

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 29 / 05 / 00
Ass.: *AB*

ABORDAGEM INTEGRADA DE ASPECTOS CONCEITUAIS RELACIONADOS À ADEQUAÇÃO AMBIENTAL EM MANUFATURA



MAIRA MAGNANI

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil: Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza

São Carlos
2000

Class. TESE - EESC
Cutt. 3212
Tombo 0096/00

31100008619

1084097

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

M196a Magnani, Maira
Abordagem integrada de aspectos conceituais
relacionados à adequação ambiental em manufatura /
Maira Magnani. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza.

1. Adequação ambiental. 2. Análise de ciclo de
vida. 3. Engenharia de ciclo de vida.
4. Desenvolvimento sustentável. 5. Processo produtivo.
I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Engenheira **MAIRA MAGNANI**

Dissertação defendida e aprovada em 27-04-2000
pela Comissão Julgadora:



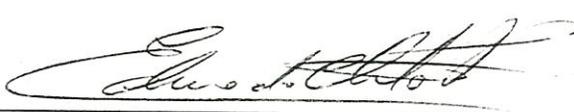
Prof. Associado **MARCELO PEREIRA DE SOUZA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Titular **JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

"Tudo deve ser como é. Unicamente o meu consenso, a minha vontade, a minha compreensão carinhosa são necessários para que todas as coisas sejam boas, a ponto de somente me trazerem vantagens, sem nunca me prejudicarem. No meu corpo e na minha alma fiz a experiência de quanto carecia do pecado, da volúpia, da cobiça de bens materiais, da vaidade, de quanto precisava até do mais abjeto desespero, para que aprendesse a desistir da minha obstinação, a querer bem ao mundo, a cessar de compará-lo a qualquer outro mundo imaginário, que correspondesse aos meus desejos, a algum tipo de perfeição brotado do meu cérebro e para que, deixando-o tal como é, me limitasse a amá-lo e gostar de fazer parte dele...."

Herman Hesse
em Sidarta - cap. Govinda

Ao olhar para o mundo hoje, eu me recuso a comungar dessa opinião. Nada pode ser deixado como está. Não é questão de almejar um mundo perfeito, mas sim de um mínimo de justiça e benevolência com nossos benfeitores – elementos vivos ou não, de qualquer espécie. A questão é conseguir enxergar um mundo que não encare “matar e morrer de fome, de raiva ou de sede, como gestos naturais”.

Talvez minha alma ainda seja mais exigente do que me cabe e meu coração muito pouco doutrinado; mas não consigo amar o mundo da maneira que ele se apresenta. Algo que vem de dentro protesta com tal ferocidade, que me faz acreditar que a única maneira de gostar de fazer parte desse mundo é buscar aproximá-lo, o máximo que minhas forças permitem, de algum tipo sonho.

Se atingir a paz/nirvana/serenidade/sabedoria é para alguns aceitar o mundo como ele é, para mim é aceitar o desafio de ao menos tentar contribuir para sua melhoria. Transformando, assim, “essa vontade que eu tenho de ir embora, na calma e na paz que eu mereço¹”.

Aos seres que dão voz às suas inquietações e têm coragem de revertê-las em AÇÕES “carinhosas necessárias para que todas as coisas sejam boas”; fiquem com minha admiração e aceitem a dedicação desse.

Que Deus permita a cada indivíduo, que o caminho que escolheu para si, seja possível de ser trilhado e que essa “tensão que corroe por dentro, seja um dia recompensada¹”.

¹ Metade. Música de Oswaldo Montenegro.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, primeiros responsáveis por esse trabalho, pelo apoio incondicional e irrestrito em todos os momentos e sentidos, aos quais nunca haverá modo de agradecer o suficiente. Ao meu irmão que tem me ensinado a enxergar a vida e o mundo com mais leveza.

Ao professor, orientador e amigo Marcelo Pereira de Souza, pelo estímulo, exemplo e permanente voto de confiança.

Ao professor Luiz Antônio Daniel pelo apoio e viabilização da minha permanência no programa de mestrado e a FAPESP pelo financiamento.

Aos professores João Fernando Gomes de Oliveira, Henrique Rozenfeld e Carlos Frederico Bremer, acima de tudo pela amizade. Também por terem acreditado na proposta do trabalho abrindo as portas do Núcleo de Manufatura Avançada e dando todo suporte necessário para viabilizar a criação do grupo de pesquisa: Adequação Ambiental em Manufatura (AMA), cujas atividades tiveram fundamental contribuição na execução desse trabalho.

A todos os colegas do laboratório de Sistemas de Informação Geográfica, em especial ao Aurélio pela atenção e prontidão. Ao Vítinho e Minduim por todas as ajudas.

Ao Guilherme e ao George por todas as dicas e comentários iniciais.

Aos colegas do grupo de discussão "Agenda Ambiental" pelas valiosas observações ao trabalho e proveitosas discussões.

Aos pesquisadores do WZL (RWTH – Aachen), especialmente ao Franz-Bernd Schenke e Peter Weber, pela grande contribuição para o desfecho desse trabalho.

Aos colegas contemporâneos de mestrado, especialmente aos companheiros Jeanette, Renata, Flávio, Hélio, Rodrigo e Cacá, por todos os momentos, trocas e ensinamentos.

À Chris pelos conselhos e importantes palpites no trabalho, além da inestimável amizade. À Cíntia pela paciência, compreensão e amizade. A ambas pela enriquecedora convivência.

A todos os colegas do NUMA e todo pessoal do departamento de Hidráulica e Saneamento.

À Helena pela ajuda na revisão e à Gi pelo permanente alto-astrol e lições sobre as "estrelas".

Ao Régis por dar outro significado aos verbos somar e compartilhar, dando mais cor pro meu mundo.

À Deus, por todas as pessoas que Ele colocou em minha vida.

SUMÁRIO

Folha de rosto.....	ii
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Sumário.....	v
Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	viii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS.....	1
2. OBJETIVO.....	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
4. PREMISSAS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	10
5. ADEQUAÇÃO AMBIENTAL EM MANUFATURA.....	13
5.1 Conceito de Manufatura.....	18
5.2 Estudo de Localização de Atividade.....	19
5.2.1 Binômio: tipologia - localização.....	19
5.2.2 Estudo de caso: identificação de área com potencial para receber a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos.	21
5.2.2.1 Metodologia de realização do estudo de caso.....	22
5.2.2.2 Metodologia da evolução, apresentação dos resultados intermediários e final gerados pelo estudo.....	24
5.2.2.3 Considerações sobre o estudo de caso.....	36
5.3 Engenharia de Ciclo de Vida (ECV).....	37
5.3.1 Estudo do desenvolvimento do produto.....	40
5.3.1.1 Projetar para alguma finalidade específica do produto.....	48
5.3.1.1.1 Projetar para desmontar.....	49
5.4 Análise de Ciclo de Vida (ACV).....	52
5.4.1 Histórico da Análise de Ciclo de Vida.....	52
5.4.2 Definição e componentes de uma ferramenta para ACV.....	53
5.4.3 Parâmetros a serem considerados e exemplo de ACV.....	55
5.4.4 Cuidados e considerações necessárias à confiabilidade de uma ferramenta de ACV.....	56

5.4.4.1 Delimitação das fronteiras do sistema de uma ACV.....	56
5.4.4.2 Alocação de sub-produtos de uma ACV.....	59
5.4.4.3 Inventário de dados de processos não relacionados diretamente com a unidade funcional em questão.	60
5.4.4.4 Problema de incerteza e imprecisão: algumas observações relevantes sobre as ferramentas de análise de ciclo de vida.....	61
5.4.4.5 Intervenções.....	63
5.4.5 Eco-eficiência: crítica a ferramenta de análise de ciclo de vida.	64
5.4.6 Considerações sobre ferramentas de Análise de Ciclo de Vida.....	68
6. MATRIZ DE INTERESSE – MOTIVAÇÕES PARA A ADEQUAÇÃO AMBIENTAL.....	72
6.1 Definição de <i>Stakeholder</i>.....	72
6.2 Motivações para a Adequação Ambiental.....	72
6.2.1 O projeto <i>CLEAN</i>	75
6.2.2 Resultados apresentados ao projeto <i>CLEAN</i> e usados como embasamento de discussões do presente trabalho.....	76
6.3 Análise Econômica.....	82
6.3.1 Análise econômica resultando em parecer positivo à implantação de modificação de processo, material ou estratégia de maneira genérica.....	84
6.3.1.1 Economia de recursos oriunda da adaptação ou substituição de materiais e/ou processos produtivos.....	84
6.3.1.2 Papel da legislação e das regulamentações na incorporação dos mecanismos de adequação ambiental em manufatura.....	86
6.3.2 Análise econômica resultando em parecer desfavorável à implantação de modificação de processo, material ou estratégia de maneira genérica.....	89
6.3.2.1 Perspectivas da capacidade de competição futura.....	89
6.3.2.2 Variáveis subjetivas e as de difícil monetização.	94
6.4 Conquista do Mercado.....	95
6.4.1 A comprovação e a certificação de que o processo é ambientalmente adequado: justificativas e estímulos.....	96
6.4.1.1 Comparação entre diferentes certificações ambientais.....	98
6.4.1.2 Breve histórico e esclarecimento das normas ISO.....	102
6.4.1.3 Certificação da série ISO 14000.....	104
6.4.1.4 Discussões sobre a legitimidade da ISO 14000 como atestado de adequação ambiental.....	108
6.4.1.5 Prós e contras da norma ISO 14001 e sua respectiva certificação.....	109
7. CONCLUSÃO.....	112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS... 117	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: “Fluxograma” de organização dos assuntos abordados e sua interdependência.....	9
Figura 02: Escala de prioridades no gerenciamento de resíduos.	15
Figura 03: Região da área do estudo de caso sobre localização de atividade industrial.	23
Figura 04: Potencial ambiental para localização de indústrias.	31
Figura 05: Potencial para instalação industrial – plano intermediário.	33
Figura 06: Áreas potenciais para a instalação de indústrias.	35
Figura 07: Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Novos Produtos.	40
Figura 08: Estratégias gerenciais que prevaleceram nas últimas décadas.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Atribuições e responsabilidades da indústria de transformação segundo sua divisão departamental ou de funções organizacionais.	17
Tabela 02: Potencial de uso do solo quanto à quantidade de argila em sua composição.....	25
Tabela 03: Intervalos de declividade e potencial de uso do solo.....	26
Tabela 04: Capacidade de uso do solo.	27
Tabela 05: Potencialidades – formações geológicas.....	29
Tabela 06: Potencial de uso – cenário intermediário.....	29
Tabela 07: Potencial Ambiental, considerando-se a vegetação.....	30
Tabela 08: Estratégias de projeto prevalentes.....	39
Tabela 09: Cuidados e determinações consideradas durante o projeto e seus respectivos benefícios. Regras de projeto geralmente aceitas para projetar para e desmontar.....	50
Tabela 10: Lista de verificação proposta pelo Instituto Elmwood para auxílio no gerenciamento ecológico de um organização.....	51
Tabela 11: Expectativas da sociedade divididas segundo os diferentes grupos de interesse.	74
Tabela 12: Relacionamento entre <i>Stakeholders</i> X Requisições às indústrias quanto a questão ambiental.....	79
Tabela 13: Estabelecimento de relações e prioridades entre os requisitos ambientais de todos os <i>stakeholders</i>	81
Tabela 14: Comparação entre as normas ISO 14001, Padrões Britânicos (BS 7750) e Regulamentações sobre eco gerenciamento e auditoria da Comunidade Européia (EMAS).....	100

RESUMO

MAGNANI, M. (2000). *Mecanismos para adequação ambiental em manufatura: uma abordagem teórica*. São Carlos, 123p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Dada a constatação de que a capacidade de suportar a vida na Terra não é ilimitada e independente do processo de exploração de seus recursos, que são finitos, firmou-se o consenso de que é necessária e urgente a busca de um novo modelo de desenvolvimento que garanta: a utilização dos recursos naturais sem provocar danos a qualquer ecossistema do Planeta e à qualidade de vida de todos os indivíduos dos diferentes grupos socioculturais, contemporâneos ou não dessa geração. Posto que a indústria de transformação é potencial causadora de danos que interferem negativamente nos preceitos desse consenso, ocorreu um estímulo à adoção de mecanismos que possibilitassem a adequação ambiental em manufatura. Em função disso, o presente trabalho investiga quais mecanismos viabilizam a concretização desses pressupostos com endosso da sociedade. O resultado foi uma discussão que aponta quais as medidas que devem ser incorporadas pelas organizações para terem atividades efetivamente adequadas ambientalmente. As etapas: observância do binômio tipologia-localização do empreendimento e adaptação ou substituição de processos produtivos poluidores ou consumidores de matérias-primas escassas ou perigosas, por outros mais eficientes e ambientalmente adequados; são apresentadas através de métodos e justificativas de aplicação. O interrelacionamento das questões econômicas, legais e de competição da indústria é verificado e sobreposto às requisições dos diferentes *stakeholders* da área ambiental, para convencer que os cuidados propostos não devem ser ignorados quando o objetivo final é atingir o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: adequação ambiental, processo produtivo, engenharia de ciclo de vida, análise de ciclo de vida, desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

MAGNANI, M. (2000) *Mechanisms for an environmental adequacy in manufacture: an theoretical approach*. São Carlos, 123p. Dissertation (Master) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, SP, Brazil.

Since it was realized that the Earth capacity for supporting life is limited and dependent on the processes of its (finite) resources exploration, the necessity and urgency of a searching for a new development model were firm. That development should guarantee the use of natural resources without provoking any damage to any ecosystem and also guarantee life quality to each single person belonging to any socio-cultural group, contemporary of today's generation or not. Knowing that the industry is a potential polluter, negatively influencing the stabilized agreement, there was a great motivation for adopting mechanisms for environmental adequacy in manufacture. Because of that, the present work searches for those mechanisms which can make the above presupposals feasible through actions that the society agree with. The results were a discussion for point out which actions should be incorporated by the organizations in order to have their activities positively adequated to the environmental preservation. It is presented the steps required for an environment adequacy: respecting the business binomial typology-location and adaptation or replacement of the polluter production processes, and/or rare or dangerous material consumers for others that are efficient, through the discussion of some methods and their appliance justifications. The connection between the economic, legal and competitive aspects are connected also with the stakeholders different demands for the environmental area, so that no requisition is ignored and the sustainable development is possible to be achieved.

Keywords: environmental adequacy, productive system, life cycle engineering, life cycle analysis, sustainable development.

1. Introdução e Justificativas

Não apenas a impossibilidade de manutenção do nível econômico, mas também a constatação da impossibilidade de perpetuação da espécie humana sem os recursos naturais, faz com que, há algumas décadas, sejam dispensadas atenções ao meio ambiente e aos esforços em encontrar soluções plausíveis.

Em razão do aumento da preocupação com a conservação e a melhoria da qualidade do ambiente e com a proteção da saúde humana, organizações empresariais de todos os portes estão voltando suas atenções aos impactos ambientais potenciais de suas atividades, produtos ou serviços. O desempenho ambiental de uma organização é de crescente importância para as partes interessadas, internas ou externas.

O grande desafio hoje é, portanto, mais complexo do que apenas estar apto a perpetuar-se e progredir em seu ramo de atividade. A pergunta que precisa ser respondida é como fazer isso e, ainda, garantir que o meio ambiente envolvido não seja impactado negativamente.

Em concordância com a questão anterior, tem-se em ALTING & LEGARTH (1995), que os deveres de preservação ambiental nas últimas décadas têm crescentemente atraído atenção mundial, e o papel da indústria de manufatura para assegurar o desenvolvimento sustentável está bastante claro: deve reduzir drasticamente o uso de materiais virgens e o impacto no meio ambiente externo, ao passo que preserva ou melhora a funcionalidade dos produtos. A tarefa é clara e aparentemente simples, mas a *como* conseguir cumpri-la não é desprovida de complexidades.

Em outras palavras, para perpetuação de uma organização, sua necessidade deixou de estar restrita à procura da tecnologia/ estratégia que implique em produzir mais agilmente, com menor preço e maior qualidade, estando pronto a ser flexível. É preciso atender a todos esses requisitos, sim, mas, ainda, pensar que a

produção de qualquer bem, serviço ou espaço deve ater-se ao compromisso de preservação dos recursos naturais, de manter a qualidade ambiental e, assim, garantir qualidade de vida àquele que é hoje, talvez, o maior/ mais importante grupo de interesse: a sociedade. E, claro, além de visar a qualidade de vida dos seres que são nossos contemporâneos, também o bem-estar das gerações futuras não deve ser perdido de foco.

