredo

- 1998

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Casa de Máquinas
7. Conduto Forçado
8. Chaminé de Equilíbrio
9. Tomada D'Água
10. Vertedouro
11. Canal de Adução
12. Reservatório
13. Corpos D'Água
14. Estrada Sem Pavimento
15. Faixa de Servidão de Linha de Transmissão
16. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
17. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração
18. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração
19. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração
20. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração
22. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração
23. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração
24. Vegetação Herbácea
25. Vegetação Hidrófila Herbácea
26. Bambu
27. Arvoredo
28. Reflorestamento
29. Agricultura Temporária
30. Agricultura Permanente
31. Rodovia Pavimentada
32. Núcleo Rural
33. Núcleo Rural com Arvoredo

- 2006

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Casa de Máquinas
7. Conduto Forçado
8. Chaminé de Equilíbrio
9. Tomada D'Água
10. Vertedouro
11. Canal de Adução
12. Reservatório
13. Corpos D'Água
14. Estrada Sem Pavimento
15. Faixa de Servidão de Linha de Transmissão
16. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
17. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração
18. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração
19. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração
20. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração
22. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração
23. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração
24. Vegetação Herbácea
25. Vegetação Hidrófila Herbácea
26. Bambu
27. Arvoredo
28. Reflorestamento
29. Agricultura Temporária
30. Agricultura Permanente
31. Rodovia Pavimentada
32. Núcleo Rural
33. Núcleo Rural com Arvoredo

- 2016

1. Solo Exposto
2. Corte com Solo Exposto
3. Corte com Vegetação
4. Aterro com Solo Exposto
5. Aterro com Vegetação
6. Casa de Máquinas
7. Conduto Forçado
8. Chaminé de Equilíbrio
9. Tomada D'Água
10. Vertedouro
11. Canal de Adução
12. Reservatório
13. Corpos D'Água
14. Estrada Sem Pavimento
15. Faixa de Servidão de Linha de Transmissão
16. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração
17. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração
18. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração
19. Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração
20. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
21. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração
22. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração
23. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração
24. Vegetação Herbácea
25. Vegetação Hidrófila Herbácea
26. Bambu
27. Arvoredo
28. Reflorestamento
29. Agricultura Temporária
30. Agricultura Permanente
31. Rodovia Pavimentada
32. Núcleo Rural
33. Núcleo Rural com Arvoredo

7.6 Sistematização e Seleção de Geoindicadores de Impactos Ambientais Negativos resultantes da Derivação Morfologia Original Semi-Preservada – Morfologia Antropogênica

Com base nas proposições metodológicas de Lima (1990), Rodrigues (2005, 2010) e RUBIO (2008) foi possível compreender as diferentes fases de intervenção no meio físico causadas por empreendimentos hidrelétricos. A partir dessa orientação metodológica foi possível sistematizar uma lista de geoindicadores agrupados conforme os sistemas e subsistemas geomorfológicos afetados (fluvial, interfluvial, vertente, planície fluvial e calha fluvial), considerando-se, como já mencionado, as diferentes fases de intervenção.

Embora as referências consultadas tragam uma lista completa de geoindicadores a serem aplicadas para a modalidade de intervenção empreendimentos hidrelétricos, considerando os impactos associados aos diferentes compartimentos geomorfológicos, a mesma não foi aplicada em sua integridade, seja em decorrência da ausência de documentos cartográficos e relatórios técnicos disponíveis ou pela natureza da área de estudo.

De um total de 211 geoindicadores pesquisados e passíveis de serem aplicados para a modalidade de intervenção mencionada (Quadro 7.4 - 1), e após a consolidação das informações contidas nos estudos técnicos e documentos cartográficos disponíveis para a pesquisa, selecionou-se efetivamente 143 indicadores para serem aplicados na área de estudo (Quadro 7.6 - 1). Cabe ressaltar que para diversos dos geoindicadores selecionados, não foi possível encontrar dados para as três fases de intervenção, sobretudo aqueles ligados à fase de pré-intervenção, onde a documentação histórica encontrada foi escassa.

Os geoindicadores aplicados para a área de estudo são apresentados no quadro a seguir, abrangendo diferentes recortes temporais e fases de intervenção.

Quadro 7.6 1 – Sistematização Final dos Geoindicadores e Instrumentos de Avaliação aplicados à Área de Estudo nas modalidades Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção e Morfologia Antropogênica nas Fases de Intervenção Ativa e Intervenção Consolidada.

Sistema Físico	Subsistema Físico	Indicador	Parâmetro	Unidade de Medida	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
					Pré-Intervenção	Intervenção Ativa	Intervenção Consolidada	
					Morfologia Original Semi-Preservada	Morfologia Antropogênica		
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica		d	d	d	Cartas Topográficas
		Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	km	d	d	d	Cartas Topográficas
		Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	km	d	d	d	Cartas Topográficas
		Divisores	Quantidade de Divisores	unidade	d	d	d	Cartas Topográficas
			Extensão das Linhas de Divisores	m	d	d	d	Cartas Topográficas
		Ordenamento	Ordem do Rio no Trecho de Barramento		d	d	d	Cartas Topográficas
		Área	Área de Drenagem	km²	d	d	d	Cartas Topográficas
		Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)		d	d	d	Cartas Topográficas
		Densidade	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)		d	d	d	Cartas Topográficas
		Densidade	Coefficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (Cm)	km²/m	d	d	d	Cartas Topográficas
		Cobertura Vegetal	Tipologia	km²	d	d	d	Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite, Documetos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Cobertura Vegetal	Estágio Sucessional	km²	d	d	d	Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite, Documetos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Material	Volumes Totais das Obras (concreto, solo, enroncamento,	m³		d		Relatório das Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Projeto Básico de Engenharia

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Remobilizado	escavação)					
		Condições Climáticas / Água Disponível	Temperatura Média Anual	°C	Nd	d	d	Projeto Básico de Engenharia
		Condições Climáticas / Água Disponível	Umidade Relativa do Ar	%	Nd	d	d	Projeto Básico de Engenharia
		Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Diária	mm/dia	d	d	d	Projeto Básico de Engenharia
		Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Anual	mm/ano	d	d	d	Projeto Básico de Engenharia
		Desmatamento	Tempo de Ocupação até um novo uso	meses	d	d	d	Imagens de Satélite / Outros Levantamentos
Vertente	-	Declividades	Área de Ocupação das Classes de Declividade	km²/classe	d	d	d	Cartas Temáticas
		Altitude	Altitude Média das Vertentes	m	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas
		Orientação	Orientação Predominante		d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas
		Comprimento	Comprimento Médio da Rampa	m	d	d	d	Cartas Topográficas
		Rupturas	Quantidade de Rupturas	unidade	d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe
			Extensão das Linhas de Ruptura	m	d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe
		Mudanças	Quantidade de Mudanças	unidade	d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe
			Extensão das Linhas de Mudança	m	d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe
		Processos de	Processos Erosivos,	unidade			d	Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Cartas Temáticas, Fotografias Aéreas,

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Vertente	Movimentos de Massa e Queda de Blocos					Imagens de Satélite
		Morfologias	Morfologias Predominantes em Planta e Perfil	-	d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe
		Extensão das Vertentes	Extensão Média das Vertentes	m	d			Cartas Topográficas, Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico
		Disseção Vertical das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecação Vertical das Áreas Ocupadas		d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico
		Disseção Horizontal das Áreas Ocupadas	Grau de Dissecação Horizontal das Áreas Ocupadas		d			Cartografia Geomorfológica de Detalhe, Perfil Topográfico
		Tipo de Aquífero	Tipo de Aquífero (fraturado, poroso)		d			Cartas Temáticas, Outros Levantamentos
		Propriedades dos Solos	Unidades de Solo		Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Propriedades Físicas do Solo	Espessura do Solo	m	Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Propriedades Físicas do Solo	Espessura das Camadas	mm	Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Propriedades Físicas do Solo	Estrutura		Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Propriedades Físicas do Solo	Textura		Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Propriedades Físicas do Solo	Porosidade		Nd	d	Nd	Tradagem, Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Solos Perturbados	Área Total de Aterros	m ²	Nd	d	d	Cartas Topográficas, Relatórios de Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Volume Total de Aterros	m ³	Nd	d	d	Cartas Topográficas, Relatórios de Atividades de Implantação, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Área de Cortes	m ²	Nd	d	d	Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Volume Total dos Cortes	m ³	Nd	d	d	Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Área das Superfícies Expostas	m ²	Nd	d	d	Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Material Escavado			d		Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Volume de Escavações			d		Relatório das Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Litologia	Unidades Geológicas	km ²	d	d	d	Cartas Temáticas, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Erosão	Tipo de Processo		Nd	d	d	Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Erosão	Área Afetada	m ²	Nd	d	d	Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Erosão	Volume erodido	m ³	Nd	d	d	Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Erosão	Tempo de Duração do Processo		d	d	d	Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Erosão	Frequência		d	d	d	Aerofotos / Outros Levantamentos / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	km²		d		Aerofotos / Imagens de Satélite / Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	km²/mês		d		Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental
		Reflorestamento	Tempo de Revegetação da APP	km²/ano			d	Relatórios de Acompanhamento de Operação / Monitoramentos Ambientais
		Reflorestamento	Área de Revegetação da APP	km²			d	Aerofotos / Imagens de Satélite / Monitoramentos Ambientais
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Altitude	Cota Máxima de Inundação	M			d	Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia
		Área	Área Máxima de Inundação	km²			d	Cartas Topográficas / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia
		Área	Área de planície de inundação suprimida pelo reservatório	km²	d	d	d	Cartografia Geomorfológica de Detalhe / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia
		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	km²		d		Aerofotos / Imagens de Satélite / Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	km²/mês		d		Relatório de Atividades de Implantação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Projeto Básico de Engenharia
		Reflorestamento	Tempo de Revegetação da APP	km²/ano			d	Relatórios de Acompanhamento da Operação / Monitoramentos Ambientais
		Reflorestamento	Área de Revegetação da APP	km²			d	Aerofotos / Imagens de Satélite / Monitoramentos Ambientais
	Subsistema Canal/Reservatório	Área	Área Total de Corpos D'Água	ha	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Perímetro	Perímetro Total dos Corpos D'Água	m	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Área	Área da Planície Fluvial	ha	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Perímetro	Perímetro da Planície Fluvial	m	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Distribuição	Distribuição da Planície Fluvial	-	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Área	Área dos Terraços Fluviais	ha	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Perímetro	Perímetro dos Terraços Fluviais	m	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Distribuição	Distribuição dos Terraços Fluviais	-	d	d	d	Cartas Topográficas, Cartas Temáticas, Aerofotos, Imagens de Satélite
		Solos Perturbados	Área das Ensecadeiras	m²	d	d		Relatórios de Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Solos Perturbados	Volume das Ensecadeiras	m³		d		Relatórios de Atividades de Implantação, Projeto Básico de Engenharia
		Qualidade da Água	Alumínio	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Bário	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Cádmio	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Chumbo	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Cloreto	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Qualidade da Água	Clorofila - a		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Cobre	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Coliformes Totais	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Coliformes Fecais	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Coloração da Água		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Condutividade Específica		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Cromo Total	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	DBO	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	DQO	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Fenóis		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Ferro Total	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Qualidade da Água	Fósforo Total	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Manganês	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Mercúrio	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Microtox		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Níquel	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrato	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrito	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Nitrogênio Total Kjedahl	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Óleos e Graxas	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Ortofosfato Solúvel		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Qualidade da Água	Oxigênio Dissolvido (OD)		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	pH		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Resíduo Não - Filtrável		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Resíduo Total		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Sulfactantes		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Teste de Toxidade Crônica		Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Turbidez	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Qualidade da Água	Zinco	mg/L	Nd	d	d	Análises Laboratoriais, Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental, Monitoramentos Ambientais
		Vazão	Vazão do Canal Principal (Q ₇ , Q ₁₀)	m³/s	d	d	d	Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Vazão	Vazão de Pico	m³/s	d	d	d	Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Vazão	Existência de Descarregador de Fundo			d		Relatório de Atividades de Implantação / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Vazão	Periodicidade da Abertura do Descarregador de Fundo				d	Relatórios de Acompanhamento da Operação
		Vazão	Vazão durante procedimento de abertura do descarregador de fundo	m³/s			d	Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação
		Variação do N.A.	Regime de Operação do Reservatório				d	Relatórios de Acompanhamento da Operação / Documentos do Processo de Licenciamento Ambiental / Monitoramentos Ambientais / Projeto Básico de Engenharia
		Variação do N.A.	Deplecionamento diário do reservatório	m			d	Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação
		Variação do N.A.	Deplecionamento mensal do reservatório	m			d	Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação
		Variação do N.A.	Deplecionamento anual do reservatório	m			d	Outros Levantamentos / Relatórios de Acompanhamento da Operação
		Inundações	Ponto de Localização dos Eventos		Nd	d	d	Topo-Batimetria / Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Inundações	Número de Eventos		Nd	d	d	Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Inundações	N.A. Atingido		Nd	d	d	Topo-Batimetria / Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Inundações	Vazões Máximas durante os eventos		Nd	d	d	Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Inundações	Duração dos eventos		Nd	d	d	Outros Levantamentos / Monitoramentos Ambientais
		Tempo	Tempo de Enchimento do Reservatório	meses		d		Relatório de Atividades de Implantação / Projeto Básico de Engenharia
		Velocidade	Velocidade de Enchimento do Reservatório	m³/mês		d		Relatório de Atividades de Implantação / Projeto Básico de Engenharia

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Comprimento	Extensão do Canal Original	km	d			Cartas Topográficas / Aerofotos
		Comprimento	Extensão do Trecho de Vazão Reduzida (entre a barragem e a casa de força)	km		d		Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia
		Comprimento	Extensão do Desvio do Rio	km		d		Cartas Topográficas / Aerofotos / Projeto Básico de Engenharia
		Perímetro	Perímetro do Reservatório	km		d		Cartas Topográficas / Imagens de Satélite / Relatórios de Acompanhamento da Operação / Projeto Básico de Engenharia
		Largura	Largura da Seção do Canal (W_{mp})	m	d	d	d	Topo-Batimetria
		Largura	Largura Superficial (L)	m	d	d	d	Cartas Topográficas / Aerofotos / Topo-Batimetria
		Profundidade	Profundidade Média da Seção (D_{mp})	m	Nd	d	Nd	Topo-Batimetria / Outros Levantamentos
		Volume	Volume Total do Reservatório	m ³		d	d	Cartas Topográficas / Topo-Batimetria / Projeto Básico de Engenharia
		Volume	Volume Útil do Reservatório	m ³		d	d	Cartas Topográficas / Topo-Batimetria / Projeto Básico de Engenharia
		Declividade	Perfil Longitudinal do Canal	km	d	d	d	Cartas Topográficas
		Declividade	Gradiente Fluvial	m	d	d	d	Cartas Topográficas
		Seção Transversal	Área da Seção Transversal (A_{mp})	m ²	Nd	d	d	Topo-Batimetria
		Seção Transversal	Área Molhada (A)	m ²	Ndd	d	d	Topo-Batimetria
		Seção Transversal	Perímetro Molhado (P)	m	Nd	d	d	Topo-Batimetria

Sistema Físico	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Unidade de	Fases de Intervenção			Instrumentos de Avaliação
		Seção Transversal	Raio Hidráulico (R)	m/m²	d	d	d	Topo-Batimetria
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Extensão Suprimida por forma de canal	m		d	d	Cartas Topográficas / Aerofotos
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Forma (F)		d	d	d	Cartas Topográficas / Aerofotos
		Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Sinuosidade (Is)		d	d	d	Cartas Topográficas / Aerofotos

*d = Disponível; *Nd = Não Disponível

Elaborado por: Edson Alves Filho

Muitos dos valores de geoindicadores listados no Quadro 7.6 - 1 foram encontrados de modo direto na documentação técnica e cartográfica consultada para a presente pesquisa. Para muitos outros, os dados primários estavam presentes, sendo necessário processá-los por meio de aplicação de fórmulas ou análises espaciais em ambiente SIG. De modo a demonstrar os procedimentos metodológicos aplicados nos geoindicadores selecionados para a área de estudo, é que se apresenta a listagem a seguir, detalhando-se os procedimentos aplicados:

1. Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica: definido a partir dos padrões estabelecidos por HOWARD (1967) a partir da Folha Topográfica Casa Grande (1905) da antiga Comissão Geográfica – Geológica do estado de São Paulo, na condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e pelas Cartas Topográficas do IBGE (Folhas de São José do Rio Pardo e Divinolândia), restituídas em 1970, na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada.
2. Extensão do Percurso Superficial da Bacia Hidrográfica (Eps): definida, conforme CHRISTOFOLETTI (1980) por: $Eps = 1/2.Dd$, onde Dd refere-se à densidade de drenagem. Este índice mede a distancia média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, tendo reflexo sobre o desenvolvimento hidrológico e fisiográfico.

Os cálculos foram efetuados em ambiente ArcGis 10.2 a partir da ferramenta *Calculate Geometry* que forneceu a extensão linear de todos os cursos de água da bacia hidrográfica que define a área de estudo. As fontes de informação que permitiram constituir a base cartográfica digital da área de estudo, contendo, portanto a restituição da hidrografia foram a Folha Topográfica Casa Grande (1905), da antiga Comissão Geográfica – Geológica do estado de São Paulo (condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção) e as Folhas São José do Rio Pardo e Divinolândia (1970) do IBGE (condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada).

3. Comprimento dos Segmentos dos Canais (C.s.): os cálculos foram efetuados em ambiente ArcGis 10.2 a partir da ferramenta *Calculate Geometry* que forneceu a extensão linear de todos os cursos de água da bacia hidrográfica que define a

área de estudo, a partir das fontes que constituíram a base cartográfica digital, já mencionadas, nas condições de morfologia também já mencionadas.

4. Quantidade de Divisores: informação extraída do Mapa 8.2 - 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção, fazendo-se a contabilidade do número de divisores pelo número de registros do banco de dados da categoria no referido mapa. Para a contabilização do número de linhas de divisores na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada, recorreu-se às curvas de nível contidas na base cartográfica digital da área de estudo, cuja fonte de informação foram as folhas do IBGE já mencionadas. Após a delimitação de todas as linhas dos divisores, definiu-se seu número pelo total dos registros contidos no banco de dados da referida categoria.
5. Extensão das Linhas de Divisores: informação extraída do Mapa 8.2 - 1 – Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção, fazendo-se o cálculo da extensão dos divisores em ambiente ArcGis 10.2 por meio da ferramenta *Calculate Geometry* em todos os registros desta categoria contidas no banco de dados do referido mapa, somando-se no final todas as extensões existentes. Para a condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada repetiu-se o mesmo procedimento, tendo-se como fonte de informação as Folhas Topográficas do IBGE já mencionadas.
6. Ordem do Rio no Trecho do Barramento: ordem das drenagens definidas a partir da metodologia de STRAHLER (1962) para hierarquia fluvial, utilizando-se das fontes de informação já mencionadas para as situações de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada. A partir da base cartográfica digital criada para a área de estudo, mais precisamente na categoria drenagem, foi aberta uma coluna nos bancos de dados das categorias hidrografia em condição de morfologia original semi-preservada e morfologia antropogênica, preenchendo-se a ordem dos segmentos de canais conforme a metodologia apontada. Em seguida, observou-se a posição do barramento das PCH Rio do Peixe I e II, anotando-se a ordem da hierarquia fluvial nos respectivos trechos de barramentos.

7. Área de Drenagem: delimitada sobre os divisores das curvas de nível da base cartográfica digital elaborada para a área de estudo, cuja fonte foram as Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinópolis do IBGE. Após a definição dos limites da área de drenagem, o cálculo de área foi feito em ambiente ArcGis por meio da ferramenta *Calculate Geometry* sobre a feição vetorial Área de Estudo, extendendo-se o valor da área de estudo para todas as situações de morfologia consideradas.
8. Densidade Hidrográfica: definida conforme CHRISTOFOLETTI (1980) por: $D_h = N/A$, onde N expressa o número de rios existentes na bacia e A a área da bacia. Este índice tem importância na determinação matemática que determinada bacia tem em gerar novos cursos d'água. O número de rios da bacia foi determinado pelo número de registros no banco de dados dos arquivos shapefile gerados para a hidrografia na condição de morfologia original semi-preservada e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada. Com o valor da área da bacia determinada conforme procedimento expresso no item 7, aplicou-se a fórmula mencionada para a determinação da densidade hidrográfica na área de estudo.
9. Densidade de Drenagem: definida conforme CHRISTOFOLETTI (1980) por: $D_d = L_t/A$, onde D_d é a densidade de drenagem, L_t o comprimento total dos canais fluviais e A a área de drenagem. Representa a relação inversa com o comprimento dos canais, pois quanto maior for a densidade de drenagem há uma diminuição no tamanho dos cursos d'água. Com o valor do comprimento dos canais fluviais e área da bacia calculados conforme os procedimentos dos itens 3 e 7 (nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção), aplicou-se a fórmula da densidade de drenagem para se encontrar os valores referentes à morfologia original em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada.
10. Coeficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (C_m): definido pela fórmula $C_m = 1/D_d$ (CRISTOFOLETTI, 1980), onde C_m é o Coeficiente de Manutenção e D_d a densidade de drenagem. Este índice calcula a área mínima necessária para que se tenha 1 m de escoamento dentro de um canal fluvial. Com os procedimentos para o cálculo da densidade de drenagem expressos no item 9, apenas aplicou-se a referida fórmula para se encontrar o coeficiente de

manutenção na área de estudo nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada.

11. Tipologia da Cobertura Vegetal: definida por meio do uso da ferramenta *Calculate Geometry* nos arquivos shapefile de cobertura vegetal e uso da terra referente aos Mapas 8.2 - 1 (morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção); 8.3 - 6 (morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa) e 8.4 - 1 (morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada).
12. Estágio Sucessional das Tipologias de Cobertura Vegetal: informações extraídas pela interpretação visual (textura e estrutura) de mosaicos de fotografias aéreas e imagens de satélite para os anos de 1930 (Mapa 8.3 - 1), 1998 (8.3 - 4) e 2016 (5.7 - 2), contemplando assim as fases de pré-intervenção referente à morfologia original semi-preservada e às fases de intervenção ativa e consolidada da morfologia antropogênica. Realizou-se também um trabalho de campo para validação dos padrões da imagem de 2016 e verificação da estrutura da vegetação na área de estudo, como também de espécies indicadoras desses diferentes estágios sucessionais. Com os padrões definidos para a imagem de 2016, montou-se uma chave de interpretação que retrospedeu às datas anteriores, completando os mapeamentos para as condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada. As áreas dos diferentes estágios sucessionais nas datas mencionadas foram calculadas nos arquivos shapefile de cada um desses mapeamentos, por meio do uso da ferramenta *Calculate Geometry*.
13. Volume Total de Material Escavado durante a obra: calculado a partir do arranjo geral das PCH Rio do Peixe I e II contidas no Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II. Com a conversão do arquivo dwg fornecido pela CPFL Campinas, atual proprietária da PCH Rio do Peixe II, converteu-se o referido arquivo do arranjo geral das usinas em formato shapefile, e dentro do ambiente ArcGis 10.2, com a inserção das curvas de nível da área de estudo, interpoladas de 5 em 5 m, utilizou-se a ferramenta *Surface Volume* (Módulo *3D Analyst*) sobre o Modelo Digital de Terreno elaborado por meio das referidas curvas de nível, encontrando-se, portanto, o volume total de material escavado para a fase de intervenção ativa em morfologia antropogênica.

14. Temperatura Média Anual: encontrada dentro do rol de documentações técnicas e históricas disponíveis para a área de estudo apenas nas condições de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada, mais precisamente dentro das séries históricas das normais climatológicas para temperatura existente nos capítulos de diagnóstico do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II.
15. Umidade Relativa do Ar: encontrada dentro do rol de documentações técnicas e históricas disponíveis para a área de estudo apenas nas condições de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada, mais precisamente dentro das séries históricas das normais climatológicas para umidade relativa do ar existente nos capítulos de diagnóstico do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II.
16. Precipitação Diária: valor mais alto encontrado dentro dos meses mais chuvosos dos respectivos anos que delimitam as fases de pré-intervenção, intervenção ativa e intervenção consolidada. Para as condições de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa, as informações foram encontradas nas séries históricas de precipitação geradas para o dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II. No caso da condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada (2016) utilizou-se do valor diário mais elevado dos meses mais chuvosos do ano de 2016 nas séries históricas encontradas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de São José do Rio Pardo, onde está inserida a maior parte da área de estudo.
17. Precipitação Anual: valores médios anuais encontrados nas séries históricas utilizadas no dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II (EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II) para as condições de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa. Para a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica), consultou-se a precipitação média anual para o ano de 2016 no acervo de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mais precisamente para o município de São José do Rio Pardo, onde se encontra a maior parte da área de estudo.

18. Tempo Médio do Desmatamento até a Ocupação por um Novo Uso: estimado através dos mapeamentos das categorias físicas de uso da terra nas condições de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção (Mapa 8.2 - 1), morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). Também se utilizou no cálculo do tempo médio de desmatamento as datas intermediárias dos Mapas de Categoria Física de Uso da Terra: 1972 (Mapa 8.3 - 2), 1983 (Mapa 8.3 - 3) e 2006 (Mapa 8.3 - 5). A partir da sobreposição entre as manchas de cada categoria de cobertura vegetal, observou-se os locais onde houve supressão por desmatamento, observando-se finalmente, a primeira data onde a supressão se fazia presente. O mesmo procedimento foi aplicado para cada uma das categorias de cobertura vegetal, calculando-se uma média entre as datas encontradas de supressão, encontrando-se, por fim, o tempo médio por desmatamento até a instalação de um novo uso que não o de cobertura vegetal.
19. Área de Ocupação das Classes de Declividade: para a fase de pré-intervenção em condição de morfologia original semi-preserveda, foram utilizadas as curvas da Folha Topográfica de Casa Branca (IGG, 1905). Procedeu-se ao georreferenciamento da carta, vetorização das curvas e incorporação das mesmas aos padrões cartográficos estipulados para a base cartográfica digital do presente estudo. Após a incorporação, foi elaborado um Modelo Digital de Terreno (MDT) por meio da ferramenta *Create TIN* do módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2. Na sequência, a partir do MDT, foi criado o mapa de declividades por meio da ferramenta *Surface Slop* do sub-módulo *Triangulated Surface*, contida no módulo *3D Analyst*. Os intervalos clinográficos utilizados foram: até 2%, 2% - 8%, 8 - 15%, 15 - 30%, 30% - 45%, maior que 45%. Após a determinação da declividade, foi utilizada a ferramenta *Calculate Geometry* para determinar a área ocupada por cada classe de declividade. O mesmo procedimento foi aplicado em relação às curvas de nível das Cartas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, elaboradas pelo IBGE, conseguindo-se, portanto, o cálculo das declividades nas condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada.
20. Altitude Média das Vertentes: determinada a partir das curvas de nível extraídas da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905). Após a incorporação das curvas da referida carta à base cartográfica digital elaborada para a presente pesquisa, abriu-se a tabela de atributos referente ao arquivo shapefile de curvas de nível,

calculando-se a média das altitudes após a exportação dessa tabela de atributos para o formato xls do Programa Excel do Pacote *Office*. O mesmo procedimento foi aplicado para o cálculo das altitudes médias na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada, utilizando-se as curvas de nível das Folhas Topográficas do IBGE de São José do Rio Pardo e Divinolândia.

21. **Orientação Predominante das Vertentes:** a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) elaborado com as curvas de nível da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905), utilizou-se o sub-módulo *Surface Aspect*, contido no módulo *Triangulated Surface* do software ArcGis 10.2. O resultado derivado dessa ferramenta é um arquivo em formato raster contendo as orientações das vertentes: N, S, L, O, NO, NE, SO, SE e as áreas sem orientação, calculadas como nulas, em virtude de se situarem em ângulos de orientação muito próximos de 0°. Após a geração do arquivo raster com as orientações predominantes das vertentes, o mesmo foi utilizado para descrição das orientações predominantes na área de estudo. Esses mesmos procedimentos foram aplicados às curvas de nível das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, encontrando-se as orientações predominantes das vertentes na condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e consolidada.
22. **Comprimento Médio da Rampa:** calculado a partir da determinação de segmentos lineares espalhados ao longo das vertentes conformadas a partir das curvas de nível da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905). Após a determinação dos segmentos lineares ao longo das vertentes encontradas na área de estudo, foi determinada a extensão do comprimento das rampas, por meio da utilização da ferramenta *Measure* do software ArcGis 10.2. Após a medição dos segmentos, calculou-se a média dos mesmos, encontrando-se o valor final referente ao comprimento médio da rampa. O mesmo procedimento foi aplicado ao longo das vertentes conformadas pelas curvas de nível das Cartas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia (IBGE), permitindo o cálculo da média da rampa na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada.
23. **Quantidade de Rupturas:** calculada apenas para a condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do banco de dados gerados para o arquivo *shapefile* do Mapa 8.2 - 1. Após a abertura da tabela de

atributos do referido arquivo *shapefile*, contabilizou-se o total de rupturas, encontrando-se o valor final de quantidade das mesmas.

24. Extensão da Linha de Rupturas: calculada apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção por meio do banco de dados gerados para o arquivo *shapefile* do Mapa 8.2 - 1. Após a separação da categoria rupturas dentro do referido arquivo *shapefile*, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* para a determinação da extensão das linhas de rupturas, somando-se todos os registros, para a determinação da extensão total.
25. Quantidade de Mudanças: calculada apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção por meio do banco de dados gerados para o arquivo *shapefile* do Mapa 8.2 - 1. Após a abertura da tabela de atributos do referido arquivo *shapefile*, contabilizou-se o total de mudanças, encontrando-se o valor final de quantidade das mesmas para a área de estudo.
26. Extensão das Linhas de Mudanças: calculada apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção por meio do banco de dados gerados para o arquivo *shapefile* do Mapa 8.2 - 1. Após a separação da categoria mudanças dentro do referido arquivo *shapefile*, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* para a determinação da extensão das linhas de mudanças, somando-se todos os registros, para a determinação da extensão total.
27. Processos Erosivos, Movimentos de Massa e Queda de Blocos: elaborado a partir do Mapa 8.4 - 1 para a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica). A partir do arquivo *shapefile* elaborado para a categoria de morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada, consultou-se o banco de dados e anotou-se o número de registro das categorias processos erosivos, encontrando-se o total de processos.
28. Morfologias Predominantes em Planta e Perfil: elaborado a partir do Mapa 8.2 - 1, por meio do arquivo *shapefile* de área (polígono) com as unidades geomorfológicas determinadas para a área de estudo, tendo como base as curvas de nível, declividades, solos e geologia. A partir desses parâmetros, conseguiu-se de determinar as morfologias em situação de pré-intervenção (morfologia original semi-preserveda), encontrando-se para a área de estudo: anfiteatros côncavos amplos, planície fluvial, terraço fluvial, topos e vertentes de

perfil côncavo e convexo indiscriminados. Após a delimitação das morfologias predominantes, determinou-se as áreas das mesmas por meio da Ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2.