O que pode parecer evidente para alguns membros de nossa sociedade, infelizmente é de difícil compreensão à grande maioria. Os argumentos para sensibilização dessas necessidades, que deveriam poder estar restritos a evidenciar a incapacidade de perpetuação de vida na Terra se continuarmos seguindo esse modelo de desenvolvimento, ainda necessitam – principalmente – estar focados em análises econômicas e apelos do escopo “competitividade”.

Claro que a argumentação varia conforme as características culturais da população do local em que está localizado o empreendimento, e, ainda, altera-se segundo as diferentes culturas/ mentalidades dos diferentes *stakeholders* (ou grupos de interesse). Na cultura tibetana, por exemplo, o respeito ao meio ambiente e o princípio de usar somente o indispensável, são fundamentos naturais. Tais princípios, relacionados ao budismo, através da convicção de retornar à Terra, pela crença na reencarnação, é fator que dispensa discussões sobre “deixar recursos para que as gerações futuras venham a satisfazer suas necessidades assim como nós hoje o fazemos”.

Seria bastante fácil convencer sobre a necessidade da adequação ambiental se a maioria dos seres humanos – em especial aqueles que ocupam posições de tomada de decisão em estabelecimentos públicos ou privados – se convencessem de que impactar negativamente o ambiente acarretará em perda da capacidade de suportar vida em nosso planeta.

Devido a uma certa desconfiança de que esse tipo de argumentação ainda não surtirá significativo efeito em nossa sociedade ocidental, em processo de crescente conscientização, o trabalho teve como foco pesquisar mecanismos e/ou estratégias organizacionais que garantam a produção sem poluir, ao passo que incrementem a capacidade competitiva e sejam economicamente viáveis.

A proposta desse trabalho é, portanto, levantar quais são as condutas/mecanismos necessários à adoção de uma estratégia de gestão empresarial voltada a atender às premissas do desenvolvimento com sustentabilidade, que preconiza a observância a três pontos chaves: horizonte temporal, dimensão espacial e participação da sociedade.

Para a execução dessa tarefa, o presente trabalho foi estruturado de maneira que são apresentados os métodos aplicáveis à consecução dos objetivos, discutidas quais as conexões entre os elementos que motivam e justificam a adoção dos mecanismos propostos e avaliados, e como estes estão relacionados entre si.

Devido à abordagem dos temas carecerem de reflexões e análises a cada item, a estruturação do trabalho compreende a apresentação de assunto baseado na revisão bibliográfica e, ainda dentro do título em questão, são levantadas indagações e feitas as considerações pertinentes e necessárias à conclusão do assunto, como também para evidenciar seu relacionamento aos demais temas em discussão no trabalho.

Cabe um esclarecimento no que tange ao número de citações: há um pequeno número de autores mencionados, em alguns tópicos específicos, devido à escassez de textos que contemplem a questão com o rigor e detalhamento requeridos. Publicações específicas sobre experiências, facilidades e entraves encarados, ainda são bastante difíceis de serem encontradas. É o caso, por exemplo, de relatos sobre o uso de *software* e ferramentas para análise de ciclo de vida, que apesar de estarem sendo desenvolvidas já há vários anos, ainda há poucos resultados publicados sobre seu funcionamento, sendo mais comum artigos/separatas descrevendo suas funções e listando as várias 'empreitadas' para desenvolvê-los e quais são as instituições responsáveis por tal.

2. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo a pesquisa e discussão dos conceitos e mecanismos necessários para viabilizar a adequação ambiental em manufatura, segundo os pressupostos do desenvolvimento sustentável. Tendo o intuito de apurar, ainda, quais são as motivações das organizações, pertencentes a todos os ramos de atividades e tamanhos, para incorporarem esses mecanismos em suas estratégias competitivas e políticas.

3. Materiais e Métodos

Para consecução dos objetivos propostos no presente trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes ao tema. As bases para elaboração da revisão bibliográfica – fundamental à realização desse – foram efetuadas utilizando-se como fonte de pesquisa bases de dados como o DEDALUS; a *Internet*; a *Web of Science*; os arquivos em catálogo para os títulos - das bibliotecas da USP - que ainda não se encontram informatizados; busca em outras bibliotecas através do sistema de empréstimo entre bibliotecas; busca nas bibliotecas da universidade alemã RWTH-Aachen e sugestões de profissionais das áreas de interesse.

A convivência com profissionais e colaboradores de centros e áreas de interesse distintas teve papel fundamental no processo de realizar “recortes”, focar melhor qual deveria ser o escopo definitivo do trabalho. No caso, a interação se deu principalmente com os interessados em temas relacionados a saneamento e gestão ambiental dos recursos naturais e, em outro foco de interesse, com a equipe do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA), voltados para as questões as mais diversas acerca do processo produtivo.

A participação ativa na criação e nas atividades para a consolidação daquele que veio a ser o décimo segundo grupo de pesquisa do NUMA – o grupo de Adequação Ambiental em Manufatura (AMA), foi de extrema importância nesse processo. Tanto pelo envolvimento em questões práticas de gestão do grupo, quanto e principalmente pela oportunidade de discutir conceitos e diretrizes sobre adequação ambiental (tema de estudo desta dissertação), com o coordenador do grupo (João Fernando Gomes de Oliveira), além do orientador do trabalho (Marcelo Pereira de Souza). Essa experiência/ vivência foi determinante no desenvolvimento e consecução deste trabalho

Outra atividade que exerceu grande influência, tendo contribuído de forma bastante considerável para a aquisição de mais conhecimento e conseqüente delimitação do escopo de abrangência do trabalho, foi um estágio realizado junto a uma universidade alemã (RWTH – Aachen). Esse estágio, de seis semanas de duração, estava ligado ao Instituto de Pesquisa – *Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre* (WZL), com foco de pesquisa centrado em estudos sobre organização e técnicas de melhoramento contínuo da produção, e ao trabalho/ desenvolvimento de um número cada vez maior de projetos com cunho ambiental, portanto, com amplo interesse em temas ambientais.

O trabalho desenvolvido junto a esse instituto de pesquisa é apresentado como parte constituinte desta dissertação na introdução e elaboração do capítulo que trata das motivações da adequação ambiental, discorrendo sobre as requisições dos diferentes grupos de interesse.

Tendo-se em vista que o principal objetivo do trabalho realizado junto ao WZL foi a tradução dos paradigmas de sustentabilidade em aplicação industrial, os seguintes passos foram realizados para cumprir os objetivos traçados no WZL:

- Análise dos impactos ambientais, econômicos e sociais dos produtos e processos através do seu ciclo de vida;
- Análise e definição da estrutura das várias visões dos grupos de interesse (*stakeholders*), considerando as condições políticas e legislativas em âmbito nacional e regional;
- Definição de objetivos estratégicos para indústria que são baseadas nas visões dos *stakeholders* em relação à sustentabilidade.

Ainda de relevância, cabendo ser mencionada como importante atividade durante o processo de desenvolvimento desse trabalho foi a participação em alguns eventos. Presenciar as discussões dos palestrantes a respeito das diferentes vertentes das questões ambientais e os questionamentos do público bastante interessado do Seminário Internacional de Meio Ambiente Industrial (SIMAI'99), realizado em São Paulo em outubro de 1999, foi bastante enriquecedor.

Outro evento importante foi o ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) que continha uma seção de trabalhos a respeito de Gestão Ambiental, onde houve apresentação de trabalho que constituíra parte das discussões sobre

certificação ambiental desta dissertação; teve grande contribuição no resultado final aqui apresentado.

A leitura, compilação e reflexão sobre o material recolhido, assim como conversas – trocas de informações e relatos de experiências práticas – com profissionais atuantes na área, contribuíram para a reunião dos elementos que proporcionariam o embasamento para discussão e chegar-se ao objeto final do trabalho: o levantamento dos mecanismos possíveis para adequação ambiental da manufatura.

No “fluxograma” de organização dos assuntos abordados pela dissertação (Figura 01) são apresentados os mecanismos entendidos pelo presente trabalho como necessários à adequação ambiental em manufatura, bem como suas justificativas e, ainda, a abordagem dos argumentos/ artifícios motivadores da implantação desses mecanismos. Entre esses elementos de estímulo estão abrangidos aqueles já reconhecidos como práticas usuais, como também outros que, apesar de terem pouco peso na decisão, são importantes e devem ser considerados.

Os mecanismos apresentados para adequação em manufatura são: o estudo de localização do empreendimento, a engenharia de ciclo de vida e a análise de ciclo de vida. Para adoção desses, as requisições dos diferentes *stakeholders* são consideradas trazendo como elementos de estímulo à análise econômica e a expectativa de ganhar mercado. No que tange aos resultados positivos da análise econômica, as principais motivações são as reduções de custos, tanto por economizar insumos quanto por não desrespeitar legislação. Contudo, quando essa análise não apresenta um resultado satisfatório (elaborada nos moldes tradicionais), ainda é possível que o resultado final seja a adoção dos mecanismos propostos. Pois, assim como na motivação de conquistar mercado, por atender as expectativas da sociedade enquanto consumidora, a capacidade competitiva futura e variáveis subjetivas como imagem da companhia e satisfação de funcionários, começam a ser fatores importantes ‘pressionando’ a adequação ambiental diretamente ou os elementos que a estimulam. Esses elementos que ainda não estão consolidados como fatores de motivação estão representados com seta tracejada no fluxograma.

Cabe observar que um elemento de extrema importância para consolidação dos mecanismos de adequação ambiental em manufatura é o que é representado pela “pesquisa e o desenvolvimento”, o qual não se encontra no fluxograma (Figura 01)

pois não há como considerá-lo isoladamente em algum ponto do mesmo, por se tratar de questão que se interliga com os demais quadros.

Desta forma a “pesquisa e desenvolvimento” está contemplada em todos os momentos/ instantes do fluxograma apresentado, na medida em que se precisa investigar quais as soluções, como estas devem e podem ser aplicadas para alcançar o objetivo último almejado: garantir a efetividade da adequação ambiental em manufatura.

Tratando-se de países em desenvolvimento, cabe às universidades – locais de desenvolvimento e pesquisa – o papel de centros que se dediquem a pesquisar e desenvolver soluções que permitam a adoção dos mecanismos que garantam a sustentabilidade do sistema produtivo.

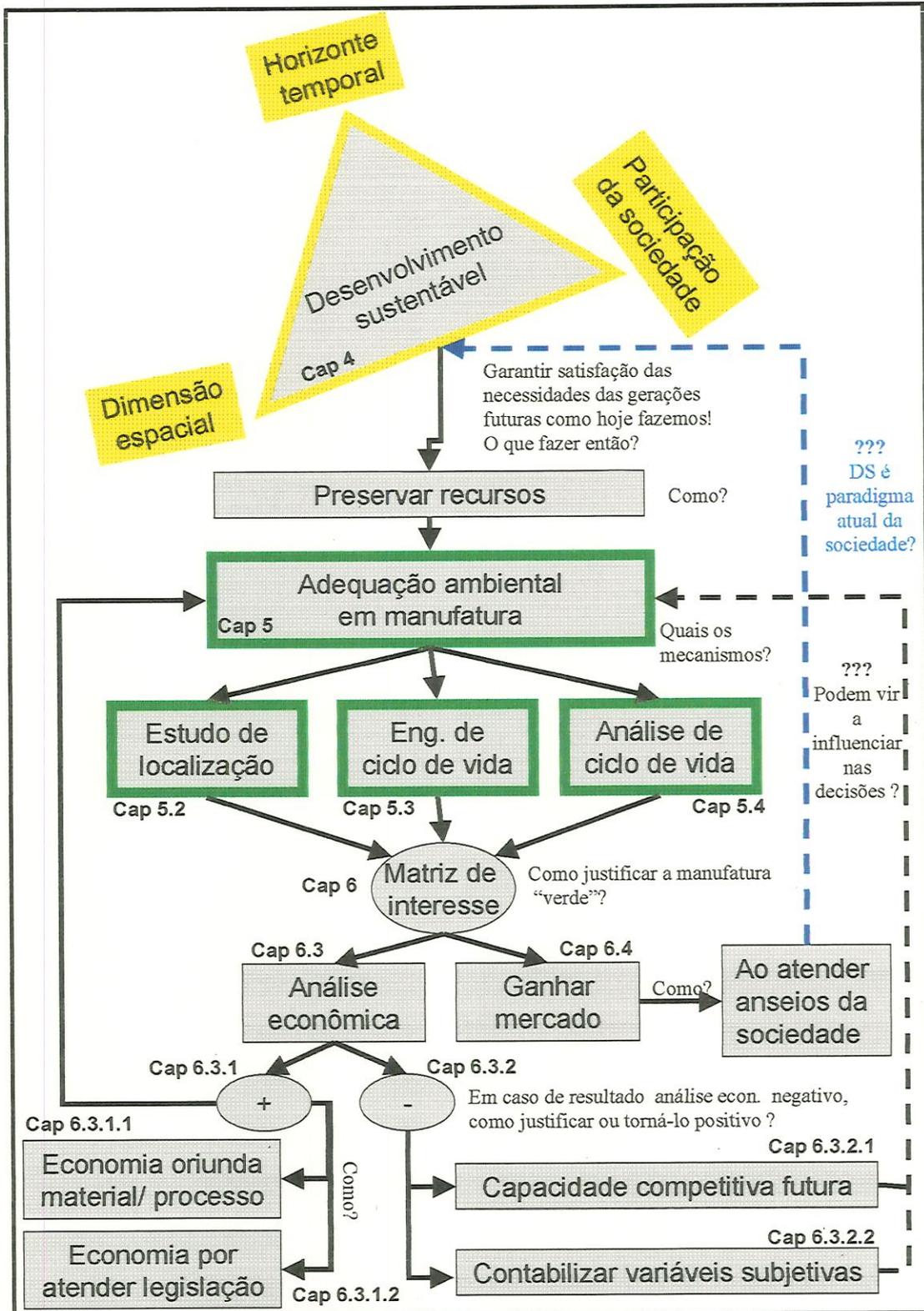


Figura 01: "Fluxograma" de organização dos assuntos abordados e sua interdependência.

4. Premissas do Desenvolvimento Sustentável

“O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”. Essa definição da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, WCED (1987), para desenvolvimento sustentável, é a mais difundida nos dias atuais, já estando relativamente popularizada.

Todavia, ainda parece pouco evidente quais desdobramentos possam surgir desse conceito. O modelo de desenvolvimento que está se tornando o novo paradigma da sociedade, mais ou menos arraigado, dependendo dos traços históricos e culturais de cada povo, apoia-se em três pilares de sustentação: horizonte temporal, dimensão espacial e participação da sociedade, para ter garantida a consecução de seu objetivo.

Atingir as proposições de desenvolver com sustentabilidade implica em observar-se que os estudos e/ou cuidados com o meio natural e seus recursos sejam considerados especificamente de acordo com o local em questão, situados no momento em que se realiza o estudo (sem perder de vista as influências das ações – já e a serem executadas – em todo espaço de tempo necessário). Significa, ainda, ter garantido que o estudo/ interferência seja endossado pela sociedade, participando através de grupos organizados que darão a legitimidade ao processo.

A preocupação em buscar um modelo de desenvolvimento sustentável, assim como o estabelecimento de diretrizes para sua consolidação têm motivado esforços de vários atores do processo em diferentes locais. Em KIRKWOOD & LONGLEY (1995) estão sintetizados alguns desses esforços. Em 1972, a Conferência em Ambiente Humano em Estocolmo ligou especificamente desenvolvimento econômico com

responsabilidade ambiental. Em 1980, a Estratégia de Conservação Mundial enfatizou a necessidade de uma nova ética que abrangesse plantas e animais tanto quanto pessoas. Três objetivos foram nessa ocasião definidos para a conservação do meio ambiente:

1. Manter os processos ecológicos essenciais e os sistemas de suporte a vida;
2. Preservar a diversidade genética;
3. Garantir o utilização sustentável das espécies e dos ecossistemas.

Esses autores reportam ainda, que em 1987 o Relatório Bruntland (Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento) apresentou um guia de princípios do desenvolvimento sustentável:

- as necessidades presentes devem ser atendidas sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades;
- no mínimo, não se deve colocar em perigo os sistemas naturais que suportam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, a terra e os seres vivos.

Mais recentemente, a ECO-92 ou RIO/92, como ficou conhecida a Conferência em Meio Ambiente e Desenvolvimento que aconteceu no Rio de Janeiro em 1992, através de um documento elaborado naquela ocasião, denominado Agenda 21, dá as diretrizes de como deve ser conduzido o desenvolvimento sustentável no próximo século. Nessa declaração foram identificadas vinte e sete diretrizes que colocam os seres humanos no centro das preocupações para o desenvolvimento sustentável, foi determinado: “Eles são encarregados de prover saúde e uma vida produtiva em harmonia com a natureza” (AGENDA 21/Resumo, 1992).