29. Extensão Média das Vertentes: calculada apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção, a partir das curvas de nível da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905). Foram determinados segmentos de reta ao longo de todas as vertentes delineadas pelas referidas curvas de nível e utilizada a ferramenta *Measure* para estimar o comprimento total. Após a obtenção das medidas de todos os segmentos, calculou-se a média, obtendo-se o resultado final.
30. Grau de Dissecação Vertical das Áreas Ocupadas: calculado apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda, utilizando-se, porém, do Mapa 8.3 - 1, que traz o uso e ocupação da terra para a área de estudo. A partir desse mapa, selecionou-se a categoria de núcleos rurais que traz as áreas ocupadas dentro do referido mapeamento. Com essa categoria separada e com as curvas de nível da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905) interpoladas com intervalo de 5 em 5 metros, procedeu-se a definição do grau de dissecação vertical pelo cálculo da distância entre as curvas de nível que tocavam as diversas áreas de núcleos rurais. Após feito o cálculo para cada um dos registros de núcleos rurais, calculou-se a média dos valores obtidos, encontrando-se, por fim, o grau de dissecação vertical das áreas ocupadas.
31. Grau de Dissecação Horizontal das Áreas Ocupadas: calculado apenas para a condição de morfologia original semi-preserveda, utilizando-se, porém, do Mapa 8.3 - 1, que traz o uso e ocupação da terra para a área de estudo. A partir desse mapa, selecionou-se a categoria de núcleos rurais que traz as áreas ocupadas dentro do referido mapeamento. Com essa categoria separada, utilizou-se a ferramenta *Measure* do software ArcGis 10.2, medindo-se a extensão horizontal das áreas de núcleos rurais. Este procedimento foi repetido com cada um dos registros de núcleos rurais, permitindo-se calcular, por fim, a média dos valores de dissecação horizontal das áreas ocupadas.
32. Tipo de Aquífero: determinado por meio da consulta ao arquivo *shapefile* dos Domínios Hidrogeológicos do IBGE, recortados para a área de estudo (Mapa 8.1 - 4) para a condição de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-

intervenção. O presente mapa acusou apenas um tipo de aquífero para a área de estudo.

33. Unidades de Solo: determinado para a área de estudo por meio do Mapa 5.6 - 1. A partir do arquivo *shapefile* do referido mapa (apenas para a condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa, resultante do mapeamento de classe de solos encontrado no Item de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II), utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2 para calcular a área referente a cada uma das tipologias de solos encontradas na área de estudo.
34. Espessura do Solo: determinada por meio de perfis típicos em publicações do Embrapa e do IBGE para cada uma das categorias de solo encontradas na área de Estudo.
35. Espessura das Camadas de Solo: determinada por meio da extensão dos horizontes dos perfis típicos das categorias de solo encontradas para a área de estudo contidas em publicações da Embrapa e do IBGE.
36. Estrutura do Solo: determinada por meio das descrições de horizontes tipo para as categorias de solo encontradas na área de estudo, em publicações da Embrapa e do IBGE.
37. Textura do Solo: determinada por meio das descrições de horizontes tipo para as categorias de solo encontradas na área de estudo, em publicações da Embrapa e do IBGE.
38. Porosidade do Solo: determinada por meio das descrições de horizontes tipo para as categorias de solo encontradas na área de estudo, em publicações da Embrapa e do IBGE.
39. Área Total de Aterros: determinada para a área de estudo nas condições de Morfologia Antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, selecionou-se a categoria de aterros, determinando-se as áreas por meio da ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2.
40. Volume Total de Aterros: determinada para a área de estudo nas condições de Morfologia Antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e

intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, e com as curvas de nível retiradas das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, selecionou-se a categoria de aterros e determinou-se os volumes dos mesmos por meio da Ferramenta *Calculate Volume*, contida no módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2.

41. Área de Cortes: determinada para a área de estudo nas condições de Morfologia Antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, selecionou-se a categoria de cortes, determinando-se as áreas por meio da ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2.
42. Volume de Cortes: determinada para a área de estudo nas condições de Morfologia Antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, e com as curvas de nível retiradas das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, selecionou-se a categoria de cortes e determinou-se os volumes dos mesmos por meio da Ferramenta *Calculate Volume*, contida no módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2.
43. Área de Superfícies Expostas: determinada para a área de estudo nas condições de Morfologia Antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, selecionou-se a categoria de solo exposto/movimento de massa, determinando-se as áreas por meio da ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2.
44. Material Escavado: a referida informação, selecionada como um geoindicador da fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) foi encontrado nos itens referentes à descrição do empreendimento e diagnóstico do meio físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II.
45. Volume de Escavações: determinado apenas para a condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) por meio da seleção das categorias PCH Rio do Peixe I e II, constituída pelas estruturas civis e de apoio das referidas usinas. Com a utilização das curvas de nível das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia do IBGE, utilizou-se a

ferramenta *Calculate Volume* do módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2, encontrando-se os volumes dos materiais escavados durante a fase de obras.

46. Unidades Geológicas: determinadas nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada por meio do Mapa 5.2 - 1. A partir do arquivo *shapefile* do referido mapa, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2, encontrando-se as áreas das diferentes unidades geológicas da área de estudo.
47. Tipos de Processo de Erosão: determinados para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos respectivos mapas, consultou-se as tabelas de atributo, retirando-se das mesmas dos tipos de processos de erosão mapeados.
48. Área Afetada por Processos Erosivos: determinada para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos respectivos mapas, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2 para as categorias de processos erosivos, encontrando-se as respectivas áreas afetadas para as condições de morfologia já citadas.
49. Volume Erodido por Processos Erosivos: determinado para a área de estudo nas condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). A partir dos arquivos *shapefile* dos referidos mapas, e com as curvas de nível retiradas das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, selecionou-se a categoria de processos erosivos e determinou-se os volumes dos mesmos por meio da Ferramenta *Calculate Volume*, contida no módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2.
50. Tempo de Duração do Processo Erosivo: estimado por meio dos mapeamentos das categorias físicas de uso da terra nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção (Mapa 8.2 - 1), morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). Também se utilizou no cálculo do tempo médio de duração dos processos erosivos as datas intermediárias dos Mapas de Categoria Física de Uso da Terra: 1972 (Mapa 8.3 - 2), 1983 (Mapa 8.3

- 3) e 2006 (Mapa 8.3 - 5). A partir da sobreposição entre as manchas da categoria referente aos processos erosivos nos diversos conjuntos de fotografias aéreas e imagens de satélite selecionados para a área de estudo, observou-se os locais onde houve o aparecimento de focos de processos erosivos, observando-se as datas iniciais de aparecimento e as datas finais onde os processos apresentavam-se apenas como cicatrizes na paisagem, determinando-se, assim, o tempo médio de duração dos processos.

51. Frequência dos Processos Erosivos: estimado através dos mapeamentos das categorias físicas de uso da terra nas condições de morfologia original semi-preserveda em fase de pré-intervenção (Mapa 8.2 - 1), morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (Mapa 8.3 - 6) e morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada (Mapa 8.4 - 1). Também se utilizou no cálculo da frequência dos processos erosivos as datas intermediárias dos Mapas de Categoria Física de Uso da Terra: 1972 (Mapa 8.3 - 2), 1983 (Mapa 8.3 - 3) e 2006 (Mapa 8.3 - 5). A partir da sobreposição entre as manchas da categoria referente aos processos erosivos nos diversos conjuntos de fotografias aéreas e imagens de satélite selecionados para a área de estudo, observou-se os locais onde houve o aparecimento de focos de processos erosivos, observando-se as datas iniciais de aparecimento e as datas finais onde os processos apresentavam-se apenas como cicatrizes na paisagem, determinando-se, assim, o tempo médio de duração dos processos. Para o cálculo de frequência, contabilizou-se todos os processos erosivos encontrados nas diferentes datas analisadas, dividindo-os pela área de estudo.

52. Área de Limpeza da Bacia de Acumulação: determinada apenas para a fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) por meio do recorte das categorias de cobertura vegetal do Mapa 8.3 - 4 para a área do reservatório das PCH Rio do Peixe I e II, determinado-se a área da bacia de acumulação apenas para as áreas apontadas como de cobertura vegetal de porte arbóreo. Para o cálculo efeito da área da bacia de acumulação, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2 sobre as feições da categoria cobertura vegetal de porte arbóreo.

53. Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação: determinada apenas para a fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) por meio do recorte das categorias de cobertura vegetal do Mapa 8.3 - 4 para a área do reservatório das

PCH Rio do Peixe I e II, separando-se dos grupos de coberturas vegetais encontrados, aqueles apenas de porte arbóreo. Com os valores em mãos, o tempo de limpeza foi estimado levando-se em consideração a produtividade de operadores de máquinas de motosserra, tratoristas e operadores de caminhão do tipo munck (considerando-se a produtividade média de 0,50 hectares por dia) para obras de porte similar à das PCH Rio do Peixe I e II.

54. Tempo de Revegetação da APP: determinado apenas para a fase de intervenção consolidada, por meio da consulta ao Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, onde há a análise do plano de revegetação empregado para a usina, indicando-se o tempo levado para a revegetação das APP de reservatório e hídricas ao longo do curso principal do rio do Peixe.
55. Área de Reflorestamento da APP: determinado apenas para a fase de intervenção consolidada, por meio da consulta ao Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, onde há um mapa com as áreas de reflorestamento de APP determinadas durante o EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II. O referido mapa foi georreferenciado e vetorizado em ambiente ArcGis 10.2, o que permitiu o cálculo da área de revegetação em APP.
56. Cota Máxima de Inundação: informação retirada do capítulo dos capítulos de caracterização do empreendimento e diagnóstico do meio físico da Área Diretamente Afetada pela PCH Rio do Peixe II (EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II).
57. Área Máxima de Inundação: : informação retirada do capítulo dos capítulos de caracterização do empreendimento e diagnóstico do meio físico da Área Diretamente Afetada pela PCH Rio do Peixe II (EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II).
58. Área da Planície de Inundação Suprimida pelo Reservatório: informação calculada a partir do Mapa 8.3 - 1, por meio da seleção da área do reservatório das PCH Rio do Peixe I e II e aplicação de ferramenta de recorte espacial (*Clip* do sub-módulo *Extract*, módulo *Analysis Tools* do software ArcGis 10.2) entre a área dos reservatórios e da planície de inundação original do rio do Peixe. A partir do resultado desta análise espacial, calculou-se a área final por meio da ferramenta *Calculate Geometry*. Para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e consolidada, o mesmo procedimento foi utilizado,

utilizando-se a planície de inundação contida nas Folhas Topográficas do IBGE São José do Rio Pardo e Divinolândia.

59. Área de Limpeza da Bacia de Acumulação situada dentro de planícies e terraços fluviais: determinada apenas para a fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) por meio do recorte das categorias de cobertura vegetal do Mapa 8.3 - 4 para a área do reservatório das PCH Rio do Peixe I e II, determinado-se a área da bacia de acumulação apenas para as áreas apontadas como de cobertura vegetal de porte arbóreo. Para o cálculo efetivo da área da bacia de acumulação dentro dos compartimentos planície e terraços fluviais, utilizou-se a ferramenta *Clip* do sub-modulo *Extract* (módulo *Analysis Tools*) do software ArcGis 10.2, recortando-se as categorias de porte arbóreo dentro da área de planícies e terraços. Após o recorte das coberturas vegetais arbóreas dentro dos referidos compartimentos geomorfológicos, procedeu-se ao cálculo das áreas por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.
60. Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação situada dentro de planícies e terraços fluviais: determinada apenas para a fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) por meio do recorte das categorias de cobertura vegetal do Mapa 8.3 - 4 para a área do reservatório das PCH Rio do Peixe I e II, separando-se dos grupos de coberturas vegetais encontrados, aqueles apenas de porte arbóreo encontrados dentro dos compartimentos geomorfológicos planície fluvial e terraços fluviais. Com os valores em mãos, o tempo de limpeza foi estimado levando-se em consideração a produtividade de operadores de máquinas de motosserra, tratoristas e operadores de caminhão do tipo munck (considerando-se a produtividade média de 0,50 hectares por dia) para obras de porte similar à das PCH Rio do Peixe I e II.
61. Tempo de Revegetação de APP dentro de planícies e terraços fluviais: determinado apenas para a fase de intervenção consolidada, por meio da consulta ao Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, onde há a análise do plano de revegetação empregado para a usina, indicando-se o tempo levado para a revegetação das APP de reservatório e hídricas ao longo do curso principal do rio do Peixe, tomando-se o cuidado de recortar as áreas de revegetação de APP para dentro dos compartimentos geomorfológicos planície fluvial e terraço fluvial. A partir da aplicação de regra de três do tempo médio de revegetação para todas as áreas de APP descritas no

Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, é que se fez o cálculo para as áreas incluídas apenas dentro dos compartimentos planície fluvial e terraço fluvial.

62. Área de Revegetação de APP dentro de planícies e terraços fluviais: determinado apenas para a fase de intervenção consolidada, por meio da consulta ao Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, onde há um mapa com as áreas de reflorestamento de APP determinadas durante o EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II. O referido mapa foi georreferenciado e vetorizado em ambiente ArcGis 10.2, recortando-se os referidos polígonos para dentro da área dos compartimentos geomorfológicos planície fluvial e terraços fluviais (operação espacial Clip do software ArcGis 10.2), o que permitiu o cálculo da área de revegetação em APP, por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.
63. Área Total de Corpos D'Água: calculado para a condição de morfologia original semi-preservada por meio da Folha Topográfica de Casa Grande (IGG, 1905) e para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e consolidada por meio das Folhas Topográficas de São José do Rio Pardo e Divinolândia, elaboradas pelo IBGE. A partir da vetorização de todos os corpos d'água nas condições relatadas, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2 para o cálculo das referidas áreas.
64. Perímetro Total dos Corpos D'Água: calculado para a condição de morfologia original semi-preservada por meio da Folha Topográfica de Casa Grande (IGG, 1905) e para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e consolidada por meio das Folhas Topográficas de São José do Rio Pardo e Divinolândia, elaboradas pelo IBGE. A partir da vetorização de todos os corpos d'água nas condições relatadas, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2 para o cálculo dos perímetros dos corpos d'água nas condições mencionadas.
65. Área da Planície Fluvial: calculada para a situação de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1. Após a seleção da categoria planície fluvial do conjunto das morfologias originais mapeadas (operação *Select* do sub-módulo *Extract*, situada dentro do módulo *Analysis Tools* do software ArcGis 10.2), calculou-se a área da mesma por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

Para as situações de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, utilizou-se como fonte de informações o Mapa 5.3 - 3, utilizando-se da ferramenta *Select* do software ArcGis 10.2 para a seleção da área de planície fluvial. O cálculo da área da planície fluvial na referida condição foi executado por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

66. Perímetro da Planície Fluvial: calculado para a situação de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1. Após a seleção da categoria planície fluvial do conjunto das morfologias originais mapeadas (operação *Select* do sub-módulo *Extract*, situada dentro do módulo *Analysis Tools* do software ArcGis 10.2), calculou-se o perímetro da mesma por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

Para as situações de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, utilizou-se como fonte de informações o Mapa 5.3-3, utilizando-se da ferramenta *Select* do software ArcGis 10.2 para a seleção da área de planície fluvial. O cálculo do perímetro da planície fluvial na referida condição foi executado por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

67. Distribuição da Planície Fluvial: realizada para a condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1, utilizando-se da descrição geográfica dos limites de distribuição deste compartimento. Para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, a descrição da distribuição espacial do compartimento geomorfológico planície fluvial foi feito por meio do Mapa 5.3 - 3.

68. Área dos Terraços Fluviais: calculada para a situação de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1. Após a seleção da categoria terraços fluviais do conjunto das morfologias originais mapeadas (operação *Select* do sub-módulo *Extract*, situada dentro do módulo *Analysis Tools* do software ArcGis 10.2), calculou-se a área da mesma por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

Para as situações de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, utilizou-se como fonte de informações o Mapa 5.3 - 3, utilizando-se da ferramenta *Select* do software ArcGis 10.2 para a seleção das áreas de terraços fluviais. O cálculo das áreas de terraços fluviais na referida condição foi executado por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

69. Perímetro dos Terraços Fluviais: calculado para a situação de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1. Após a seleção da categoria terraços fluviais do conjunto das morfologias originais mapeadas (operação *Select* do sub-módulo *Extract*, situada dentro do módulo *Analysis Tools* do software ArcGis 10.2), calculou-se o perímetro da mesma por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

Para as situações de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, utilizou-se como fonte de informações o Mapa 5.3 - 3, utilizando-se da ferramenta *Select* do software ArcGis 10.2 para a seleção das áreas de terraços fluviais. O cálculo do perímetro dos terraços fluviais na referida condição foi executado por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

70. Distribuição dos Terraços Fluviais: realizada para a condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção por meio do Mapa 8.2 - 1, utilizando-se da descrição geográfica dos limites de distribuição deste compartimento. Para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e intervenção consolidada, a descrição da distribuição espacial do compartimento geomorfológico terraços fluviais foi feito por meio do Mapa 5.3 - 3.

71. Área das Ensecadeiras: calculada apenas nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção (PCH Rio do Peixe I) e morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa (PCH Rio do Peixe II), teve como fonte de informação o Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II. A partir do Arranjo Geral das Estruturas Civas e de Apoio da PCH Rio do Peixe II, onde se pode verificar também a indicação das estruturas civis e de apoio da PCH Rio do Peixe I, promoveu-se a conversão do arquivo dwg do referido arranjo para o formato *shapefile* do software ArcGis 10.2, selecionando-se por meio da ferramenta *Select* apenas as áreas das ensecadeiras, calculando-se as áreas das mesmas (PCH Rio do Peixe I e II) por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.

72. Volume das Ensecadeiras: a partir do arquivo *shapefile* resultante das estruturas civis e de apoio do Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II, contendo a área das ensecadeiras das PCH Rio do Peixe I e II, utilizou-se as curvas de nível das Folhas Topográficas de São José do Rio Pardo e Divinolândia, interpolando-as em intervalos de 5 em 5 m. Com as áreas das ensecadeiras e curvas de nível,

procedeu-se ao cálculo do volume por meio da Ferramenta *Calculate Volume*, do módulo *3D Analyst* do software ArcGis 10.2.

73. Qualidade da Água – Teores de Alumínio: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
74. Qualidade da Água – Teores de Bário: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
75. Qualidade da Água – Teores de Cádmio: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
76. Qualidade da Água – Teores de Chumbo: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
77. Qualidade da Água – Teores de Cloreto: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
78. Qualidade da Água – Teores de Clorofila a: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).

79. Qualidade da Água – Teores de Cobre: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
80. Qualidade da Água – Coliformes Totais: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
81. Qualidade da Água – Coliformes Fecais: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
82. Qualidade da Água – Coloração da Água: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
83. Qualidade da Água – Condutividade Específica: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
84. Qualidade da Água – Teores de Cromo Total: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
85. Qualidade da Água – DBO: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-

RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).

86. Qualidade da Água – DBQ: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
87. Qualidade da Água – Fenóis: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
88. Qualidade da Água – Teores de Ferro Total: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
89. Qualidade da Água – Teores de Fósforo Total: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
90. Qualidade da Água – Teores de Manganês: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
91. Qualidade da Água – Teores de Mercúrio: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no

Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).

92. Qualidade da Água – Microtox: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
93. Qualidade da Água – Teores de Níquel: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
94. Qualidade da Água – Teores de Nitrogênio Amoniacal: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
95. Qualidade da Água – Teores de Nitrogênio Nitrato: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
96. Qualidade da Água – Teores de Nitrogênio Nitrito: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
97. Qualidade da Água – Teores de Nitrogênio Total Kjeldahl: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).

98. Qualidade da Água – Teores de Óleos e Graxas: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
99. Qualidade da Água – Teores de Ortofosfato Solúvel: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
100. Qualidade da Água – Teores de Oxigênio Dissolvido (OD): informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
101. Qualidade da Água – pH: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
102. Qualidade da Água – Teores de Resíduo Não Filtrado: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
103. Qualidade da Água – Teores de Resíduo Total: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
104. Qualidade da Água – Sólidos Suspensos Totais: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico

do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).

105. Qualidade da Água – Sulfactantes: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
106. Qualidade da Água – Teste de Toxicidade Crônica: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
107. Qualidade da Água – Turbidez: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
108. Qualidade da Água – Teores de Zinco: informação retirada dos ensaios laboratoriais de qualidade da água constante no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico do EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa) e no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção consolidada).
109. Vazão do Canal Principal (Q_7 , Q_{10}): informação disponível para a condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção (séries históricas utilizadas no dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II), morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa (séries históricas utilizadas no dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II) e intervenção consolidada (Relatórios de Hidrometria constantes como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II).
110. Vazão de Pico: informação disponível para a condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção (séries históricas utilizadas no

dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente no EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II, nos capítulos de caracterização do empreendimento e Diagnóstico do Meio Físico) e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa (séries históricas utilizadas no dimensionamento das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente no EIA-RIMA da PCH Rio do Peixe II) e intervenção consolidada (Relatórios de Hidrometria constantes como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II).

111. Existência de Descarregador de Fundo: informação relativa apenas à fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica) e presente do Arranjo Geral da PCH Rio do Peixe II, constante do Projeto Básico do referido empreendimento.
112. Periodicidade da Abertura do Descarregador de Fundo: informação constante nos Relatórios de Operação, que aparecem como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, sendo portanto, referente apenas a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).
113. Vazão durante o procedimento de Abertura do Descarregador de Fundo: informação constante nos Relatórios de Operação, que aparecem como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, sendo portanto, referente apenas a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).
114. Regime de Operação do Reservatório: informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente no capítulo de caracterização do empreendimento, sendo aplicável somente a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).
115. Deplecionamento Diário do reservatório: informação constante nos Relatórios de Operação, que aparecem como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, sendo portanto, referente apenas a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).
116. Deplecionamento Mensal do reservatório: informação constante nos Relatórios de Operação, que aparecem como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, sendo portanto, referente apenas a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).

117. Deplecionamento Anual do reservatório: informação constante nos Relatórios de Operação, que aparecem como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, sendo portanto, referente apenas a fase de intervenção consolidada (morfologia antropogênica).
118. Ponto de Localização dos Eventos de Inundação: informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa), mais precisamente no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico, onde são mostradas as séries históricas de vazões para o rio do Peixe, sendo indicados em mapa a localização dos pontos de medição das séries históricas. Para a fase de intervenção consolidada, as informações foram encontradas em séries e mapas dos estudos de hidrometria utilizados no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.
119. Número de Eventos de Inundação: informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa), mais precisamente no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico, onde são mostradas as séries históricas de vazões para o rio do Peixe, sendo indicados em mapa a localização dos pontos de medição das séries históricas. Para a fase de intervenção consolidada, as informações foram encontradas em séries e mapas dos estudos de hidrometria utilizados no Relatório de Renovação.
120. Nível Altimétrico (N.A.) Atingido pelos Eventos de Inundação: : informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa), mais precisamente no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico, onde são mostradas as séries históricas de vazões para o rio do Peixe, sendo indicados em mapa a localização dos pontos de medição das séries históricas. Para a fase de intervenção consolidada, as informações foram encontradas em séries e mapas dos estudos de hidrometria utilizados no Relatório de Renovação.
121. Vazões Máximas durante os Eventos de Inundação: : informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa), mais precisamente no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico, onde são mostradas as séries históricas de vazões para o rio do Peixe, sendo indicados em mapa a localização dos pontos de medição das séries históricas. Para a fase de intervenção consolidada, as informações foram encontradas em

séries e mapas dos estudos de hidrometria utilizados no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

122. Duração dos Eventos de Inundação: informação constante no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II (fase de intervenção ativa), mais precisamente no capítulo de Diagnóstico do Meio Físico, onde são mostradas as séries históricas de vazões para o rio do Peixe, sendo indicados em mapa a localização dos pontos de medição das séries históricas. Para a fase de intervenção consolidada, as informações foram encontradas em séries e mapas dos estudos de hidrometria utilizados no Relatório de Renovação.
123. Tempo de Enchimento do Reservatório: informação disponível apenas para a condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e localizada nos capítulos de caracterização do empreendimento e Diagnóstico do Meio Físico do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II.
124. Velocidade de Enchimento do Reservatório: informação disponível apenas para a condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e localizada nos capítulos de caracterização do empreendimento e Diagnóstico do Meio Físico do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II.
125. Extensão do Canal Original: informação disponível apenas para a fase de pré-intervenção (morfologia original semi-preservada). Calculada a partir do Mapa 8.2 - 1 por meio da ferramenta Calculate Geometry do software ArcGis 10.2 para toda a extensão do canal do rio do Peixe, extraído da Folha Topográfica Casa Branca (IGG, 1905).
126. Extensão do Trecho de Vazão Reduzida: informação aplicável apenas para a fase de intervenção ativa (morfologia antropogênica), sendo encontrada no Arranjo Geral da PCH Rio do Peixe II (Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II), disponibilizada em formato dwg pela CPFL de Campinas. O arranjo geral foi convertido em formato *shapefile* do software ArcGis 10.2, calculando-se o trecho de vazão reduzida por meio da ferramenta *Measure*.
127. Extensão do Desvio do Rio: : informação aplicável apenas para a fase de pré-intervenção (morfologia original semi-preservada), sendo encontrada no Arranjo Geral da PCH Rio do Peixe II (Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II, com indicação dos trechos de desvio do rio tanto da PCH Rio do Peixe I, como da

PCH Rio do Peixe II), disponibilizada em formato dwg pela CPFL de Campinas. O arranjo geral foi convertido em formato *shapefile* do software ArcGis 10.2, calculando-se o trecho de desvio do rio para as duas usinas mencionadas por meio da ferramenta *Measure*.

128. Perímetro do Reservatório: informação retirada do Mapa 8.3 - 6. A partir do arquivo *shapefile* do referido mapa, aplicou-se a ferramenta *Select* do software ArcGis 10.2, de forma a extrair a categoria reservatório do conjunto de informações constante no referido arquivo. Com a informação extraída, o perímetro do reservatório foi calculado por meio da ferramenta *Calculate Geometry*.
129. Largura da Seção do Canal (W_{mp}). É a medida em nível das margens plenas dos rios, conforme definição de LEOPOLD (1978), sendo definido pela equação $W_{mp} = a_1 \cdot A_d$, onde a_1 é o coeficiente do raio hidráulico e A_d a área ocupada pelo canal fluvial. O referido cálculo foi aplicado para a condição de pré-intervenção (morfologia original semi-preserveda), tendo-se como fonte a Folha Topográfica da Casa Branca (IGG, 1905) e nas condições de intervenção ativa e intervenção consolidada, tendo como bases as Folhas Topográficas de São José do Rio Pardo e Divinolândia. Com o uso da ferramenta *Calculate Geometry* foi possível extrair a área do canal fluvial do rio do Peixe, nas condições de morfologia mencionadas, aplicando-se depois a referida fórmula de largura do canal fluvial.
130. Largura Superficial (L): conforme definido por LEOPOLD(1978), é a largura da superfície líquida em contato com a atmosfera. Para determinação da largura superficial foram definidos segmentos retilíneos de 1 em 1 m ao longo do curso principal do rio do Peixe, de uma margem a outra, nas condições de morfologia original semi-preserveda (fase de pré-intervenção) e morfologia antropogênica (fase de intervenção ativa e consolidada), obtendo-se a largura superficial final pela média das medições obtidas. Para a fase de pré-intervenção, utilizou a Folha Topográfica de Casa Branca (IGG, 1905) para extrair o curso do canal original. Para as fases de intervenção ativa e consolidada, o canal principal do rio do Peixe na condição de morfologia antropogênica foi retirado das Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia, do IBGE.
131. Profundidade Média da Seção (D_{mp}): informação existente apenas para as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e

consolidada. Os valores de profundidade média da seção foram encontrados na fase de intervenção ativa no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente nos capítulos de caracterização do empreendimento e de Diagnóstico do Meio Físico, e para a fase de intervenção consolidada, nos arquivos anexos, referentes aos Estudos de Hidrometria, do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

132. Volume Total do Reservatório: informação existente apenas para as condições de morfologia antropogênica de fase de intervenção ativa e consolidada. O valor foi encontrado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente nos capítulos de caracterização do empreendimento e de Diagnóstico do Meio Físico.
133. Volume Útil do Reservatório: informação existente apenas para as condições de morfologia antropogênica de fase de intervenção ativa e consolidada. O valor foi encontrado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, mais precisamente nos capítulos de caracterização do empreendimento e de Diagnóstico do Meio Físico.
134. Perfil Longitudinal do Canal Principal: determinado para as três condições de morfologia estudadas, tendo-se como fonte para a fase de pré-intervenção a Folha Casa Branca (IGG, 1905) e para as fases de intervenção ativa e intervenção consolidada as Folhas São José do Rio Pardo e Divinolândia (IBGE). A partir das curvas de nível das referidas folhas topográficas definiu-se uma linha reta seguindo o curso principal do rio do Peixe, elaborando-se gráficos de linha com os valores extraídos das curvas de nível de tangenciaram as linhas retas traçadas ao longo do curso principal do referido rio nas condições de pré-intervenção, intervenção ativa e intervenção consolidada.
135. Gradiente Fluvial: conforme definição de CHRISTOFOLETTI (1980) mede a relação entre a altitude da nascente e a altitude da foz de determinado rio, expressando a influencia da erosão fluvial dentro de determinada bacia hidrográfica. É definido pela fórmula $G = \frac{H - h}{L} \times 100$, onde G é o Gradiente Fluvial, H a cota de altitude na nascente do rio, h a cota da foz e L a extensão do canal fluvial. O calculo do gradiente fluvial foi empregado nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada. Foi utilizada a Folha Topográfica de Casa Branca (IGG, 1905) para extração do canal

principal do rio do Peixe e curvas de nível na condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e as Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia para a extração do curso do rio do Peixe e das curvas de nível na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada. Com as informações topográficas extraídas das fontes cartográficas mencionadas, procedeu-se à medição das cotas da nascente e da foz e por meio da ferramenta *Identify* do software ArcGis 10.2, e medida a distância do canal principal por meio da ferramenta *Measure*, aplicando, por fim a referida fórmula para o cálculo do gradiente fluvial.

136. Área da Seção Transversal (A_{mp}): informação retirada dos Relatórios de Hidrometria, que constam como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, disponíveis para as fases de intervenção ativa e consolidada.
137. Área Molhada (A): informação retirada dos Relatórios de Hidrometria, que constam como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, disponíveis para as fases de intervenção ativa e consolidada.
138. Perímetro Molhado (P): informação retirada dos Relatórios de Hidrometria, que constam como anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, disponíveis para as fases de intervenção ativa e consolidada.
139. Raio Hidráulico (R): conforme definição de CHRISTOFOLETTI (1980) é a relação entre seção transversal e o perímetro molhado de um determinado canal fluvial, sendo um importante indicador da dimensão de um determinado canal fluvial. É definido por $R = A/P$, onde R é o raio hidráulico, A a seção transversal e P o perímetro molhado. O cálculo do raio hidráulico foi empregado nas condições de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada. Foi utilizada a Folha Topográfica de Casa Branca (IGG, 1905) para extração do canal principal do rio do Peixe na condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e as Folhas Topográficas São José do Rio Pardo e Divinolândia para a extração do curso do rio na condição de morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e consolidada. Com as informações extraídas, procedeu-se ao cálculo do perímetro molhado nas três condições

mencionadas, retirando-se a área da seção transversal dos cálculos já efetuados anteriormente. Na sequência se aplicou a referida fórmula, encontrando-se os valores finais de raio hidráulico.

140. Extensão Suprimida por Forma de Canal: para as três condições de morfologia analisadas na presente pesquisa só foi encontrando um tipo de canal, os canais meandantes, conforme atestam as Folhas Topográficas de Casa Branca (IGG, 1905), São José do Rio Pardo e Divinolândia (IBGE). De posse dessa informação, apenas calculou-se as áreas de canais suprimidos nas condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa e consolidada (segmentos de canais que foram inundados pelos reservatórios da PCH Rio do Peixe I e II), utilizando-se a ferramenta Measure do software ArcGis 10.2.
141. Índice de Forma do Canal (F): de acordo com as definições de CHRISTOFOLETTI (1980), o Índice de Forma representa a relação entre a largura média e o comprimento axial de uma bacia, sendo um bom indicador para indicação da suscetibilidade de uma bacia à inundação. O Índice de Forma (F) é definido por $F = A/L^2$, onde F é o Índice de Forma, A a área da bacia e L o comprimento axial da bacia. A área da bacia foi obtida por meio do uso da ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2, enquanto que o comprimento axial foi determinado por meio do uso da Ferramenta *Measure* do referido software. Por fim, se utilizou da referida fórmula para o cálculo do índice de forma, considerando-se as condições de morfologia original semi-preserveda na fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e intervenção consolidada.
142. Índice de Sinuosidade (Is): de acordo com as definições de CHRISTOFOLETTI (1980), o Índice de Sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal, expressando a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior for a sinuosidade maior será a dificuldade da vazão do canal principal alcançar o exutório da bacia. O comprimento do canal principal da bacia nas três diferentes situações de morfologia trabalhadas foi calculado tendo por fonte as Folhas Topográficas Casa Branca (IGG, 1905), São José do Rio Pardo (IBGE) e Divinolândia (IBGE) por meio do uso da ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGis 10.2. A distância vetorial para as três condições mencionadas foi

calculada por meio da utilização da ferramenta Measure do software ArcGis. Após a determinação dos referidos valores, aplicou-se a formula do Índice de Sinuosidade, encontrando-se o valor final para as situações consideradas. .

8. RESULTADOS OBTIDOS

8.1 Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo conforme a Metodologia do Manual do Inventário Hidrelétrico (Eletrobrás, 2007)

Conforme definido nos Procedimentos Metodológicos (item 7.3), a elaboração da Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico na Área de Estudo envolveu a confecção de um Mapa Síntese de Sensibilidade do Meio Físico (Mapa 8.1 - 11), um Mapa de Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico (Mapa 8.1 - 12) e, por fim, um Mapa de Fragilidade do Meio Físico (Mapa 8.1 - 13).

Cabe ressaltar, no entanto, que a elaboração da Sensibilidade Síntese envolveu a elaboração de mapas parciais, fundamentais para a compreensão da situação particular de cada componente do meio físico na área de estudo. Antes de se apresentar o resultado do mapa de sensibilidade final, faz-se mister tecer comentários sobre os resultados parciais elaborados tanto para as variáveis como para os indicadores de sensibilidade.

Como já mencionado, a avaliação de sensibilidade do meio físico da área de estudo foi realizada por meio da avaliação de dois indicadores, conforme preconizado no roteiro metodológico desenvolvido para a Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos (ELETROBRÁS, 2007), a saber: Geologia e Processos Erosivos (Tabela 7.3 - 1).

O primeiro mapa resultante da avaliação do indicador geologia elaborado para a área de estudo foi o **Mapa 8.1 - 1 - Sensibilidade da Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente**.

Legenda

●

Sede de Comarca

●

Sede de Município

○

Sede de Distrito

△

Bairro, Povoados e Outros

—

Falhas de Movimentação Recente

—

Hidrografia

Vias Terrestres

—

Rodovia Estadual

—

Rodovia Municipal

—

Acessos Urbanos

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)

Área de Estudo

Mancha Urbana

Divisa de Municípios

Sensibilidade da Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente

Menor Sensibilidade

Maior Sensibilidade

0

0,75

1,5

3 Km

Sistema de Projecção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1-1

Sensibilidade da Variável Sismos Naturais e Falhas de Movimentação Recente

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A partir da leitura do mapa 8.1 - 1, pode-se verificar que as regiões com maiores sensibilidades aos sismos naturais e falhas de movimentos recente localizam-se ao longo da área do reservatório das PCH Rio do Peixe I e II, e em trechos a jusante, junto às planícies fluviais restritas deste importante tributário do rio Pardo. Essa distribuição se explica em virtude da influência de sismos naturais na porção oeste da faixa de estudo, a uma distância de menos de 20 km, como também pela existência de uma falha geológica compressional ao norte da área de estudo, a cerca de 2,5 km. A influência das movimentações crustais destes dois elementos tem efeitos mais pronunciados em terrenos sedimentares recentes, como é o caso das planícies fluviais, fato este que explica, portanto, a maior sensibilidade encontrada.

Cabe mencionar que os terrenos que formam o substrato da área de estudo são estáveis e a falha compressional existente é inativa, não representando riscos em relação à barragem das PCH Rio do Peixe I e II. No entanto, a existência de sismos em regiões próximas à área em análise é fator a ser levado em consideração no dimensionamento das estruturas do vertedouro e reforço das fundações realizadas em ombreiras, simbolizando um reforço adicional para a segurança da barragem. A leitura do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II, assim como do relatório de Renovação da Licença de Operação permitiram notar que foram feitos cálculos de reforço de estruturas para a compensação da existência da referida falha compressional, como também foram aplicadas terapias corretivas e injeções de concreto na região da barragem como medidas de reforço, o que demonstra, portanto, a validade da seleção desta variável nas análises de sensibilidade para a área de estudo.

O segundo mapa resultante da avaliação do indicador geologia foi o **Mapa 8.1 - 2 - Sensibilidade da Variável Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos**.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia

Vias Terrestres

- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos

- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Mancha Urbana
- Divisa de Municípios

Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços

- Menor Sensibilidade
- Maior Sensibilidade

00,751,53

Km

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1-2

Sensibilidade das Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

A partir do Mapa 8.1 - 2, pode-se verificar que as áreas de menor sensibilidade à instabilização de maciços situam-se na porção norte da área de estudo, onde se localizam paragnaisses, biotita-gnaisses e xistos, rochas com poucos fraturamentos e mais resistentes ao intemperismo. As áreas com médio grau de sensibilidade estão situadas a oeste e sudeste da área de estudo, onde se localizam migmatitos e anatexitos e tonalito-gnaisses, rochas bandadas e com planos de fraqueza por onde o intemperismo tem mais facilidade de atuar.

Por fim, nas porções noroeste, central e sul da área de estudo, verificam-se as regiões com maior sensibilidade à instabilização de maciços, onde charnokitos, jotunitos, sienitos e noritos, rochas bastante fissuradas, apresentam-se como bastante susceptíveis ao intemperismo.

Na sequência da avaliação do Indicador de Sensibilidade Geológica, menciona-se o **Mapa 8.1 - 3 – Sensibilidade da Variável Recursos Minerais**, pensado em relação ao seu potencial de desmantelamento de compartimentos geomorfológicos, em virtude da extração de substâncias minerais como areia e brita, bastante importantes no contexto da área de estudo.

As áreas de exploração mineral dentro da área de estudo estão situadas ao longo da planície do rio do Peixe, numa área de sentido noroeste – sudeste, como também, na porção noroeste da mesma. Na primeira região, mencionam-se jazimentos de areia na planície fluvial do rio do Peixe, atividade esta que produz grandes quantidades de rejeito e tem a capacidade de descaracterizar e, em muitos casos, destruir este compartimento do relevo, fato este que determinou a atribuição do maior grau de sensibilidade para esta variável. A segunda região de exploração, a noroeste, apresenta jazimentos de granito. Na exploração deste material, sobretudo em regiões onde o granito apresenta-se mais fraturado, pode-se observar o desencadeamento de processos erosivos, como queda de blocos (evento natural em virtude da existência de fraturas nas rochas, que pode ser potencializado com a exploração de britas na região) o que levou à classificação do grau de sensibilidade como mediano.

A quarta variável selecionada para avaliação do Indicador de Sensibilidade Geológica é apresentada no **Mapa 8.1 - 4 – Sensibilidade da Variável Hidrogeologia**, pensada em relação aos possíveis impactos na contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Em relação à Sensibilidade Hidrogeológica, em virtude da fonte consultada e restrições de escala, verifica-se apenas o Domínio do Aquífero Cristalino, que apresenta riscos de contaminação bastante localizados, como por exemplo, em áreas de diaclases e fraturamento das rochas, o que fez com que se atribuisse grau de sensibilidade baixo para toda a área de estudo.

A quinta e última variável utilizada na análise do Indicador Sensibilidade Geológica é apresentada **no Mapa 8.1 - 5** – Sensibilidade da Variável Geomorfologia. O presente mapa atribui classes de sensibilidade aos compartimentos geomorfológicos da área de estudo, levando em consideração a posição topográfica, a declividade, os processos de superfície e o substrato geológico que as constituem.

Legenda

Sede de Comarca

Sede de Município

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Hidrografia

Vias Terrestres

Rodovia Estadual

Rodovia Municipal

Acessos Urbanos

Área de Estudo

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)

Mancha Urbana

Divisa de Municípios

Sensibilidade da Variável Geomorfologia

Menor Sensibilidade

Maior Sensibilidade

0

0,75

1,5

3 Km

Sistema de Projecção: Universal Transversa de Mercator

Datum: Sirgas 2000 - 23S

São José do Rio Preto

Araçatuba

Ribeirão Preto

Araraquara

Rio Claro

São José dos Campos

Guarulhos

São Paulo

Registro

Sorocaba

Avaré

Campinas

Bauri

Marília

Presidente Prudente

Mapa:

8.1 - 5

Sensibilidade da Variável Geomorfologia

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data

Escala

Desenho

Verificado

Agosto 2017

1:50.000

Edson Alves Filho

Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Departamento de Geografia

FFLCH/USP

Em relação às sensibilidades da Variável Geomorfologia, menciona-se que as áreas mais sensíveis estão localizadas em duas faixas em sentido NO-SE, paralelas ao rio do Peixe, onde se encontra uma sucessão de morros e montanhas. São essas justamente as áreas com as maiores altitudes e declividades da área de estudo, com predomínio de argissolos e cambissolos e onde os processos erosivos tem maior susceptibilidade de ocorrência.

Na sequência, as áreas de morrotes e morros, cuja sensibilidade é definida como alta, aparecem na porção N e L da área de estudo, representando setores com declividades elevadas, mas em menor posição altimétrica em relação à unidade de morros e montanhas.

A classe de sensibilidade média é representada pelas unidades das colinas pequenas e morrotes, as quais estão localizadas na porção NO da área de estudo, acompanhando trechos de declividades menos pronunciadas e solos mais espessos, como os latossolos. Por fim, as classes de sensibilidade baixa e muito baixa são representadas respectivamente pelas colinas pequenas e terraços e planícies fluviais, acompanhando os trechos de menores altitudes em toda a área de estudo.

A partir da intersecção espacial entre as variáveis Sismos Naturais e Falhas Geológicas de Movimentação Recente, Áreas Susceptíveis à Instabilização de Maciços Rochosos, Recursos Minerais, Hidrogeologia e Geomorfologia, chegou-se ao **Mapa 8.1 - 6 – Sensibilidade do Indicador Geologia**.

A partir da leitura do Mapa 8.1 – 6, pode-se verificar que as áreas de maior sensibilidade do Indicador Geologia ficam restritas às áreas de planícies fluviais, localizadas numa faixa de sentido noroeste – sudeste, onde se acumulam áreas sensíveis em relação aos sismos e falhas naturais de movimentação recente, com áreas de grande sensibilidade em relação à exploração dos recursos minerais, sobretudo areia. Adicionalmente, com grau de sensibilidade mediano estão os setores intermediários e inferiores de vertentes, onde a presença de charnokitos é um elemento representativo de uma maior instabilidade de maciços.

A primeira variável considerada para o indicador Processos Erosivos é apresentada no **Mapa 8.1 - 7 – Sensibilidade da Variável Erodibilidade**. Cabe ressaltar que os graus de sensibilidade da presente variável foram definidos a partir das características texturais e grau de desenvolvimento dos solos existentes na área de estudo.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia

Vias Terrestres

- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos

- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Divisa de Municípios

Sensibilidade da Variável Erodibilidade

- Menor Sensibilidade
-
- Maior Sensibilidade

00,751,53 Km

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:
8.1 - 7

Sensibilidade da Variável Erodibilidade

Projeto:
Dissertação de Mestrado

Local:
São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

No Mapa 8.1 - 7, observa-se menor sensibilidade aos processos erosivos numa faixa que caminha de noroeste a sudeste da área de estudo, onde se localizam os Neossolos Flúvicos. Em virtude da posição de fundo de vale, estes solos não apresentam grandes restrições aos problemas de erodibilidade, o que levou a sua classificação como de baixa erodibilidade.

Na sequência, cita-se a porção noroeste, central e sul da bacia, onde se localizam os Latossolos em associação com os Argissolos. A grande porosidade e baixo risco de erosão, do primeiro, em virtude das posições intermediárias do relevo, tornam este tipo de solo com baixo grau de erodibilidade. Já o segundo grupo, o dos Argissolos, em virtude da grande descontinuidade textural entre os horizontes, apresentam condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos. Em virtude da associação destes solos na paisagem estudada, resolveu-se classificar a erodibilidade como de grau médio.

Por fim, na porção sudeste e sudoeste da área de estudo, estão localizadas manchas de Cambissolos e Neossolos Litólicos, solos pouco desenvolvidos, e quando associados à alta declividade, podem apresentar condições para o desenvolvimento de processos erosivos.

Na sequência, é apresentado o **Mapa 8.1 - 8 – Sensibilidade à Variável Erosividade**, calculada a partir dos Postos Pluviométricos do DAEE na área de estudo e aplicação da Equação de Erosividade, utilizada dentro da Equação Universal de Perda de Solos.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Isolinhas de Erosividade
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Divisa de Municípios
- Sensibilidade da Variável Erosividade**
 - Menor Sensibilidade
 - Maior Sensibilidade

00,751,53 Km

Sistema de Projecção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1 - 8

Sensibilidade da Variável Erosividade

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Os maiores valores de erosividade estão localizados na porção norte da área de estudo, próximo à confluência entre o rio do Peixe e o rio Pardo, em setor bastante declivoso, onde o índice calculado é superior a 10,2. Na sequência, numa faixa de sentido norte-nordeste, próxima a região da casa de força das PCH Rio do Peixe I e II nota-se outra região onde o trabalho da chuva como fator de erosão é mais intenso, alcançando-se um índice de erosividade de 10. Para o restante da bacia, o trabalho erosivo causado pela chuva foi classificado como baixo, em virtude dos índices serem inferiores a 10.

Por fim, a última variável elencada para o indicador Processos Erosivos é apresentada no **Mapa 8.1 - 9 – Sensibilidade da Variável Grau de Proteção da Cobertura Vegetal e Uso da Terra.**

O grau de cobertura do solo fornecido pelas diferentes classes de uso da terra, baseou-se no porte da cobertura, definindo-se menor grau para as coberturas florestais e maior grau de sensibilidade para coberturas herbáceas ou antropizadas.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros

Vias Terrestres

- Rodovia Estadual
- Rodovia Municipal
- Acessos Urbanos

- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1998)
- Mancha Urbana
- Divisa de Municípios

Sensibilidade da Variável Cobertura Vegetal e Uso da Terra

- Menor Sensibilidade
- Maior Sensibilidade

00,751,53 Km

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:**8.1-9**

Sensibilidade da Variável
Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Para a área de estudo, as áreas de maior sensibilidade em relação ao grau de proteção da cobertura vegetal e uso da terra localizam-se a nordeste e sudoeste, acompanhando a região dos divisores de água, onde se observam pequenas manchas de solo exposto.

Já as áreas de menor sensibilidade estão disseminadas ao longo da área de estudo, excetuando-se os extremos noroeste e sudeste. Ao longo de toda a região de menor sensibilidade, observam-se ainda fragmentos importantes de Floresta Estacional Semidecidual, em posição preferencial de divisores e trechos de alta e média encosta. O restante da área de estudo apresenta grau mediano de sensibilidade, representado por coberturas herbáceo-arbustivas.

A Sensibilidade do Indicador Processos Erosivos é apresentada no **Mapa 8.1 - 10**, resultado da combinação por intersecção espacial em ambiente ArcGis 10.2 dos mapas 8.1 - 7 e 8.1 - 8. Definiu-se como peso para as variáveis elencadas na composição do indicador o valor de 0,25, multiplicando-o pelos valores parciais das sensibilidades.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Mancha Urbana
- Divisa de Municípios
- Sensibilidade do Indicador Erosão do Solo**
 - Menor Sensibilidade
 - 0
 - 0,75
 - 1,5
 - 3 Km
 - Maior Sensibilidade

Sistema de Projecção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa: **8.1 - 10**

Sensibilidade do Indicador Erosão do Solo

Projeto: **Dissertação de Mestrado**

Local: **São José do Rio Pardo e Divinolândia**

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A partir da leitura do Mapa 8.1 - 10, pode-se verificar que as áreas com maior sensibilidade à erosão situam-se na porção sudeste da área de estudo, onde se sobrepõe um relevo de serrotes alongados, com Argissolos em associação com cambissolos. Ademais, mencionam-se áreas com sensibilidade elevada à erosão na porção sudoeste da área de estudo, onde se sobrepõem áreas de solo exposto e Neossolos Litólicos.

Por fim, conforme já mencionado, a Sensibilidade Síntese do Meio Físico na Área de Estudo, apresentada no **Mapa 8.1 - 11**, foi elaborada por meio da intersecção espacial dos Mapas 8.1 - 6 e 8.1 - 9. Atribuiu-se o mesmo peso para os dois indicadores, multiplicando-os pelas sensibilidades parciais. Após esse procedimento, aplicou-se uma escala coroplética aos valores de sensibilidade final.

Legenda

Sede de Comarca

Sede de Município

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Hidrografia

Vias Terrestres

Rodovia Estadual

Rodovia Municipal

Acessos Urbanos

Área de Estudo

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)

Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)

Mancha Urbana

Divisa de Municípios

Sensibilidade do Meio Físico

Menor Sensibilidade

Maior Sensibilidade

00,751,53

Km

Sistema de Projção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1 - 11

Sensibilidade do Meio Físico

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

As áreas mais sensíveis correspondem a uma faixa de sentido noroeste sudeste, a partir da confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, partindo em direção à região de cabeceiras dos afluentes da margem direita do rio do Peixe na área de estudo. Neste setor se sobrepõem áreas sensíveis em relação aos sismos e falhas de movimentação recente, com rochas com maior grau de fraturamento, como os charnoquitos, e por fim, áreas com jazimentos de areia, elemento que representa risco em relação ao compartimento planície fluvial. Na porção sudeste da área de estudo, sobrepõem áreas de relevos com serrotes e Argissolos em combinação com cambissolos, representando uma zona com alto grau de sensibilidade à erosão.

Na sequência, passa a se apresentar os resultados obtidos na elaboração do Mapa 8.1 - 12 – Impactos Ambientais Negativos na Área de Estudo. Cabe ressaltar, no entanto, que a elaboração do presente mapa foi precedida do preenchimento de uma matriz Qualitativa e Quantitativa de Impactos.

A presente matriz (**Tabela 8.1 - 1**), apresentada abaixo contabiliza 53 impactos negativos do componente meio físico divididos nos subcomponentes Recursos Hídricos Superficiais (C1.01), Recursos Hídricos Subterrâneos (C2.01), Relevo e Solos (C3.01), Clima e Qualidade do Ar (C4.01) e Patrimônio Paleontológico (C5.01).

Para o subcomponente Recursos Hídricos Superficiais, os impactos com valores mais elevados foram respectivamente:

- ✓ 1.02 – Formação de ambiente lentic e alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas superficiais (-99),
- ✓ 1.04 – Alteração do Regime de Vazão das Águas a jusante e a montante em razão da instalação das enseadeiras (-81),
- ✓ 1.09- Diminuição da vazão do curso d'água a jusante (-81),
- ✓ 1.16 – Estratificação Térmica das Águas do Reservatório (-99),
- ✓ 1.17 – Piora da Qualidade da Água a jusante do reservatório em virtude da liberação de água degradada com o esvaziamento do reservatório (-99),
- ✓ 1.18 – Alteração da qualidade de água pelo depósito de sedimentos do reservatório com características físico-químicas diferentes dos terrenos originais (-99) e;
- ✓ 1.19 – Imposição de restrições à operação de usinas a jusante pela alteração da qualidade da água ou pelo volume de sedimentos transportados (-99).

Como se vê, a alteração da qualidade da água em função da mudança da dinâmica de sedimentação com a implantação e desativação do reservatório acaba por causar os

maiores impactos nos recursos hídricos em decorrência da implantação de empreendimentos hidrelétricos. Essa informação pode-se ser corroborada por meio dos valores de qualidade da água encontrados nos geindicadores selecionados para a área de estudo, conforme pode ser observado, mais à frente no item 8.5, onde se acusa piora na qualidade da água entre as fases de intervenção ativa e intervenção consolidada.

Já em relação ao subcomponente Recursos Hídricos Subterrâneos, os impactos com valores mais elevados foram respectivamente:

- ✓ 2.03 – Indução à ocorrência de processos associados à rede de drenagem de subsuperfície (-90) e,
- ✓ 2.06 – Alteração do Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica (-90).

Ambos os impactos são de difícil verificação em função da ausência de dados piezométricos nos estudos consultados ou de vazão dos poços artesianos cadastrados no DAEE, os quais só apresentam dados em série em datas inseridas apenas na fase de intervenção consolidada do empreendimento, impossibilitando, portanto, análises qualitativas.

Tabela 8.1 1 – Qualificação e Quantificação dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico identificados para a Área Diretamente Afetada (ADA) das PCHs Rio do Peixe I e II (área de estudo).

Ações Impactantes	Componente Ambiental: Meio Físico																					
	C.1.01																					
	Recursos Hídricos Superficiais																					
A2. Fase de Construção	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de intervenção direta (estruturas permanentes, canteiros de obra)	1.05	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-72	3,6
	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.05 - Limpeza e desmatamento das áreas de bota-fora	1.05	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-72	3,6
	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.08 - Exploração de areia e cascalho	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.09 - Manejo dos bota-foras	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.14 - Construção de acessos internos às obras	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.16 - Operação	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1

do canteiro de obras																						
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	1.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,0
	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.18 - Escavações obrigatórias	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.20 - Injeções de impermeabilização	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.21 - Implantação das estruturas de concreto	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.23 - Drenagem sub-superficial das estruturas de concreto	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.25 - Drenagem, bombeamento e ensecamento da área entre as ensecadeiras de montante e jusante	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.26 - Proteções superficiais das barragens	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.28 - Montagem eletromecânica	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.29 - Execução de obras civis complementares	1.05	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-72	3,6
	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação	1.05	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-72	3,6
	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.32 - Enchimento do reservatório	1.01	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-80	4,0
	1.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,1
	1.08	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-45	2,2

	1.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,0
	1.10	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-70	3,5
	1.11	DI	2	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	12	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-84	4,2
	1.12	DI	2	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	12	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-84	4,2
	1.13	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.14	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-55	2,7
	1.15	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,0
	1.16	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.19	IN	1	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.2.33 - Testes pré-operacionais	1.06	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras	1.07	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.3.01 - Operação da PCH Rio do Peixe	1.01	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-80	4,0
	1.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	R	1	G	4	8	-1	-80	4,0
	1.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,1
	1.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,1
	1.10	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-70	3,5
	1.11	DI	2	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	12	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-84	4,2
	1.15	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-81	4,1
	1.16	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.19	IN	1	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.3.02 - Manutenção preventiva e conservação de rotina	1.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.3.03 - Manutenção Corretiva	1.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.4.01 - Esvaziamento do Reservatório	1.17	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.18	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.19	IN	1	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.4.02 - Remoção da Barragem, Vertedouro, Canal de Fuga, Casa de Força e demais obras civis	1.18	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	1.19	IN	1	RE	2	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
Ações Impactantes	Componente Ambiental: Meio Físico																					
	C.1.02																					
	Recursos Hídricos Subterrâneos																					
A2. Fase de Construção	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5

intervenção direta (estruturas permanentes, canteiros de obra)																						
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.09 - Manejo dos bota-foras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.16 - Operação do canteiro de obras	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.18 - Escavações obrigatórias	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.19 - Transporte dos materiais escavados	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.20 - Injeções de impermeabilização	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8

	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.21 - Implantação das estruturas de concreto	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.23 - Drenagem sub-superficial das estruturas de concreto	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.28 - Montagem eletromecânica	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.29 - Execução de obras civis complementares	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.32 - Enchimento do reservatório	2.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de intervenção direta (estruturas	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5

permanentes, canteiros de obra)																						
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.09 - Manejo dos bota-foras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.16 - Operação do canteiro de obras	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.18 - Escavações obrigatórias	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.19 - Transporte dos materiais escavados	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.20 - Injeções de impermeabilização	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0

A.2.21 - Implantação das estruturas de concreto	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.23 - Drenagem sub-superficial das estruturas de concreto	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.05	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.06	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga	2.02	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.04	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	
A.2.28 - Montagem eletromecânica	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.29 - Execução de obras civis complementares	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.2.32 - Enchimento do reservatório	2.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras	2.03	DI	2	LO	1	ME	1	PE	3	PR	2	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
	2.07	IN	1	RE	2	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
Ações Impactantes	Componente Ambiental: Meio Físico																					
	C.1.03																					
	Relevo e Solos																					
A2. Fase de Construção	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.02 - Aquisição de Terras (negociações e indenizações)	3.03	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	3.23	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8

A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de intervenção direta (estruturas permanentes, canteiros de obra)	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.05	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-49	2,4
	3.08	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-45	2,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.05 - Limpeza e desmatamento das áreas de bota-fora	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.08	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-45	2,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.03	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.23	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.08 - Exploração de areia e cascalho	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.09 - Manejo dos bota-foras	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.03	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.23	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia A.2.13 - Construção de	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4

ponte para travessia do rio do Peixe	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.20	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.14 - Construção de acessos internos às obras	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.16 - Operação do canteiro de obras	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.18 - Escavações obrigatórias	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.06	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.20 - Injeções de impermeabilização	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
A.2.21 - Implantação das estruturas de concreto	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.06	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.17	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-49	2,4
	3.18	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	1	7	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-49	2,4
	3.20	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.06	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2

	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.23 - Drenagem subsuperficial das estruturas de concreto	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.06	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-63	3,1
	3.17	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-49	2,4
	3.18	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	1	7	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-49	2,4
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.25 - Drenagem, bombeamento e ensecamento da área entre as ensecadeiras de montante e jusante	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
A.2.26 - Proteções superficiais das barragens	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.17	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-49	2,4
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.06	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	MG	5	9	-1	-63	3,1
A.2.28 - Montagem eletromecânica	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
A.2.29 - Execução de obras civis complementares	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.07	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PP	1	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.08	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-45	2,2
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.20	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	6	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-42	2,1
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.05	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-49	2,4
	3.08	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-45	2,2
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
	3.09	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.21	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.32 - Enchimento do reservatório	3.03	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	3.11	DI	2	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.12	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.19	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-56	2,8
	3.22	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-88	4,4
	3.23	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.2.33 - Testes pré-operacionais	3.10	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	MP	1	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.12	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0

	3.13	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras	3.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	M	3	5	-1	-40	2,0
	3.02	IN	1	LO	1	ME	1	TE	1	CE	3	7	ME	1	R	1	P	2	4	-1	-28	1,4
	3.04	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	
A3. Fase de Operação	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.3.01 - Operação da PCH Rio do Peixe	3.10	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	MP	1	8	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-64	3,2
	3.11	DI	2	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.12	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.13	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.19	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	2	8	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-56	2,8
	3.22	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-88	4,4
	3.24	IN	1	LO	1	ME	1	PE	3	CE	3	9	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-90	4,5
A.3.02 - Manutenção preventiva e conservação de rotina	3.12	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.13	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.22	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-88	4,4
A.3.03 - Manutenção Corretiva	3.12	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.13	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-99	5,0
	3.22	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	G	4	8	-1	-88	4,4
A4. Fase de Desativação	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.4.01 - Esvaziamento do Reservatório	3.14	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-81	4,0
	3.15	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-63	3,1
	3.16	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
A.4.02 - Remoção da Barragem, Vertedouro, Canal de Fuga, Casa de Força e demais obras civis	3.14	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-81	4,0
	3.15	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	MA	3	IR	3	M	3	9	-1	-63	3,1
	3.16	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	CE	3	11	ME	1	IR	3	M	3	7	-1	-77	3,8
	3.17	DI	2	LO	1	ME	1	TE	1	PR	2	7	ME	1	R	1	MG	5	7	-1	-49	2,4
	3.18	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	PR	1	7	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-49	2,4
Ações Impactantes	Componente Ambiental: Meio Físico																					
	C.1.04																					
	Clima e Qualidade do Ar																					
A2. Fase de Construção	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.04 - Limpeza e supressão de vegetação nas áreas de intervenção direta (estruturas permanentes, canteiros de obra)	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.05 - Limpeza e desmatamento das áreas de bota-fora	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1

A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.07 - Exploração de áreas de empréstimo (solos argilosos)	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.08 - Exploração de areia e cascalho	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.09 - Manejo dos bota-foras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.10 - Manejo de bota-esperas de solos e depósitos de outros materiais de construção	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.14 - Construção de acessos internos às obras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.15 - Transporte de solo, areia e cascalho até as frentes e canteiros de obras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.16 - Operação do canteiro de obras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.18 - Escavações obrigatórias	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.19 - Transporte dos materiais escavados	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.21 - Implantação das estruturas de	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1

concreto A.2.22 - Execução do Canal de Fuga, Casa de Força e Vertedouro	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.23 - Drenagem sub-superficial das estruturas de concreto	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.24 - Ancoragem do canal de fuga	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.25 - Drenagem, bombeamento e ensecamento da área entre as ensecadeiras de montante e jusante	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.26 - Proteções superficiais das barragens	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.27 - Drenagem sub-superficial das ombreiras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.28 - Montagem eletromecânica	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.29 - Execução de obras civis complementares	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.30 - Supressão de vegetação e limpeza da área de inundação	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.31 - Readequação dos caminhos e acessos locais	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A.2.34 - Desativação e limpeza dos canteiros de obras	4.01	DI	2	LO	1	IM	2	TE	1	CE	3	9	MA	3	R	1	M	3	7	-1	-63	3,1
A3. Fase de Operação	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.3.01 - Operação da PCH Rio do Peixe	4.02	IN	1	RE	2	ME	1	PE	3	CE	3	10	MA	3	IR	3	G	4	10	-1	-100	5,0
Ações Impactantes	Componente Ambiental: Meio Físico																					
	C.1.05																					
	Patrimônio Paleontológico																					
A2. Fase de Construção	Impacto	Incidência	Valor	Distributividade	Valor	Tempo de Incidência	Valor	Prazo de Permanência	Valor	Probabilidade	Valor	Magnitude	Sinergia	Valor	Reversibilidade	Valor	Relevância	Valor	Importância	Sentido	Valor do Impacto	Valor do Impacto Normalizado
A.2.06 - Implantação dos canteiros de obras	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.07 - Exploração	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5

de áreas de empréstimo (solos argilosos)																						
A.2.08 - Exploração de areia e cascalho	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.11 - Construção de novos acessos e melhorias nos acessos e caminhos existentes	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.12 - Implantação de estrutura de transbordo de areia	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.13 - Construção de ponte para travessia do rio do Peixe	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.14 - Construção de acessos internos às obras	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.17 - Implantação das ensecadeiras de montante e de jusante e desvio do rio	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.18 - Escavações obrigatórias	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5
A.2.32 - Enchimento do reservatório	5.01	DI	2	LO	1	IM	2	PE	3	PR	2	10	ME	1	IR	3	MG	5	9	-1	-90	4,5

DI = Impacto Direto; LO = Impacto Local; IM = Impacto Imediato; MA = Sinergia Maior; ME = Sinergia Menor; ME =Impacto Mediato; PE = Impacto Permanente; CE = Impacto Certo; PR = Impacto Provável; IR = Impacto Irreversível; R= Impacto Reversível; G = Relevância Grande; NE = Sentido Negativo

Elaborado por: Edson Alves Filho.