Ainda com esse intuito, KIRKWOOD & LONGLEY (1995) lembram que em 1993 a Comunidade Européia elaborou um Programa de Cinco Ações para o Meio Ambiente (com respeito à sustentabilidade), que fornece uma base para a ação de comunidades futuras em relação ao meio ambiente. O termo sustentabilidade foi usado para descrever estratégias e políticas que viabilizam o contínuo desenvolvimento econômico e social sem detrimento dos recursos naturais e humanos. Isso, portanto, implica que a

continuidade da atividade humana e desenvolvimento dependem de manter a qualidade desses recursos.

Ater-se ao tratamento que é dado aos recursos naturais do planeta é, sem dúvida, ponto chave da preocupação desse novo paradigma, já que o desafio situa-se, também, em não frear o crescimento.

Segundo lembra ESPINOSA (1996), o crescimento econômico, mesmo se praticado com equidade social, não pode ser admitido com taxas de apropriação dos recursos renováveis superiores à sua capacidade de renovação natural e tampouco ser praticado sem respeitar a capacidade de suporte dos ecossistemas em assimilar resíduos.

A respeito dos recursos não renováveis, deve-se buscar inovações tecnológicas, através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, que permitam a substituição desses por recursos que não se esgotarão com o tempo, a medida que tenham suas taxas de apropriação respeitadas.

ZHOU (1998) menciona que “para ser aplicado com sucesso, o desenvolvimento sustentável deve trazer a perspectiva de que um ambiente saudável é essencial para uma economia próspera. Tal enfoque encara sociedade, economia e meio ambiente como elementos essenciais de um ecossistema, que se suportam mutuamente, em que cada elemento deve ser considerado prioritário na tomada de decisões. Assim, as ações são baseadas numa estratégia de “antecipar e prevenir”. O desenvolvimento sustentável também afirma que os recursos do meio ambiente devem ser examinados pelo seu valor atual e futuro, baseados nos princípios de vida dentro de parâmetros ecológicos globais de longo prazo”.

5. Adequação Ambiental em Manufatura

Para cumprimento do objetivo dessa dissertação, qual seja, a descrição e proposição de premissas de estratégia e política empresarial que vise à adequação ambiental em manufatura, são abordados e discutidos os tópicos fundamentais para alcance dos resultados esperados.

Obter adequação ambiental do processo produtivo implica em observar a organização como um organismo que está inserido em um contexto maior, recebendo influência e influenciando o meio físico e antrópico ao seu redor. Posto isso, o primeiro passo a ser dado, buscando viabilizar a adequação ambiental, é observar as condições do meio ambiente natural – através das características físico/ biológicas/ antrópicas. Desta forma, tem-se claro quais as potencialidades e susceptibilidades do meio. Fator de igual importância é a consideração do que a sociedade, em todas as suas possíveis facções e grupos de interesse, tem como valor, delineando o que espera e entende como qualidade de vida.

Uma organização que pretende transformar, de maneira sustentável, recursos (matéria-prima, energia, etc.) em um determinado produto final deve, primeiramente, realizar um estudo de localização de sua planta industrial.

Segundo um dos focos de investigação, ao qual esta dissertação se propõe; a correspondência entre a tipologia, isto é, os processos e matérias-primas utilizados em uma indústria, e o local onde ela está instalada, é essencial para a que seja possível buscar a adequação ambiental.

A observância desse binômio: tipologia X localização, é fundamental, pois cada espaço ou meio natural tem sua própria capacidade de suporte e características. Levar em conta as suscetibilidades de cada ambiente significa usufruir melhor de suas potencialidades.

Observada a questão do estudo de localização da planta, a garantia da adequação ambiental depende dos cuidados e ações para prover o processo produtivo com ferramentas que o torne não agressor ao meio ambiente – interno e externo da indústria. Nessa fase, deve-se analisar todos os insumos – matéria-prima direta e indireta, energia, etc.. – como, também, todos os processos que são utilizados para transformar os materiais em produtos finais.

Isso pode ser feito desde o desenvolvimento do produto, onde são feitas escolhas que possibilitem adequá-lo ambientalmente – Engenharia de Ciclo de Vida (ECV). Para garantir que as escolhas durante o desenvolvimento do produto representem realmente a mais acertada opção, lança-se mão de ferramentas de análise do produto em todo seu ciclo de vida, o que denominamos Análise de Ciclo de Vida (ACV).

Segundo ALTING & LEGARTH (1995), ECV e a ACV são conceitos que devem ser aplicados para atingir o objetivo de produzir preocupando-se em ser ambientalmente prudente.

Ainda segundo esses autores, na ECV as escolhas sobre o produto são feitas na sua conceituação, estrutura e definição de materiais e processos. A avaliação do ciclo de vida vai “visualizar” a consequência dessas escolhas no meio ambiente e nos seus recursos. O foco da política e do gerenciamento ambiental pode estar tanto na produção do espaço, quanto na produção de ciclo de vida.

Pensar a produção – e seus sub-produtos – com a intenção de melhorar o desempenho ambiental implica em observar várias fases, nas quais podem ser implementadas ações de melhoria. Essas etapas são apontadas na Figura 02. O trabalho foca seus estudos nas três primeiras premissas apresentadas.

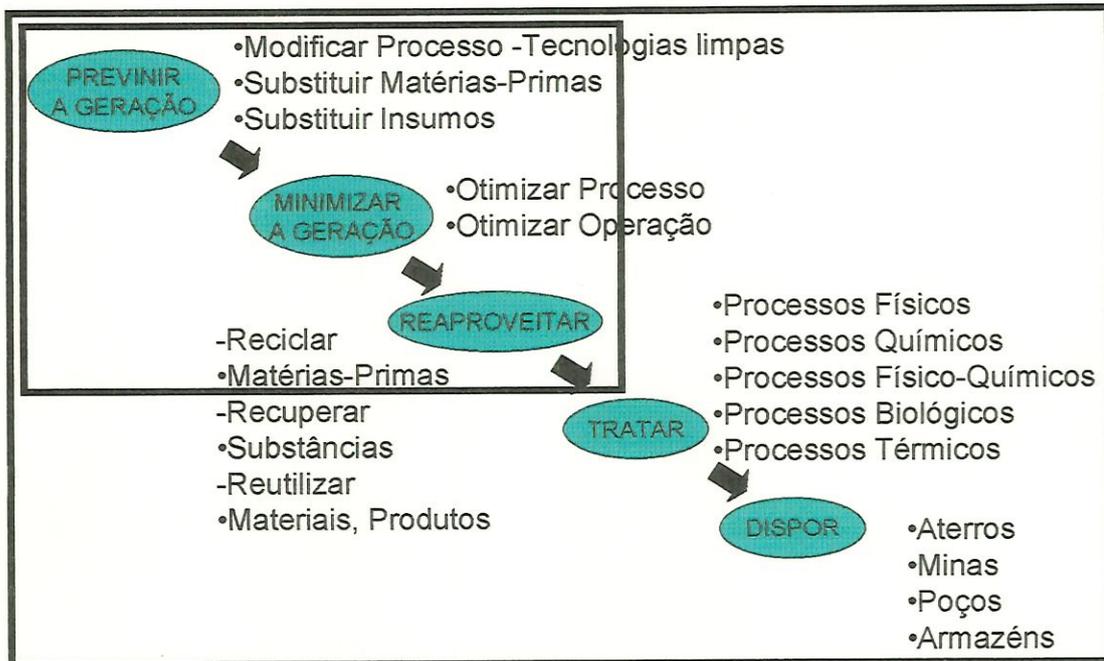


Figura 02: Escala de prioridades no gerenciamento de resíduos.

Fonte: VALLE, 1996.

Observando os passos que devem ser dados visando produzir mais 'corretamente' no âmbito ambiental, não se pode esquecer da formulação de novas posturas empresariais, etapa em que a organização "intra-muros" é analisada.

No caso da manufatura, segundo ALTING & LEGARTH (1995), devem ser enfocados duas vias de ação: melhoria do produto e do processo. Para isso, é preciso abordar estratégias de projeto ambientalmente adequadas, análise de ferramentas e a discussão da implementação desses novos métodos na indústria.

Nessa verificação e proposição de novas estratégias e políticas que ambicionam alcançar métodos eficazes, ambiental e economicamente, estão situados os estudos sobre engenharia de ciclo de vida (ECV) e análise de ciclo de vida (ACV), respectivamente, modelo de desenvolvimento e ferramenta de suporte às mudanças necessárias na maneira de produzir.

Investigando quais as possíveis maneiras de tratar o desafio de se pensar na agregação de variáveis ambientais, na dimensão interna da corporação, tem-se em BARBIERI (1997), que a incorporação do meio ambiente nas preocupações cotidianas das empresas geralmente evoluem em três fases.

Num primeiro momento, de acordo com esse autor, o estímulo são as leis e pressões da comunidade; o que confere, portanto, uma postura reativa. Fruto disso é a empresa limitar-se a implantar soluções *end-of-pipe* e encarar o cuidado tomado como elevação dos custos da produção.

Numa fase mais pró-ativa, a empresa visa a prevenção da poluição, admitindo medidas como troca de equipamentos, máquinas, materiais e recursos energéticos com vistas a uma produção mais eficiente. Pois à medida que há economia de recursos como matéria-prima e energia, são reduzidos os custos com insumos. Além disso, gera-se menos poluentes, repercutindo em redução de custos com disposição final dos resíduos, redução dos passivos ambientais e melhorando a imagem da empresa. A prevenção da poluição, nessa abordagem, é vista como instrumento de elevação da produtividade.

O último estágio de evolução da incorporação das questões ambientais é observado quando o meio ambiente passa a fazer parte das questões estratégicas da empresa, representado uma prioridade tão grande ou maior que as demais áreas funcionais.

A perspectiva da empresa com essa prática é reduzir sistematicamente os custos, através de produzir sem desperdícios ou geração de passivos ambientais, tendo a possibilidade de aproveitar, assim, a oportunidade de ganhar mercado pela diferenciação de seus produtos e processos, garantidos pelo crescimento da consciência ambiental.

Ainda em BARBIERI (1997), é esclarecido que o limite entre as duas últimas fases pode ser identificado tomando-se por base a quantidade de inovações promovidas com o intuito de implantar processos e produtos mais limpos e também por constatar que os benefícios auferidos a longo prazo passam a ser vitais à empresa.

Em corroboração com a idéia da necessidade de incorporar as questões ambientais, transformando-as em inovações do processo produtivo, PORTER & LINDE (1995) afirmam que o “progresso” ambiental requer que companhias inovem para atingir a produtividade dos recursos, sejam eles naturais e físicos ou humanos e de capital.

Em ALTING (1996), tem-se as atribuições e responsabilidades (apresentadas na Tabela 01) que vêm ao encontro das determinações desse trabalho para que seja viabilizada a busca de uma adequação ambiental do processo produtivo.

Tabela 01: Atribuições e responsabilidades da indústria de transformação segundo sua divisão departamental ou de funções organizacionais.

Função	Elementos
Companhia e gerencia executiva	1. Estratégia/ visão (focado no produto); 2. Cultura corporativa; 3. Comprometimento e comunicação, planejamento, sistema de relatórios, sistemas de gerenciamento; 4. Estilo de liderança ("assumir frente/ poder"), ênfases na ética; 5. Gerenciamento do produto – análise de ciclo de vida, composição de produtos de longa duração, aquisições/ desinvestimento
P & D do desenvolvimento de produto	Análise do ciclo de vida dos impactos ambientais – da fase de conceituação da P&D dos projetos, durante o desenvolvimento do produto e do processo, na transição da pesquisa para os produtos/ processos, durante o desenvolvimento do projeto de parâmetros para seleção de materiais ambientalmente amigáveis, produção, distribuição, uso e disposição.
Produção	1. Propostas de investimentos (projeto da planta, localização, tamanho, etc.); 2. Instruções de operação e manutenção; 3. Tecnologias limpas; 4. Minimização de materiais/ resíduos/ energia/ poluição; 5. Documentação anual/ relatórios de procedimentos
Compras/ logística	1. Inspeção/ certificação de fornecedor/ subcontratante; 2. Módulo de transporte; 3. Localização, tamanho, tipo de <i>warehouses</i> (distribuição)
<i>Marketing</i> / vendas	1. "Produtos verdes", regras de documentação; 2. Suporte para solucionar problemas ambientais de clientes
Administração	1. Redução do consumo geral de energia (<i>overhead</i>); 2. Reciclagem de papéis, máquinas, etc.

Fonte: ALTING, L. (1996).

BULLINGER et al (1996) ressaltam que não apenas na tarefa de modificar a manufatura de processos, mas também no desenvolvimento de produtos, são demandados bastante esforço e um poderoso banco de dados. Para atender esses requisitos, várias ferramentas estão sendo desenvolvidas e estudadas.

Para citar alguns exemplos de ferramentas desenvolvidas com o intuito de auxiliar no projeto e custo de reciclagem e ciclo de vida do produto: LAsER (Life-cycle Assembly, Service and Recycling, da Universidade Estadual de Ohio – Columbus/ EUA), EDIT (Environmental Design Industrial Template, da Universidade de Windsor – Windsor/ Canada) ou ReStar (Recycling Star, da Universidade de Carnegie Mellon – Pitsburgo/ EUA). Outro exemplo é um sistema de informação ambiental desenvolvido na Alemanha para auxiliar na tarefa de cumprir com as regulamentações de embalagem e descartes de eletrônicos requeridos pelo certificado EU-Eco-Adit, denominado RECYCLEAN. Há ainda um sistema de apoio à decisão, desenvolvido para dar suporte ao projetista para otimizar o projeto do produto com respeito à reciclabilidade e o custo de reciclagem, que é um projeto de pesquisa do IAO em conjunto com 5 membros da União Européia denominado TROPOCO (Total Product Life-Cycle Cost Estimation). (BULLINGER et al, 1996)

5.1 Conceito de Manufatura

Devido às variações e evoluções do conceito de manufatura nas diferentes localidades, é importante que fique elucidado ao que se refere o presente trabalho quando utiliza o termo *manufatura* e se propõe a realizar um estudo para adequação ambiental da manufatura.

No entendimento de povos orientais e de uma parcela significativa dos europeus, manufatura abrange apenas a etapa de transformação da matéria-prima em produtos finais. É o que se denomina *manufatura de processos*, em uma visão mais geral do conceito.

Em uma visão contemporânea do sistema produtivo, há o que se chama *engenharia de manufatura*, que engloba todas as fases do processo produtivo, desde a etapa de projeto do produto ao projeto e planejamento dos processos a serem utilizados para a fabricação do produto até a execução, distribuição e disposição final do mesmo.

Em DeGARMO et al (1997), tem-se que manufatura é a parcela da economia ocupada em fabricar bens e serviços que satisfaçam as necessidades humanas. Ainda segundo esse autor, manufatura implica em criar valores através do emprego eficiente de trabalho físico e mental. Os processos de manufatura são agrupados para originar um sistema de manufatura. E, um sistema de manufatura recebe *inputs* e produz produtos para um cliente. O sistema produtivo já se refere a empresa como um todo e inclui o sistema de manufatura e os serviços que o tornam possível.

5.2 Estudo de Localização de Atividade

Consta da Agenda 21 que “As estratégias para o desenvolvimento têm de ser baseadas em uma avaliação acurada da capacidade da Terra de sustentar a atividade humana e dela se recuperar” (AGENDA 21/Resumo, 1992). Dada essa determinação – resultado da Conferência da Terra para o Meio Ambiente (RIO-92) – fica evidenciada a importância de estudar-se a localização de atividades antrópicas, quaisquer que sejam elas (especificamente as industriais, considerando seu potencial poluidor), para garantir umas das premissas da sustentabilidade da vida no planeta.

Segundo alerta SOUZA (1993), a origem do problema ambiental se dá no estilo de desenvolvimento, que não articula corretamente os objetivos e restrições ambientais com outros objetivos de desenvolvimento.

5.2.1 Binômio: tipologia - localização

Para a escolha da área que melhor atenda aos preceitos de suscetibilidade do meio natural conjugado com as necessidades primordiais de funcionamento de uma indústria (infra-estrutura, facilidade de acesso à matéria-prima, mão-de-obra, centros consumidores, etc.), é primordial que se estabeleça a correspondência entre o tipo de atividade e/ou processos e matérias-primas utilizados pela indústria e as características/ vocações do meio ambiente. Esse cuidado é etapa necessária

para que o processo produtivo se dê de maneira que seja ambientalmente adequado, isto é, utilize os recursos do meio sem o impactar negativa e irreversivelmente.