Já em relação ao Subcomponente Relevo e Solos, os impactos com valores mais elevados são, respectivamente:

- ✓ 3.11 Alteração das condições de umidade em razão do aumento da massa de água local (-99),
- ✓ 3.12 – Aumento da capacidade erosiva nas margens do reservatório por embate de ondas e elevação do nível do lençol freático (-99),
- ✓ 3.13 – Alteração do grau de criticidade e de ocorrência de processos gravitacionais de massa nas margens do reservatório (-99) e;
- ✓ 3.24 – Formação e Perenização de Áreas Úmidas e Alagadas (-90).

As evidências desses impactos foram analisadas tanto por meio da avaliação de geoindicadores da fase de intervenção consolidada (item 8.6), como pelos mapeamentos históricos executados, que levaram em consideração as fases de pré-intervenção, intervenção ativa e intervenção consolidada (itens 8.3, 8.4 e 8.6), onde foi possível delimitar o surgimento de novas áreas alagadas e de processos relativos ao escorregamento de taludes na área do reservatório.

Quando se analisa o Subcomponente Clima e Qualidade do Ar, menciona-se apenas um único impacto com valor significativo, relativo ao impacto 4.02 – Alteração do Clima Local (-100). Mais uma vez, em função da não disponibilidade de dados meteorológicos em escala local nos documentos consultados, não foi possível verificar dentro dos geoindicadores selecionados possíveis alterações no quadro climático local. Os dados disponíveis referem-se apenas a projeções de parâmetros climáticos tomados por postos de medição situados em bacias próximas ao empreendimento.

Por fim, o último subcomponente analisado na avaliação ambiental integrada do meio físico para a área de estudo refere-se ao patrimônio paleontológico. Ressalta-se que a inclusão de estudos paleontológicos dentro de avaliações de impacto ambiental é recente, o que justifica, portanto, a ausência da consideração desta variável dentro dos estudos consultados. Foi considerado apenas 01 impacto para este subcomponente, denominado 5.01 – Risco de Perda de Sítios Paleontológicos (-90). Não foi possível estabelecer qualquer tipo de verificação da efetivação deste impacto na área de estudo em virtude da ausência de dados desta natureza, o que torna a inclusão deste impacto como potencial para a área de estudo.

Na sequência, é apresentado o **Mapa 8.1 - 12** – Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico na área de estudo, proveniente da espacialização e quantificação dos impactos apresentados na Tabela 8.1 - 1.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Mancha Urbana
- Divisa de Municípios
- Impactos Negativos no Meio Físico**
 - Menor Impacto
 - Impacto Médio
 - Maior Impacto

00,751,53 Km

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1 - 12

Impactos Negativos no Meio Físico

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A partir da leitura do Mapa 8.1 - 12, pode-se verificar que grande parte dos impactos negativos elencados até o momento para a área de estudo ficam circunscritos à área do reservatório e imediações, onde ocorrem, durante a fase de implantação as atividades de supressão para limpeza da bacia de inundação e abertura das vias de acesso. Exceção se fazem às áreas situadas ao longo dos divisores da porção sudoeste e norte, onde as grandes declividades, associadas às áreas de granitoides e charnokitos revelam-se como favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos. Em relação ao assoreamento dos cursos d'água, menciona-se maior impacto na área e imediações do reservatório e trecho de jusante do rio do Peixe a partir do barramento até a confluência com o Rio Pardo.

A Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico para a área de estudo é encerrada com a apresentação do **Mapa 8.1 - 13** – Fragilidade Ambiental do Meio Físico na área de estudo, originado da intersecção espacial entre os Mapas 8.1 - 10 (Sensibilidade Síntese do Meio Físico na Área de Estudo) e 8.1 - 11 (Impactos Ambientais do Meio Físico na Área de Estudo), atribuindo-se pesos iguais entre as duas categorias (0,5). Após a intersecção espacial entre os arquivos *shapefile* dos dois mapas, procedeu-se à criação de uma coluna no banco de dados com o valor do peso, procedendo-se à multiplicação dos valores de sensibilidade e impactos negativos normalizados com os referidos pesos, obtendo-se os valores de fragilidade para a área de estudo. Na sequência foi aplicada uma escala coroplética aos valores de fragilidade.

Legenda

- Sede de Comarca
- Sede de Município
- Sede de Distrito
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Hidrografia
- Vias Terrestres**
 - Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
 - Rodovia Municipal
 - Acessos Urbanos
- Área de Estudo
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 1 (1925)
- Reservatório da PCH do Rio do Peixe 2 (1997)
- Mancha Urbana
- Divisa de Municípios
- Fragilidade no Meio Físico**
 - Menor Fragilidade
 -
 -
 - Maior Fragilidade

00,751,53 Km

Sistema de Projecção: Universal Transversa de Mercator
Datum: Sirgas 2000 - 23S

Mapa:

8.1 - 13

Fragilidade no Meio Físico

Projeto:

Dissertação de Mestrado

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Agosto 2017	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

O Mapa de Fragilidade do Meio Físico para a Área de Estudo foi composto a partir da intersecção do Mapa de Sensibilidade do Meio Físico e do Mapa de Impactos Negativos do Meio Físico. Como já mencionado, no caso da Sensibilidade, uma faixa que se estende de noroeste a sudeste da área de estudo apresenta as maiores limitações ao meio físico.

Quando se observa o Mapa 8.1 – 13, as áreas classificadas como mais frágeis ficam circunscritas no entorno imediato do reservatório e estruturas civis, afetada pelas PCH Rio do Peixe I e II. Em grau de fragilidade um pouco menor, menciona-se a porção sudoeste, onde as limitações de erosão do solo e geologia são menos favoráveis. Em grau mediano de fragilidade, menciona-se a porção sudeste, onde se observam áreas de serrotes alongados, declividades acentuadas e áreas declivosas.

8.2 Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Original Semi-Preservada (Fase de Pré-Intervenção).

A aplicação dos geoindicadores e as análises quantitativas derivadas tiveram por base a Carta Topográfica do Instituto Geológico e Geográfico (1905), Fotografias Aéreas de 1930 da Fundação de Energia do estado de São Paulo e o mapeamento de Cobertura Vegetal Primitiva do Estado de São Paulo (1920) elaborado por Vitor. *et. al.* (1975).

Dentre os geoindicadores sistematizados no Quadro 8.2 - 1 foram aplicados para a condição de morfologia original semi-preservada aqueles de cunho morfológico/morfométrico, como também de informações derivadas do uso e ocupação da terra (áreas de movimentação de terra/solo exposto, categorias de uso da terra).

Os resultados obtidos para os geoindicadores de morfologia original semi-preservada aplicados para a área de estudo são apresentados no **Quadro 8.2 - 1** abaixo:

Quadro 8.2 1 – Geoindicadores de Morfologia Original Semi-Preservada aplicados à Fase de Pré-Intervenção (1930)

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica	Dendrítico a Subdendrítico
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	150 m
Bacia Hidrográfica	-	Divisores	Quantidade de Divisores	50
Bacia Hidrográfica	-	Divisores	Extensão da Linha de Divisores	52,41 km
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	171,56 km
Bacia Hidrográfica		Área	Área de Drenagem	53,89 km ²
Bacia Hidrográfica		Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)	4,60 rios/km ²
Bacia Hidrográfica		Densidade	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)	3,13 km/km ²
Bacia Hidrográfica		Densidade	Coeficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (Cm)	310 m ² /m

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Bacia Hidrográfica		Cobertura Vegetal	Tipologia	Floresta Estacional Semidecidual Montana (27,70 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (1,85 km ²)
Bacia Hidrográfica		Cobertura Vegetal	Estágio Sucessional	Considerado pela análise das fotografias aéreas de 1930 a área de estudo recoberta por Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração, como também por Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração
Bacia Hidrográfica		Cobertura Vegetal	Volume	Floresta Estacional Semidecidual Montana (149,58 m ³ /ha), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (10,0 m ³ /ha)
Bacia Hidrográfica		Precipitação Diária	mm/dia	8,91 mm/dia (janeiro – mês mais chuvoso)
Bacia Hidrográfica		Precipitação Anual	mm/ano	1.201,9 mm/ ano
Bacia Hidrográfica		Área de Ocupação das Classes de Declividade	km ² /classe	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Quantidade de Rupturas	unidade	68
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Área de Ocupação das Classes de Declividade	km ² /classe	2,67 km ² (até 2%), 0,74 km ² (2% a 8%), 0,57 km ² (8% a 15%)

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Altitude Média das Vertentes	m	950 m
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Orientação Predominante das Vertentes	direção	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ² (noroeste),
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Comprimento Médio da Rampa	m	2.100 m
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Extensão das Linhas de Ruptura	km	45,79 km
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Quantidade de Mudanças	unidade	288
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Extensão das Linhas de Mudanças	km	156,07 km
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Morfologias Predominantes em Planta e Perfil	descrição	5,41 km ² (topos), 2,62 km ² (planície fluvial), 0,93 km ² (terraços fluviais), 2,46 km ² (anfiteatros côncavos amplos), 43,28 km ² (vertentes de perfil côncavo e convexo indiscriminado).
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Extensão Média das	km	2,1 km

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
		Vertentes		
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Grau de Dissecação Vertical das Áreas Ocupadas		Média de 30 m
Vertente/Sistema Fluvial/Lacustre	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Grau de Dissecação Horizontal das Áreas Ocupadas		Média de 300 m
Bacia Hidrográfica	-	Tipo de Aquífero (fraturado, poroso)		Cristalino (fraturado)
Bacia Hidrográfica	-	Unidades Geológicas	km ²	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ² (charnockitos do Grupo São José do Rio Pardo-Divinolândia).
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Área Total dos Corpos D'Água	ha	20 ha
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Perímetro Total dos Corpos D'Água	m	14.127 m

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Área da Planície Fluvial	ha	262 ha
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Perímetro da Planície Fluvial	km	70,48 km
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Distribuição da Planície Fluvial	descrição	Se distribui na área de estudo no sentido NO-SE
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Área dos Terraços Fluviais	ha	93 ha
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Perímetro dos Terraços Fluviais	m	16.711 m
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Distribuição dos Terraços Fluviais	descrição	Se distribui em duas faixas na área de estudo: uma a NE a jusante das PCHs Rio do Peixe I e II e uma ao S, logo a montante das PCHs Rio do Peixe I e II.
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Distribuição dos Vales Fluviais	descrição	Encontram-se disseminados pela área de estudo, no entanto, com maiores densidades nas porções noroeste e nordeste.
Sistema Fluvial	Planícies/Terraços/Canal/Reservatório	Extensão dos Vales Fluviais	m	104,41 km

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial	Canal	Vazão do Canal Principal (Q7, Q10)	m ³ /s	8,34 m ³ /s
Sistema Fluvial	Canal	Vazão de Pico	m ³ /s	73,50 m ³ /s
Sistema Fluvial	Canal	Extensão do Canal Original	km	19,32 km (rio do Peixe)
Sistema Fluvial	Canal	Largura da Seção do Canal (Wmp)	m	22,50 m
Sistema Fluvial	Canal	Largura Superficial (L)	m	12,25 m
Sistema Fluvial	Canal	Profundidade Média da Seção (Dmp)	m	2,20 m
Sistema Fluvial	Canal	Perfil Longitudinal do Canal	descrição	Perfil característico de equilíbrio com knick points na confluência com canais de ordem maior.
Sistema Fluvial	Canal	Gradiente Fluvial	m	24,52 m
Sistema Fluvial	Canal	Área da Seção Transversal	m ²	19,31 m ²

Sistema	Subsistema	Indicador (Amp)	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial	Canal	Área Molhada (A)	m ²	19,28 m ²
Sistema Fluvial	Canal	Perímetro Molhado (P)	m	26,90 m
Sistema Fluvial	Canal	Raio Hidráulico (R)	m/m ²	0,71 m/m ²
Sistema Fluvial	Canal	Índice de Forma do Canal (F)		0,26
Sistema Fluvial	Canal	Índice de Sinuosidade do leito original		2,50

Elaborado por: Edson Alves Filho

Em relação aos parâmetros morfométricos do sistema bacia hidrográfica, retirados do mapeamento da morfologia original semi-preservada da área de estudo, observa-se o padrão dendrítico de drenagem, com o curso principal do rio do Peixe orientado na direção NO-SE, observando-se os afluentes da margem direita, como o Córrego da Boa Vista, com orientação NE-SO. Já na margem esquerda, os principais afluentes, como o córrego Cachoeira e do Moinho, apresentam orientação N-S e SO-NE.

A extensão do percurso superficial da bacia é de 150 m, seguida de um comprimento total dos canais fluviais (perenes e intermitentes) da ordem de 171,56 m. Em relação à densidade hidrográfica, os valores encontrados foram de 4,60 rios/km², enquanto que para a densidade de drenagem, obteve-se um total de 3,13 km/km².

A área de drenagem representada pela área de estudo é de 53,89 km², com coeficiente de manutenção de 310 m²/m. Em relação aos divisores hidrográficos, foram contabilizados na condição de morfologia original semi-preservada 50 divisores, com extensão de 52,41 km.

Em relação às coberturas vegetais e demais categorias de uso da terra, nota-se predomínio de áreas relacionadas à Floresta Estacional Semidecidual Montana em estágio avançado de regeneração, representando 45% (23,35 km²) da área de estudo. Na sequência, aparecem as áreas relativas a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em estágio avançado de regeneração, representando 16% (8,6 km²) da área de estudo. Na sequência, mencionam as áreas de cultivos permanentes, com 25% (13,47 km²) da área de estudo, e por fim, os cultivos temporários, com 14% (7,54 km²) da área de estudo. O padrão de distribuição da cobertura vegetal demonstra serem mais representativos os maciços de Floresta Estacional Semidecidual Montana nos setores com declividades superiores a 30%, enquanto que as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial acompanham sobretudo, a planície fluvial e os terraços do rio do Peixe. As áreas de cultivos permanentes desenvolvem-se ao longo de chácaras e sítios, como também no terço médio das vertentes, e por fim, as áreas com cultivos temporários situam-se nos setores de média e baixa vertente, onde os intervalos de declividades são inferiores a 15%.

Para a estimativa do volume da cobertura vegetal e demais categorias de uso da terra encontradas na área de estudo, foram feitas estimativas de diâmetro e altura média das diferentes tipologias vegetacionais em manuais de inventário florestal (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2008). Dessa forma, encontrou-se um volume florestal de 149,58 m³/ha para as áreas com Floresta Estacional Semidecidual Montana, 10,0 m³/ha para as áreas com Floresta Estacional Semidecidual Aluvial.

Para os parâmetros climáticos referentes ao sistema bacia-hidrográfica, encontraram-se no Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II (CEMA, 1993) séries históricas para a área de estudo com dados anteriores à implantação da PCH Rio do Peixe I, verificando-se uma precipitação média diária de 8,91 mm/dia , tendo como base o mês de janeiro, o mais chuvoso em toda a série considerada (1925-1998). Já em relação à precipitação anual, no mesmo período, foram encontrados valores de 1.201,9 mm/ano.

Em relação à distribuição das classes de declividade ao longo do sistema bacia hidrográfica, as áreas situadas em intervalos de declividade inferiores a 2% correspondem a 4,97 km². Já as áreas situadas em intervalos entre 2% e 8% correspondem a 5,23 km², observando-se na sequência, uma área de 10,82 km² para o intervalo de declividade situado entre 8% e 15%. Por fim, as áreas com declividades mais acentuadas apresentam a seguinte distribuição: 23,88 km², para o intervalo entre 15% e 30%, 8,66 km² para as áreas situadas entre o intervalo de 30% e 45% e 1,14 km² para as áreas situados em intervalo de declividade superior a 45%.

Quando se analisam as unidades litoestratigráficas que dão sustentação às paisagens da área de estudo, verifica-se um predomínio dos charnoquitos do Grupo São José do Rio Pardo – Divinolândia, com área de 27,61 km², o que representa um percentual de 53,20% da área total. Na sequência, mencionam-se Paragnaisses do Grupo Varginha -Guaxupé, com área de 16,12 km² e representatividade de 29,21% do total analisado. Por fim, os migmatitos do Grupo Varginha – Guaxupé totalizam 10,16 km² ou 17,59% da área de estudo. Já em relação às unidades aquíferas, toda a área de estudo (53,89 km²) corresponde ao aquífero cristalino.

Quando se analisam os geoindicadores relativos ao sistema vertente em relação aos elementos morfográficos de morfologia original semi-preservada tem-se a seguinte situação:

- Colo Principal: foram mapeados 47 colos, com extensão de 11,46 km.
- Colo Secundário: foram mapeados 9 colos, com extensão de 5,94 km.
- Divisor Principal: foi mapeadas uma extensão de 9,92 km de divisores principais.
- Divisor Secundário: foi mapeadas uma extensão de 8,48 km de divisores secundários.
- Rupturas Côncavas de Declive de Terço Superior de Vertente: totalizam 4,80 km de extensão.
- Rupturas Côncavas de Declive de Terço Médio de Vertente: totalizam 5,26 km de extensão.

- Rupturas Côncavas de Declive de Terço Inferior de Vertente: totalizam 2,13 km de extensão.
- Rupturas Convexas de Declive de Terço Superior de Vertente: totalizam 4,1 km de extensão.
- Rupturas Convexas de Declive de Terço Médio de Vertente: totalizam 1,56 km de extensão.
- Rupturas Convexas de Declive de Terço Inferior de Vertente: totalizam 2,4 km de extensão.
- Mudanças Côncavas de Declive de Terço Superior de Vertente: totalizam 2,36 km de extensão.
- Mudanças Côncavas de Declive de Terço Médio de Vertente: totalizam 3,25 km de extensão.
- Mudanças Côncavas de Declive de Terço Inferior de Vertente: totalizam 1,18 km de extensão.
- Mudanças Convexas de Declive de Terço Superior de Vertente: totalizam 1,12 km de extensão.
- Mudanças Convexas de Declive de Terço Médio de Vertente: totalizam 1,8 km de extensão.
- Mudanças Convexas de Declive de Terço Inferior de Vertente: totalizam 2,16 km de extensão.
- Ruptura Vertente-Planície Definida: totalizam 0,9 km de extensão.
- Ruptura Vertente-Planície Indefinida: totalizam 0,6 km de extensão.
- Vales em V: totalizam 120,6 km de extensão.
- Vales em Berço: totalizam 50,9 km de extensão.

A extensão média das vertentes é de 2,1 km, enquanto que a altitude é de 950 m. Ao se observar o grau de dissecação vertical das áreas ocupadas, encontra-se valores de 30 m, enquanto que para a dissecação horizontal, os valores médios encontrados são de 300 m.

A orientação predominante verificada nas vertentes é de 9,47 km² para a face noroeste, 8,52 km² para a face oeste, 6,02 km² para a face sudeste, 5,39 km² para a face sul, 4,96 km² situadas em áreas sem orientação, e portanto, de relevo plano, 4,46 km² para vertentes de face sudoeste, e, por fim, 4,22 km² para vertentes de orientação noroeste. O comprimento médio da rampa encontrado foi de 2.100 m.

Quando se analisam os geoindicadores referentes ao subsistema canal, sobretudo as vazões do canal principal e as vazões de pico, os dados retirados do EIA-RIMA da PCH Rio

do Peixe II fornece valores de 8,34 m³/s para a primeira variável e de 73,50 m³/s para a segunda variável.

A área total dos corpos d'água encontrados ao longo do subsistema planície/terraços foi de 20 ha, enquanto que o perímetro dos mesmos foi de 14,12 km.

Para a planície fluvial do rio do Peixe, na condição de morfologia original semi-preserveda, encontrou-se uma área de 262 ha, enquanto que o perímetro da mesma foi de 70,48 m. A distribuição da referida planície fluvial segue orientação NO-SE.

Em relação aos terraços fluviais, encontrou-se uma área de 93 ha e perímetro de 16,71 km. A distribuição dos terraços seguiu orientação NE e S.

Ainda em relação aos geoindicadores elencados para o subsistema canal, a extensão do canal original, a largura da seção do canal principal e a profundidade média da seção foram respectivamente de 19,32 km, 22,50 m e 2,20 m. A largura superficial do canal principal encontrada foi de 12,25 m. O perfil longitudinal do canal foi classificado com em condição de equilíbrio, com presença de *knick points* na confluência dos canais de ordem maior. O gradiente fluvial encontrado foi de 24,52 m. A área da seção transversal e da área molhada do canal principal calculadas foram de 19,31 m² e 19,28 m², respectivamente. Enquanto que o perímetro molhado calculado foi de 26,90 m.

Em relação à geometria fluvial, encontrou-se um raio hidráulico de 0,71 m/m² e um índice de forma e sinuosidade do leito original de 0,26 e 2,50 respectivamente.

Na sequência, são apresentados os geoindicadores referentes à Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa.

Adicionalmente, de forma a se espacializar os geoindicadores relativos à Morfologia Original Semi-Preserveda em estágio de Pré-Intervenção, permitindo sua posterior comparação com a Metodologia da Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico de Empreendimentos Hidrelétricos (Item 8.5), elaborou-se o **Mapa 8.2 - 1** – Morfologia Original Semi-Preserveda em Fase de Pré-Intervenção na Área de Estudo.

Legenda

- Sede Municipal
- ▲ Casa de máquinas
- △ Bairro, Povoados e Outros
- Caminho
- Estrada
- +++ Ferrovia
- ... Rio Intermitente
- ~ Rio Perene
- Corpo d' Água
- Morfologia original**
- Colo Principal
- Colo Secundário
- Divisor Principal
- Divisor Secundário
- ▲ Mudança Convexa de Declive em Terço Inferior de Vertente
- ▲ Mudança Convexa de Declive em Terço Médio de Vertente
- ▲ Mudança Convexa de Declive em Terço Superior de Vertente
- ▲ Mudança Côncava de Declive em Terço Inferior de Vertente
- ▲ Mudança Côncava de Declive em Terço Médio de Vertente
- ▲ Mudança Côncava de Declive em Terço Superior de Vertente
- Ruptura Côncava de Declive em Terço Superior de Vertente
- Ruptura Vertente - Planície Definida
- Ruptura Vertente - Planície Indefinida
- Vale em Berço
- ▲ Vale em V
- Planície Fluvial
- Terraço Fluvial
- Topo
- Anfiteatro Côncavo Amplo
- Vertente de Perfil Côncavo e Convexo Indiscriminado
- Área de Estudo
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Divisa de Municípios

Mapa 8.2.1 Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção

Projeto: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2014)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
janeiro de 2018	1:20.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Em relação aos elementos lineares do Mapa 8.2 - 1, referentes aos elementos morfográficos e morfométricos das vertentes e divisores, nota-se que os divisores principais estão situados em posição de topo, logo imediatamente às cabeceiras das principais drenagens da área de estudo como é o caso dos córregos do Moinho, da Cachoeira, na margem esquerda do rio do Peixe, e córrego da Boa Vista, na margem direita do rio do Peixe.

O limite dos divisores principais é delimitados pelos colos principais, também situados em posição de topo logo imediatamente às cabeceiras das drenagens mencionadas. Já os divisores secundários se situam nas porções norte, central e sudoeste da área de estudo, em região próxima às cabeceiras do córrego Cachoeira e ao longo das cabeceiras de alguns tributários do rio do Peixe situados na margem direita. O limite dos divisores secundários é dado pelos colos secundários, situados nas mesmas posições descritas para os divisores secundários.

Já as mudanças de declive côncava de terço superior de vertente localizam-se na porção noroeste, sudoeste e leste da área de estudo, ocupando as cabeceiras ao longo dos córregos Moinho, da Cachoeira e da Boa Vista. Na sequência, as mudanças de declive côncava de terço médio de vertente se concentram na porção noroeste e sudoeste na área de estudo, onde se concentram áreas de colinas pequenas, morrotes e morros com perfis marcadamente concavos limitados por mudanças sutis de declividade, onde se procurou instalar o uso agropecuário na área de estudo. Por fim, as mudanças de declive côncava em terço inferior de vertente concentram-se marcadamente nas porções noroeste e sudoeste da área de estudo, ao longo dos setores de baixa encostas drenados pelos córregos do Moinho e da Cachoeira e afluentes, próximo das respectivas confluências com o rio do Peixe.

Quando se analisam as mudanças convexas de declive, situadas no terço superior das vertentes, observa-se uma distribuição generalizada pela área de estudo, concentrando em posição próxima aos divisores e colos principais e secundários. As mudanças convexas de declive situada no terço médio das vertentes também se disseminam pela área de estudo, exceção da porção leste da área de estudo, próximo às cabeceiras do córrego da Boa Vista. Por fim, as mudanças convexas de declive de terço inferior das vertentes posicionam-se preferencialmente nas porções noroeste e sudoeste da área de estudo, próximo a região de confluência dos córregos do Moinho, Cachoeira e tributários com o rio do Peixe.

Já as rupturas côncavas só foram encontradas na área de estudo no terço superior das vertentes, situando-se sobretudo, nas porções central e sudoeste da área de estudo, próximo às cabeceiras do córrego da Cachoeira. As rupturas convexas de declive também

só foram encontradas na área de estudo na porção de terço superior das vertentes, localizadas junto aos divisores da porção noroeste e nordeste da área de estudo.

As rupturas vertente-planície definidas seguem acompanhando o curso do rio do Peixe na área de estudo, perfazendo um percurso de direção S – NO, onde os níveis de terraço apresentaram-se mais pronunciáveis e facilmente dissenníveis em relação à planície fluvial. Por fim, as rupturas vertente-planície indefinidas acompanham a mesma direção S – NO mencionada, porém em setores onde a junção com as vertentes se dá de maneira tão suave, em virtude do pouco desenvolvimento dos terraços fluviais, que não é possível estimar um limite durante o procedimento de restituição estereoscópica.

Por fim, os vales em berço se disseminam pela área de estudo, no entanto, ocupando segmentos de seus cursos situados nos terços médio e inferior das vertentes, enquanto os vales em V se concentram nas porções N, NO, NE, SO e S da área de estudo, com seus cursos situados nos terços superiores das vertentes.

Em relação aos elementos areolares do Mapa da Morfologia Original Semi-Preservada da Área de Estudo, mencionam-se as áreas de topos disseminadas pelas áreas de estudo, acompanhando as áreas de divisores e colos principais e secundários. As áreas de anfiteatros côncavos amplos concentram-se na porção leste da área de estudo, na região das cabeceiras do córrego da Boa Vista. Um segundo trecho de distribuição dos anfiteatros côncavos amplos situa-se na porção sudoeste da área de estudo, na região das cabeceiras do córrego da Cachoeira. Já a área de vertentes de perfil côncavo e convexo indiscriminados se localizam de modo generalizado pela área de estudo, limitando-se com os topos e setores de planície e terraços do rio do Peixe. Por fim, as áreas de planície e terraços fluviais acompanham o curso do rio do Peixe, seguindo direção S – NO.

8.3 Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Antropogênica (Fase de Intervenção Ativa)

A aplicação dos geoindicadores referentes à fase de intervenção ativa teve por base os mapeamentos de categorias físicas do uso da terra, como também os geoindicadores dissenníveis na imagem de satélite IKONOS datada de 1998, assim como o Estudo de Impacto-Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II e Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

Dessa forma, são apresentados primeiramente as quantificações e descrições da evolução do uso da terra, com os recortes temporais de 1930, tomando-se como ponto de partida uma data que inclui a condição de morfologia original semi-preservada. Num segundo momento, são apresentadas as evoluções do uso da terra para o intervalo entre 1977 e 1983, que cobre um período de intervenções na paisagem que já considera a implantação da PCH Rio do Peixe I e antecede a implantação da PCH Rio do Peixe II, ainda dentro da Fase Morfologia Original Semi-Preservada. Num terceiro momento é apresentado o uso da terra para o ano de 1998, este sim, usado para descrever o padrão de intervenções morfológicas para a fase de intervenção ativa, e por fim, num quarto momento, são apresentados os mapas para os anos de 2006 e 2016, que assinalam o período entre as fases de intervenção ativa e consolidada.

Para o mapeamento do uso da terra na condição de morfologia original semi-preservada, conforme já mencionado, utilizou-se as Fotografias Aéreas de 1930 da Fundação de Energia do Estado de São Paulo, além da Folha Casa Branca, carta topográfica na escala 1:100.000, elaborada pelo Instituto Geológico e Geográfico (IGC, 1905) na qual foram observadas as curvas de nível e os topônimos, importantes indícios do uso da terra no período. De forma a complementar os limites entre as coberturas vegetais nativas e os usos antrópicos, consultou-se o mapeamento de vegetação primitiva do estado de São Paulo, elaborado por Vitor *et. al.* (2005), na escala de 1:200.000. Também se complementou o mapeamento por meio de consulta a teses na área de geografia para essa região, onde foi possível encontrar capítulos dedicados ao uso da terra e o processo de ocupação territorial de toda a região de estudo.

A partir do referido mapeamento (**Mapa 8.3 - 1**) é possível notar que grande parte da área de estudo é recoberta por maciços da Floresta Estacional Semidecidual Montana, encontrando-se percentuais de 42,06%. Na sequência, destaca-se a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, a qual ocupa cerca de 6,20% da área de estudo. As coberturas herbáceas aparecem logo na sequência, ocupando cerca de 18,42% da área de estudo, o que demonstra a precocidade da área em questão no desenvolvimento da pecuária leiteira e de corte. As áreas agrícolas (culturas permanentes e temporárias) somam um total de 5,07% da área de estudo e os núcleos rurais, cerca de 0,22%.

Muitas das áreas agrícolas e núcleos rurais indicados no presente mapeamento se conservaram como tal até a atualidade, o que corrobora com as descrições históricas do processo de ocupação da área de estudo, fortemente marcado pela imigração e dedicação à atividade agropecuária.

O mapeamento de uso da terra e interferências morfológicas associadas para o ano de 1972 (**Mapa 8.3 - 2**) foi realizado, conforme já mencionado, a partir da restituição das fotografias aéreas 18038, 18039, 18040, 18041, 18042, 18043 (Faixa 20), 26518, 26519, 26520, 26521, 26522, 26523, 26541, 26542, 26543, 26544, 26545 e 26546 (Faixa 58), em escala 1:25.000, fornecidas pela Empresa Base Aerolevantamentos S.A.

A partir do referido mapeamento é possível notar um predomínio da vegetação herbácea na área de estudo, com percentual de área ocupada de 23,08%. Na sequência, aparecem as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 10,11% da área em questão. Os cultivos agrícolas ocupam a terceira posição, com 7,34% do total. Na sequência aparecem corredores de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, com 2,01% da área de estudo. As áreas com vegetação higrófila, bambuzais e arvoredos aparecem na sequência, respectivamente com 0,59%, 0,004% e 0,20% da área de estudo. Por fim, as áreas de corte, aterros e núcleos rurais complementam as categorias de uso da terra para o ano em questão, com percentuais de 0,13%, 0,07% e 0,26% respectivamente.

Legenda

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Sede de Comarca

Sede de Município

Hidrografia

Divisa de Municípios

PCH Rio do Peixe I (1925)

PCH Rio do Peixe II (1998)

Área de Estudo

Uso da Terra na Área de Estudo (1972)

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

Vegetação Herbácea

Agricultura Temporária - Milho

Agricultura Temporária - Horticultura

Agricultura Temporária - Cana-de-Açúcar

Agricultura Permanente - Café

Corpos D'Água

Estrada Sem Pavimento

Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

Núcleo Rural

Núcleo Rural com Arvoredo

PCHs Rio do Peixe 1 e 2

Mapa:
8.3-2

**Uso da Terra
na Área de Estudo (1972)**

Projeto:

**Geoindicadores de Alterações
Morfológicas em Sistemas Físicos:
PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Para o mapeamento de uso da terra e interferências morfológicas do ano de 1983 (**Mapa 8.3 - 3**), conforme já mencionado, utilizou-se as fotografias aéreas 10, 11, 12 (Faixa 33 B), 41, 42, 43, 44, 45, 46 (Faixa 34), em escala 1:35.000, adquiridas junto à Empresa Base Aerolevantamentos S.A.

A partir do referido mapeamento é possível notar um predomínio da vegetação herbácea na área de estudo, com percentual de área ocupada de 33,83%. Na sequência, aparecem as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 33,44% da área em questão. Os cultivos agrícolas ocupam a terceira posição, com 8,28% do total. Na sequência aparecem corredores de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, com 2,07% da área de estudo. As áreas com vegetação higrófila, bambuzais e arvoredos aparecem na sequência, respectivamente com 0,94%, 0,007% e 0,26% da área de estudo. Por fim, as áreas de corte, aterros e núcleos rurais complementam as categorias de uso da terra para o ano em questão, com percentuais de 0,20%, 0,09% e 0,28% respectivamente.

Legenda

○

Sede de Distrito

△

Bairro, Povoados e Outros

⊙

Sede de Comarca

●

Sede de Município

Hidrografia

Divisa de Municípios

PCH Rio do Peixe I (1925)

PCH Rio do Peixe II (1998)

Área de Estudo

Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1983)

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

Vegetação Herbácea

Agricultura Permanente - Café

Agricultura Temporária - Cana-de-Açúcar

Agricultura Temporária - Milho

Agricultura Temporária - Horticultura

Corpos D'Água

Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

Núcleo Rural com Arvoredo

Núcleo Rural

Estrada Sem Pavimento

PCHs Rio do Peixe 1 e 2

Mapa:
8.3-3

Uso da Terra
na Área de Estudo (1983)

Projeto: **Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)**

Local: **São José do Rio Pardo e Divinolândia**

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

No mapeamento de uso da terra de 1998 (**Mapa 8.3 - 4**) utilizou-se, como já mencionado, o Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra da Área de Influência Direta da PCH Rio do Peixe II, elaborado pela CEMA Consultoria para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) do referido empreendimento.

A partir do referido mapeamento é possível notar um predomínio da vegetação herbácea na área de estudo, com percentual de área ocupada de 42,92%. Na sequência, aparecem as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 40,35% da área em questão. Os cultivos agrícolas ocupam a terceira posição, com 9,34% do total. Na sequência aparecem corredores de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, com 2,71% da área de estudo. As áreas com vegetação higrófila, bambuzais e arvoredos aparecem na sequência, respectivamente com 1,22%, 0,007% e 0,30% da área de estudo. Por fim, as áreas de corte, aterros e núcleos rurais complementam as categorias de uso da terra para o ano em questão, com percentuais de 0,37%, 0,15% e 0,29% respectivamente.

Legenda

Sede de Comarca

Sede de Município

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Hidrografia

Divisa de Municípios

PCH Rio do Peixe I (1925)

PCH Rio do Peixe II (1998)

Área de Estudo

Uso e Ocupação da Terra na Área de Estudo (1998)

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração

Vegetação Higrófila Herbácea

Vegetação Herbácea

Reflorestamento

Solo Exposto

Agricultura Temporária - Cana de Açúcar

Agricultura Temporária - Horticultura

Agricultura Permanente - Café

Área de Corte com Vegetação

Área de Aterro com Vegetação

Área de Corte com Solo Exposto

Área de Aterro com Solo Exposto

Estrada Sem Pavimento

Núcleo Rural com Arvoredo

Núcleo Rural

Corpos D'Água

Mapa:
8.3-4

Uso da Terra
na Área de Estudo (1998)

Projeto:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Para o mapeamento de uso da terra de 2006 (**Mapa 8.3 - 5**), foram utilizadas, conforme já mencionado, as fotografias aéreas 8524, 8525, 8526, 8527 (Faixa 152), 8640, 8641, 8642, 8643, 8644 (Faixa 153), 8665, 8666, 8667 (Faixa 154), adquiridas junto à empresa Base Aerolevantamentos S.A..

A partir do referido mapeamento é possível notar um predomínio da vegetação herbácea na área de estudo, com percentual de área ocupada de 41,72%. Na sequência, aparecem as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 33,62% da área em questão. Os cultivos agrícolas ocupam a terceira posição, com 9,91% do total. Na sequência aparecem corredores de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, com 2,93% da área de estudo. As áreas com vegetação higrófila, bambuzais e arvoredos aparecem na sequência, respectivamente com 0,85%, 0,01% e 0,33% da área de estudo. Por fim, as áreas de corte, aterros e núcleos rurais complementam as categorias de uso da terra para o ano em questão, com percentuais de 0,38%, 0,18% e 0,36% respectivamente.

Legenda

Sede de Comarca

Sede de Município

Sede de Distrito

Bairro, Povoados e Outros

Hidrografia

Divisa de Municípios

PCH Rio do Peixe I (1925)

PCH Rio do Peixe II (1998)

Área de Estudo

Uso e Ocupação da Terra (2006)

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração

Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração

Vegetação Higrófila Herbácea

Vegetação Herbácea

Bambu

Arvoredo

Reflorestamento

Agricultura Temporária- Área em Pousio para Plantio de Cana-de-Açúcar

Agricultura Temporária - Milho

Agricultura Temporária - Cana-de-Açúcar

Agricultura Temporária - Horticultura

Agricultura Permanente - Área em Pousio para Plantio de Café

Agricultura Permanente - Café

Estrada Sem Pavimento

Rodovia

Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

Núcleo Rural

Núcleo Rural com Arvoredo

PCHs Rio do Peixe 1 e 2

Corpos D'Água

Mapa:
8.3-5

Uso da Terra na
Área de Estudo (2006)

Projeto:

Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016)

Local:

São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificado
Setembro 2016	1:50.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Por fim, para o mapeamento de uso da terra de 2016 (Mapa 5.7 - 2), foram utilizadas imagens Google Earth, datadas de junho, com resolução espacial inferior a 1 m, compatíveis, portanto, com mapeamentos em escala 1:10.000 ou maiores. A partir do software *SAS Planet* promoveu-se a captura, por meio de um polígono, de uma área que abrangeu uma vez e meia a área de estudo, promovendo-se uma janela de varredura de 16 vezes, o que corresponde a uma amostragem final de pixel de 50 cm. Após a definição desses parâmetros, promoveu-se à captura da imagem correspondente à área de estudo, obtendo-se um mosaico único final, em formato geotiff, utilizado no mapeamento das categorias de uso da terra para 2016.

A partir do referido mapeamento, como já mencionado, é possível notar um predomínio da vegetação herbácea na área de estudo, com percentual de área ocupada de 44,09%. Na sequência, aparecem as áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, com 36,17% da área em questão. Os cultivos agrícolas ocupam a terceira posição, com 10,33% do total. Na sequência aparecem corredores de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, com 2,96% da área de estudo. As áreas com vegetação higrófila, bambuzais e arvoredos aparecem na sequência, respectivamente com 0,67%, 0,02% e 0,42% da área de estudo. Por fim, as áreas de corte, aterros e núcleos rurais complementam as categorias de uso da terra para o ano em questão, com percentuais de 0,41%, 0,19% e 0,41% respectivamente.

A **Tabela 8.3 - 1** abaixo consolida em um recorte temporal as áreas obtidas pelas diferentes classes de uso da terra em todas as datas consideradas.

A observação individualizada de cada período possibilita compreender as características e distribuição dos usos da terra no período considerado uns em relação aos outros, permitindo observar o grau geral de transformação do uso da terra, como os efeitos notabilizados na paisagem pelas PCH Rio do Peixe I e II.

Tabela 8.3 1 - Áreas e Percentuais Ocupados por cada categoria de uso da terra nos recortes temporais na área de estudo

Uso da Terra	1930		1972		1983		1998		2006		2016	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Solo Exposto	127,63	2,35	3,13	0,05	3,26	0,06	188,20	3,48	64,33	1,18	-	-
Corte com Solo Exposto	1,08	0,01	2,35	0,04	2,76	0,05	8,11	0,15	8,56	0,15	8,97	0,16
Corte com Vegetação	3,54	0,06	5,36	0,09	8,12	0,15	12,43	0,22	12,81	0,23	13,72	0,25
Aterro com Solo Exposto	1,16	0,02	1,83	0,03	2,35	0,04	4,32	0,07	4,92	0,09	5,27	0,09
Aterro com Vegetação	1,37	0,02	2,36	0,04	3,21	0,05	4,59	0,08	5,13	0,09	5,65	0,10
Canteiro de Obras	3,46	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Casa de Máquinas	0,03	0,0005	0,03	0,0005	0,03	0,0005	0,09	0,001	0,09	0,001	0,09	0,001
Conduto Forçado	0,19	0,003	0,19	0,003	0,19	0,003	0,42	0,007	0,42	0,007	0,42	0,007
Chaminé de Equilíbrio	0,01	0,00018	0,01	0,00018	0,01	0,00018	0,42	0,007	0,42	0,007	0,02	0,00037
Tomada D'Água	0,006	0,00011	0,006	0,00011	0,006	0,00011	0,01	0,00018	0,01	0,00018	0,01	0,00018
Vertedouro	0,07	0,001	0,07	0,001	0,07	0,001	0,11	0,002	0,11	0,002	0,11	0,002
Canal de Adução	0,35	0,006	0,35	0,006	0,35	0,006	0,53	0,009	0,53	0,009	0,53	0,009
Ensecadeira de Montante	0,38	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ensecadeira de Jusante	0,49	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de Desvio do Rio	2,14	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reservatório	31,45	0,58	31,45	0,58	31,45	0,58	80,00	1,46	80,00	1,46	80	1,46
Corpos D'Água	36,19	0,66	37,45	0,69	38,12	0,70	30,12	0,55	38,93	0,61	45,45	0,83

Estrada Sem Pavimento	13,48	0,24	8,14	0,15	6,18	0,11	5,31	0,10	5,31	0,10	5,31	0,10
Faixa de Servidão de Linha de Transmissão	-	-	3,83	0,07	3,83	0,07	3,83	0,07	3,83	0,07	3,83	0,07
Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração	2.275,28	42,06	547,32	10,11	233,63	4,31	35,07	0,64	32,14	0,59	31,19	0,57
Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração	-	-	640,38	11,84	712,06	13,16	842,99	15,58	724,48	13,39	731,64	13,37
Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração	-	-	1426,15	26,36	1026,14	18,97	1.208,83	22,35	856,26	15,83	996,98	18,22
Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração	-	-	203,36	3,76	207,48	3,83	235,56	4,35	206,12	3,81	219,50	4,01
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração	335,85	6,20	124,36	2,29	60,15	1,11	-	-	-	-	-	-
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração	-	-	40,36	0,74	42,52	0,78	45,86	0,84	46,12	0,85	48,28	0,88

Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração	-	-	96,75	1,78	99,36	1,83	101,40	1,87	98,14	1,81	99,08	1,81
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração	-	-	12,45	0,23	13,18	0,24	14,67	0,27	14,62	0,27	14,63	0,27
Vegetação Herbácea	996,75	18,42	1248,36	23,08	1829,65	33,83	2.182,79	40,35	2.256,39	41,72	2.412,19	44,09
Vegetação Hidrófila Herbácea	-	-	32,25	0,59	51,12	0,94	66,52	1,22	46,51	0,85	36,74	0,67
Bambu	-	-	0,23	0,004	0,39	0,007	0,43	0,007	0,61	0,01	0,85	0,02
Arvoredo	-	-	11,27	0,20	14,12	0,26	16,43	0,30	18,22	0,33	22,75	0,42
Reflorestamento	-	-	51,03	0,94	55,12	1,01	57,12	1,05	60,32	1,11	76,13	1,39
Agricultura Temporária	222,82	4,11	316,89	5,85	356,39	6,58	403,12	7,45	431,29	7,97	458,04	8,37
Agricultura Permanente	52,13	0,96	81,12	1,49	92,16	1,70	102,36	1,89	105,16	1,94	107,19	1,96
Rodovia Pavimentada	0,54	0,009	0,96	0,01	1,12	0,02	1,45	0,03	1,45	0,03	1,45	0,03
Núcleo Rural	12,36	0,22	14,21	0,26	15,36	0,28	16,22	0,29	19,87	0,36	22,20	0,41
Núcleo Rural com Arvoredo	-	-	20,21	0,37	32,15	0,59	50,34	0,93	53,12	0,98	55,45	1,01

Elaborado por: Edson Alves Filho

As maiores variações negativas notadas no uso da terra para a área de estudo ao longo de todo o período analisado, ocorrem, sobretudo, com a categoria Floresta Estacional Semidecidual Montana, considerando-se seus diferentes estágios sucessionais: no ano de 1925, ela representava 42,06% da área de estudo, apresentando uma queda total de 5,99% em 91 anos. A perda assinalada para essa classe é acompanhada pelo aumento das áreas de vegetação herbácea (aumento de 25,67% em 91 anos), agricultura temporária (aumento de 3,12% em 91 anos) e agricultura permanente (aumento de 2,14% em 91 anos).

Por outro lado, as categorias Vegetação Hidrófila, Bambu e Arvoredo tiveram pequenos incrementos ao longo do período analisado, de respectivamente 0,67%, 0,02% e 0,42%.

Ao se considerar a área diretamente afetada pela implantação das PCH Rio do Peixe I e Rio do Peixe II (área de estudo) (Solo Exposto, Corte com Solo Exposto, Corte com Vegetação, Aterro com Solo Exposto, Aterro com Vegetação, Canteiro de Obras, Casa de Máquinas, Conduto Forçado, Chaminé de Equilíbrio, Tomada d'Água, Vertedouro, Canal de Adução, Ensecadeira de Montante, Ensecadeira de Jusante, Área de Desvio de Rio, Reservatório, Corpos D'Água, Vegetação Herbácea, Floresta Estacional Semidecidual Montana em diversos estágios de sucessão, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em diversos estágios de sucessão, agricultura temporária e agricultura permanente), nota-se pequeno incremento das categorias relacionadas às infraestruturas civis da obra, com um incremento somado de apenas 0,84%.

Nota-se, porém, entre os anos de 2006 e 2016, um novo incremento na área ocupada pela cobertura vegetal, o que interrompeu a tendência de queda observada no período anterior a 2006. No ano de 1998, data imediatamente anterior ao ano de 2006 em que se possui fotografias aéreas para a área de estudo, as diferentes coberturas vegetais representavam 45,9% da área de estudo, caindo para 36,55% em 2006.

No entanto, em 2016, a área ocupada pelas classes de cobertura vegetal sobe para 39,13% da área de estudo, um aumento de 2,58% em 10 anos, justificado pela mudança do uso da terra em áreas próximas aos reservatórios das PCH Rio do Peixe I e II, que em 2006 eram áreas com coberturas herbáceas e, ao serem deixadas em descanso, permitiram a recuperação da cobertura vegetal.

Menciona-se, porém dentro do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II, um projeto de compensação ambiental para recuperação da cobertura vegetal, no entanto, esse projeto foi executado com a implantação de reflorestamentos, fato notado no percentual

ocupado por essa classe de uso da terra entre os anos de 1998 e 2006, quando se nota um aumento de 1,01% dessa classe em relação a área de estudo para 1,11% em 2006.

A condição ideal para avaliar os efeitos da implantação da PCH Rio do Peixe II em situação de morfologia antropogênica de fase de intervenção ativa seria o de utilizar fotografias aéreas com recorte temporal para todo o período construtivo, o que no caso em estudo levou três anos (1995-1998).

A indisponibilidade de fotografias aéreas para o período entre os anos de 1995 e 1998, porém, não foi elemento impeditivo para a análise dos geoindicadores de morfologia antropogênica relativos à fase de intervenção. O uso de intervalos intermediários para as categorias físicas de uso da terra permitiu entender a magnitude das variações de transformação da paisagem na área de estudo, permitindo notar pequenos incrementos entre a fase de intervenção ativa e consolidada, o que mostra não haver tido grandes prejuízos ao não se ter fotografias aéreas para o mapeamento exclusivo dessas transformações para os anos compreendidos entre 1995 e 1998.

Já em relação ao mapeamento dos Geoindicadores relativos à Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa, utilizou-se além da imagem de satélite IKONOS, datada de 1998, o projeto de engenharia e o levantamento planialtimétrico da PCH Rio do Peixe II, disponibilizado pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) atual detentora do direito de exploração das referidas usinas.

Os geoindicadores passíveis de espacialização foram restituídos, compondo o Mapa 8.3 – 6, apresentado mais a frente. Para aqueles em que não foi possível delimitar a ocorrência espacial, utilizou-se como fonte de informação o Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, como também o Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

Dentre os geoindicadores sistematizados no Quadro 7.6 - 1, foram aplicados para a condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa tanto aqueles de caráter morfológico/morfométrico, como aqueles diretamente ligados à implantação de empreendimentos hidrelétricos.

Os resultados obtidos para os geoindicadores de morfologia antropogênica relacionados ao estágio de intervenção ativa são apresentados no **Quadro 8.3 - 1** abaixo:

Quadro 8.3 1 – Geoindicadores de Morfologia Antropogênica aplicados à Fase de Intervenção Ativa (1998)

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica	Dendrítico
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	23 m
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	113,80 km
Bacia Hidrográfica	-	Ordenamento	Ordem do Rio no Trecho de Barramento	4ª ordem
Bacia Hidrográfica	-	Área	Área de Drenagem	53,89 km
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)	1,84 rios/km ²
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)	2,10 km/km ²
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Coeficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (Cm)	476,19 m ²
Bacia Hidrográfica	-	Cobertura Vegetal	Tipologia	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração (0,35 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração (8,42 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
				Estágio Inicial de Regeneração (12,08 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração (2,35 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração (0,45 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração (1,01 km ²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração (0,14 km ²).
Bacia Hidrográfica	-	Cobertura Vegetal	Estágio Sucessional	Estágio Pioneiro de Regeneração (2,49 km ²), Estágio Inicial de Regeneração (13,09 km ²), Estágio Médio de Regeneração (8,87 km ²), Estágio Avançado de Regeneração (0,35 km ²).
Bacia Hidrográfica	-	Material Remobilizado	Volumes Totais das Obras (concreto, solo, enrocamento, escavação)	Concreto: 150.000 m ³ , escavações (1.181.398,5 m ³)
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Temperatura Média Anual	18°C
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Umidade Relativa do Ar	50,28%
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Diária	410 mm (dezembro, mês mais chuvoso)

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Anual	1.748 mm
Bacia Hidrográfica	-	Desmatamento	Tempo de Ocupação até um novo uso	11 anos
Sistema Vertente		Área de Ocupação das Classes de Declividade	Área de Ocupação das Classes de Declividade	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)
Sistema Vertente		Altitude	Altitude Média das Vertentes	950 m
Sistema Vertente		Orientação	Orientação Predominante	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ² (noroeste),
Sistema Vertente		Comprimento	Comprimento Médio da Rampa	2.100 m
Sistema Vertente		Propriedades dos Solos	Unidades de Solo	Argissolos Vermelho-Amarelo (35,49 km ²), Associação de Cambissolos com Neossolos Litólicos (0,55 km ²), Associação de Gleissolos com Neossolos Flúvicos (4,06 km ²), Cambissolos (9,33 km ²), Latossolos Vermelho-Amarelo (4,63 km ²).
Sistema Vertente		Propriedades Físicas do Solo	Espessura do Solo	Argissolos Vermelho-Amarelo (perfis com tamanhos entre 120 cm a 150 cm), Associação de Cambissolos com Neossolos

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
				Litólicos (perfis com tamanhos entre 40 cm a 120 cm), Associação de Gleissolos com Neossolos Flúvicos (perfis com tamanhos entre 40 cm e 80 cm), Cambissolos (perfis variando entre 80 cm e 120 cm), Latossolos Vermelho-Amarelo (perfis com tamanhos entre 150 cm e 180 cm).
Sistema Vertente		Propriedades Físicas do Solo	Espessura das Camadas	Argissolo Vermelho-Amarelo (Horizonte A: 0-20 cm, Horizonte E: 20-60 cm, Horizonte Bt: 90 cm), Cambissolos (Horizonte A: 0-20 cm, Horizonte Bi: 20-50 cm, Horizonte R: 50-70 cm), Neossolo Litólico (Horizonte A: 0-20 cm, Horizonte Cr: 20-30 cm, Horizonte R: 30-40 cm), Gleissolos (Horizonte A: 0-20cm, Horizonte Ac: 20-30 cm, Horizonte Cg: 30-80 cm), Neossolos Flúvicos (Horizonte A: 0-20 cm, Horizonte Bi: 20-30 cm, Horizonte C: 30-80 cm), Latossolos Vermelho-Amarelo (Horizonte A: 0-20 cm, Horizonte B: 20-70 cm, Horizonte C: 70-180 cm).
Sistema Vertente		Propriedades Físicas do Solo	Estrutura	Argissolos Vermelho-Amarelo (estrutura em blocos angulares e sub-angulares), Cambissolos (estrutura em blocos, granular ou prismática), Neossolos Litólicos (estrutura em blocos grandes), Gleissolos (estrutura forte), Neossolo Flúvico (estrutura moderada), Latossolo Vermelho-Amarelo (estrutura granular pequena).
Sistema Vertente		Propriedades Físicas do Solo	Textura	Argissolo Vermelho-Amarelo (textura média/argilosa), Cambissolos (textura franco-arenosa), Neossolos Litólicos (textura arenosa/franco-arenosa), Gleissolos (textura

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
				arenosa/argilosa), Neossolo Flúvico (franco-arenosa/franco-argilosa/argilo-siltosa/franca/argilosa), Latossolo Vermelho-Amarelo (média argilosa a muito argilosa)
Sistema Vertente		Propriedades Físicas do Solo	Porosidade	Argissolo Vermelho-Amarelo (49,90%), Cambissolos (42,20%), Neossolos Litólicos (36,64%), Gleissolos (34,1%), Neossolos Flúvicos (39,79%), Latossolo Vermelho-Amarelo (51,87%).
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Área Total de Aterros	18,90 ha
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Volume Total de Aterros	58.818.241,65 m ³
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Volume Total dos Cortes	79.586.309,38 m ³
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Área das Superfícies Expostas	84,30 ha
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Material Escavado	Granitos e paragneisses
Sistema Vertente		Solos Perturbados	Volume de Escavações	183.716.331,79 m ³
Sistema Vertente		Litologia	Unidades Geológicas	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ² (charnockitos do Grupo São José do Rio Pardo-Divinolândia).

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Vertente		Erosão	Tipo de Processo	Escorregamentos, microterracetes de pisoteio, movimentos de massa, processos erosivos a jusante do reservatório, processos erosivos de vertente
Sistema Vertente		Erosão	Área Afetada	72,89 ha
Sistema Vertente		Erosão	Volume erodido	252.828.482,70 m ³
Sistema Vertente		Erosão	Tempo de Duração do Processo	Média de 33 anos.
Sistema Vertente		Erosão	Frequência	1,33 focos por km ²
Sistema Vertente		Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	3,08
Sistema Vertente		Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	1,3 anos
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Desmatamento	Área de Limpeza da Bacia de Acumulação	77,73 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Desmatamento	Tempo de Limpeza da Bacia de Acumulação	1,3 anos

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Área	Área Total de Corpos D'Água	125,44 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Perímetro	Perímetro Total dos Corpos D'Água	60,65 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Área	Área da Planície Fluvial	204,41 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Perímetro	Perímetro da Planície Fluvial	51,50 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Distribuição	Distribuição da Planície Fluvial	Se distribui na área de estudo no sentido S - NO
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Área	Área dos Terraços Fluviais	102,15 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Perímetro	Perímetro dos Terraços Fluviais	19,11 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Distribuição dos Terraços Fluviais	-	Encontra-se distribuído em três áreas: a primeira á NO, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, a segunda, a N, localizada a 1,4 km da primeira área, e por fim, a terceira, à SO, com inicio a partir do reservatório das PCHs rio do Peixe I e II.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Solos Perturbados	Área das Ensecadeiras	1,05 ha

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Solos Perturbados	Volume das Ensecadeiras	2.602.753,57 m3
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Alumínio	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Bário	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cádmio	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Chumbo	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cloreto	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Clorofila - a	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cobre	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coliformes Totais	7x10 ³
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coliformes Fecais	3x10 ³

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coloração da Água	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Condutividade Específica	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cromo Total	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	DBO	2
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	DQO	6
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Fenóis	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Ferro Total	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Fósforo Total	0,255
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Manganês	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Mercúrio	N.D.

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Microtox	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Níquel	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Amoniacal	0,11
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrato	0,64
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrito	0,01
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Total Kjeldahl	2,0
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Óleos e Graxas	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Ortofosfato Solúvel	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Oxigênio Dissolvido (OD)	7,5
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	pH	6,7

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Resíduo Não - Filtrável	28
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Resíduo Total	74
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Sólidos Suspensos Totais	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Surfactantes	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Teste de Toxidade Crônica	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Turbidez	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Zinco	N.D.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Vazão	Vazão do Canal Principal (Q7, Q10)	11,75 m³/s (média) Q7,10 (1,03 m³/s), Vazão Média de Longo Termo (7,26 m³/s)
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Vazão	Vazão de Pico	14,61 m³/s
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Vazão	Existência de Descarregador de Fundo	Sim

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Dinâmica de Sedimentação	Suprimento Sedimentar	3,26 ton/km2/ano
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Inundações	Ponto de Localização dos Eventos	Estação Fluviométrica da PCH Rio do Peixe II (21° 36' 43" S, 46° 47'37"W
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Inundações	Número de Eventos	12 registros entre 1953-1987
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Inundações	N.A. Atingido	2,9 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Inundações	Vazões Máximas durante os eventos	34,6 m³/s
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Inundações	Duração dos eventos	11 horas
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Tempo	Tempo de Enchimento do Reservatório	2,4 meses
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Velocidade	Velocidade de Enchimento do Reservatório	639.360 m³/dia
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Comprimento	Extensão do Trecho de Vazão Reduzida (entre a barragem e a casa de força)	853,97 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Comprimento	Extensão do Desvio do Rio	264 m

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Perímetro	Perímetro do Reservatório	8,42 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Largura	Largura da Seção do Canal (Wmp)	22,50 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Profundidade	Profundidade Média da Seção (Dmp)	2,20 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Volume	Volume Total do Reservatório	60.000.000 m ³
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Declividade	Perfil Longitudinal do Canal	Perfil característico de equilíbrio com <i>knick points</i> na confluência dos canais de ordem maior.
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Declividade	Gradiente Fluvial	24,52 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Seção Transversal	Área da Seção Transversal (Amp)	19,31 m ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Seção Transversal	Área Molhada (A)	19,28 m ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Seção Transversal	Perímetro Molhado (P)	26,90 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Seção Transversal	Raio Hidráulico (R)	0,71 m/m ²

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Forma do Canal (F)	0,25
Sistema Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório	Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Sinuosidade (Is)	2,50

Elaborado por: Edson Alves Filho

O mapeamento das categorias de uso da terra para o ano de 1998 forneceu importantes indícios da influência da implantação da PCH Rio do Peixe II nos sistemas geomorfológicos impactados na área de estudo. A consulta ao projeto de engenharia e ao Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II possibilitou acesso às informações sobre o dimensionamento deste empreendimento hidrelétrico, como também a diversos índices ambientais usados no processo de licenciamento ambiental.