Esse estudo de localização pode se dar de duas maneiras:

- Fábricas já instaladas: no estudo realizado para plantas que já se encontram instaladas, há análise das características do meio para minimizar risco ou mitigar danos já causados. Nessa situação, em posse de dados sobre características do meio e do processo produtivo empregado para a transformação, são determinadas quais ações são necessárias para possibilitar que se continue usando um determinado processo no ambiente identificado. Ou, é possível ainda que seja apontada uma impossibilidade da manutenção das atividades, para o meio ambiente específico onde a indústria se encontra instalada.
- Fábricas a se instalar: o estudo de localização para empreendimentos ainda não iniciados assume uma abordagem preventiva; isto é, nesses casos, com base na definição do processo produtivo a ser utilizado, direciona-se o estudo na busca de um meio ambiente, cujas características e potencialidades determinem aptidão a suportar, sem prejuízo, a instalação da planta.

Por apresentar um caráter preventivo, os investimentos necessários para adequação do processo ao meio são consideravelmente menores. Outra vantagem é evitar que se chegue à situação, bastante possível, de ocorrer a mudança de endereço da fábrica, determinada pela fragilidade do meio natural. Fato que certamente têm como consequência custos altos, suficientes para condenar uma indústria ao fechamento em alguns casos.

Atestando essa afirmação, tem-se que, do ponto de vista ambiental, tão importante quanto a boa localização da zona ou distrito industrial é a escolha do tipo de indústria que poderá ser instalada. Assim, ao se iniciar um estudo de localização industrial, a primeira questão a ser respondida diz respeito às características da atividade industrial a qual se destinará o distrito, tanto com relação à tipologia quanto com relação ao porte dos estabelecimentos. É necessário que o município, mas também e principalmente o Estado, assegurem-se de que a tecnologia e os

processos que estão sendo utilizados sejam adequados para minimizar impactos e riscos ambientais (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1991).

Ainda que a indústria de transformação, no papel de seus dirigentes, não esteja convencida da importância desse estudo de localização do empreendimento e/ou não esteja interessada em adequar-se ambientalmente, no Brasil, há imposição legal para que um estudo dos impactos ambientais seja realizado.

A Política Nacional do Meio Ambiente, na Lei Federal nº 6.938/81, no art. 9º, estabelece seus instrumentos, entre os quais, o zoneamento ambiental.

Na proposição de exigir estudo das características do meio para evitar danos, o papel do estudo prévio de impactos ambientais (EIA) teve papel fundamental. Dada determinação do Art. 225 (Título VIII: "Da ordem social", Capítulo VI: "Do Meio Ambiente"), da Constituição Federal de 1988, § 1º inciso IV: "exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade". Dando suporte à aplicação dessa lei, há a Política Nacional do Meio Ambiente: Lei n. 6.938, de 1981, Lei n. 6.902, de 1981 e Lei n. 7.347, de 1985 (ação civil pública).

5.2.2 Estudo de caso: identificação de área com potencial para receber a instalação de um distrito industrial no município de São Carlos.

Como observa-se na discussão anterior, é necessária a realização de um zoneamento ambiental, visando a compatibilização do desenvolvimento econômico de uma região à manutenção da qualidade ambiental, em bases permanentes. O presente trabalho, a título de ilustração, apresenta um estudo para diagnosticar áreas que comportem a instalação de um distrito industrial – tendo o município de São Carlos como área de estudo.

Ações envolvendo o planejamento ambiental e o estudo dos impactos, aos quais o ambiente está susceptível, requerem o conhecimento das características físicas, biológicas e antrópicas embasados em informações técnicas qualificadas e atualizadas.

A partir da análise da correlação dos dados levantados – algumas características físicas, biológicas e antrópicas, sobre as quais havia disponibilidade de dados – chegou-se a um diagnóstico das potencialidades e susceptibilidades do meio físico, biológico e antrópico para que este suporte o desenvolvimento de atividades industriais com a minimização dos impactos associados.

ZHOU (1998) reforça: “Historicamente, nosso planeta foi estudado separadamente por biólogos, ecólogos, geofísicos e profissionais de outras ciências; especialistas que tradicionalmente se concentravam em suas próprias disciplinas e objetos de pesquisa, não dando o necessário enfoque interdisciplinar que o assunto exigia. Agora, os cientistas percebem que todos componentes do sistema ambiental devem ser estudados conjunta e integralmente se um objetivo razoável é fazer com que se entenda o problema e prever a natureza dos processos envolvidos”.

5.2.2.1 Metodologia de realização do estudo de caso²

Para a fundamentação do trabalho foi realizado em um primeiro momento a revisão bibliográfica de assuntos pertinentes. A partir da constatação da relevância das informações necessárias foi se processando a busca e aquisição dos dados, sob a forma de mapas, junto a instituições de pesquisa e órgãos públicos.

Os mapas digitais criados, contendo informações sobre pedologia, topografia, geologia, vegetação natural, hidrografia e infra-estrutura, base para o banco de dados, foram adquiridos ou requeridos das instituições públicas, conforme relação abaixo:

- carta de pedologia na escala 1:100.000 do Instituto Agrônomo/SP;
- carta planialtimétrica na escala 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

² A metodologia de realização desse estudo para localização de atividade industrial no município de São Carlos, foi baseada em MAGNANI, M.; MONTAÑO, M.; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. (1999a). Utilização de SIG na análise de fatores ambientais para localização de atividades industriais no município de São Carlos.

- carta de geologia na escala 1:250.000 do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo;
- carta de vegetação natural na escala 1:50.000 do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais da SMA/SP (DEPRN);
- mapa do município de São Carlos na escala 1:50.000 da Prefeitura Municipal de São Carlos.

A área para o estudo de caso foi escolhida levando-se em consideração a existência destes mapas, em escalas compatíveis com a finalidade do trabalho, já que a disponibilidade de dados qualificados é uma das principais limitações na utilização do sistema de informações.

A figura (3) representa esquematicamente, em coordenadas UTM³, a região onde localiza-se a área de estudo, cujo limite segue a divisa da cidade de São Carlos/SP.

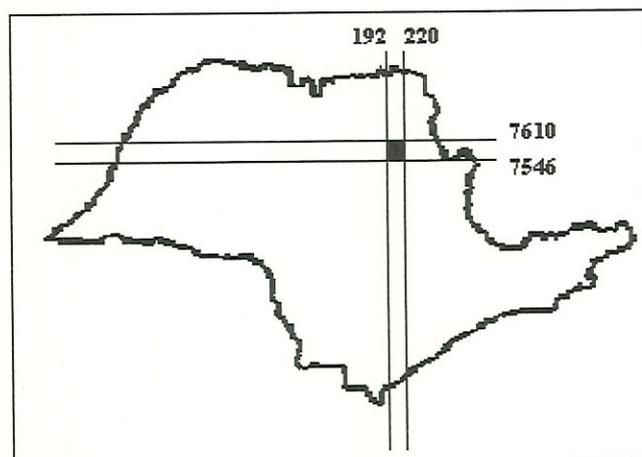


Figura 03: Região da área de estudo.

Utilizando-se o *software Idrisi*, destinado à manipulação de dados espaciais para transformá-las em informação geográficas, foi realizada a superposição dos planos de informações, dados topográficos, pedológicos, geológicos e de vegetação e, com base nos cenários gerados no tratamento dessas informações, diagnosticou-se

³ Coordenadas que formam um quadriculado com linhas equidistantes, cujas medidas são números inteiros expressos em metros. O sistema de quadriculados UTM está relacionado à Projeção Universal Transversa de Mercator, daí advém seu nome (Santos, 1986).

áreas onde a combinação dos diversos fatores analisados remetiam a uma condição mais ou menos favorável à sua utilização para fins industriais.

Apesar da multiplicidade de critérios ambientais, fatores como geologia, suprimento de recursos hídricos, topografia, proteção dos solos quanto à deposição de metais pesados e existência de espécies raras da fauna e da flora sempre fazem parte da sistemática de seleção de áreas industriais, por serem indicadores tanto da adequabilidade quanto da capacidade de suporte do meio ambiente frente à ocupação industrial.

Os componentes do meio são classificados de acordo com uma escala de ponderações que indicam a relevância, a adequabilidade e a capacidade de suporte de cada componente frente à atividade a se instalar (ALVES, 1997). No final, tem-se uma ponderação que representará a somatória das ponderações dos fatores ambientais, que indicará as zonas ou áreas de máximo potencial, que serão aquelas cujos fatores ambientais apresentarem ponderações representativas das condições mais favoráveis para a localização da atividade em análise.

Detalhando a geração dos mapas derivados, para o caso das faixas marginais de proteção aos corpos d'água, foi estabelecida pela Portaria Ministerial nº 124/1980 a proibição da instalação de qualquer atividade industrial a menos de 200 metros de qualquer corpo d'água.

5.2.2.2 Metodologia da evolução, apresentação dos resultados intermediários e final gerados pelo estudo⁴

Capacidade de Uso do Solo

O primeiro passo para consecução do objetivo do trabalho foi gerar um plano de informações sobre a capacidade de uso do solo tomando como base PRADO⁵, para

⁴ A apresentação dos resultados do trabalho de localização de atividade industrial no município de São Carlos, foi baseada em MAGNANI, M.; MONTAÑO, M.; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. (1999a). Utilização de SIG na análise de fatores ambientais para localização de atividades industriais no município de São Carlos.

⁵ Segundo comunicação pessoal com o Eng. Agrônomo HELIO DO PRADO, especialista em Pedologia, no ano de 1998.

quem essa capacidade de uso é determinada pelo cruzamento das informações de pedologia e de declividade.

Pedologia

Levando-se em consideração uma avaliação preliminar da quantidade de argila encontrada nos diferentes tipos de solo, e considerando que essa quantidade determina o potencial de erosão apresentado pelo mesmo, pôde-se agrupar os tipos de solo do município para apenas quatro classes (tabela 02).

Cabe citar a definição do termo erosão, dada por BERTONI e LOMBARDI (1993): “erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento”.

Tabela 02: Potencial de uso do solo quanto à quantidade de argila em sua composição

Quantidade de argila	Potencial de uso
Solos hidromórficos*	RESTRITIVO
de 35 a 100%	MUITO ALTO
de 15 a 35%	MÉDIO
de 0 a 15%	MUITO BAIXO

Fonte: PRADO, Helio do (1998), comunicação pessoal.

*solos constituintes da várzea, por isso são preservados.

Declividades

O plano de informações contendo os intervalos das declividades foi obtido calculando-se os valores pontuais destas declividades, através da interpolação e do tratamento dos dados do mapa planialtimétrico e reclassificando-os em intervalos,

dados baseados em informações discriminadas em MARQUES (1971)⁶ e citadas por BERTONI e LOMBARDI (1993) (tabela 03).

Tabela 03: Intervalos de declividade e potencial de uso do solo

Intervalos de declividade	Potencial de uso
de 0 a 2%	MUITO ALTO
de 2 a 5%	ALTO
de 5 a 10%	MÉDIO
de 10 a 20%	BAIXO
acima de 20%	MUITO BAIXO

Fonte: adaptado de MARQUES (1971).

A partir daí efetuou-se a superposição dos tipos de solo com os intervalos de declividade, determinando-se a capacidade de uso do solo para a instalação de atividades econômicas. Assim sendo, o mapa contendo a classificação das áreas em restritiva (RE), muito baixa (MB), baixa (B), média (M), alta (A) e muito alta (MA), relativa à capacidade de uso do solo, foi gerado conforme a tabela 04.

⁶ MARQUES, J.Q.A. *Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª. aproximação*. Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA), 1971.

Tabela 04: Capacidade de uso do solo

potencial – solo potencial – declividade	MUITO BAIXO	MÉDIO	MUITO ALTO	RESTRITIVO
MUITO BAIXO	MB	MB	B	RE
BAIXO	MB	B	M	RE
MÉDIO	B	M	A	RE
ALTO	B	M	MA	RE
MUITO ALTO	B	A	MA	RE

Observa-se que as metodologias envolvidas na determinação dos impactos ambientais provocados pela instalação de atividades consideram o risco de erosão na ponderação do dano provocado no solo pela mudança de cobertura. As autoridades responsáveis pelo licenciamento de atividades potencialmente poluidoras devem exigir estudos técnicos dos empreendedores, dentre os quais a avaliação do processo de erosão ocupará lugar de destaque, quando a interferência na paisagem significar uma mudança nos fatores naturais de proteção do solo.

Potencial para a instalação de atividades industriais

A determinação adotada para identificar áreas com potencialidade para a instalação de indústrias foi considerada em duas esferas.

Primeiramente – o que deveria ser prática básica anterior à escolha de localização de qualquer atividade antrópica – foi estudado, o que se denominou *Potencial Ambiental*; onde através da investigação/ coleta de dados ambientais e seu inter-relacionamento, foram apontadas áreas nas quais os impactos negativos provocados pela atividade industrial seriam melhor absorvidos, admitindo apenas a capacidade de suporte do meio ambiente.

Posteriormente, já em um plano de informações mais específico, o então denominado *Potencial para Instalação de Indústrias* une aos fatores ambientais outros de infra-estrutura, fundamentais para atratividade e operação de uma indústria, que tendem a expressar as facilidades de implantação do empreendimento em termos econômicos.

Potencial ambiental para localização de indústrias

Os fatores ambientais, já caracterizados, ponderados na obtenção deste mapa, foram os fatores físicos que indicam a capacidade de assimilação, pelo meio ambiente, do impacto negativo industrial. Estes aparecem relacionados nas metodologias utilizadas para a localização de indústrias, citados em TOMMASI (1994), e são: declividade do terreno e tipo de solo, já contemplados na análise de capacidade de uso e formação geológica. A existência de áreas cobertas com remanescentes de vegetação natural foi considerada adotando-se uma diminuição do potencial de uso, em função da biodiversidade associada.

A pontuação atribuída aos diferentes constituintes dos fatores obedeceu critério próprio quanto à magnitude, mas seguiu um ordenamento compatível com as metodologias citadas.

A partir do cruzamento do plano de informações *Capacidade de Uso* com os dados de geologia do município, obteve-se um cenário intermediário que permitiu avaliar a potencialidade de percolação dos prováveis resíduos industriais e com isso verificar-se a proteção à água subterrânea, principalmente a existente no Arenito Botucatu, um aquífero que apresenta excelentes condições de exploração.

A tabela 05 indica as potencialidades de uso atribuídas às diferentes formações geológicas. É interessante que seja ressaltado que a potencialidade atribuída a essas formações não estão considerando fraturas comumente encontradas, principalmente em formações de magmatitos básicos e na Serra Geral (basalto). Importante lembrar que é absolutamente desaconselhável, em caso de aplicação real, desconsiderar-se detalhes/ informações dessa natureza. (Esse trabalho para ser aplicado na prática precisaria passar por algumas investigações de campo, necessárias à confirmação da atualidade/ realidade dos dados contidos nas cartas e mapas).

Tabela 05: Potencialidades – formações geológicas

Formação	Potencialidade
Depósitos aluviais	RESTRITIVA
Formação Botucatu (arenito)	MUITO BAIXA
Formação Pirambóia (arenito)	BAIXA
Formação Marília (arenitos imaturos)	BAIXA
Magmatitos básicos	ALTA
Formação Serra Geral (basalto)	MUITO ALTA

A tabela 06 indica as potencialidades de uso para atividades industriais, a partir do resultado do cruzamento realizado.

Tabela 06: Potencial de uso – cenário intermediário

potencial – geologia capacidade de uso	RESTRITIVO	MUITO BAIXO	BAIXO	ALTO	MUITO ALTO
RESTRITIVO	RE	RE	RE	RE	RE
MUITO BAIXO	RE	MB	MB	B	B
BAIXO	RE	MB	B	M	M
MÉDIO	RE	MB	M	A	A
ALTO	RE	B	M	A	MA
MUITO ALTO	RE	B	A	MA	MA

Em seguida, houve sobreposição deste cenário intermediário com os dados de vegetação remanescente, com o intuito de preservar os remanescentes de vegetação natural existentes no município (especialmente os remanescentes de Cerrado, sem dúvida um dos biomas que apresenta uma das maiores biodiversidades de nosso país). Verificou-se quais áreas possuíam cobertura vegetal natural e, considerando-se a biodiversidade existente nos diferentes tipos de vegetação (Cerrado, Cerradão, Capoeira, Mata e Várzea), formulou-se a seguinte ponderação (tabela 07):

Tabela 07: Potencial Ambiental, considerando-se a vegetação.

Cobertura	Potencial Ambiental: capacidade de uso × geologia				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
sem vegetação	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Capoeira	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Demais	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo

Como última consideração para a obtenção do plano de informações “*Potencial Ambiental para a Localização de Indústrias*”, foi restringido o uso de áreas situadas nas faixas de proteção dos corpos d’água, a uma distância marginal dos corpos d’água de 200 m, baseado em portaria ministerial referente à prevenção de poluição hídrica, Portaria Minter nº124 de 1980, conforme citado anteriormente. Para tanto, foi criado um *buffer* de 200m em torno dos corpos hídricos que foi subtraído do plano anterior, obtendo-se o plano de informações dado pela figura 04.

Este cenário é útil ao planejador que deseja criar um novo pólo industrial como forma de indução de crescimento.

As coordenadas indicadas seguem a Projeção Universal Transversa de Mercator. Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Potencial Ambiental para Localização de Indústrias

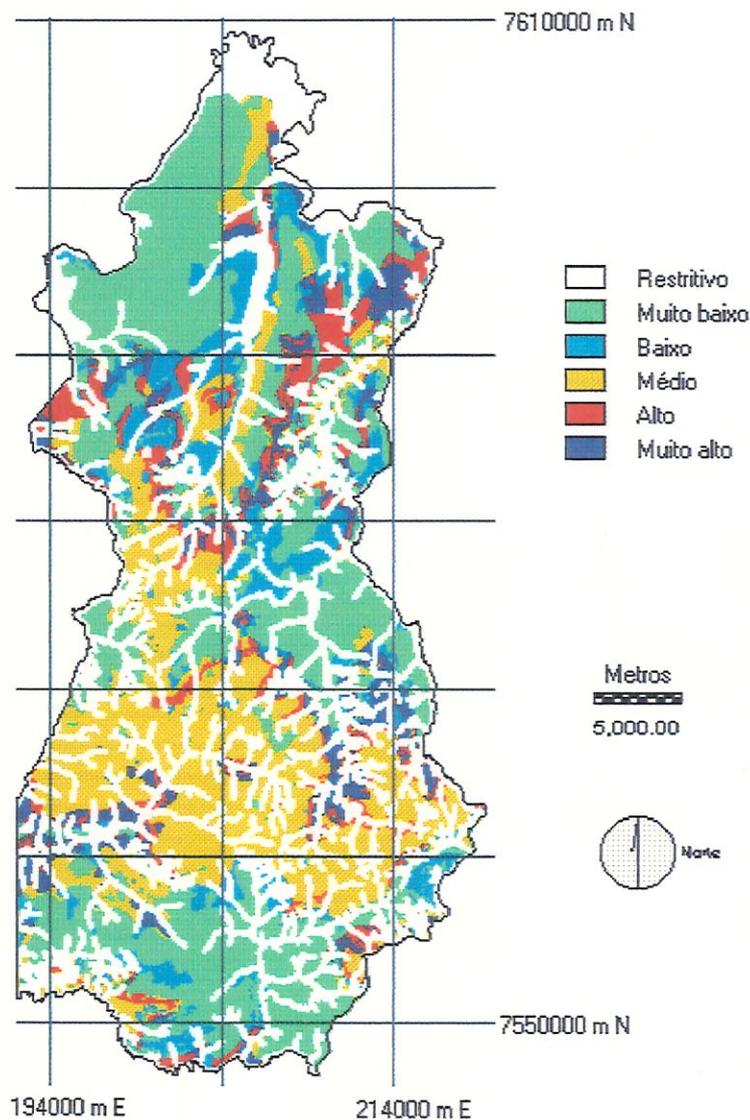


Figura 04: Potencial ambiental para localização de indústrias

Potencial para instalação de indústrias

Tomando como base o potencial ambiental para localização de indústrias, e adaptando as metodologias existentes à realidade do trabalho, uma série de

operações a fim de graduar as diferentes áreas são executadas, considerando suas dimensões e as facilidades de infra-estrutura para suas utilizações.

Como primeira etapa, foi subtraída a área urbana e eliminadas todas as áreas que não estivessem próximas de rodovias e redes de alta tensão, através da criação de um *buffer* de 4.000m em torno dessas. As áreas que distam mais do que os quatro quilômetros determinados receberam valor que possibilitasse sua desconsideração do horizonte de avaliação do empreendedor através de uma sobreposição com o plano de informações anterior. Essas áreas foram desconsideradas por não apresentarem atratividade para a instalação de indústrias. A figura 05 ilustra essa etapa que traduz-se em um plano intermediário do estudo.

As coordenadas indicadas seguem a Projeção Universal Transversa de Mercator. Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

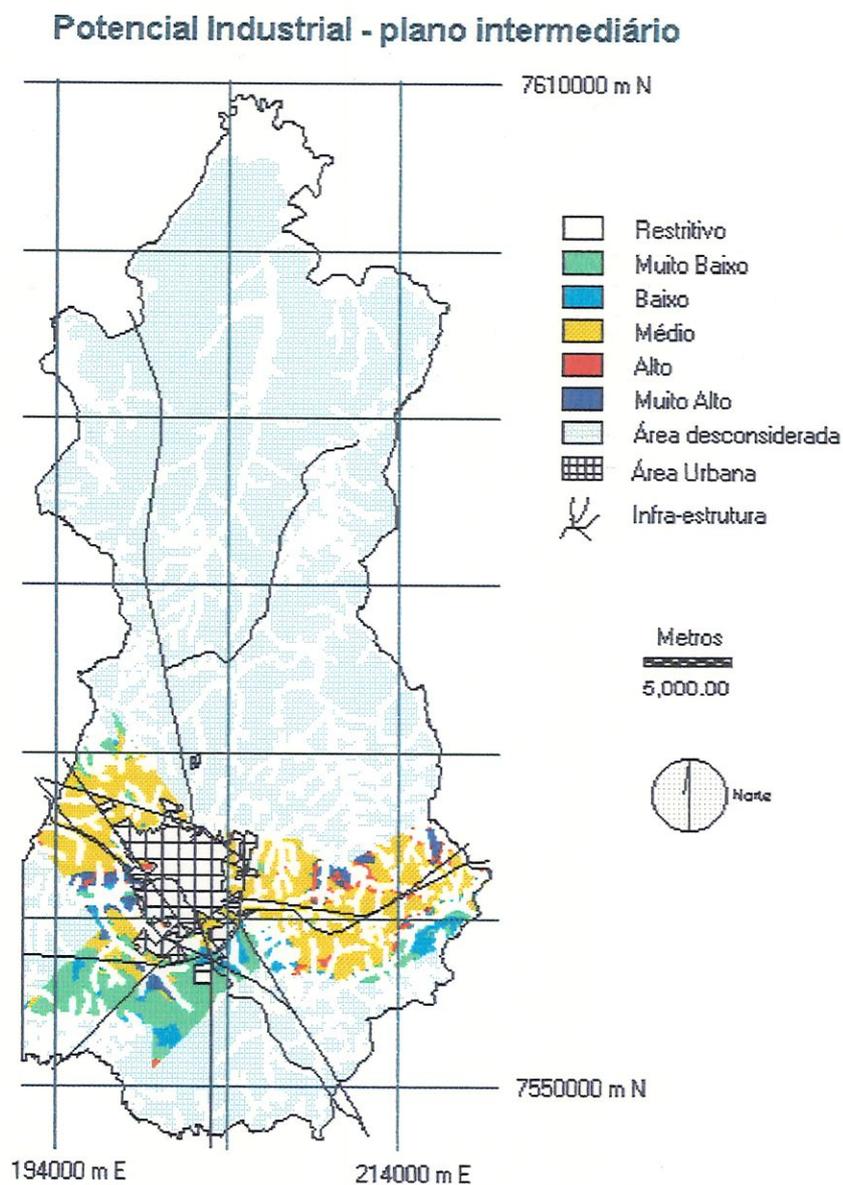


Figura 05: Potencial para instalação industrial – plano intermediário

Na etapa seguinte, descartaram-se todas as áreas menores que 20 ha, tamanho considerado adequado à implantação de um distrito industrial. O valor médio considerado é classificado como grande pelas metodologias já citadas, e o número de indústrias adotado procura refletir a realidade regional observada em recente processo de implantação de distrito industrial na cidade de São Carlos.

Para potencializar a atratividade das áreas próximas ao centro urbano e às ferrovias foi criado um *buffer* de 2 km em torno do perímetro urbano e de 1,5 km em volta da linha férrea. Em seguida, cruzou-se o plano de informações anterior com o *Buffer* descrito e, ao reclassificar o resultado obtido, chegou-se ao resultado final, figura 06.

As coordenadas indicadas seguem a Projeção Universal Transversa de Mercator. Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

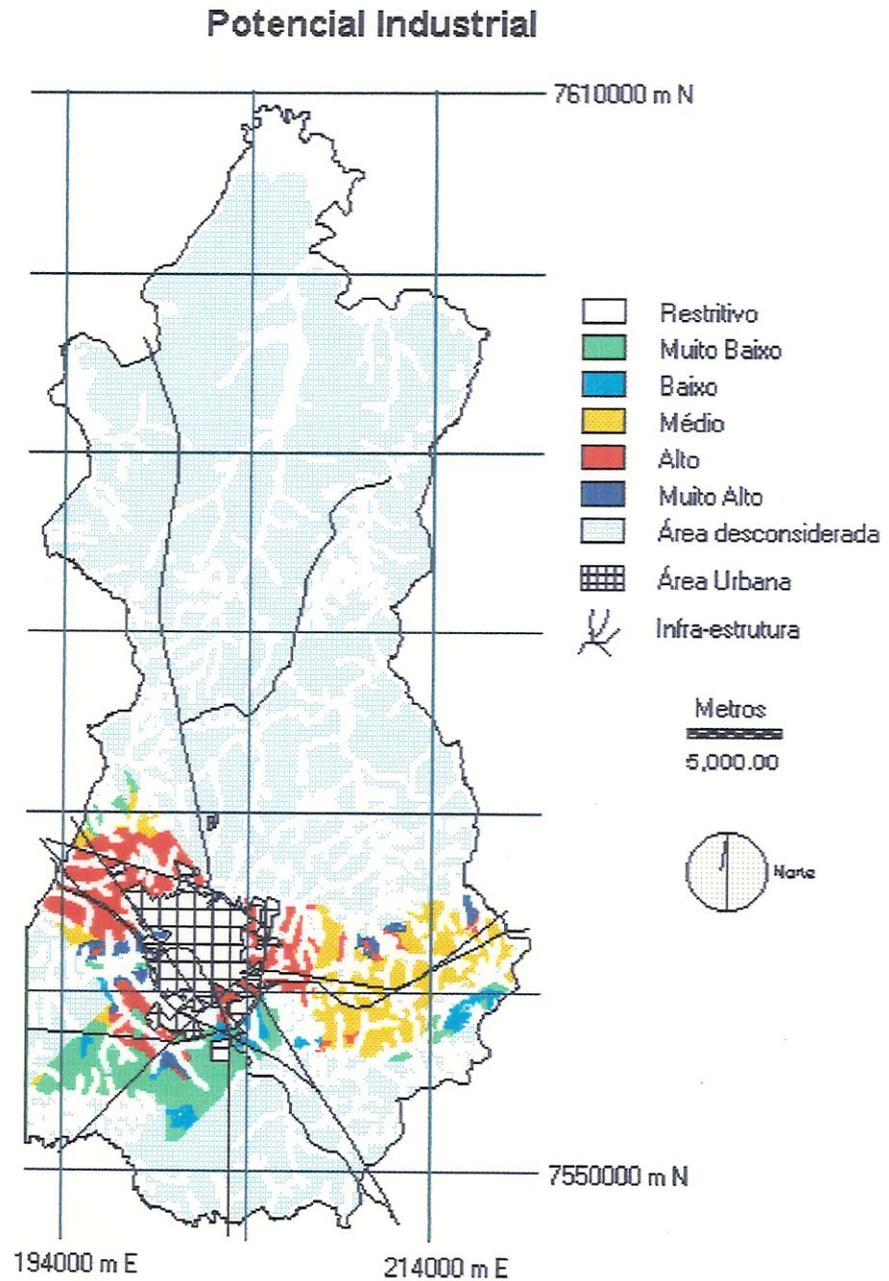


Figura 06: Áreas potenciais para a instalação de indústrias

O resultado alcançado serve ao empreendedor que deseja evitar os custos futuros com medidas mitigadoras de poluição, também àquele que valoriza a minimização dos custos preliminares com infra-estrutura e, principalmente, àquele cujas metas pretendam contemplar os novos objetivos do desenvolvimento dito sustentável.

Fato revelador, comparando-se este cenário com o anterior, foi a expressiva concentração das possibilidades de ocupação quando levadas em consideração as facilidades estruturais, características supervalorizadas no planejamento do ordenamento territorial. Isto deixa claro a distorção que pode ocorrer ao pensar apenas a curto prazo ou ao restringir a análise, implicando assim, em uma possível inversão de valores, ou seja, regiões com vocações ambientais, as mais diversas, são subaproveitadas em detrimento de piores alternativas de locação industrial.

5.2.2.3 Considerações sobre o estudo de caso

Como produto da análise qualitativa da correlação dos dados, obteve-se um mapa na forma digital que apresenta a hierarquização de potencialidades das áreas da região, subdivididas em: restritivo (onde fica vedado o uso); potencial muito baixo; potencial baixo; potencial médio; potencial alto; potencial muito alto. Sendo assim, essa classificação indica, na consideração dos fatores ambientais estudados, a vulnerabilidade do meio físico e das áreas com presença de vegetação nativa às modificações introduzidas quando do seu uso e ocupação.

Posto que o objetivo principal desse trabalho era identificar áreas potenciais para instalação industrial, dando suporte a um planejamento ambiental, atingiu-se um resultado bastante satisfatório. Com o intuito maior de prover os tomadores de decisão, envolvidos no planejamento, gestão ou manejo do meio ambiente, acesso às características ambientais de maneira facilitada, viabilizando a introdução das variáveis ambientais no processo decisório, pode-se afirmar, ainda, que esse tipo de estudo é a primeira etapa num processo de adequação ambiental de empreendimentos.

5.3 Engenharia de Ciclo de Vida (ECV)

Há grande polêmica sobre o tema *crescimento econômico* e sua influência no futuro do planeta desde 1972, desde quando apareceu a publicação do estudo dos pesquisadores da Faculdade de Sistemas Dinâmicos do Massachusetts Institute of Technology (MIT): *Limites do Crescimento*, em que os autores alertam a opinião pública para o colapso eminente de todo o sistema, caso os níveis de crescimento e/ou a economia mundial continuassem crescendo no ritmo que a economia dos Estados Unidos havia crescido nos 50 anos que antecederam a pesquisa.

Segundo FREEMAN (1992), no debate dos *Limites do Crescimento*, os 'pessimistas' tendem em argumentar, baseados nos modelos desenvolvidos pelo MIT, que o único caminho para evitar um desastre é conter o crescimento populacional e econômico no nível zero, a partir do ano 2000 ou até mesmo antes.

Ainda de acordo com esse autor, uma facção mais 'otimista' defende que o crescimento pode e deve continuar no século XXI, desde que duas condições sejam atendidas:

- *Caso uma mudança institucional conduza a um novo caminho de desenvolvimento mundial* (isso é o que veio a ser chamado de desenvolvimento sustentável). Para tais mudanças, seria necessária uma regulamentação efetiva de controle de poluição, assim como modificação das maneiras e sistemas de entradas (*inputs*);
- *Se os sistemas de Pesquisa e Desenvolvimento mundiais forem re-orientados, para garantir que os objetivos ambientais ganhem um papel prioritário nos trabalhos dos laboratórios industriais, universitários e governamentais.* Essa remodelagem será fundamental para assegurar a direção e proporção das mudanças técnicas necessárias para alcançar o objetivo maior – o desenvolvimento sustentável.

Com relação ao processo de manufatura, o que deve ser feito é, portanto, pensar o produto (os materiais que utiliza e seu processo produtivo) de maneira a garantir que ele e/ou seu processo de fabricação não externem impactos negativos para o

meio. Isso deve ser feito desde antes de ele existir, ou seja, a partir do momento que um produto começa a ser idealizado, as questões que possam influenciar na sua adequação ambiental (matéria-prima, energia para fabricação e uso, resíduos, emissões e efluentes gerados, destino depois que perder a função de uso para a qual foi projetado, etc), devem ser mantidas em *status* de prioridade para os mentores e colaboradores do projeto do produto.