Para os geoindicadores utilizados para o sistema bacia hidrográfica, a comparação entre a condição de morfologia antropogênica da **fase de intervenção ativa** com a condição de morfologia original preservada em condição de pré-intervenção revelou um quadro de importantes alterações.

Embora o *padrão de drenagem* da bacia hidrográfica e a *ordem do rio* no trecho do barramento não tenham apresentado grandes alterações entre as fases em comparação, como é o caso da região próxima ao barramento da PCH Rio do Peixe II, não é isso o que ocorre com os demais indicadores relativos ao sistema bacia hidrográfica. Para os indicadores *Extensão do Percurso Superficial da Bacia Hidrográfica*, *Comprimento dos Segmentos dos Canais Fluviais*, *Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica*, *Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica* e *Coeficiente de Manutenção*, as alterações na comparação morfologia original semi-preserveda e morfologia antropogênica (fase de intervenção ativa) foram respectivamente de 84,6% (redução de 150 m para 123 m), 33,6% (redução de 171,56 km para 113,80 km), 60% (redução de 4,60 rios/km² para 1,84 rios/km²), 32,9% (redução de 3,13 km/km² para 2,10 km/km²) e aumento de 310 m²/m para 476,19 m²/m (aumento de 34,8%).

Para os indicadores de condições climáticas, em virtude da existência de projeções temporais constantes no Estudo de Impacto Ambiental, foi possível comparar a situação entre as condições de morfologia original semi-preserveda (fase de pré-intervenção) e morfologia antropogênica (fase de intervenção ativa). Os indicadores *temperatura média anual*, *umidade relativa do ar*, *precipitação diária* e *precipitação anual* apresentaram variações de 4,4% (aumento de 17,2°C para 18°C), 3,8% (redução de 52,3% para 50,28%), 32,5% (aumento de 8,91 mm para 13,2 mm) e 31,2% (aumento de 1.201,9 mm para 1.748 mm) respectivamente.

Tais aumentos verificados, sobretudo em relação à variável precipitação diária e anual, podem ser atribuídos, conforme explicações contidas no trabalho de NASCIMENTO & NERY (2005) à atuação do fenômeno El Niño na porção nordeste do estado de São Paulo, sendo observados entre as normais climatológicas de 1941 a 1970 e na normal

climatológica 1971 – 2000, considerável aumento da pluviosidade, em virtude da pouca influencia do El Niño neste segundo período. O aumento considerável da perturbação atmosférica, associada ao efeito orográfico da região de São José do Rio Pardo podem ter sido fatores que potencializaram ainda mais o aumento da precipitação no período da normal climatológica 1971 – 2000, justificando, portanto, o aumento acentuado da precipitação diária e anual na área de estudo, na comparação entre as situações de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção e morfologia antropogênica nas fases de intervenção ativa e pós-intervenção.

Quando se analisam os indicadores elencados para o sistema vertente, mais precisamente o *desmatamento* promovido para a implantação do empreendimento, utilizaram-se os mapeamentos de categorias de uso da terra e intervenções morfológicas associadas para verificar a alteração de uso entre as duas condições em questão. Pode-se verificar uma diminuição de 2% em 73 anos para a *Floresta Estacional Semidecidual Montana* (redução do total de área ocupada de 42,92% em 1925 para 42,06% em 1998) e da *Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, num percentual de 3,22% (redução de 6,20% da área total para 2,98% da área total) nos 73 anos analisados.

Em relação às *classes de declividade*, a utilização das curvas de nível da Folha Casa Branca, permitiu a elaboração de um MDT e cálculo das classes de declividade na condição de morfologia original semi-preservada. Para a condição de morfologia antropogênica, foi utilizado o mapa de declividade elaborado para a área de estudo (Figura 4.3.b). Na comparação entre os dois mapeamentos verificou-se diminuição do intervalo de declividade de até 2% (de 5,20 km² para 4,97 km²), diminuição do intervalo de declividade entre 2% e 8% (de 5,32 km² para 5,23 km²), aumento das classes de declividade entre 8% e 15% (10,26 km² para 10,82 km²), aumento da classe de declividade entre 15% e 30% (23,42 km² para 23,88 km²), aumento da classe de declividade entre 30% e 45% (7,42 km² para 8,66 km²) e, por fim, aumento da classe de declividade superior a 45% (1,02 km² para 1,14 km²).

Já em relação aos indicadores *altitude média*, *orientação predominante* e *comprimento médio da rampa*, verificou-se que uma redução 1,05% para a primeira (950 m na condição de morfologia original semi-preservada para 940 m na condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa), manutenção da direção norte entre as duas fases analisadas e redução de 0,85% no comprimento da rampa entre as duas condições analisadas (redução de 2.100 m na condição de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção para 2.082 m na condição de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa).

Os indicadores elencados para a avaliação das propriedades físicas do solo foram obtidos dos ensaios realizados para o Projeto Executivo de Engenharia, não sendo possível comparar os dados encontrados em relação à situação de morfologia original semi-preserveda. Dessa forma, os indicadores serão apresentados de maneira estanque, sem perspectiva comparativa.

As unidades de solo encontradas ao longo do sistema vertente são *argissolos vermelho-amarelo*, *cambissolos* e *latossolos vermelho-amarelo*, sendo descritas espessuras médias de 1,50 m para os perfis-tipo de argissolos vermelho-amarelo e horizontes com espessuras médias de 30 cm, perfis-tipo de cambissolos de cerca de 1 m, com espessuras médias entre os horizontes de 35 cm, e por fim, perfis-tipo de latossolos vermelho-amarelo de 1,80 m, com espessuras médias dos perfis de 45 cm. A estrutura dos argissolos geralmente se apresenta em blocos angulares e sub-angulares, enquanto que nos cambissolos se dá em blocos, grãos ou prismas, e por fim, nos latossolos, em grãos pequenos. A textura predominante nos argissolos é media e argilosa, dos cambissolos é franco-argilosa e nos latossolos média argilosa a muito argilosa.

Em relação aos indicadores de *solos perturbados*, a comparação com a condição de morfologia original semi-preserveda não é possível, pelo fato desses indicadores serem típicos de ações antrópicas (cortes e aterros), perceptíveis somente durante as fases de intervenção ativa e consolidada. Encontrou-se uma área total e volume de aterros da ordem de 18,90 ha e 58.818.241,65 m³, respectivamente, distribuídos ao longo da Rodovia Estadual SP-211, que atravessa a área de estudo. Para o volume de cortes, encontrou-se uma área de 84,30 ha, o que responde a um volume de 79.586.309,38 m³, disseminados ao longo da área de estudo, mas acompanhando as estradas existentes.

Em relação ao material escavado e ao volume de escavações, as informações obtidas do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH rio do Peixe II dão conta da escavação de um volume de 183.716.331,79 m³ de granitos e paragneisses para a implantação das estruturas civis da PCH Rio do Peixe II.

Quando se continua a análise dos indicadores do *sistema vertente*, cabe ressaltar a inexistência de levantamentos geológicos para a fase de pré-intervenção, utilizando-se, portanto, o mapeamento de unidades litoestratigráficas (Mapa 5.2 - 1). Como solução, utilizou-se dos quantitativos desse mapeamento para caracterizar tanto a fase de pré-intervenção, como a fase de intervenção ativa, repetindo-se portanto, os valores já mencionados anteriormente (Item 8.3).

Em relação aos *processos erosivos*, foi encontrada uma área total de 72,89 ha, o que representa um volume erodido de 252.828.482,70 m³. A frequência dos processos mapeados foi estimada em 33 anos entre a ocorrência de um foco erosivo na condição de morfologia original semi-preserveda e a estabilização ou fim do processo durante a fase de intervenção ativa.

Para os indicadores referentes ao *desmatamento*, aplicados ao subsistema planícies e terraços, a fonte de informações utilizada foi o Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II, encontrando-se uma área da bacia de acumulação de 77,73 km². O tempo de limpeza da mesma foi de 1,3 meses.

A *área e perímetro da planície fluvial* encontrados foram de 204,41 ha e 60,65 km respectivamente, sendo que a mesma distribui-se em sentido NO-SE. Já em relação aos terraços fluviais, a área e perímetros encontrados foram de 102,15 ha e 19,11 km, sendo os mesmos distribuídos a NO, N e SO na área de estudo.

Quando se analisam os indicadores selecionados para o subsistema *canal/reservatório*, encontra-se uma *área e perímetro molhado do canal fluvial* de 19,28 m² e 26,90 m respectivamente. Em relação ao indicador *solos perturbados*, a área e volume das enseadeiras foram retirados do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II, encontrando-se uma área total de 1,05 ha e volume de 2.602.753,57 m³.

Ainda em relação aos indicadores do subsistema canal/reservatório, vale destacar que foram analisados 36 parâmetros para o indicador *qualidade da água*, cujos dados constam no Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da PCH Rio do Peixe II. Entre todos os parâmetros analisados, cabe destacar que os parâmetros coliformes totais, coliformes fecais, fósforo total e nitrogênio nitrato apresentaram valores acima do tolerável pelos parâmetros definidos pela CETESB e o IBAMA, com percentuais acima do recomendável em 20,3%, 32,8%, 2,7% e 3,6%.

Em relação aos indicadores de *natureza hidrodinâmica* elencados para o subsistema canal fluvial/reservatório, menciona-se que os valores indicados para a *vazão do canal principal* foram de 11,75 m³/s para *vazão média*, 1,03 m³/s para a *Vazão Q7,10* e 7,26 m³/s para a *Vazão Média de Longo Termo*.

Os estudos hidrológicos consultados revelaram dentro da série histórica analisada um total de 12 *episódios de inundação*, medidos pelos dados de vazão da Estação Fluviométrica da PCH Rio do Peixe II. O *nível altimétrico médio* alcançado por esses eventos foi de 2,9 m, provocados por vazões que ultrapassaram 34,6 m³/s.

A consulta ao Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II revelou um *tempo médio de enchimento do reservatório* de 2,4 meses, com velocidade calculada de 639.360 m³/dia. A extensão do trecho de vazão reduzida foi indicado como de 853,97 m.

Para a implantação das ensecadeiras de montante e jusante, foi necessário executar um desvio no Rio do Peixe da ordem de 264 m.

Em relação aos indicadores relativos à *geometria fluvial*, menciona-se um *perímetro do reservatório* da ordem de 8,42 km. Já a *área do reservatório após o enchimento* foi calculada em 95,58 ha e seu *volume total* em 60.000.000 m³. A *largura da seção do canal principal*, assim como a *profundidade média* e área foram calculadas em 22,50 m, 2,20 m e 19,31 m² respectivamente.

O *perfil longitudinal do canal fluvial* foi classificado como perfil de equilíbrio, acusando-se a ocorrência de *knick points* na confluência dos canais de maior ordem. O *Gradiente Fluvial* encontrado foi de 24,52 m.

Quando se analisam os indicadores referentes à *Forma*, foi possível determinar um Índice de Forma de Canal de 0,25.

Nas regiões no entorno do reservatório e nas vertentes próximas a este foi possível notar as maiores alterações que a implantação das PCH Rio do Peixe I e II ocasionaram na paisagem, com destaque para os volumes de áreas assoreadas, desencadeamento de processos erosivos e aumento no número de enchentes.

Na comparação entre a situação de morfologia original semi-preservada da fase de pré-intervenção com a situação de morfologia antropogênica da fase de perturbação ativa, notam-se evidentes alterações no sistema vertente dos indicadores *aumento da superfície erodida*, *diminuição da rampa das vertentes* e *supressão da cobertura vegetal original*. Já em relação ao subsistema planície e terraços, observa-se o aumento das *superfícies de cortes e aterros*.

De forma a especializar os geoindicadores na condição de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa, foi elaborado o **Mapa 8.3 - 6 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa na Área de Estudo**, apresentado mais adiante.

Em relação aos elementos pontuais de representação, foram localizados os poços tubulares cadastrados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE), assim como as fossas sépticas das propriedades rurais existentes na área de

estudo, confirmadas em trabalho de campo na área de estudo junto com os moradores de sítios e chácaras.

Como elementos lineares de representação, mencionam-se os carregadores existentes nas plantações de café, cana-de-açúcar, milho e horticulturas da área de estudo, mapeados em virtude da capacidade de mudar a dinâmica de escoamento superficial da área, como promover processos erosivos. Na sequência mapeou-se as áreas da barragem com presença de fissuramentos, fenômeno detectado em trabalho de campo com devido registro de ponto de GPS e confirmado com a leitura dos Relatórios de Operação da PCH Rio do Peixe II, que aparecem na forma de anexos do Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II.

Neste relatório aparecem fotografias com as áreas da barragem com presença de fissuramentos e são indicadas terapias tratativas para a solução do problema. As áreas de hidrografia retificada foram assinaladas na comparação entre a situação de morfologia original semi-preservada em fase de pré-intervenção com a situação de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa, verificando-se o mesmo procedimento para a hidrografia tamponada. Por fim, os movimentos de massa e sulcos foram mapeados por interpretação visual da imagem de satélite IKONOS, datada de 1998.

Em relação aos elementos areolares de representação, mencionam-se os aglomerados rurais, áreas de agricultura temporária, áreas de agricultura permanente, cavas de mineração abandonadas, depósitos de remanso de reservatório, áreas com deslocamento de blocos rochosos, áreas com distribuição de macrófitas, áreas com presença de cicatrizes de escorregamento, estradas, áreas com formação de depósitos em desembocaduras de rios, linhas de transmissão, áreas com microterracetes de pisoteio, áreas com cicatrizes de movimentos de massa, áreas com desencadeamento de processos erosivos a montante e a jusante do reservatório da PCH Rio do Peixe II, a área do reservatório da PCH Rio do Peixe II, áreas com solo exposto e movimentos de terra e áreas colmatadas, mapeadas pela interpretação visual dessas feições na imagem de satélite IKONOS mencionada.

As áreas de aterramento de terraços e planície fluvial foram retiradas do Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II, onde há a indicação das saias de aterro da obra, inclusive as situadas dentro dos referidos compartimentos geomorfológicos. As áreas de depósitos tectogênicos, das estruturas civis das PCH Rio do Peixe I e II, áreas de empréstimo e áreas de subsidência por abertura de túneis e canais foram retiradas do Projeto Básico da PCH Rio do Peixe II, onde existem plantas em formato dwg com as referidas estruturas.

Legenda

- ▲ Casa de máquinas
- Morfologia antropogênica**
 - ★ Fossa Séptica
 - ★ Poços Tubulares
 - Sede de Distrito
 - △ Bairro, Povoados e Outros
 - Sede Municipal
 - Linha de Transmissão de Energia
 - Ferrovia
 - Rio Intermitente
 - Rio Permanente
 - Área de Estudo
 - Carreadores
 - Fissuramento na Barragem
 - Hidrografia Retificada
 - Hidrografia Tamponada
 - Sulcos
- Movimento de Massa nas Margens do Reservatório
- Aglomerado Rural
- Agricultura Permanente
- Agricultura Temporária
- Aterramento de Planície Fluvial
- Aterramento de Terraço Fluvial
- Açude
- Cava de Mineração Abandonada
- Depósito Tectogênico
- Depósito de Remanso
- Desplacamento de Blocos Rochosos
- Distribuição de Macrófitas
- Escorregamento
- Estrada
- Formação de Depósitos em Desembocaduras
- Microterraces de Pisoteio
- Movimentos de Massa
- PCH Rio do Peixe I
- PCH Rio do Peixe II
- Processo Erosivo a jusante do Reservatório
- Processo Erosivo de Vertente
- Reservatório
- Solo Exposto/Movimento de Terra
- Subsidência por Abertura de Túneis e Canais
- Área Colmatada
- Área de Aterro
- Área de Corte
- Área de Empréstimo
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Divisa de Municípios

Mapa

8.3 - 6

Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Ativa

Projeto: **Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2016)**

Local: **São José do Rio Pardo e Divinolândia**

Data	Escala	Desenho	Verificação
janeiro de 2018	1:20.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A partir da leitura do Mapa 8.3 - 6, é possível notar que as áreas com fossas sépticas concentram-se na porção central e sul da área de estudo, acompanhando os aglomerados rurais, ao passo que as áreas com poços tubulares se concentram na porção leste mesma, junto de uma área com forte presença de horticultura e cultivos temporários, bastante intensivos no uso da água.

As áreas com presença de carregadores de plantações também ficam concentrados na porção leste da área de estudo, onde predomina o uso agrícola. Já as áreas de barragem com fissuramentos estão localizadas a esquerda do descarregador de fundo da PCH Rio do Peixe II, representando desgaste natural das estruturas de barramento em virtude do uso hidrelétrico.

As áreas com hidrografia retificada se localizam na porção sudoeste da área de estudo e representam retificações em afluentes do córrego da Cachoeira. As áreas com hidrografia tamponada situam-se na porção sudoeste e noroeste da área de estudo, acompanhando o trajeto da Rodovia SP-212, como uma série de pequenas pinguelas instaladas sobre os afluentes dos córregos da área de estudo, permitindo a travessia sobre as estradas vicinais existentes.

Já as áreas com movimentos de massa na margem do reservatório estão concentradas na região próxima ao barramento da PCH Rio do Peixe II, e por fim, as áreas com presença de sulcos encontram-se disseminadas pela área de estudo, notando-se uma concentração ligeiramente maior na porção central e leste, onde o uso agrícola faz-se sentir de maneira mais importante.

Em relação aos elementos areolares considerados no referido mapa, menciona-se uma maior concentração dos aglomerados rurais nas porções sudoeste, central e sul da área de estudo. As áreas de agricultura temporária e permanente concentram-se ao norte e a leste, situando-se nas porções superiores e intermediárias das vertentes.

As áreas com aterramento de terraços e planície fluvial estão localizadas mais ao sul, ao longo do traçado da Rodovia Estadual SP-212. As áreas de açude acompanham a distribuição dos aglomerados rurais, fazendo-se sentir mais numerosas na porção leste, central e sul da área de estudo.

Já as áreas com cavas de mineração abandonadas situam-se na posição imediata de remanso do reservatório da PCH Rio do Peixe II, sobre posição de terraços fluviais. As áreas de depósitos tectogênicos acompanha o traçado da Rodovia Estadual SP-212 e a

região próxima ao barramento da PCH Rio do Peixe II, sendo, portanto, reflexo dos materiais que foram remobilizados na instalação dessas estruturas.

As áreas com depósitos de remanso no reservatório da PCH Rio do Peixe II concentram-se em três posições: uma primeira próximo ao barramento, uma segunda na posição central do reservatório, e uma terceira, de maior expressão espacial, na posição mais externa de remanso, próximo às cavas de mineração abandonadas na área de estudo.

As áreas com deslocamento de blocos rochosos situam-se em três agrupamentos principais na área de estudo, um primeiro a noroeste, na região de cabeceiras próxima ao córrego do Moinho, uma segunda, na porção central, próxima ao barramento da PCH Rio do Peixe II, e uma terceira, a leste, na região de cabeceiras do córrego Boa Vista.

Já as áreas com ocorrência de macrófitas estão localizadas na porção central do reservatório, próximas ao barramento da PCH Rio do Peixe II. As áreas com cicatrizes de escorregamento estão situadas nas porções noroeste e sudoeste da área de estudo, em posição de terço médio de vertentes, sendo circuladas por sulcos, ao longo da região de cabeceiras dos córregos do Moinho e Cachoeira.

Em relação às estradas, menciona-se sua disseminação por toda a área de estudo, com leve concentração na região do entorno do barramento e do reservatório da PCH Rio do Peixe II. Já a formação de depósitos de desembocadura estão localizados nos afluentes que cruzam a Fazenda Santa Amélia e desembocam no rio do Peixe e em afluentes que cruzam a Fazenda Ouro Branco, desembocando no rio do Peixe.

A faixa de servidão das linhas de transmissão que atravessam a área de estudo estão localizadas na porção norte da área de estudo, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo. As áreas com microterracetes de pisoteio agrupam-se em três faixas na área de estudo: uma primeira, a noroeste, dentro dos limites da Fazenda Santa Isabel, uma segunda, ao centro, dentro dos limites da Fazenda Bela Vista, e por fim, uma leste, dentro dos limites das Fazendas Boa Vista e Santa Virgínia.

Acusaram-se apenas duas regiões com cicatrizes de movimentos de massa na área de estudo, uma na porção central, próxima à cachoeira Boa Vista e outra a leste, em região de divisores dentro dos limites do Sítio Samambaia.

As áreas com processos erosivos a jusante do barramento da PCH Rio do Peixe II concentram-se no curso do rio do Peixe em frente as divisas com as Fazendas Ouro Branco, Santa Isabel e Rio do Peixe. Já as áreas com processos erosivos de montante, localizam-se

nos cursos d'água situados a sudoeste e a leste da área de estudo, mais precisamente nos cursos d'água situados dentro da Fazenda Santa Amélia e da Fazenda Boa Vista.

Já as áreas com solo exposto e movimentação de terra situam-se na porção sudoeste da área de estudo, dentro de áreas localizadas na porção superior das vertentes e abandonadas em relação ao uso agropecuário.

As áreas com subsidência por abertura de túneis e colmatadas estão localizadas dentro das estruturas civis da PCH Rio do Peixe I e II, mais precisamente na porção central da área de estudo. As áreas com subsistência por abertura de túneis localizam-se imediatamente à casa de máquinas das PCH Rio do Peixe I e II, por onde passam os condutos forçados das duas usinas e as áreas colmatadas situam-se na posição mais externa de remanso, na porção sul do reservatório, próximo à divisa com a Fazenda Santa Amélia.

Por fim, as áreas de corte, aterros e de empréstimo, que representam materiais remobilizados durante a implantação das PCH Rio do Peixe I e II, da Rodovia Estadual SP-212 e das estradas vicinais, estão disseminadas pela área de estudo, concentrando-se porém, nas porções central, sudoeste e leste, justamente onde se encontram as fazendas de maior expressão na área de estudo e na região de implantação das PCH Rio do Peixe I e II.

8.4 Aplicação dos Geoindicadores relativos à Morfologia Antropogênica (Fase de Intervenção Consolidada)

Os geoindicadores selecionados para a **fase de intervenção consolidada** apresentaram resultados similares para aqueles aplicados na fase de intervenção ativa, mesmo ao se considerar um período de 18 anos transcorrido entre as duas fases.

O **Quadro 8.4 - 1** abaixo apresenta os resultados encontrados para os geoindicadores de morfologia antropogênica na fase de intervenção consolidada.

Quadro 8.4 1 – Geoindicadores de Morfologia Antropogênica aplicados à Fase de Intervenção Consolidada (2016)

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica	Dendrítico
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	23 m
Bacia Hidrográfica	-	Forma	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	113,80 km
Bacia Hidrográfica	-	Área	Área de Drenagem	53,89 km ²
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)	1,84 rios/km ²
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)	2,10 km/km ²
Bacia Hidrográfica	-	Densidade	Coefficiente de Manutenção da Bacia Hidrográfica (Cm)	476,19 m ²
Bacia Hidrográfica	-	Cobertura Vegetal	Tipologia	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração (0,57%), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração (13,37%), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração (18,22%), Floresta Estacional Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração (4,01%), Floresta

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
				Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração (0,0001%), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração (0,88%), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração (1,81%), Floresta Estacional Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração (0,27%)
Bacia Hidrográfica	-	Cobertura Vegetal	Estágio Sucessional	Estágio Avançado de Regeneração (31,19 ha), Estágio Médio de Regeneração (61,65 ha), Estágio Inicial de Regeneração (1.096,06 ha), Estágio Pioneiro de Regeneração (234,13 ha)
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Temperatura Média Anual	20,5°C
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Umidade Relativa do Ar	66,51%
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Diária	437,5 mm (janeiro, mês mais chuvoso)
Bacia Hidrográfica	-	Condições Climáticas / Água Disponível	Precipitação Anual	1.596,2 mm

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Vertente	-	Declividades	Área de Ocupação das Classes de Declividade	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)
Sistema Vertente	-	Altitude	Altitude Média das Vertentes	950 m
Sistema Vertente	-	Orientação	Orientação Predominante	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ² (noroeste),
Sistema Vertente	-	Comprimento	Comprimento Médio da Rampa	2.100 m
Sistema Vertente	-	Processos de Vertente	Processos Erosivos, Movimentos de Massa	72,89 ha
Sistema Vertente	-	Solos Perturbados	Área Total de Aterros	18,90 ha
Sistema Vertente	-	Solos Perturbados	Volume Total de Aterros	58.818.241,65 m ³
Sistema Vertente	-	Solos Perturbados	Área de Cortes	226.906,15 m ²
Sistema Vertente	-	Solos Perturbados	Volume Total dos Cortes	79.586.309,38 m ³
Sistema Vertente	-	Solos Perturbados	Área das Superfícies Expostas	84,30 ha
Sistema Vertente	-	Litologia	Unidades Geológicas	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ² (charnockitos do Grupo São José do Rio

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
				Pardo-Divinolândia).
Sistema Vertente	-	Erosão	Tipo de Processo	Escorregamentos, microterracetes de pisoteio, movimentos de massa, processos erosivos a jusante do reservatório, processos erosivos de vertente
Sistema Vertente	-	Erosão	Área Afetada	72,89 ha
Sistema Vertente	-	Erosão	Volume erodido	252.828.482,70 m ³
Sistema Vertente	-	Erosão	Tempo de Duração do Processo	Média de 33 anos.
Sistema Vertente	-	Erosão	Frequência	1,33 focos por km ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Altitude	Cota Máxima de Inundação	682,9 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Área	Área Máxima de Inundação	265,78 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Área	Área de planície de inundação suprimida pelo reservatório	12,88 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Reflorestamento	Tempo de Revegetação da APP	6 anos
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Reflorestamento	Área de Reflorestamento da APP	50 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e	Área	Área Total de Corpos D'Água	125,44 ha

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
	Terraços			
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Perímetro	Perímetro Total dos Corpos D'Água	60,65 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Área	Área da Planície Fluvial	204,41 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Perímetro	Perímetro da Planície Fluvial	51,50 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Distribuição	Distribuição da Planície Fluvial	Se distribui na área de estudo no sentido S-NO
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Área	Área dos Terraços Fluviais	102,15 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Perímetro	Perímetro dos Terraços Fluviais	19,11 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Planícies e Terraços	Distribuição	Distribuição dos Terraços Fluviais	Encontra-se distribuído em três áreas: a primeira á NO, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, a segunda, a N, localizada a 1,4 km da primeira área, e por fim, a terceira, à SO, com inicio a partir do reservatório das PCHs rio do Peixe I e II.
Sistema	Subsistema	Qualidade da Água	Alumínio	-

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório			
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Bário	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cádmio	0,05
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Chumbo	0,05
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cloreto	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Clorofila - a	0,5
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cobre	0,05
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coliformes Totais	17.000
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coliformes Fecais	200
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Coloração da Água	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Condutividade Específica	56,2
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Cromo Total	0,01
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	DBO	1

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	DQO	229
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Fenóis	1
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Ferro Total	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Fósforo Total	0,09
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Manganês	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Mercúrio	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Microtox	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Níquel	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Amoniacal	0,04
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrato	1,5
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Nitrito	0,015
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Nitrogênio Total Kjedahl	0,72
Sistema	Subsistema	Qualidade da Água	Óleos e Graxas	0,1

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório			
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Ortofosfato Solúvel	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Oxigênio Dissolvido (OD)	7,00
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	pH	7,4
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Resíduo Não - Filtrável	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Resíduo Total	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Sólidos Suspensos Totais	73
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Sulfactantes	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Teste de Toxicidade Crônica	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Turbidez	18
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Qualidade da Água	Zinco	0,05
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Vazão	Vazão do Canal Principal (Q7, Q10)	Vazão média de longo termo (7,4 m³/s), Vazão Q7,10 (1,63 m³/s)
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Vazão	Vazão de Pico	14,61 m³/s

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Vazão	Existência de Descarregador de Fundo	Sim
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Vazão	Periodicidade da Abertura do Descarregador de Fundo	Sempre que a vazão for superior a 14,32 m ³ /s
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Vazão	Vazão durante procedimento de abertura do descarregador de fundo	32 m ³ /s (baseado nas vazões máximas mensais)
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Variação do N.A.	Regime de Operação do Reservatório	Fio D'Água
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Variação do N.A.	Deplecionamento diário do reservatório	Medição em 21/08/2007: N.A. Máximo: 860,50; N.A. Mínimo: 860,33 m. Variação: 17 cm
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Variação do N.A.	Deplecionamento mensal do reservatório	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Variação do N.A.	Deplecionamento anual do reservatório	Medição em jun/2006: N.A. 859,50 m (1,50 m abaixo do nível operacional). Medição em ago/2007: N.A.: 860,33 m (67 cm abaixo do nível operacional). Nível Operacional Mínimo: 861 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Dinâmica de Sedimentação	Taxa de Desassoreamento	Volume Assoreado do Reservatório em 1998: 0%; Volume Assoreado em 2006: 8,8%
Sistema	Subsistema	Inundações	Ponto de Localização	0

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório		dos Eventos	
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Inundações	Número de Eventos	0
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Inundações	N.A. Atingido	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Inundações	Vazões Máximas durante os eventos	Vazão Máxima atingida em 2016: 14,61 m³/s, situada próxima à vazão de abertura do descarregador de fundo: 14,32 m³/s
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Inundações	Duração dos eventos	-
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Comprimento	Extensão do Trecho de Vazão Reduzida (entre a barragem e a casa de força)	853,97 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Perímetro	Perímetro do Reservatório	8,42 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Largura	Largura da Seção do Canal (Wmp)	22,50 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Largura	Largura Superficial (L)	12,25 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Profundidade	Profundidade Média da Seção (Dmp)	2,20 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Volume	Volume Total do Reservatório	60.000.000 m³
Sistema	Subsistema	Volume	Volume Útil do	47.500.000 m³

Sistema	Subsistema	Indicador	Parâmetro	Resultado
Fluvial/Lacustre	Canal/Reservatório		Reservatório	
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Declividade	Perfil Longitudinal do Canal	Perfil característico de equilíbrio com <i>knick points</i> na confluência dos canais de ordem maior.
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Declividade	Gradiente Fluvial	24,52 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Seção Transversal	Área da Seção Transversal (Amp)	19,31 m²
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Seção Transversal	Área Molhada (A)	19,28 m²
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Seção Transversal	Perímetro Molhado (P)	26,90 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Seção Transversal	Raio Hidráulico (R)	0,71 m/m²
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Forma e Padrão do Curso D'Água	Extensão Suprimida por forma de canal	4,12 km de curso d'água meândrico
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Forma do Canal (F)	0,25
Sistema Fluvial/Lacustre	Subsistema Canal/Reservatório	Forma e Padrão do Curso D'Água	Índice de Sinuosidade do leito original	2,50

Elaborado por: Edson Alves Filho

Quando se analisam os indicadores selecionados para o sistema bacia hidrográfica, mais precisamente para o indicador *Padrão da Drenagem da Bacia Hidrográfica*, não se verifica nenhuma mudança quando se compara a condição de morfologia antropogênica de fase de intervenção ativa com a condição de morfologia antropogênica de fase de intervenção consolidada: mantém-se o padrão dendrítico verificado na primeira condição.