A necessidade de se pensar em todo o ciclo de desenvolvimento do produto tem motivado a criação de teorias e ferramentas que suporte esse conceito, desde a fase de conceituação até o final do ciclo de vida do produto, passando pela análise e *feed-back*, que precisam existir para guiar a escolha de materiais e de processos.

Em ALTING & LEGARTH (1995), tem-se que Engenharia de Ciclo de Vida e Avaliação do Ciclo de Vida de produtos são conceitos que devem ser aplicados para atingir o objetivo de produzir preocupando-se em ser ambientalmente prudente. E acrescenta-se ainda que na engenharia de ciclo de vida, as escolhas sobre o produto são feitas na sua conceituação, estrutura e definição de materiais e processos. A avaliação do ciclo de vida vai “visualizar” a conseqüência dessas escolhas no meio ambiente e nos seus recursos.

Ainda segundo esses autores, pensar na proteção do meio ambiente desde a elaboração do produto além de repercutir em resultados melhores para o meio, já que se está encarando a ‘problemática’ de maneira a prevenir eventuais danos, é mais interessante economicamente falando. As técnicas e soluções de mitigação são, na maioria, se não na totalidade das vezes, mais complexas, caras e freqüentemente não produzem resultados satisfatórios.

Em concordância com esse entendimento da questão, BARBIERI (1997) afirma que do ponto de vista ambiental, qualquer solução dentro de uma abordagem de remediação ou *end-of-pipe* será insatisfatória, pois o que ocorre de fato é a troca de um tipo de poluição por outro. Do ponto de vista empresarial, essa abordagem significa elevação dos custos de produção, que dificilmente podem ser reduzidos face às exigências legais.

Ainda segundo esse autor, “os produtos devem ser projetados para facilitar sua fabricação, utilização e disposição final após sua vida útil. Para isso, é necessário que os fabricantes se considerem responsáveis pelos seus produtos mesmo após

sua venda e consumo. Essa é uma exigência decorrente dos processos de ampliação da sustentabilidade dos ecossistemas através de novas práticas produtivas e mercadológicas que contemplem redução do uso de insumos pela adoção de tecnologias mais eficientes, reutilização e reciclagem”.

As estratégias gerais de projeto aceitas com frequência para o projeto do ciclo de vida são listadas a seguir:

Tabela 08: Estratégias de projeto prevaletentes.

Fases do ciclo de vida	
Pré-produção	
Estratégia	Relevância
Uso de materiais reciclados	Esgotamento de recursos, sobrecarga ambiental
Uso de materiais que necessitem uso menos intenso de energia	Sobrecarga ambiental
Seleção de componentes ambientalmente “corretos”	Desempenho do fornecedor, sobrecarga ambiental
Uso de materiais renováveis	Esgotamento de recursos
Produção	
Adoção de processos com alto rendimento	Sobrecarga ambiental, trabalhar o meio ambiente
Adoção de processos que economizem matéria-prima	Esgotamento de recursos, sobrecarga ambiental
Redução de operações que exigem do ambiente e não estão diretamente relacionadas aos processos produtivos (<i>overhead</i>)	Sobrecarga ambiental
Transporte/ distribuição	
Melhorar logística	Sobrecarga ambiental
Baixo peso/ volume	Sobrecarga ambiental
Uso de materiais reciclados para embalar	Esgotamento de recursos, sobrecarga ambiental
Uso	
Baixo consumo de energia	Esgotamento de recursos, sobrecarga ambiental
Projetar para facilitar a manutenção e para vida longa	Sobrecarga ambiental
Disposição final	
Projetar para desmontar	Sobrecarga ambiental
Preservação da qualidade do material	Esgotamento de recursos, sobrecarga ambiental

Fonte: ALTING, L.; LEGARTH, J. B. (1995).

5.3.1 Estudo do desenvolvimento do produto

Para melhor ilustrar o que deve ser considerado para a inserção de variáveis/ aspectos ambientais no processo do desenvolvimento de produto, foi tomado como base para análise, o Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Novos Produtos proposto por ROZENFELD (1997) e utilizado pelo grupo de Engenharia Integrada (EI) do NUMA.

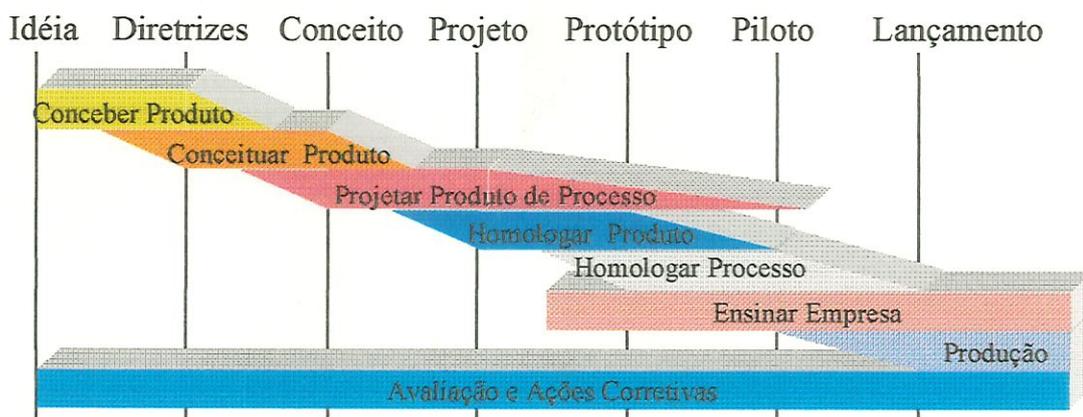


Figura 07: Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Novos Produtos

Fonte: ROZENFELD, H. (1997).

Nessa fase, é analisado todo o ciclo de vida de desenvolvimento do produto – cada etapa de cada fase (da concepção a produção), para, então, apontar onde é possível (e preciso) inserir-se fatores de decisão.

Essa análise foi realizada em escopo geral, dado o objetivo do trabalho. Para uma análise mais criteriosa, em que houvesse sugestões de quais e como as variáveis ambientais deveriam ser consideradas, seria necessário um trabalho com profissionais de várias áreas de conhecimento específico, posto que a profundidade de conhecimento exigido para que adaptações/ mudanças substanciais e coerentes seja bem grande, dado o nível de detalhes exigido e suas inter-relações.

O trabalho desenvolvido por ROZENFELD (1997) tem passado nos últimos meses por uma série de estudos, tendo alguns membros da equipe do grupo de Engenharia Integrada (EI), trabalhando em sua atualização. A primeira etapa desse trabalho já foi concluída e será utilizada para análise a seguir. Os “fluxogramas” de desenvolvimento de cada uma das etapas do desenvolvimento de produtos

encontram-se, contudo, ainda sob estudos. Dado esse fato, não serão aqui reproduzidos.

A análise feita do processo foi absolutamente qualitativa. O objetivo foi identificar em quais itens dentro de cada uma das etapas do desenvolvimento de produtos era possível incluir requisitos e/ou variáveis “verdes”. Em alguns desses itens a análise mostra uma possibilidade imediata para inclusão de tais requisitos (foram identificados com a cor verde). Em alguns outros seria necessário avaliar a possibilidade de incluir uma variável de escopo ambiental, isto é, há uma chance de que seja viável a inclusão de um requisito “verde”, porém deve haver um estudo anterior a qualquer determinação (essas diretrizes foram identificadas com amarelo).

Observou-se, ainda, alguns itens que por si só já representam o que se pode classificar como atitude/ atividade ambientalmente correta. A identificação dessas foi feita com a cor azul.

Cabe ainda como ilustração e melhor exemplificação da análise realizada, o comentário de alguns dos itens destacados qualitativamente.

Na etapa “Desenvolver Plano Estratégico e Portifólio de Projetos”, por exemplo, foram identificados alguns procedimentos como: “Atualizar/ Desenvolver missão do grupo”; “Desenvolve cenários (uso da *value chain*, tecnologia, crescimento, competição, eventos futuros, etc)”; “Atualizar/Desenvolver plataforma de produto”; “Iniciar a definição de diretrizes preliminares”; nos quais há espaço aberto e claro à consideração de variáveis ambientais ou variáveis “verdes”. Ao passo que a sub-etapa de desenvolvimento de produto determina a atualização e/ou desenvolvimento da missão do grupo ou da plataforma de produto, fica evidente a oportunidade para inclusão de ações ou diretrizes que tenham cunho ambiental, tendo sido identificada, portanto, com a cor verde.

Já em algumas sub-etapas como: “Analisar investimentos necessários, tecnologia, mercado” ou “Análise financeira” na etapa de “Conceber Produto”, são exemplos de passos onde a inserção de variáveis ambientais é certamente desejada, porém anteriormente a uma determinação final de sua adoção, faz-se necessário a obtenção de resultados positivos da avaliação feita. Nestes casos é importante que não deixem de ser ponderados, contudo, variáveis de caráter mais subjetivos que,

na maioria das vezes, são de difícil quantificação monetária mas de fundamental importância na decisão de lançamento de produtos, dos materiais e processos a serem utilizados. Pode ser, todavia, que ao considerar-se todos os aspectos – ambientais inclusive – o resultado seja desfavorável a adoção de variáveis verdes. Nesses casos em que uma avaliação anterior é necessária, a identificação foi feita em amarelo.

A etapa “Conceituar Produto” apresenta a diretriz “Recuperar itens semelhantes”; em “Projetar Produto e Processo” há, por sua vez, as determinações “Recuperar e completar as estruturas de produtos preliminares” e “Recuperar, identificar e classificar componentes” que podem ser classificadas como variáveis verdes, já que incentivam a reutilização de componentes, representando ganho ambiental já que promove a preservação de recursos virgens. Outro aspecto importante dessas diretrizes é o incentivo a padronização de componentes, fator necessário para que sejam desenvolvidos projetos de recolhimento e reutilização de componentes – devido a imperfeições de fabricação ou a desmontagem do produto no final de sua vida útil. Esses itens que por si só já representam determinações com escopo ambiental foram identificados com a cor azul na análise qualitativa.

Aproveitando o exemplo de trata de componentes para ilustrar as qualificações adotadas pelo presente trabalho, cabe uma observação na etapa de “Projetar Produto e Processo” a sub-etapa “Recuperar componente”, representa uma determinação na qual o cunho ambiental já está contido. A diretriz seguinte “Desenhar componente”, oferece oportunidade de inserir aspectos “verdes” no desenho e/ou na elaboração de um novo componente. Outra diretriz, ainda pertencente a essa etapa de desenvolvimento de novos produto, determina “Detalhar componente (hachuras, cotas, tolerâncias, etc.)”, onde a inclusão de desenhos ou materiais que sejam ambientalmente mais apropriados pode vir a ser incompatível com o que determina a especificação ou destino final do produto, ou ainda apresentar custo de execução que inviabilize a comercialização – devendo, portanto, ser avaliado antes de adotado.

Legenda

- Possibilidade imediata de inclusão de variáveis “verdes” e/ou ambientais. Não é necessário qualquer tipo de análise para concluir que a etapa do desenvolvimento do produto é oportuna para tal, repercutindo em vantagens.
- É prudente que seja feita uma avaliação antes de incluir um passo e/ou determinação que represente a adoção de uma variável “verde”.
- Etapas do desenvolvimento de produto que por si só já representam um cuidado com a preservação do meio ambiente.

1	Desenvolver Plano Estratégico e Portfolio de Projetos
2	Atualizar / Desenvolver Missão do Grupo
	Atualizar/Desenvolver Missão do Grupo
	Desdobrar Missões de cada unidade
2	Levantar Fatores-Chave
3	Avaliar Necessidades dos consumidores/ tendências de mercado
3	Avaliar Tendências tecnológicas
3	Avaliar Capacidades dos canais de venda e cadeia de valor
3	Levantar Metas Financeiras
3	Avaliar Posição Competitiva
2	Atualizar/Desenvolver Estratégia
3	Definir Oportunidades Estratégicas
3	Desenvolver Cenários (uso da value chain, tecnologia, crescimento, competição, eventos futuros;
3	Determine Estratégias para ser bem sucedido no maior número de cenários
3	Avaliar Riscos
2	Atualizar/Desenvolver Portfólio de Projetos
3	Atualizar/Desenvolver Plataforma de Produto
3	Programar Plataforma
3	Programar Ofertas de Produto
2	Aprovar Plano Estratégico
3	Preparar Documento do Plano Estratégico
3	Aprovar Documento
3	Divulgar Plano Estratégico
2	Propor Estudo de Produto
3	Escolher o Time de Concepção
3	Propor Coordenador de Produto
3	Elaborar cronograma macro de atividades de Concepção
3	Iniciar a definição de diretrizes preliminares
3	Distribuir diretrizes para análise individual
3	Marcar reunião do Grupo de Concepção

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

1	Conceber Produto
2	Identificar e Completar Diretrizes
3	Analisar diretrizes preliminares
3	Identificar e propor definições e conceitos como diretrizes a serem seguidas pelo produto
3	Completar as diretrizes (custo alvo, data de fabricação)
2	Compilar Propostas de Diretrizes
3	Compilar e distribuir material para reunião
3	Marcar reunião
2	Discutir e Definir Diretrizes
3	Discutir diretrizes do produto
3	Analisar investimentos necessários, tecnologia, mercado
3	Especificar a utilização final do possível produto e suas condições de serviço
3	Definir custo alvo e data de lançamento
3	Documentar diretrizes
3	Definir cronograma macro do Desenvolvimento de Produto
3	Formar time de desenvolvimento de produto (PDT) com especialistas das áreas afins
2	Completar e Consolidar Diretrizes
3	Revisar diretrizes e consolidá-las
3	Gerar relatório de Concepção
2	Planejar Desenvolvimento
3	Fazer WBS
3	Definir cronograma de conceituação
3	Marcar reunião com o time de desenvolvimento de produto
2	Phase Gate Conceber
3	Análise Financeira
3	Análise dos Critérios do Phase Gate
3	Registro das Best/Bad Practice

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

1	Conceituar Produto
2	Divulgar Diretrizes
3	Apresentar e discutir as diretrizes do produto para o PDT
3	Apresentar cronograma da conceituação
3	Refinar planejamento da conceituação
2	Detalhar Requisitos de Mercado
3	Recuperar informações semelhantes (pesquisas de benchmarking e de mercado anteriores)
3	Sistematizar informações
3	Realizar pesquisa de mercado e benchmarking
3	Comparar resultados com as diretrizes propostas na Concepção e gerar Relatório de Requisitos de Mercado
2	Definir Características Técnicas
3	Aplicar técnica de QFD
2	Especificar Linha de Produto Modular
3	Especificar principais características e número de produtos
3	Gerar croquis dos produtos
2	Desenhar e Pré-Estruturar Produto
3	Recuperar desenhos anteriores
3	Gerar/modificar desenho de conjunto com dimensões básicas de cada item quando necessário
3	Identificar e classificar produto
3	Recuperar estruturas semelhantes
3	Definir a estrutura de produto preliminar com os subconjuntos e os componentes principais, em paralelo a atividade de desenhar de conjunto
3	Recuperar itens semelhantes
3	Identificar e classificar componentes
2	Pré-Estruturar Processo
3	Recuperar informações relacionadas
3	Elaborar plano macro de fabricação e montagem
2	Decidir Make or Buy
3	Analisar estrutura de produto
3	Cotar fornecedores
3	Orçar componente
3	comparar custo calculado (orçamento/cotação) e custo alvo
3	Decidir "make or buy"
2	Estudar Viabilidade Econômica e Avaliar Ciclo de Vida
3	Estimar orçamento do projeto
3	Montar fluxo de caixa do projeto
3	Analisar investimento (taxa de retorno, breakeven point, pay back)
2	Analisar Fluxo de Processo
	Elaborar fluxo de processo preliminar
	Analisar layout de chão de fábrica com base no fluxo de processo preliminar
2	Analisar Impacto Interno
3	
2	Consolidar Conceituação
3	Revisar as informações de entrada e consolidá-las
3	Marcar reunião com grupo de concepção
2	Validar Diretrizes
3	Aprovar os conceitos do produto, levando em conta suas diretrizes
3	Escolher os especialistas a serem incorporados ao PDT Expandido (EPDT)
3	Marcar reunião para a apresentação das informações com o EPDT
2	PhaseGate Conceituar
3	Análise Financeira
3	Análise dos Critérios do Phase Gate
3	Registro das Best/Bad Practice