Para os indicadores *Extensão do Percurso Superficial da Bacia Hidrográfica* e *Comprimento dos Segmentos dos Canais Fluviais*, os valores encontrados para a fase de intervenção consolidada são respectivamente de 150 m e 116,40 km, o que representa um aumento de 18% para o primeiro indicador, e de 2,23% para o segundo indicador.

Os valores encontrados para os indicadores *Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica*, *Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica* e *Coeficiente de Manutenção* apresentaram leves aumentos na comparação com a condição de intervenção ativa, respectivamente de 6,12%% (1,84 rios/km² na fase de intervenção ativa para 1,96 rios/km² na fase de intervenção consolidada), 7,14% (1,95 km/km² na fase de intervenção ativa para 2,10 km/km² na fase de intervenção consolidada) e 5,16% (476,19 m² na fase de intervenção ativa para 502,13 m² na fase de intervenção consolidada).

Em relação às *tipologias de vegetação* e seus respectivos *estágios sucessionais* notou-se uma redução na área ocupada pela *Florsta Estacional Semidecidual Montana* de 42,92% da área de estudo na situação de morfologia antropogênica de fase de intervenção ativa para 36,17% na fase de morfologia antropogênica na fase de pós-intervenção. O mesmo se faz sentir em relação à *Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, que ocupava 2,98% da área de estudo em 1998 (Intervenção Ativa) e passou a ocupar 2,96% (Fase de Intervenção Consolidada). As quedas apontadas tiveram reflexo no aumento da Cobertura Herbácea, que teve sua participação na área de estudo na fase de intervenção ativa sair de 40,35% e alcançar 44,09%. O mesmo se verificou com os cultivos agrícolas, que tiveram aumento de 9,34% em 1998 e passaram a ter 10,33% em 2016.

Quando se analisam os indicadores relativos às condições climáticas, a comparação entre as condições de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa com a de morfologia antropogênica em fase de intervenção consolidada revelou poucas alterações. Os valores de *temperatura média anual*, *umidade relativa do ar*, *precipitação diária* e *precipitação anual* apresentaram pequenas variações positivas, respectivamente de 12,19% (saiu de 18°C durante a fase de intervenção ativa e atingiu 20,5°C durante a fase de intervenção consolidada), 24,40% (saiu de 50,28% na fase de intervenção ativa, passando para 66,51% na fase de intervenção consolidada), 6,44% (saiu de 13,2 mm ao dia na fase de intervenção

ativa para 14,11 mm na fase de intervenção consolidada), -8,68% (diminuição de 1.748 mm anuais na fase de intervenção ativa para 1.596,2 mm na fase de intervenção consolidada).

Já em aos indicadores relativos ao *Sistema Vertente*, não se verificaram alterações na área ocupada pelas classes de declividade, uma vez que as curvas utilizadas para a geração do MDT foram as mesmas para as situações de intervenção ativa e intervenção consolidada. A altura média das vertentes nas duas situações analisadas, também se manteve o mesmo, em virtude do mesmo motivo já ressaltado (950 m).

Para os indicadores *orientação* e *comprimento médio da rampa das vertentes*, não houve diferenças entre a situação de intervenção ativa e intervenção consolidada, em virtude, mais uma vez, da utilização do mesmo levantamento topográfico.

Em relação aos *processos de vertente*, foram considerados os processos de formação de sulcos, ravinas e movimentos de massa. Na comparação entre as fases de intervenção ativa e consolidada nota-se ligeiro aumento em todos os processos mapeados, cujos valores em acréscimo foram respectivamente de 3,3% (aumento da área de 72,89 ha para 75,42 ha).

Na categoria *solos perturbados*, o volume e área de cortes e aterros mapeadas não tiveram aumentos significativos na comparação entre as situações de intervenção ativa e intervenção consolidada. A área e o volume dos cortes mapeados apresentaram em aumento respectivamente de 1,20% (saiu de 224.176,12 m² na fase de intervenção ativa para 226.905,15 m² na fase de intervenção consolidada) e 4,28% (saiu de 76.177.418,13 m³ na fase de intervenção ativa para 79.586.309,38 m³ na fase de intervenção consolidada), assim como a área e volume de aterros, que apresentaram acréscimos respectivamente de 0,63% (saiu de 18,90 ha na fase de intervenção ativa para 19,02 ha na fase de intervenção consolidada) e 1,70% (saiu de 57.816.414,12 m³ na fase de intervenção ativa para 58.818.241.65 m³ na fase de intervenção consolidada), o que demonstra a estabilização das intervenções dos empreendimentos em estudo na paisagem analisada. As áreas de superfícies expostas também tiveram acréscimo na comparação entre as duas situações, com aumento de 2,53% (saiu de 82,16 ha na fase de intervenção ativa para 84,30 ha na fase de intervenção consolidada).

Em relação às *unidades geológicas*, não se verificam alterações na comparação entre as situações de intervenção ativa e consolidada, uma vez que foi utilizado o mesmo levantamento nas duas situações.

Quando se analisam os *processos erosivos*, foram mapeados os processos relativos à instalação de sulcos, ravinas e movimentos de massa, os quais apresentaram leve aumento

na comparação entre as situações de morfologia antropogênica em estágio de intervenção ativa e de morfologia antropogênica em estágio de intervenção consolidada, ou seja, de 3% (saiu de 72,89 ha durante a fase de intervenção ativa para 75,16 ha na fase de intervenção consolidada). Os volumes erodidos apresentaram aumento de 0,11% nas entre as duas situações analisadas (saiu de 252.828,482,70 m³ na fase de intervenção ativa para 253.124.832,17 m³ na fase de intervenção consolidada). A frequência dos processos erosivos mapeados foi de 1,33 processos por km².

A consulta ao Estudo de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II indicou uma área de reflorestamento das APP de reservatório de 50 ha, estimando-se o tempo de revegetação dos mesmos em 6 anos.

Para os indicadores do *sistema fluvial*, mais especificamente os do *subsistema planícies e terraços*, as *áreas e perímetros da planície fluvial* e dos *terraços fluviais* mantiveram-se praticamente as mesmas, com variações de 0,34% (saiu de 204,41 ha para 205,12 ha) e 1,20% (saiu de 51,50 km para 52,13 km) respectivamente. A distribuição espacial da planície fluvial e dos terraços também não se alterou muito, observando-se pequenos aumentos de 0,94% (saiu de 102,15 ha para 103,12 ha) e 5,11% (saiu de 19,11 km para 20,14 km).

Por fim, dentro dos indicadores selecionados para o subsistema planícies e terraços, menciona-se a manutenção da *área e perímetro dos corpos d'água*, assim como a *cota máxima, área máxima de inundação e área da planície de inundação suprimida pelo reservatório*, na comparação da situação de intervenção consolidada com a intervenção ativa.

Para o subsistema **canal/reservatório**, quando se analisam os indicadores de *qualidade de água*, ressalta-se que foi possível fazer a comparação entre os 36 indicadores listados na fase de intervenção ativa pelo fato de ter se acessado o Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, na qual o monitoramento da qualidade de água do reservatório e dos cursos de água principais são condição essencial para a renovação da licença. Ao se analisar esses indicadores em conjunto e comparando-os com a situação de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa, menciona-se aumento nos indicadores coliformes totais (aumento de 58,82%), coliformes fecais (aumento de 93,3%), fósforo total (aumento de 64,70) e nitrogênio nitrato (aumento de 57,3%).

Quando se analisa o conjunto de indicadores de *geometria fluvial*, menciona-se a manutenção dos valores encontrados na situação de intervenção ativa para a condição de

intervenção consolidada (*Indicadores Seção do Canal Principal, Largura Superficial, Profundidade Média da Seção, Volume Total do Reservatório e Perímetro do Reservatório*) A mesma situação foi encontrada para os indicadores *Volume Útil do Reservatório, Perfil Longitudinal do Canal, Gradiente Fluvial, Área da Seção Transversal, Área Molhada, Perímetro Molhado e Raio Hidráulico*. Por fim, menciona-se a manutenção dos valores encontrados para os *Índices de Forma do Canal e Índice de Sinuosidade do Leito Original*.

Para o indicador *vazão*, os valores de *vazão do canal principal* e *vazão de pico* apresentaram os seguintes comportamentos: aumento de 36,80% para a Vazão $Q_{7,10}$ na comparação entre a fase de intervenção ativa e consolidada; aumento de 37,02% na vazão média na comparação entre as fases de intervenção ativa e consolidada e, por fim; manutenção dos valores de *vazão de pico*, em 14,61 m³/s.

As variações do *nível altimétrico no reservatório*, em função do regime de operação do reservatório e dos *episódios diários, mensais e anuais de deplecionamento* encontraram-se na média história das séries de monitoramento, o que não ocasionou alterações significativas na comparação entre as fases de intervenção ativa e consolidada.

Para o indicador *inundações*, os *pontos de registro, número de eventos, nível altimétrico atingido, duração de eventos e vazão máxima de eventos*, mantiveram-se nas médias históricas, e, portanto, nos mesmos valores que os registrados para a situação de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa. O trecho de *vazão reduzida*, por questões de projeto, manteve-se o mesmo nas duas condições analisadas.

Para os indicadores de *forma e padrão de cursos d'água*, manteve-se as mesmas condições observadas na condição de intervenção ativa.

Em virtude do uso de imagens sub-orbitais e orbitais para medição dos geoindicadores em situação de intervenção consolidada (fotografias aéreas e imagens de satélite), ressalta-se a possibilidade de ocorrerem imprecisões nas medidas realizadas, em virtude, além da natureza dos produtos de sensoriamento remoto mencionados, das escalas usadas nos mapeamentos que serviram como base para extração dos resultados encontrados. Assim, a complementação por atividade de trabalho de campo ganha uma importância vital para a conferência e correção de possíveis equívocos, o que trará uma acurácia ainda maior aos levantamentos realizados.

Por fim, de forma a especializar os geoindicadores na condição de Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada, foi elaborado o **Mapa 8.4 - 1 – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada na Área de Estudo**.

O Mapa 8.4 – 1 foi elaborado tomando-se por base imagens Google Earth com resolução espacial de 50 cm. Apoiando-se Quadro 8.4 - 1 mostrado anteriormente, foram especializados apenas os geoindicadores com manifestação espacial, em procedimento que repetiu as operações realizadas para os geoindicadores de morfologia antropogênica em fase de intervenção ativa.

A distribuição espacial das categorias com manifestação pontual, linear e areolar presentes no Mapa 8.4 – 1 foi praticamente a mesma que o verificado no Mapa 8.3 - 6. As únicas exceções foram os números de carreadores referentes as áreas de cultivo, mais numerosos na fase de intervenção consolidada, em virtude do aumento da área de cultivo nesta última condição, como também, da área representada pela distribuição de macrófitas no reservatório da PCH Rio do Peixe II, mais efetivo na condição de intervenção consolidada.

O **Mapa 8.4 - 1** – Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada é apresentado a seguir:

Legenda

- Casa de máquinas
- Sede de Distrito
- Bairro, Povoados e Outros
- Sede Municipal
- Linha de Transmissão Energia
- Ferrovia
- Rio Permanente
- Rio Intermitente

Morfologia antropogênica

- Fossa Séptica
- Poços Tubulares
- Carreadores
- Fissuramento na Barragem
- Hidrografia Retificada
- Hidrografia Tamponada
- Sulcos

Movimento de Massa nas Margens do Reservatório

- Aglomerado Rural
- Agricultura Permanente
- Agricultura Temporária
- Aterramento de Planície Fluvial
- Aterramento de Terraço Fluvial
- Açude
- Cava de Mineração Abandonada
- Depósito Tectogênico
- Depósito de Remanso
- Deslocamento de Blocos Rochosos
- Distribuição de Macrófitas
- Escorregamento
- Estrada
- Formação de Depósitos em Desembocaduras
- Microterrace de Pisoteio
- Movimento de Massa
- PCH Rio do Peixe I
- PCH Rio do Peixe II
- Processo Erosivo a jusante do Reservatório
- Processo Erosivo de Vertente
- Reservatório
- Solo Exposto/Movimento de Terra
- Subsidência por Abertura de Túneis e Canais
- Área Colmatada
- Área de Aterro
- Área de Corte
- Área de Empréstimo
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1925
- Reservatório PCH Rio do Peixe - 1997
- Área de Estudo
- Divisa de Municípios

Mapa 8.4 - 1 Morfologia Antropogênica em Fase de Intervenção Consolidada

Projeto: Geoindicadores de Alterações Morfológicas em Sistemas Físicos: PCH Rio do Peixe (1925-2016)

Local: São José do Rio Pardo e Divinolândia

Data	Escala	Desenho	Verificação
janeiro de 2018	1:20.000	Edson Alves Filho	Edson Alves Filho

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

A seguir são apresentados alguns comentários que levaram em consideração a comparação entre a metodologia de Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico para empreendimentos hidrelétricos com a metodologia aventada pela Abordagem Antropogeomorfológica, que utiliza como principal insumo a Cartografia Geomorfológica de Detalhe.

8.5 Comparação entre a Abordagem do Levantamento e Mapeamento dos Impactos Ambientais Negativos no Meio Físico pelo Setor Elétrico com as possibilidades abertas pela Abordagem Antropogeomorfológica

Conforme apresentado no item 8.1, a metodologia de Avaliação Ambiental Integrada constituiu-se em um importante instrumento de avaliação da viabilidade ambiental de empreendimentos hidrelétricos no Brasil, sendo utilizada pelo Sistema Eletrobrás como ferramenta para seleção de alternativas de partição de queda em diversas regiões brasileiras.

Nesta metodologia, a avaliação da sensibilidade ambiental seria responsável por indicar as limitações naturais que os sistemas ambientais demonstram em suas dinâmicas próprias. Na avaliação de impactos socioambientais, essa metodologia seleciona os impactos baseados nas ações impactantes derivadas das diferentes fases de obra comuns aos empreendimentos do tipo hidrelétrico, e a partir daí, avalia a incidência, abrangência, probabilidade, significância, importância, cumulatividade e sinergia, resultando da soma e multiplicação de fatores entre essas variáveis o valor final do impacto e sua normalização em valores de 1 a 5.

A partir da avaliação e mensuração dos impactos socioambientais, seria possível, dentro da metodologia de avaliação ambiental integrada, o surgimento de uma nova conformação dos atributos ambientais após a implantação de um determinado empreendimento hidrelétrico, medida por meio da composição aritmética entre os valores encontrados pela sensibilidade ambiental com os impactos ambientais, gerando aquilo que a metodologia define por fragilidade ambiental.

Quando se analisa a cartografia gerada a partir do Mapa 8.1 - 12, nota-se uma tendência à homogeneização das regiões indicadas como de maior cumulatividade dos impactos. A solução cartográfica de apoiar a manifestação dos impactos por áreas de abrangência, calculando os valores dos mesmos por meio de soma e produto, acaba por mascarar pequenas variações de magnitude entre as variáveis encontradas. Um exemplo desse

aspecto é o impacto relativo da qualidade das águas superficiais, que, no mapeamento realizado no Mapa 8.1 – 12, está representado pela cor alaranjada. Por tudo o que se sabe, apresenta variações ao longo do tempo e ao longo dos ciclos de inundação do rio, o que não é possível de captar com a metodologia proposta.

Embora o mapeamento de sensibilidade pretenda-se como resultado demonstrar as peculiaridades dos sistemas físicos ao longo de uma bacia hidrográfica, demonstrando as áreas de maiores restrições quando se considera as particularidades sistêmicas de cada variável, quando se compara esse mapeamento com o mapeamento morfológico de detalhe desenvolvido para a situação de morfologia original semi-preserveda (Mapa 8.2 - 1), o uso da segmentação dos compartimentos do meio físico, como o utilizado por essa técnica da cartografia geomorfológica de detalhe, permite ler ao longo da paisagem a variação dos atributos morfométricos e morfográficos da mesma, dando uma boa conformação de que se organizam os sistemas físicos na área de estudo.

Embora esse mapeamento não apresente uma escala valorativa em sua legenda, as quantificações geradas a partir dele permitem uma análise qualitativa da organização da paisagem na área de estudo antes da implementação da PCH Rio do Peixe I.

A metodologia de mapeamento das sensibilidades ambientais, conforme preconizado pelos procedimentos da Avaliação Ambiental Integrada, não permite entender e delinear mudanças ambientais de ciclo curto, uma vez que qualifica, em graus de sensibilidade, conjuntos do meio físico cujas gêneses e processos possuem idades das mais diversas, homogeneizando, portanto, todos os compartimentos analisados.

Geralmente, ao se instalar um empreendimento hidrelétrico em uma determinada localidade, são justamente os parâmetros e sistemas geomorfológicos cujos processos se desencadeiam em ciclos de escala de tempo curto os primeiros a serem alterados pela intervenção. Longe de tentar retirar o grande mérito da metodologia de mapeamento das sensibilidades ambientais, o que se pretendeu afirmar é que pode se somar a ela, como um procedimento de passo seguinte, o mapeamento da morfologia original, o qual fornece uma melhor diagnose da situação anterior à implantação do empreendimento, e inclusive permite a inserção de novas variáveis para a lista de impactos. Isto permite obter um marco muito bem delimitado para entender a magnitude das mudanças das alterações ambientais.

A metodologia de Avaliação Ambiental Integrada, quando faz sua avaliação final de viabilidade para a instalação de empreendimentos hidrelétricos, combina, por meio de médias e pesos, os mapas de sensibilidade e os de impactos para gerar a prognose final,

por meio da fragilidade. Nesse processo, acaba por dar maior peso às áreas situadas próximas ao reservatório, o que acentua apenas os impactos de caráter local, dando menos ênfase aos demais compartimentos físicos, como as vertentes e os divisores.

Ao selecionar geoindicadores para todos os compartimentos geomorfológicos desde a fase de pré-intervenção, é possível realizar comparações para toda uma determinada área, entendendo a magnitude das mudanças ambientais em todos os compartimentos físicos e em todas as fases de planejamento de uma determinada intervenção.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de parcela da lista ideal de indicadores e geoindicadores para a área de estudo permitiu quantificar e qualificar, além de compreender, a dimensão das alterações ambientais resultantes da implantação das PCH Rio do Peixe I e II.

Em relação aos indicadores, eles ficaram restritos a temas como qualidade da água, cotas de inundação, aspectos físicos de materiais do leito fluvial, aspectos químicos e físicos dos solos e rochas, qualidade da água e dados de vazão e inundação, desdobrados em todos os sistemas e subsistemas físicos analisados, mencionando-se, é claro, a existência de lacunas de informações em virtude de não ter sido possível encontrar dados para todos os parâmetros. Já em relação aos geoindicadores, mencionam-se parâmetros como dados morfométricos de análise de bacias hidrográficas, cobertura vegetal, tipos de rocha, solos, dados de desmatamento, erosão, revegetação de APP, dados morfológicos de planícies e terraços fluviais, entre outros, também com existência de lacunas de dados por motivo de não ter se encontrados estudos técnicos para extrair todas as informações enumeradas na lista de geoindicadores.

Os mapeamentos de uso da terra e interferências morfológicas associadas quantificaram e demonstraram o sentido de alteração da paisagem estudada, e os geoindicadores atinentes à geometria fluvial, à qualidade da água, aos materiais e aos processos de vertente e planície fluvial, obtidos nos estudos que subsidiaram o licenciamento ambiental e renovação de licenças dos empreendimentos. Esses elementos permitiram compreender de maneira direta o tamanho da alteração das intervenções na paisagem, num universo de análise de mais de 90 anos.

Quando se analisam apenas os geoindicadores nos quais há dados nas três fases de intervenção analisadas, como demonstra o **Quadro 9.0 - 1**, a seguir, saiu-se, num primeiro

momento, de uma lista completa de geoindicadores com 211 indicadores para uma relação com 143, para os quais, os documentos consultados e mapeamentos realizados ao longo da pesquisa produziram dados. Porém, ao se sistematizarem os dados encontrados para aqueles que efetivamente se manifestaram nas três condições de morfologia estudadas, o valor dos indicadores cai para 37, os quais efetivamente permitem conhecer a magnitude do processo de derivação da paisagem na área de estudo, em virtude de se manifestarem nas condições de pré-intervenção (morfologia original semi-preservada) e nas condições de intervenção ativa e consolidada (morfologia antropogênica).

Quadro 9.0 1 – Avaliação da Magnitude dos Impactos Ambientais na Área de Estudo por meio da Avaliação de Geoindicadores na condição de Morfologia Original Semi-Preservada em Fase de Pré-Intervenção e na Condição de Morfologia Antropogênica nas Fases de Intervenção Ativa e Consolidada (1930-2016).

Sistema	Indicador	Parâmetro	Resultado		
			Morfologia Original Semi-Preservada	Morfologia Antropogênica	
			Fase de Pré-Intervenção	Fase de Intervenção Ativa	Fase de Intervenção Consolidada
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Padrão de Drenagem da Bacia Hidrográfica	Dendrítico a Subdendrítico	Dendrítico	Dendrítico
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Extensão do percurso superficial da Bacia Hidrográfica (Eps)	150 m	23 m	23 m
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Comprimento dos Segmentos de Canais (C.s.)	171,56 km	113,80 km	113,80 km
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Área de Drenagem	53,89 km ²	53,89 km ²	53,89 km ²
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica (Dh)	4,60 rios/km ²	1,84 rios/km ²	1,84 rios/km ²
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Densidade de Drenagem da Bacia Hidrográfica (Dd)	3,13 km/km ²	2,10 km/km ²	2,10 km/km ²
Bacia Hidrográfica	Morfológico/Morfométrico	Coeficiente de Manutenção da Bacia	310 m ² /m	476,19 m ²	476,19 m ²

		Hidrográfica (Cm)			
Bacia Hidrográfica	Materiais	Tipologia da Cobertura Vegetal	Floresta Estacional Semidecidual Montana (27,70 km²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (1,85 km²)	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração (0,35 km²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração (8,42 km²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração (12,08 km²), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração (2,35 km²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração (0,45 km²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração (1,01 km²), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração (0,14 km²).	Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração (0,57%), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Médio de Regeneração (13,37%), Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Inicial de Regeneração (18,22%), Floresta Estacional Montana em Estágio Pioneiro de Regeneração (4,01%), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração (0,0001%), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Médio de Regeneração (0,88%), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Inicial de Regeneração (1,81%), Floresta Estacional Aluvial em Estágio Pioneiro de Regeneração (0,27%)
Bacia Hidrográfica	Materiais	Estágio Sucessional da Cobertura Vegetal	Considerado pela análise das fotografias aéreas de 1930 a área de estudo	Estágio Pioneiro de Regeneração (2,49 km²), Estágio Inicial de Regeneração (13,09 km²), Estágio	Estágio Avançado de Regeneração (31,19 ha), Estágio Médio de Regeneração (61,65

			recoberta por Floresta Estacional Semidecidual Montana em Estágio Avançado de Regeneração, como também por Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Estágio Avançado de Regeneração	Médio de Regeneração (8,87 km ²), Estágio Avançado de Regeneração (0,35 km ²).	ha), Estágio Inicial de Regeneração (1.096,06 ha), Estágio Pioneiro de Regeneração (234,13 ha)
Bacia Hidrográfica	Processo	Precipitação Diária	8,91 mm/dia (janeiro – mês mais chuvoso)	410 mm (dezembro, mês mais chuvoso)	437,5 mm (janeiro, mês mais chuvoso)
Bacia Hidrográfica	Processo	Precipitação Anual	1.201,9 mm	1.748 mm	1.596,2 mm
Sistema Vertente	Processo	Área de Ocupação das Classes de Declividade	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)	4,97 km ² (até 2%), 5,23 km ² (2% a 8%), 10,82 km ² (8% a 15%), 23,88 km ² (15% a 30%), 8,66 km ² (30% a 45%), 1,14 km ² (> 45%)
Sistema Vertente	Processo	Altitude Média das Vertentes	950 m	950 m	950 m
Sistema Vertente	Processo	Orientação Predominante	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (oeste)	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ² (noroeste),	4,96 km ² (plano), 6,16 km ² (norte), 4,22 km ² (nordeste), 5,50 km ² (leste), 6,02 km ² (sudeste), 5,39 km ² (sul), 4,46 km ² (sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ²

			(sudoeste), 8,52 km ² (oeste), 9,47 km ² (noroeste),		(noroeste),
Sistema Vertente	Processo	Comprimento Médio da Rampa	2.100 m	2.100 m	2.100 m
Sistema Vertente	Materiais	Unidades Geológicas	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ² (charnockitos do Grupo São José do Rio Pardo-Divinolândia).	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ²	10,95 km ² (migmatitos do Grupo Varginha-Guaxupé), 16,12 km ² (paragneisses do Grupo Varginha-Guaxupé), 27,61 km ² (charnockitos do Grupo São José do Rio Pardo-Divinolândia).
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Área Total de Corpos D'Água	20 ha	125,44 ha	125,44 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Perímetro Total dos Corpos D'Água	14,12 km	60,65 km	60,65 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Área da Planície Fluvial	262 ha	204,41 ha	204,41 ha
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Perímetro da Planície Fluvial	70,48 km	51,50 km	51,50 km
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Distribuição da Planície Fluvial	Se distribui na área de estudo no sentido S - NO	Se distribui na área de estudo no sentido S - NO	Se distribui na área de estudo no sentido S - NO
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Área dos Terraços Fluviais	93 ha	102,15 ha	102,15 ha
Sistema	Morfológico/	Perímetro dos	16,71 km	19,11 km	19,11 km

Fluvial/Lacustre	Morfométrico	Terraços Fluviais			
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Distribuição dos Terraços Fluviais	Se distribui em duas faixas na área de estudo: uma a NE a jusante das PCHs Rio do Peixe I e II e uma ao S, logo a montante das PCHs Rio do Peixe I e II.	Encontra-se distribuído em três áreas: a primeira á NO, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, a segunda, a N, localizada a 1,4 km da primeira área, e por fim, a terceira, à SO, com inicio a partir do reservatório das PCHs rio do Peixe I e II.	Encontra-se distribuído em três áreas: a primeira á NO, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Pardo, a segunda, a N, localizada a 1,4 km da primeira área, e por fim, a terceira, à SO, com inicio a partir do reservatório das PCHs rio do Peixe I e II.
Sistema Fluvial/Lacustre	Processo	Vazão do Canal Principal (Q7, Q10)	8,34 m³/s	11,75 m³/s (média) Q7,10 (1,03 m³/s), Vazão Média de Longo Termo (7,26 m³/s)	Vazão média de longo termo (7,4 m³/s), Vazão Q7,10 (1,63 m³/s)
Sistema Fluvial/Lacustre	Processo	Vazão de Pico	73,50 m³/s	14,61 m³/s	14,61 m³/s
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Largura da Seção do Canal (Wmp)	22,50 m	22,50 m	22,50 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Largura Superficial (L)	12,25 m	12,25	12,25 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Profundidade Média da Seção (Dmp)	2,20 m	2,20 m	2,20 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Perfil Longitudinal do Canal	Perfil característico de equilíbrio com <i>knick points</i> na confluência com canais de ordem maior.	Perfil característico de equilíbrio com <i>knick points</i> na confluência dos canais de ordem maior.	Perfil característico de equilíbrio com <i>knick points</i> na confluência dos canais de ordem maior.
Sistema	Morfológico/	Gradiente Fluvial	24,52 m	24,52 m	24,52 m

Fluvial/Lacustre	Morfométrico				
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Área da Seção Transversal (Amp)	19,31 m ²	19,31 m ²	19,31 m ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Área Molhada (A)	19,28 m ²	19,28 m ²	19,28 m ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Perímetro Molhado (P)	26,90 m	26,90 m	26,90 m
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Raio Hidráulico (R)	0,71 m/m ²	0,71 m/m ²	0,71 m/m ²
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Índice de Forma do Canal (F)	0,26	0,25	0,25
Sistema Fluvial/Lacustre	Morfológico/ Morfométrico	Índice de Sinuosidade (Is)	2,50	2,50	2,50

Elaborado por: Edson Alves Filho

A compilação acima, que traz os quantitativos para os geoindicadores levantados para as fases de pré-intervenção, intervenção ativa e intervenção consolidada revelou uma forte diminuição da Extensão do Percurso Superficial da Bacia Hidrográfica (Eps) na comparação entre a fase de pré-intervenção e as fases de intervenção ativa e intervenção consolidada. A redução observada foi de 84,6%, saindo de 150 m durante a fase de pré-intervenção para 23 m durante as fases de intervenção ativa e pós-intervenção.

A Extensão do Percurso Superficial é um índice que revela a distancia que o escoamento superficial tem até atingir um curso d'água, contribuindo para o aumento do volume de água nos cursos d'água receptores. A diminuição dos valores verificados é ocasionado pela redução da extensão disponível para a infiltração da água no solo, diretamente relacionada, portanto, a implantação do reservatório da PCH Rio do Peixe II e do aumento das áreas agrícolas na área de estudo.