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

1	Projetar Produto e Processo
2	Planejar Projeto
3	Planejar atividades de projeto e homologação
2	Divulgar Informações
3	Apresentar conceito do produto e informações relacionadas
2	Estruturar Produto
3	Recuperar e completar as estruturas de produtos preliminares
3	Recuperar, identificar e classificar componentes
2	Definir Procedência
3	Definir os fornecedores dos componentes B e C
2	Desenvolver/Conferir Conjunto
3	Recuperar desenho de conjunto preliminar
3	Detalhar desenho de conjunto
3	Verificar desenho de conjunto a partir de desenhos dos componentes
2	Simular Produto
3	Simular o redutor em funcionamento
2	Desenhar Componentes
3	Recuperar componentes
3	Desenhar componentes
2	Calcular Componente
3	Calcular e otimizar componentes segundo os esforços a que são submetidos
2	Detalhar Componente
3	Detalhar componente (hachuras, cotas, tolerâncias, etc.)
2	Verificar Montagem
3	Verificar montagem através da cadeia dimensional
2	Elaborar FMEA de Produto
3	Recuperar FMEA existentes
3	Elaborar/alterar FMEA de acordo com os requisitos da linha
2	Ajustar Processo Macro
3	Ajustar processo de fabricação e montagem macros
2	Aprovar Desenho
3	Verificar desenho
3	Aprovar ou indicar alterações dos desenhos
2	Detalhar Processo
3	Detalhar plano de montagem
3	Detalhar plano de fabricação (CNC, set-up, pre-set, ferramental)
3	Elaborar Plano de Controle
3	Elaborar matriz de características
3	Elaborar fluxo de processo definitivo
3	Analisar layout de chão de fábrica com base no fluxo de processo definitivo
3	Analisar meios de medição
3	Realizar estudo preliminar da Capabilidade de Processo
2	Projetar Recursos
3	Projetar recursos utilizados na fabricação
2	Elaborar FMEA de Processo
3	Recuperar FMEA existentes
3	Elaborar/alterar FMEA de acordo com os requisitos da linha
2	Aprovar Processo
3	Verificar processos
3	Aprovar ou indicar alterações dos processos

1	Projetar Produto e Processo
2	Projetar Embalagem
3	Consultar Padrões de Embalagem
3	Especificar Embalagem
2	Revisar Sistema de Qualidade
2	Consolidar Projeto
2	Phase Gate Projetar
3	Análise Financeira
3	Análise dos Critérios do Phase Gate
3	Registro das Best/Bad Practice

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

1	Homologar Produto
2	Definir quantidade e tipo de protótipos
2	Definir e Planejar Programas de Testes
3	Definir programa de testes
3	planejar testes
3	Elaborar Plano de Controle do Protótipo
2	Produzir Protótipo
3	Definir Procedência e Processo para Componentes do Protótipo
3	Planejar Produção do Protótipo
3	Adaptar Equipamentos
3	Fabricar Componentes Internos
3	Comprar Material e Serviços Externos
3	Montar Protótipo
2	Testar Protótipo
3	Ensaia e Testar Protótipo
	Phase Gate Homologar Produto
1	Homologar Processo
2	Avaliação dos Sistemas de Medição
2	Calcular Capabilidade de Processo
2	Calcular Repetibilidade de Ferramental
2	Produzir Lote Piloto
3	Disponibilizar Recursos
3	Definir e Planejar Produção do Lote Piloto
3	Fabricar Lote Piloto
2	Testar Lote Piloto
3	Testar Produtos
3	Avaliar Embalagem
2	Revisar Plano de Controle de Produção
2	Consolidar Homologação de Processo
2	Liberar Produção
	Phase Gate Homologar Processo

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

1	Lançar Produto
2	Realizar Testes de Campo do Produto com Consumidores
2	Ensinar Empresa
2	Verificar Prontidão para o Lançamento
3	Verificar se as linhas estão produzindo conforme planejado
3	Verificar se todos os testes foram realizados e produtos aprovados
2	Aprovar Lançamento
2	Lançar Produto
2	Avaliar Lançamento
2	Preparar Plano de Novas Versões
2	Preparar Plano de Retirada do Mercado
1	Avaliar e Acionar Ações Corretivas
2	Avaliar Desvios de Diretriz e Desenvolvimento
2	Atualizar Diretrizes, Estudo de Viabilidade e de Ciclo de Vida
2	Acompanhar Ações Corretivas
2	Monitorar Custo Calculado
2	Gerenciar Itens Críticos
3	Identificar itens críticos
3	Apresentar meios para não ocorrer atrasos

Fonte: ROZENFELD, H. (2000). Atualização ainda não concluída do modelo de desenvolvimento de novos produtos, anteriormente publicada ROZENFELD (1997).

5.3.1.1 Projetar para alguma finalidade específica do produto

Existe ainda a possibilidade de que uma fase do ciclo de vida do produto seja priorizada durante seu desenvolvimento. Fato que é bastante comum de ser observado, já que o número de variáveis é imenso e muitas vezes encontram-se determinações de natureza opostas.

Claro que para um projeto ideal seria aquele que conseguisse contemplar todas as variáveis, de todas as etapas da vida do produto (fabricação, uso, manutenção, disposição) simultaneamente. O ideal, contudo, pode distanciar demasiadamente a concretização de um produto projetado, considerando-se variáveis ambientais. A complexidade, a necessidade de banco de dados muito poderoso, a aquisição de um volume de dados/ informações com qualidade, na maioria das vezes indisponível, e, certamente, elevação de custos, que tornariam a comercialização de tal produto impraticável. E para que um produto (e seu respectivo processo) possa ser ambientalmente “correto”, é preciso que ele venda; caso ele não encontre mercado, deixará de existir, deixando de ser um produto que se atenda às requisições de respeito ao meio ambiente.

Devido à necessidade de priorizar um foco para projetar o produto, foi surgindo, no decorrer dos anos, alguns esforços e pesquisa nesse sentido. As fases do ciclo de vida do produto mais visadas pelas pesquisas são as fases de uso e desmontagem.

Dado o fato de que os centros de pesquisa mais voltados para esse tipo de investigação são em grande parte europeus (grande densidade demográfica, produzindo grande volume de rejeitos e com dificuldade de encontrar áreas para disposição do 'lixo' gerado, intensificou o problema tornando-o mais alarmante), conjugado à determinação da comunidade europeia de que as indústrias automobilísticas deveriam ser responsáveis pelos produtos no final de sua vida útil, há pesquisas publicadas a respeito desse tema. Serão, portanto, abordadas sucintamente nesse trabalho.

5.3.1.1.1 Projetar para desmontar

Projetar para desmontar vem ao encontro do que os ambientalistas defendem ao defender a necessidade da adoção de medidas que se preocupem em cuidar do empreendimento na fase de desativação – igualmente necessária a qualquer outra fase, para efetividade da adequação ambiental do mesmo.

Um dos fatores motivadores de considerar a diminuição dos resíduos ao desenvolver um produto, especialmente em países industrializados, é a escassez crescente da disponibilidade de locais para aterros sanitários nesses países.

Projetar para desmontar, segundo ALTING & LEGARTH (1995), envolve o uso de várias regras de projeto e ferramentas. Na tabela, a seguir, está uma visão geral de regras comumente aceitas do projeto visando à desmontagem.

Tabela 09: Cuidados e determinações consideradas durante o projeto e seus respectivos benefícios. Regras de projeto geralmente aceitas para projetar e para desmontar.

Benefícios	Regras de Projeto
Menos trabalho para desmontar	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos combinados; • Limite de variabilidade de materiais; • Uso de materiais compatíveis; • Agrupamento de materiais perigosos em subgrupos de montagem; • Prover fácil acesso a partes danificadas, valiosas e reusáveis.
Configuração de produto previsível	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar combinação de materiais corrosivos e envelhecidos; • Proteção de partes da montagem contra corrosão e sujeira.
Facilidade para desmontar	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso aos pontos de drenagem; • Uso de fixadores de fácil remoção ou destruição; • Minimizar o número de fixadores; • Usar o mesmo fixador para várias partes; • Prover fácil acesso aos pontos de desmontagem, fratura ou corte; • Evitar movimentos de múltiplas direções e complicados para desmontar; • Colocar elemento central em uma base; • Evitar o inserto de partes metálicas em plásticos.
Facilidade de manuseio	<ul style="list-style-type: none"> • Deixar superfície livre para agarrar; • Evitar partes não rígidas; • Colocar superfícies venenosas em unidades seladas.
Facilidade de separação	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar acabamento secundário (pintura, revestimento, acabamento metálico, etc.) • Prover diferenciação de cores para separação dos materiais; • Evitar materiais com propensão a danificar maquinário (trapos)
Redução de variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Usar partes e subconjuntos padronizados; • Diminuir o número dos tipos de fixadores.

Fonte: JOVANE, F.; ALTING, L.; ARMILLOTTA, A.; EVERSHEIM, W.; FELDMANN, K.; SELIGER, G.; ROTH, N. (1993). *A key issue in product life cycle disassembly*. Annals of the CIRP, vol. 42, no. 2, pág. 651-658 apud ALTING, L. & LEGARTH, J. B. (1995).

Em ALTING & LEGARTH (1995), tem-se que enquanto a escolha de materiais e processos é deixada a encargo de uma metodologia de análise de ciclo de vida muito mais abrangente, as metodologias e ferramentas focadas no propósito de projetar para desmontar dão ênfase à estrutura do produto para conseguir uma diminuição do tempo de desmontagem e de facilitar o trabalho de colocar, juntas, partes que serão destinadas para o mesmo fim. O direcionamento para a



desmontagem, custo de reciclagem e eficiência contribuem para melhorar a taxa de reciclagem.

A escolha de um material alternativo (reciclável, renovável, ou reciclado) é, muitas vezes, questão de adaptação do sistema.

A equipe de pesquisadores do Instituto Elmwood elaborou várias listas de verificação para guiar o gerenciamento ecológico de uma organização. Essas listas compreendem desde o controle de entrada de energia e materiais, recomendações sobre local de trabalho, localização da fábrica, até relações internacionais e respeito à comunidade local.

O conteúdo exposto nas Listas de Verificação, propostas por esse Instituto, demonstra grande preocupação em introduzir o pensamento ecológico (e/ou de variáveis ecológicas) nos estágios de projeto e desenvolvimento do produto e processo produtivo, para que mudanças ambientais de longo prazo ocorram. Há várias Listas elaboradas, a saber:

Tabela 10: Lista de verificação proposta pelo Instituto Elmwood para auxílio no gerenciamento ecológico de um organização.

Lista de Verificação	
Número	Assunto abordado
1	Energia
2	Materiais
3	Projeto e desenvolvimento de produto
4	Fabricação e produção
5	Reciclagem
6	<i>Marketing</i> e vendas
7	Resíduos e emissões
8	Finanças
9	Investimentos
10	Local e trabalho
11	Transportes
12	A fábrica e seus arredores
13	Relações internacionais

O Instituto Elmwood, fundado por Fritjof Capra, conquistou respaldo e respeito por ser uma organização internacional dedicada ao desenvolvimento e ensinamentos sobre novas visões ecológicas e sua aplicação nos problemas sociais, econômicos e ambientais da atualidade.

5.4 Análise de Ciclo de Vida (ACV)

5.4.1 Histórico da Análise de Ciclo de Vida

A primeira vez que o termo *análise de ciclo de vida* apareceu em relatório internacional, data dos anos setenta. A partir de então, essa análise tem sido desenvolvida com mais detalhes nas últimas duas décadas.

Uma das primeiras aplicações da ACV foi para decidir sobre o uso de embalagens retornáveis ou descartáveis. Posteriormente, seu uso foi expandido para análise de outros propósitos e a escolha de material. A maior parte das ACV chegaram a resultados bastante divergentes. (WENZEL, 1994)

Ainda em WENZEL (1994), tem-se que os ACVs ganharam considerável espaço de aplicação em produtos considerados homogêneos, como embalagens, alguns materiais como aço, alumínio, plástico, vidro, papel, etc., produtos químicos como detergentes, materiais de construção. O carácter homogêneo e a ampla aplicação desses produtos tornaram a ACV interessante para uso nesses casos. Cada vez mais, no entanto, produtos com número grande de componentes estão utilizando-se desse método de análise para definir processo e materiais.

Muitas das diferenças dos resultados se devem a aplicações de métodos de análise distintos ou 'pesos' diferentes dados às variáveis de análise, sendo bastante relevantes para utilização das ACV e serão discutidos com maior detalhamento mais adiante.

5.4.2 Definição e componentes de uma ferramenta para ACV

Segundo SCHALTEGGER (1996a), a análise de ciclo de vida é um processo objetivo para avaliar a carga ambiental associada com produto, processo ou atividade através da identificação e quantificação de energia e materiais usados e os resíduos devolvidos ao meio ambiente, para avaliar o impacto da energia e dos materiais usados, assim como daqueles devolvidos ao meio, e, ainda, avaliar e implementar oportunidades que repercutam em melhoria ambiental.

As ferramentas de análise de ciclo de vida são especialmente úteis para auxiliar no desenvolvimento de produto. Elas dão respaldo para que seja decidido qual é o melhor material e processo a ser utilizado.

Apesar de ainda ser possível a identificação de variações na forma e conteúdo de uma ACV, WENZEL (1994) apresenta uma estrutura de metodologia que, por ser aceita internacionalmente, é descrita a seguir:

a. Definição de objetivo

O item “definição de objetivo” descreve os propósitos do projeto, incluindo as metas dos grupos e decisões que devem ser apoiadas pelo projeto.

b. Escopo

2.1 Escopo da função: define o objeto de estudo, por exemplo, um produto, baseado nas suas funções. Precisa definir ainda as unidades funcionais com as quais o produto deve estar relacionado. Para isso, são definidos também padrões referenciais com os quais os produtos possam ser comparados. A unidade funcional tipicamente inclui um fator de tempo, por exemplo, o tempo de vida do produto.

2.2 Escala de tempo: define o período de tempo no qual as decisões da ACV devem ser válidas. Define ainda o período de tempo no qual os impactos ambientais do produto devem ser considerados.

2.3 Escopo do sistema do produto: determina o escopo do sistema do produto definido como parte do ciclo de vida do produto que será incluído no estudo. Determina a localização geográfica do sistema do produto.

2.4 Escopo tecnológico: define o nível tecnológico de informação de uma ACV. Esse será determinado, entre outros fatores, pelo limite de tempo.

2.5 Escolha do critério de análise: define as categorias de impacto nas quais o produto deve ser analisado, por exemplo, consumo de recursos, impacto ambiental externo, impacto ambiental do trabalho.

c. Inventário

3.1 Dados/ informação: contém informação qualitativa e quantitativa sobre vários processos nos sistemas de produtos de acordo com o escopo. Qualidade de dados é descrita.

3.2 Alocação de modelos: determina a divisão das intervenções ambientais de processos com mais de um produto de valor econômico, com intuito de alocar uma parte bem definida dessas intervenções para cada um dos produtos individuais. Determina alocações semelhantes para vários produtos de valor econômico no processo de reciclagem.

d. Análise

4.1 Classificação e caracterização: agrupa as diversas interferências ambientais de acordo com a categoria de impacto para os quais essas contribuem. Converte essas contribuições aos vários impactos para uma unidade padrão dentro da categoria de cada impacto.

4.2 Análise: Analisa a magnitude dos impactos dentro da sua categoria de impacto. Isso ocorre comumente via normalização, isto é, através do relacionamento do tamanho do impacto dentro da categoria em que ele está alocado, por exemplo, ao impacto total nacional ou global. A análise pode ser elaborada, além disso, com o intuito de ponderar as categorias de impacto em contraponto a outras categorias baseada em critérios técnicos ou políticos.

5.4.3 Parâmetros a serem considerados e exemplo de ACV

Para análise de qual material e processo são preferíveis aos demais, o primeiro passo é a escolha que quais os parâmetros que serão utilizados. WENZEL (1994) aponta os critérios de ACV mais usados:

- Os parâmetros ambientais, tais como: consumo de recursos – energia e material; impactos ambientais globais (ex.: aquecimento global, destruição da camada de ozônio), regionais (ex.: chuva ácida, eutrofização), local (ex.: toxicidade e ambiente de trabalho);
- Parâmetros sociológicos (ex.: desemprego, estado de saúde, direito iguais);
- Parâmetros econômicos.

Há autores que recomendam a utilização simultânea dos três parâmetros; outros, entretanto, aconselham enfaticamente que eles devem ser mantidos separados. Avaliando os prós e contras, a sugestão de mantê-los à parte tem sua razão de ser à medida que facilita a análise e a comparação entre vários ACVs – quando isso se faz necessário – dada a dificuldade de utilização de parâmetros dos diferentes tipos. Por outro lado, uma análise de ciclo de vida que contemple todos os critérios é fundamental para atingir a abrangência necessária à confiabilidade do resultado.