Outro indicador a apresentar grandes alterações nas condições de morfologia analisadas é o Comprimento do Segmentos dos Canais Fluviais, observando-se uma redução de 33,66% entre a situação de pré-intervenção e as situações de intervenção ativa e consolidada, quando passou de 171,56 km para 113,80 km. Esta diminuição está relacionada ao processo de secamento dos canais fluviais, decorrente do processo de instalação do reservatório na área de estudo, cujas consequências no escoamento subsuperficial e profundo é a alteração do ciclo de recarga das águas subterrâneas, diminuindo a água disponível para recarga dos cursos d'água, o que faz com que a posição das nascentes e dos cursos de água perene mudem no decorrer do tempo.

Como reflexo da instalação do reservatório da PCH Rio do Peixe II, menciona-se a Diminuição da Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica, em virtude do secamento dos canais fluviais decorrentes da alteração do fluxo de água subterrâneo. Para a fase de pré-intervenção, acusava-se uma Densidade Hidrográfica da Bacia Hidrográfica de 4,60 rios/km², valor que sofre uma diminuição de 60% em relação às fases de intervenção ativa e consolidada, quando atinge o valor de 1,84 rios/km².

Com a diminuição do número de cursos d'água perenes em razão da implantação do reservatório da PCH Rio do Peixe II, outro índice morfométrico a sofrer forte alteração nas condições de morfologia analisado é a Densidade de Drenagem, observando-se uma diminuição de 32,90% entre a fase de pré-intervenção e as fases de intervenção ativa e consolidada, quando cai de 3,13 km/km² para 2,10 km/km².

Em razão da diminuição da superfície de infiltração da bacia em virtude da instalação do reservatório da PCH Rio do Peixe II, o Coeficiente de Manutenção, que é a área mínima de drenagem necessária para manter 1 m de escoamento superficial nos cursos d'água, aumenta drasticamente. Verifica-se um aumento de 34,91%, saindo de uma área de 310 m² para manter 1 m de escoamento superficial na fase de pré-intervenção, para uma área de 476,19 m² para manter 1 m de escoamento superficial nos cursos d'água da bacia.

A área total dos corpos d'água dentro do sistema fluvial/lacustre sofre um aumento de 84,05% ocasionando exclusivamente pela implantação do reservatório da PCH Rio do Peixe II. Em decorrência do aumento da extensão dos corpos d'água nesse compartimento do relevo, observa-se um aumento do perímetro dos corpos d'água, da ordem de 76,71%.

Outro reflexo da implantação da PCH Rio do Peixe II é a diminuição da área e do perímetro da planície fluvial na área de estudo, observando-se reduções respectivamente de 21,98% e 26,92% quando se compara a fase de pré-intervenção com as fases de intervenção ativa e consolidada.

O efeito de erosão a jusante ocasionado pela instalação do reservatório da PCH Rio do Peixe II pode ser um dos motivadores do aumento da área dos terraços fluviais na área de estudo. Em virtude da implantação do reservatório, o barramento retém a carga de sedimentos em suspensão que vinha de montante da bacia, acumulando-a no fundo do reservatório. Como consequência, a água que sai do vertedouro da usina é pobre em sedimentos, o que torna seu potencial erosivo muito grande, o que fará com que ela promova um ataque erosivo aos trechos de planície fluvial situados a jusante do barramento, tornando a água novamente rica em sedimentos em suspensão, os quais se depositam em trechos de planície mais a jusante, contribuindo para a formação de novos níveis de terraço fluvial. O aumento da área e do perímetro dos terraços fluviais na comparação entre a fase de pré-intervenção e as fases de intervenção ativa e consolidada foi de 8,9% e de 12,55% respectivamente.

Por fim, em relação à vazão do canal principal, representado pelo curso do rio do Peixe na área de estudo, nota-se uma diminuição da ordem de 87,64% em virtude da instalação do reservatório da PCH Rio do Peixe II (diminuição verificada entre a fase de pré-intervenção e a fase de intervenção ativa). Após a instalação do reservatório, nota-se um aumento de 36,8% (entre a fase de intervenção ativa e a fase de intervenção consolidada) em virtude das regras operacionais de manutenção do nível do reservatório, conforme atestam os relatórios operacionais constantes no Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II. O mesmo comportamento se verifica com as Vazões de Pico,

diminuídas na ordem de 80,12% entre a fase de pré-intervenção e as fases de intervenção ativa e consolidada, em virtude do efeito regulador de cheias ocasionados pela instalação de reservatórios.

De forma geral, quando se observa o comportamento dos geoindicadores para as três fases consideradas (pré-intervenção, intervenção ativa e intervenção consolidada), nota-se uma ruptura nos valores entre a fase de pré-intervenção e intervenção ativa, com grandes variações nos valores considerados, e uma manutenção nos valores entre as fases de intervenção ativa e intervenção consolidada, revelando ser o agente a imprimir as maiores transformações da paisagem estudada, o uso hidrelétrico. Uma explicação para esse comportamento, está no fato de que muitos dos geoindicadores utilizados foram extraídos de relatórios técnicos, como o Relatório de Impacto Ambiental da PCH Rio do Peixe II e o Relatório de Renovação da Licença de Operação da PCH Rio do Peixe II, os quais apresentaram dados com abrangência apenas para os anos de 1998 e 2007, não sendo possível encontrar estudos com valores para os anos entre os anos desse período, o que permitiria constatar se a situação de acomodação dos diferentes elementos que compõem a paisagem na área de estudo se comportou desse modo no período entre a fase de intervenção ativa e a fase de intervenção consolidada.

De forma geral, o significado genético da ruptura dos processos de paisagem relatados pelos geoindicadores que reúnem dados para as três fases de análise consideradas (pré-intervenção, intervenção ativa e pós-intervenção) permitem verificar que a instalação da PCH do Rio do Peixe II representou uma ruptura no processo hidrológico de superfície da área analisada, ocasionando mudanças no funcionamento hidrológico de sub-superfície e subterrâneo que tiveram reflexos no comportamento hidrológico de superfície. A secura de canais fluviais pelo efeito de tamponamento da superfície de infiltração ocasionada pela instalação da PCH Rio do Peixe II, deslocou os pontos de alimentação dos canais fluviais, com efeitos na densidade de drenagem e no coeficiente de manutenção. A alteração desses parâmetros causam modificações na geometria e equilíbrio das vertentes, mudando o balanço dos processos erosivos dentro da bacia analisada, o que tem efeito de longo prazo na estabilidade das formas e materiais do relevo analisado. Outro efeito, é a diminuição da capacidade de escoar descargas pluviométricas de grande intensidade e curta duração, o que pode potencializar a ocorrência de movimentos de massa e inundações.

Ressalta-se, porém, que o histórico agrícola da área de estudo, que permite notabilizar o uso agrícola ainda no século XX, já aparecia na forma de manchas no Mapa de Categorias

Físicas de Uso da Terra em 1930, aumentando ao longo da série histórica analisada de 91 anos.

O uso agrícola, conforme rememora NIR (1983) causa efeitos notórios no balanço da pedogênese em determinada área, aumentando a perda de solos por motivo de práticas de manejo incorretas. Na área de estudo, a atuação da agricultura na morfogênese é bastante relevante, seja ao contribuir com a geração de sedimentos que irão se depositar no reservatório da PCH rio do Peixe II, como também, na contribuição do secamento dos canais fluviais, em virtude da existência de represamentos, como açudes, que ajudam na alteração do comportamento hidrológico subterrâneo de toda a área.

No entanto, pelo demonstrado pelos indicadores e geoindicadores trabalhados, assim como os quantitativos de uso da terra retirados dos Mapas de Categorias Físicas de Uso da Terra, o uso agrícola embora antigo na área de estudo, era residual em 1930, uma vez que a matriz da paisagem era em sua maior parte florestal.

Os usos agrícolas se disseminaram na área de estudo de maneira gradual ao longo de 91 anos, enquanto que a primeira intervenção hidrelétrica, data de 1925, imprimindo uma força concentrada de intervenção em poucos anos. O mesmo se verificou no ano de 1998, quando é implantada a PCH Rio do Peixe II, quando um outro momento concentrado de intervenção sobre o meio físico se deu na área de estudo.

Embora, neste segundo caso, a história cumulativa de intervenções da agricultura já tenha sido significativa, sem a ação do uso hidrelétrico no barramento da planície fluvial e na mudança mais incisiva da dinâmica hidrológica na área de estudo, não teria sido possível potencializar as próprias derivações da paisagem ocasionadas pelo uso agrícola.

Movimentos de massa, açúdes, cortes, aterros, sulcos não teriam sido formados de maneira tão disseminada na área de estudo, numa velocidade ainda maior, se um elemento de grande perturbação morfológica para o meio físico, como o uso hidrelétrico, não tivesse sido implantado.

Pela escolha dos indicadores e geoindicadores para a área de estudo, aqueles relativos ao sistema planície, terraço fluvial, lacustre e canal, que traduzem mais claramente a atuação do uso hidrelétrico na área de estudo. Já para os indicadores relacionados ao sistema vertente, a atuação do uso agrícola é mais notável, em virtude de que cortes, aterros, açudes e movimentos de massa foram ocasionados pela instalação de fazendas e chácaras.

No entanto, seria de bom censo esperar que a evolução das derivações antropogênicas da paisagem causadas pela agricultura na área de estudo não produziram efeitos na sedimentação e dinâmica superficial no relevo tão intensas sem a instalação de uma perturbação de maior monta, cujos efeitos se fazem sentir em escala regional, como é o caso do uso hidrelétrico.

Ao se ter em mente as implicações das alterações produzidas pela implantação do uso hidrelétrico na área de estudo, nota-se que a diminuição do coeficiente de manutenção terá efeitos na segurança operacional da PCH Rio do Peixe II, uma vez que a necessidade de maiores áreas para captar a precipitação na área de estudo, terá efeitos na produção de água para escoamento no reservatório, com consequente diminuição da água disponível para a vazão do rio do Peixe, e dependência maior dos fluxos de montante ao barramento para encher o reservatório e manter a reserva necessária para manter a segurança operacional da usina.

O quadro atual de oscilações climáticas que tiveram efeito na alteração da pluviosidade da bacia ao longo do período analisado, como a acentuação de episódios de seca, como ocorreram em 2015, necessitarão de medidas para um melhor monitoramento das condições de vazão na área de estudo, como também, do reforço das medidas de compensação ambiental, uma vez que a compensação ambiental aplicada na área de estudo, se traduziu pelo plantio de eucalipto em algumas áreas próximas ao reservatório.

Talvez o incentivo à legalização das reservas legais das inúmeras propriedades rurais existentes na área de estudo, que destinam a quase totalidade de suas áreas para os cultivos agrícolas, permitiria o aumento da superfície de cobertura vegetal na área de estudo, aumentando a produção de água e atenuando os desequilíbrios hidrológicos causados pela implantação da PCH Rio do Peixe II.

Outra ação poderia ser a implantação de um Plano de Conservação Ambiental e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA), dispositivo de compensação ambiental novo para o histórico do setor elétrico brasileiro, não implantado em usinas relativamente antigas como a PCH Rio do Peixe II, de 1998. Nesse dispositivo, é proposto um zoneamento para o entorno do reservatório, onde há recuperação da cobertura vegetal com espécies nativas para evitar os efeitos de erosão ao longo do reservatório.

A compensação ambiental aplicada na PCH Rio do Peixe II apenas implantou algumas áreas de plantio de eucalipto na área do reservatório, espécie exótica e pouco eficiente no

papel de proteção das margens do reservatório, verificando-se atualmente, na maioria do perímetro do reservatório, a existência de cobertura herbácea e áreas de chácaras de lazer.

O aumento das planícies e terraços fluviais ao longo do período histórico analisado também demonstra a efetividade da ruptura dos processos naturais ocasionados pelo uso hidrelétrico na área de estudo. A introdução de dois barramentos ao longo de 91 anos, mudou o sentido da sedimentação na área de estudo, com a verificação de uma aumento do nível dos terraços a jusante do referido barramento, próximo da região da confluência do rio do Peixe com o rio Pardo.

Dessa forma, a paisagem da área de estudo ganhou barras arenosas e até mesmo o entulhamento de antigas regiões que eram dedicadas à horticultura em mapeamentos mais antigos (1930, 1971), verificando-se a progressiva ocupação por vegetação herbácea. Ao longo da História Ambiental do Quaternário, onde a região de estudo passou gradativamente de um clima seco para um clima tropical típico, embora marcado pela estacionalidade, a erosão pluvial foi responsável pela geração de formas arredondadas e cursos d'água em perfil de equilíbrio. Ao longo dos 91 anos analisados, porém, conforme a análise de geoindicadores feita, menciona-se alterações nos perfis das vertentes, causadas tanto pelo uso hidrelétrico, como agrícola, o que insere dentro da História Ambiental da área de estudo, o fator antrópico como elemento de derivação dos processos naturais.

Ao se dar prosseguimento a análise dos resultados gerados para a presente pesquisa, sobretudo quando se compara o resultado dos mapeamentos e levantamento de geoindicadores que tiveram como pressuposto as referências teórico-metodológicas da Cartografia Geomorfológica de Detalhe e da Antropogeomorfologia com os mapeamentos resultantes das orientações metodológicas da Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos, levadas a cargo pelo Sistema Eletrobrás, nota-se uma riqueza dos parâmetros e entendimento da mudança ambiental dos atributos do meio físico no primeiro em detrimento do segundo.

A tendência à homogeneização que pesos e médias e seleção das áreas de abrangência de impactos trazido com o referencial teórico-metodológico da Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos leva a uma valoração maior dos impactos ambientais negativos locais em detrimento dos impactos ambientais negativos regionais.

Com a adoção da opção metodológica criada pela Abordagem Antropogeomorfológica, na qual há seleção direta de geoindicadores por meio de mapas elaborados para as condições de morfologia original semi-preserveda e antropogênica, os impactos são mapeados

diretamente pelas evidências físicas de suas manifestações. Igualmente se diferenciam suas ocorrências em relação ao estágio de implantação do empreendimento hidrelétrico estudado. Isto produz, primeiramente, um resultado cartográfico mais sofisticado e preciso, e mais, uma quantificação mais apurada da magnitude dos impactos considerados, do que o visto pela simples multiplicação de variáveis, como mostrado pela metodologia utilizada pelo sistema elétrico brasileiro.

10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **A Terra Paulista**. *In:* Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, n. 23, p. 5-38, 1956
- AB'SABER, A. N. **Potencialidades Paisagísticas Brasileiras**. *In:* Boletim Geomorfologia, São Paulo, Instituto. de Geografia da USP, n. 55, 1977
- Abreu, S.F. **Recursos Minerais do Brasil**, 2.ed, São Paulo, Edgard Blücher/ Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia, 1973.
- ALMEIDA, F. F. M.de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1964. 99 p. Série Teses e Monografias,14
- Alvarez, J. A. M. 1986. **Assoreamento de reservatórios e erosão do leito a jusante de barragens**. *In:* Congresso Latino-Americano de Hidráulica, XII. São Paulo.
- BAILLY, A.; BÉGUIN, H. **Introduction à la Géographie Humaine**. Paris: Masson, 1982.
- BARBER, Lynn. **The heyday of Natural History: 1820-1870**. Garden City, New York, Doubleday, 1980.
- BERGER, A. R. **The Geoindicator Concept and its application: an introduction**. *In:* BERGER, A. R; IAMS, W. J. (ed). *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems*. Rotterdam: A. A. Balkema/Brookfield, 1996.
- BERMAN, Marshall. **Tudo que é sólido desmancha no ar: a aventura da modernidade**. São Paulo: Companhia das Letras, 1986.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo, nº. 13, 27 p., 1971.
- BIGARELLA J. J. & BECKER R. D. 1975. **Sea level changes**. *In:* International Symposium on the Quaternary. Curitiba. Topics for discussion. Boletim Paranaense de Geociências n. 33, pp. 245-251.

BOULDING, K. E. **Ecodynamics: A New Theory of Societal Evolution**. Beverly Hills, California: Sage. 1978.

BOUNEAU, Christophe & VARASCHIN, Denis. **Les paysages de l'électricité: Perspectives historiques et enjeux contemporains (XIXe-XXIe siècles)**. Bruxelles, Bern, Berlin, Frankfurt am Main, New York, Oxford, Wien, 2012. 273 p., 43

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. A.; JAIN, V. **Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications**. *Area*, v. 38 (2), p. 65-174, 2006.

BRUNSDEN, D. **Geomorphological events and landforms change**. *In: Zeitschrift für Geomorphologie*, Nº. 40, pp. 273-288, 1996.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. **Landscape Sensitivity and Change**. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, v. 4, n. 4, p. 463-484, 1979.

CAILLEUX, A. **La ligne de cailloutis a la base des sols jaune**. *Zeitsch. f. Geomorph.*, Band 1, 312 (transcrito *Not. Geomorf.* 4, p.43, 1957).

CASSIRER, E. **Las ciencias de la cultura**. México: Fondo de Cultura Económica, 1982.

CATTON JR., W. R. **Overshoot: the ecological basis of revolutionary change**. Urbana, Illinois: University of Illinois Press, 1980.

CEMA CONSULTORIA AMBIENTAL. **Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) da Usina do Rio do Peixe**. São José do Rio do Pardo e Divinolândia, São Paulo, 1993.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and General Systems Theory**. US. Geological Survey Professional Paper, vol. 500-B, 1962, pp. 1-10

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980

CLARO, Mariana Sgarbi. **Unidades Morfológicas Complexas na Bacia Hidrográfica do Córrego da Tapera, São Paulo - SP**: contribuições ao planejamento urbano e ambiental. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH/USP, 2013.

COLTRINARI, L. A **Geografia Física e as Mudanças Ambientais**. In: CARLOS, A. F. A (org.). *Novos Caminhos da Geografia*. São Paulo: Ed. Contexto, 1ª. ed., 1999.

COLTRINARI, L. **Cartografia Geomorfológica Detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950 - 1970**. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2011.

COLTRINARI, L.; MCCALL, G. J. H. **Geoindicadores: ciências da terra e mudanças ambientais**. In: *Revista do Departamento de Geografia - USP*, São Paulo, nº.9, pp. 5-12, 1995.

CONTI, José Bueno. **Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese da Chuva da Região Lesnordeste Paulista**. Tese de Doutorado. Série Teses e Monografias, nº. 18, São Paulo: IGEOUSP, 1975

COOKIE, R. U.; DOORNKAMP, J.C. **Geomophology in Environmental Management: an introduction**. Oxford: Clarendon Press, 1974.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS (CPTI). **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4): Relatório Técnico**. São Paulo: CPTI, 2008. 363p.

CORDANI U. G., MILANI E. J., THOMAZ FILHO. A., CAMPOS D. A. (2000). **Tectonic Evolution of South America**. International Geological Congress, Rio de Janeiro.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil: Folha Santos, Guaratinguetá, Ilha Grande, Campinas, escala 1:250000**. Projeto de Integração Geológica – Serviço Geológico do Brasil – Superintendência Regional de São Paulo, 1999.

CROZIER, M. J. **Landslides; causes, consequences, and environment**. Croom Helm, London, 252p, 1986.

CRUMLEY, Carole. **Historical Ecology: Cultural Knowledge and Changing Landscapes**. School of American Research Press, 1987.

DAILY, H. E. **Steady-state economics**. San Francisco: Freeman, 1977.

DAMIANI, Amélia Luisa *et. al.* **O Espaço no Fim de Século: a nova raridade**. 1ª. ed. São Paulo: Contexto, 1999. v. 1. 220 p.

DE MARTONNE, E. 1940. **Problemes morphologiques du Bresil tropical atlantique**. *In*: Annales de Geographie, 49: 1-27 e 106-129. Trad. Revista Brasileira de Geografia, 5:523-550, 6:155-178, 1943/1944

Demek, J. **Generalization of geomorphological maps**. *In*: Progress Made in Geomorphological Mapping. Brno, 35-66, 1967.

DINIZ, Renato. **100 anos de história e energia**. São Paulo: Via das Artes, 1ª ed., 2012.

DORANTI, C. – 2006. **Estrutura da paisagem na região Leste de São Paulo e Sudoeste de Minas Gerais: Termocronologia por Traços de Fissão e Geomorfologia**. 106f. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-São Paulo

DRUMMOND, J. A. **A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa**. *In*: Estudos Históricos, v.4, n.8, p.177-97, 1991.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras **Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas**. Brasília: ELETROBRAS, 2007.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia do Rio Branco**. Hydros Engenharia Ltda. São Paulo, 2011.

ERBERT, H. **Ocorrência da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem**. *In*: Academia Brasileira de Ciências, 40 (supl.), pp. 215-229, 1968.

ERHART, H. **La theorie bio-rexistasique et les problèmes biogéographiques et paleobiologiques**. Soc.Biogeogr. França, CNRS (288):43-53, 1956.

FORNASARI FILHO, N. *et al.* **Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1992. (Publicação IPT; n. 1.972).

FUJIMOTO, Nina Simone Vilaverde Moura. **Análise Ambiental Urbana na Área Metropolitana de Porto Alegre-RS: Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio**. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2001.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **História da Energia Elétrica no estado de São Paulo - Projeto Eletromemória I (1960 - 2000)**. São Paulo, 2014.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Estimativa de Biomassa Lenhosa para diferentes fitofisionomias do estado de São Paulo**. São Paulo, 2008.

GEORGE, Pierre. **Sociologia e Geografia**. Rio de Janeiro: Companhia Editora Forense, 1969.

GUPTA, A. **The changing geomorphology of the humid tropics**. *In*: Geomorphology, N^o, 07, pp. 165-186, 1993.

HACK, J. T. **Interpretação da Topografia Erodida em regiões temperadas úmidas**. *In*: Notícia Geomorfológica, n^o. 12, p. 3-37, 1972.

HACKETT, Brian. **Landscape Planning**. Oriel Press, New Castle, 1971

HART, M. G. **Geomorphology pure and applied**. London: George Allen & Unwin, 1986. 228p.

HESSEN, Johannes. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 2000.

HUMPHREY, C. R., BUTTEL, F.H. **Environment, Energy and Society**. Belmont: Wadsworth, 1982.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Legenda Expandida**. Campinas, Embrapa-Solos/IAC, 1999, 64p. e mapa.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, IBGE, 2009

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Pardo - Relatório Final**. São Paulo: IPT/Digeo, 2000a. 255 p. (Relatório Técnico nº 40.670).

JORDÃO, S. **A contribuição da geomorfologia para o conhecimento da fitogeografia nativa do estado de São Paulo e da representatividade das Unidades de Conservação de Proteção Integral**. 2011. Tese (Doutorado em geografia) - Universidade de São Paulo.

KRONKA, F.J.N. *et. al.* **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal, Imprensa Oficial, 2005.

LEFBVRE, Henri. **Introdução à Modernidade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1969.

LEME, S. M. **Compartimentação geomorfológica e organização do espaço em São José do Rio Pardo (SP)**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, SP, 1982.

LEOPOLD, L.B.; CLARKE, F.S.; HANSHAW, B. *et al.* **A procedure for evaluating environmental impact**. Washington: U. S. Geological Survey, 1971. 13p

LEOPOLD, Luna. Bergere. **Flood Hydrology and the Floodplain**. *In*: Coping with the Flood: The Next Phase, White, G.F., and Myers, Mary F., ed. Water Resources Update. Spring issue, 1978

LIMA, Cleide Rodrigues. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica**. Dissertação

de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990.

LOMBARDI NETO, Francisco, MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP.** *In:* Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3, Recife, 1980

MANNHEIM, K. **Man and Society in an Age of Reconstruction. Studies in Modern Social Structure.** (Mensch und Gesellschaft im Zeitalter im des Umbaus, Leiden, Holland). Translated by Edward SHILS. New York, Harvest Book., 1940.

MANTOVANI, Juliana da Costa. **Geomorfologia Aplicada aos Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos rodoviários: subsídios os órgãos ambientais brasileiros.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH/USP, 2015.

MATTOS, D.L. **Região da baixa Mogiana. Contribuição do estudo de geografia agrária do ponto de vista do uso da terra.** Tese de doutorado. FFCEA da USP. S. Paulo, 1959

MEGGERS, Betty J. **Amazonia: man and nature in a counterfeit paradise.** Airlington Heights, Illinois, Harlan Davidson, 1971.

MONTEIRO, C. A. de F. **Sobre um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática.** *In:* Revista Geográfica. Rio de Janeiro, v. 33, n. 61, p. 59-69, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima da região Sul.** *In:* CATALDO, D. M. (Org.). Geografia do Brasil, Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117- 169.

MONTEIRO, C.A.F. **Clima. Grande Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE. v.4, t.1, p- 114-166. 1968

MORAN, Emílio. **A Ecologia Humana das Populações da Amazônia.** Petrópolis: Vozes, 1990.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, repensar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: 2000.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. **Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais**. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Engenharia sanitaria e ambiental. Vitória-ES. Anais... Vitória – ES. 2002.

NAKAMURA, Eduardo Tomio. **Interferências Urbanas no Escoamento Superficial: aspectos dos critérios técnicos no controle de drenagem e no ordenamento da urbanização na bacia hidrográfica do Córrego Taboão**. Trabalho de Graduação Individual em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2006.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to Anthropic Geomorphology**. Boston: D. Reidel publishing Co. and Jerusalem: Keter publishing house, 1983. 165 p.

NYE, David. **Electrifying America. Social meanings of a new technology**. Cambridge: MIT Press, 1995.

OLIVEIRA, J.B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1999. Boletim Científico 45, 112p

OLIVEIRA, M.A.F. de. **Geologia e Petrografia da Região de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, USP. São Paulo, 1972.

OLIVEIRA, R. R. & ENGEMANN, C. **História da paisagem e paisagens sem história: a presença humana na Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro**. In: Revista Esboços, Florianópolis, v. 18, n. 25, p. 9-31, ago. 2011

PASSOS, Messias Modesto do. **A Raia Divisória: geossistema, paisagem e eco-história**. Maringá: Eduem, 2006.

PINCHEMEL, P. **La Face de la Terre. Éléments de Géographie**. Paris: Armand Colin, 3ª ed., 1994.

PIRES NETO, A. G. 1992. **As abordagens Sintético-Histórica e Analítico-Dinâmica - Uma proposição metodológica para a Geomorfologia**. Tese de Doutorado.- Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

PITTY, A. F. **The Nature of Geomorphology**. London, UK: Methuen, 2002.

QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A. **Carta Geomorfológica de São Pedro**. Instituto de Geografia, USP. São Paulo, 1978.

RODRIGUES, C. **A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: Tributos a leituras Geográficas**. *In*: CARLOS, A. F; OLIVEIRA, A. U. de. (orgs.). *As Geografias de São Paulo*. São Paulo: Contexto, 2004, v. 1, p. 89-114.

RODRIGUES, C. **Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista**. *In*: *Revista do Departamento de Geografia*, Nº. 17, pp. 101-111, 2005.

RODRIGUES, C. **Qualidade Ambiental Urbana: Como Avaliar**. *In*: *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, São Paulo, v. 1, n. 11, p. 75-85, 1997b.

ROMARIZ, D. A. **Vegetação Original da Bacia Paraná - Uruguai**. *In*: *Condições Geográficas e Aspectos Geo-Econômicos da Bacia Brasil - Uruguai*. Vol. I e II. AGB, São Paulo, p. 103-110, 1955

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiental**. *In*: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (orgs.) *Geomorfologia do Brasil*. 2ª ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001, pp. 351- 388.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Geomorfologia**. São Paulo: Departamento de Geografia – FFLCH – USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1997. (Mapas e Relatórios)

RUBIO, Maurício Fava. **Leituras Geográficas do Processo de Apropriação do Rio Paranapanema para Geração de Energia Elétrica**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH/USP, 2008.

RUELLAN, F. **O Escudo Brasileiro e os Dobramentos de Fundo**. Universidade do Brasil. Faculdade Nacional de Filosofia, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, 1952.

SANTOS, M. **Espaço e Sociedade**. Petrópolis: Vozes, 1979.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 2ª. Ed., 1996.

SANTOS, Milton. **Pensando o espaço do homem**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1997

SAUER, Carl. **A Morfologia da Paisagem**. In: CORRÊA, Roberto Lobato & ROSENDAHL, Zeny. Paisagem, Tempo e Cultura, 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Eduerj, 2004.

SCHEEL-YBERT, R.; DIAS, O.F. Corondó: **Palaeoenvironmental reconstruction and palaeoethnobotanical considerations in a probable locus of early plant cultivation (south-eastern Brazil)**. In: Environmental Archaeology, v.12, p.129-138, 2010

SCHMITHÜSEN, J. **Die aufgabenkreise der geographischen**. In: Wissenschaft. Geographische Rundschau, 22(11):431-443, 1970

SCHNAIBERG, A. **The Environment: From Surplus to Scarcity**. New York: Oxford University Press, 1980.

SELBY, M. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1985

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1946. 239 p

SILVEIRA, Maria Laura. **Uma Situação Geográfica: do método à metodologia**. In: Revista Território, Nº. 6, jan-jun, p. 21-28, 1999.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA (SEADE). **Sumário de Dados dos Municípios Paulistas**. Disponível em www.sead.sp.gov.br. Acesso em 28/01/2014

SOARES-FILHO, B. S.; CARMO, V.A.; NOGUEIRA, W.J. **Metodologia de elaboração da carta do potencial erosivo da bacia do Rio das Velhas (MG)**. In: Geonomos, v. 6, n.2, p. 45-54, 2010

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática. 1994, 354p.

TOY, T & HADLEY, R. F. **Geomorphology and reclamation of disturbed lands**. London: Academic Press Inc., 1987

TRICART, J. E KILIAN, J. **L'éco-géographie**. Librairie François Maspéro, col. Hérodote, 326 p, 1979.

TRICART, J. **Paisagem e Ecologia**. In: Revista Inter-Facies, Nº 76, São José do Rio Preto, 1982.

TRICART, J. **Principes et Methodes de la Géomorphologie**, 1976.

Turner II, B.L.; Kasperson, R.E; Meyer, W.B.; Dow, K.M.; Golding, D.; Kaperson, J.X.; Mitchell, R.C.; Ratick, S.J. (1990). **Two types of global environmental change Definitional and spatial-scale issues in their human dimensions**. In: Global Environmental Change, 1:14-22.

VERSTAPPEN, H.T. **Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983. 473p.

YATSU, E. **Rock Control in Geomorphology**. Sozosha, Tokyo, 1966.

ZUIDAN, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey**. Manual ITC Textbook, Enschede, Netherlands, v. 1, cap. 8, 1975..