Um exemplo de ferramenta de ACV desenvolvida para auxiliar no projeto de produtos, desenvolvido pelo Fraunhofer-Institute for Production Technology (FhG-IPT), ligado à Universidade RWTH – Aachen, que está em andamento há treze anos, aproximando-se de sua conclusão, considera como parâmetros para seus cálculos, toda energia e materiais utilizados no processo. Esse *software*: CALA – Computer Aided Lifecycle Analysis – engloba em suas “fronteiras” de análise, a vida do produto nas fases de produção, uso e disposição.

Segundo EVERSHEIM et al (1996), a concepção do CALA permite otimizações multidimensionais e simultâneas do produto. A linha de análise do produto é uma abordagem de avaliação que considera a demanda de recursos (energia e materiais) necessárias à produção. Isso significa que o fluxo de energia e material é analisado tanto na entrada como na saída do processo.

Para melhor adaptação dessa ferramenta ao uso, essa foi sistematizada e dividida em quatro módulos: captação de dados, balanço, avaliação e análise.

5.4.4 Cuidados e considerações necessários à confiabilidade de uma ferramenta de ACV

Uma ACV inclui todo o ciclo de vida do produto, processo e atividade, englobando da extração e processamento da matéria-prima, à sua transformação, transporte e distribuição, uso/re-uso/manutenção, reciclagem e disposição final.

Para que as ferramentas desenvolvidas para indicar as melhores opções de materiais, processos, transporte, uso e disposição final, apresentem resultados confiáveis, é necessário que uma série de cuidados e considerações sejam levados em conta. No decorrer desse capítulo serão discutidas algumas das mais relevantes dessas ressalvas.

5.4.4.1 Delimitação das fronteiras do sistema de uma ACV

Para que todos os impactos ambientais provenientes do uso ou fabricação de um determinado produto possam ser analisados, é necessário delimitar limites de abrangência dos sistemas. Segundo BÜCHEL (1996), as fronteiras de sistemas servem para definir os processos que serão analisados segundo o fluxo de material e energia e segundo suas emissões.

A definição do limite dos sistemas, que engloba os impactos ambientais como resultado de um processo produtivo ou da atividade de uma companhia, é muitas vezes uma tarefa árdua. A complexidade da determinação dessas fronteiras situa-se nas múltiplas inter-relações entre outros processos e companhias.

Ainda segundo BÜCHEL (1996), para se estabelecer uma ACV para uma companhia é necessário que primeiramente sejam definidos os limites do sistema dentro da própria empresa, para depois levar em consideração as inter-relações.

É necessário, também, que um período de análise seja definido. Esse período compreende o tempo que um produto é manufaturado, usado e disposto e o período em que há efeitos ambientais e outros efeitos associados a esse produto.

Outro aspecto importante a ser delimitado é o espaço físico ou geográfico. Isso se deve ao fato de que muitos processos envolvem relações internacionais onde pode haver diferenças de parâmetros/ *inputs* básicos que inviabilizem a comparação. Dependendo do aspecto espacial adotado – um nível global, de limites nacionais, regionais ou apenas da própria companhia – a coleta do dados necessários pode tornar-se economicamente inviável.

Em BÜCHEL (1996), são descritas algumas regras válidas para a definição dos limites dos sistemas. Essas regras apontam quais os requisitos que uma atividade, fluxo de material ou energia devem cumprir para serem considerados em uma ACV. São eles:

- A atividade deve estar sendo desempenhada para um propósito especial dentro de um sistema em avaliação ou para um fornecedor desse sistema e não seria realizada por qualquer outro motivo;
- A atividade é uma consequência inevitável de uma atividade desempenhada com ou para o propósito do sistema, mesmo se os custos aumentarem e forem pagos em algum outro ponto;
- Energeticamente, a cadeia inteira da extração da fonte primária de energia a ser aplicada, até a fonte final de energia deve ser incluída na análise;
- Consumo de materiais e energia estão diretamente relacionados ao processo produtivo ou com as atividades relacionadas ao processo produtivo e pertencentes ao sistema.
- Consumo indireto de material e energia, incluindo a energia contida em materiais usados durante o processo ou resultantes do produto analisado.
- O fluxo de energia deve ser superior a 1% do fluxo total de energia analisado no sistema;
- O fluxo de material deve ser maior do que 1% do total de fluxo de material analisado no sistema;

- Quando o estágio de extração de matéria-prima do ambiente natural for atingido, não há mais necessidade de procurar qual o processo precursor;
- Quando o estágio de produção de um co-produto, o qual não tenha sido processado com o objetivo de produzir o produto que está sendo examinado for alcançado, não é necessário continuar vasculhando o processo precursor;
- Em uma análise contínua de etapas sucessoras, os limites do sistema devem ser delimitados até o ponto em que o controle humano do fluxo de material termine, isto é, no ponto em que o descarte é devolvido ao meio ambiente;
- Processos de disposição são alocados para o fabricante ou ao produto que está sendo disposto. Por outro lado, o uso de um material reciclado não deve ser alocado para a indústria que o utiliza, mas sim, o produtor desse material reciclado é que deve ser cobrado pela sua disposição – feita de acordo com a regra anterior;
- Emissões devem ser sempre alocadas aos produtos que as estão originando. O calor produzido por um incinerador de resíduos não deve contar contra os custos de disposição de resíduos – como um bônus, por exemplo. O objetivo é, sim, proporcionar vantagens ao usuário desse calor, oferecendo isenção de qualquer cobrança pelo uso desse. A recompensa, portanto, deve ir aos fabricantes que utilizam produtos que são resíduos e não aos produtores que geram esses resíduos;
- Materiais em processo que não podem ser incluídos em nenhum dos itens mencionados até então, devem ser levados em conta quantitativamente e, se possível, com declaração de composição, como entrada de processos. Da mesma maneira, materiais em processo, os quais não estão englobados no escopo da análise, devem ser alocados pelo menos quantitativamente;
- Caso, ao construir um ciclo de vida de produto para um material de entrada, nenhum processo produtivo ou para um material de saída nenhum processo posterior for estabelecido; a parte do ciclo de vida em consideração, deve ser abandonado neste momento. Os materiais, então, devem ser incluídos na análise de acordo com suas quantidades;

- Um limite de sistema pode ser delimitado quando um comprador para um produto intermediário ou residuário puder ser encontrado, isto é, se o produto for considerado por algum aspecto econômico como uma matéria-prima e, assim, encontrar preço no mercado;
- A delimitação, de acordo com um processo produtivo de um único estágio, pode ser admitida somente se ele puder ser considerado separadamente também. Isso significa que estágios do objeto em comparação que não foram levados em consideração, devem ser passíveis dos mesmos efeitos.

BÜCHEL (1996) adverte ainda da dificuldade de distinguir entre consumo direto e indireto de energia e materiais, e sugere para esses caso que um diagrama de fluxo seja feito.

5.4.4.2 Alocação de sub-produtos de uma ACV

O processo de alocação numa ACV é necessário para que os custos ambientais totais de um produto possam ser calculados.

A alocação é necessária quando um produto entra ou sai de um processo e as emissões desse processo têm que ser atribuídas a um produto individualmente. A quantidade de energia e matéria-prima consumidas, assim como os resíduos gerados, têm que ser computados, num processo que se chama de alocação.

Previamente ao processo de alocação de resíduos e/ou recursos, deve-se definir qual a importância dos diferentes “produtos” do processo. Essa é uma questão que é resolvida, geralmente, como sendo econômica. A separação é feita de acordo com o produto que tem um valor positivo por poder ser vendido, do que tem valor neutro e do que por ter custo de tratamento ou disposição, tem valor econômico negativo.

Um passo seguinte, segundo MAILLEFER (1996), é decidir o que deve ser alocado. Além de matéria-prima, consumo de água e energia, há os sub-produtos que apresentam valor econômico negativo, como resíduos sólidos e líquidos. Todos os sub-produtos que de alguma maneira estejam relacionados com o produto final sob

análise devem ser alocados. Claro que isso exclui o próprio produto final, ao qual os demais itens deverão ser alocados.

As alocações devem ocorrer seguindo alguns critérios de alocação causal que, ainda segundo esse autor, podem seguir critérios baseados em propriedades físicas, biológicas, químicas ou técnicas; ou, ainda, em casualidades sócio-econômicas. Seja qual for a regra de alocação escolhida, o ideal é que ela represente a realidade sócio-econômica e produza resultados estáveis no tempo e no espaço, sendo ainda fácil de ser utilizada.

5.4.4.3 Inventário de dados de processos não relacionados diretamente com a unidade funcional em questão.

Para realizar uma análise de ciclo de vida é necessário que sejam considerados todos os impactos do produto, do “berço até o túmulo”. E, como regra, não apenas os processos diretamente relacionados à unidade funcional devem entrar na análise, mas também outros processos anteriores, como a produção de matéria-prima, suprimento de energia, disposição de resíduos e realização de serviços como transporte, construção e manutenção (ZIMMERMANN et al 1996).

Os dados dessas fases, denominados dados de inventário de base, são essenciais na composição das análises de um ciclo de vida. Para que isso seja possível são necessárias, então, a definição da cadeia de processo e a relação entre o sistema principal e o(s) sistema(s) de segundo plano.

É importante elucidar que o que se está denominando sistema de segundo plano recebe esse nome não por ser menos relevante no processo como um todo, mas simplesmente por não se tratar do processo/ sistema em foco de análise no momento.

Segundo ZIMMERMANN et al (1996), essa divisão entre os sistemas pode ser caracterizada pela inter-relação (relações econômicas, inclusive) entre os diferentes atores envolvidos na geração do produto ou serviço. Quando esse relacionamento é estreito, o processo pertence, então, ao sistema principal. Caso não se identifique uma relação específica e direta entre o processo ou serviço em pauta – por

exemplo, produtos (intermediários), para o quais a relação entre venda e compra não estava definida – o sistema de segundo plano ficava caracterizado.

A disponibilidade dos dados desses processos secundários pode colaborar na redução de custos e no tempo de realização de uma ACV, posto que a maior dificuldade é a coleta de dados, principalmente daqueles provenientes das fases que precedem e sucedem o processo em estudo.

Até o momento, a responsabilidade pela elaboração dos dados de inventário de base tem sido de órgãos públicos – financiados por esses, pelo menos. O que para ZIMMERMANN et al (1996) parece bastante razoável, já que a ACV está ainda sob desenvolvimento, são os métodos para elaboração desse tipo de dado que devem ser discutidos em nível científico. Decisões a respeito de metodologia de ACV, como questões de alocação, devem continuar a ser elaboradas por cientistas, mas, ainda segundo esse autor, é recomendável que a validação e teste sejam realizados em conjunto: cientistas, indústrias e órgãos governamentais.

5.4.4.4 Problema de incerteza e imprecisão: algumas observações relevantes sobre as ferramentas de análise de ciclo de vida

Já que as ACVs são importantes para decidir investimentos em que ser ambientalmente 'amigável' é um importante critério, é necessário que os dados produzidos sejam amplamente confiáveis. Para que isso ocorra, em POHL et al (1996), tem-se que é de extrema importância que os limites sejam da mesma forma confiáveis, sem os quais os resultados são cientificamente questionáveis e perigosos aos olhos dos usuários, já que podem causar mau julgamento.

É necessário que sejam levantados quais os possíveis erros, assim como suas causas e, então, incluídos modelos de correções dos possíveis erros.

Por usar dados de fontes diversas, ser compostos de diferentes rotinas com vários tipos de imprecisão, é necessário que o primeiro passo seja a identificação do erro. Em POHL et al (1996), estão apontados alguns dos tipos de incertezas e imprecisões:

- Erros em quantidades: devido a erros estatísticos, ou a erro na exatidão do intervalo definido ou, ainda, a erro de intervalos vagos (intervalo *fuzzy* – usado quando há um intervalo definido que inclua estimações otimistas e pessimistas de um cenário);
- Erros sistemáticos: devido a calibragem ou cálculo de modelos incorretos ou estrutura de um sistema não completamente incluídas no modelo de cálculo;
- Erros devido a dados intrinsecamente vagos: utilizados quando uma situação não pode ser reduzida e/ou simplificada a um número;
- Em alguns casos há ausência de dados, onde a falta de disponibilidade dos dados requer que estimativas sejam feitas; por exemplo, estimativa de emissão baseada no consumo de energia.

Entre as causas de imprecisão, ainda segundo POHL et al (1996), estão:

- A análise do inventário: - seleção do sistema de fronteiras, pois caso os processos importantes sejam desconsiderados, ficando de fora da estrutura do modelo, isso pode inculir em erro. Exemplo desse fato é a exclusão do sistema de transporte nas considerações para decidir-se entre a utilização de vasilhames retornáveis ou descartáveis:
 - processos, emissões e quantidade de recursos, por precisarem de dados de medida, podem inculir em erros estatísticos ou de intervalos imprecisos ou vagos;
 - dados originários de diferentes fontes;
- Classificação: de modelos ou de sistemas de fronteiras;
- Validação: dar pesos aos parâmetros utilizados.

Esses autores ressaltam ainda a necessidade de para cada tipo de erro ser aplicado uma correção específica. De qualquer maneira, é recomendável que uma especificação de erros seja incluída em todos os níveis de um *software* de ACV, tantos modelos de dados e modelos de erros quantos forem possíveis. Isso, pois não é raro observar-se que “o erro total de uma ACV pode se tornar maior do que as diferenças calculadas dos impactos ecológicos dos produtos”.

5.4.4.5 Intervenções

Para realização de um estudo que vise a análise do ciclo de vida de um produto é necessário determinar particularidades do estudo como os limites dos processos (as fronteiras de sistemas de processos, como discutido em itens anteriores), a alocação de sub-produtos de uma ACV, e também quais intervenções e/ou impactos produzidos pela atividade produtiva, deverão ser levados em conta.

Certamente a resposta seria *todos*, para que a realização do estudo fosse absolutamente completa. No entanto, o volume de dados e a dificuldade em adquiri-los em sua totalidade, esbarra na questão de tempo hábil e até em custos elevados que seriam resultados de uma análise com esse nível de complexidade.

Portanto, como há uma exigência prática que determina a simplificação, sempre que possível, da ACV, para definir-se entre intervenções relevantes e não relevantes são pensadas algumas metodologias ou, pelo menos, alguns critérios a ser adotados.

Segundo BRAUNSCHWEIG (1996), são várias as abordagens que podem ser ou estão sendo aplicadas para diferenciação entre intervenção relevante e não relevante, a saber:

- Baseadas em resultado;
- Baseadas em legislação;
- Baseadas nas relações entre fluxo de emissão antropogênico e geogênico;
- Baseadas na disponibilidade de dados do processo.

Um problema apontado por grupos de pesquisa relacionados a intervenções lembra que não basta escolher corretamente quais os impactos que são ou não relevantes, há ainda a necessidade de coletar dados apenas das intervenções que interessam ao estudo – tarefa que não é simples.

De acordo com BRAUNSCHWEIG (1996), a diferenciação entre as intervenções só é útil caso seja possível identificar quais impactos são desnecessários para o estudo de ACV em questão antes que os dados sejam coletados. E, para isso,

propõe um processo/ alguns cálculos para estimar os valores a partir dos quais uma intervenção é relevante ou não. Os passos são os seguintes:

1. determinar quantitativamente o montante de entradas e saídas do processo ou sistema sob investigação;
2. calcular pontuações provisórias dos efeitos para as entradas e saídas de maior volume;
3. calcular para essas intervenções o fluxo de massa que seria necessário para elevar essa pontuação provisória em 1%;
4. se o valor resultante (do fluxo de massa) for tão grande que a quantidade de entradas/ saídas do processo sob análise possa ser tomada como menor, então é possível concluir-se que essa intervenção não será de interesse para a ACV, não sendo preciso coletar a totalidade e detalhes dos dados do processo.

É pertinente lembrar que o resultado entre intervenções de interesse ou não para o processo/ sistema em estudo, dependerá do método de análise escolhido, podendo, portanto, haver resultados diferentes para metodologias distintas.

A adoção do tipo de estimativa proposta, permite a redução do tempo de coleta de dados antes mesmo de recorrer-se ao inventário de dados de base, poupando tempo e, assim, possibilitando um análise mais criteriosa e refinada dos dados adquiridos – o que indubitavelmente conferirá maior confiabilidade nos resultados de uma ACV.

5.4.5 Eco-eficiência: crítica à ferramenta de análise de ciclo de vida.

Eco-eficiência de uma ferramenta de gestão ambiental pode ser medida pela divisão entre os custos econômicos e os benefícios ecológicos provindos da aplicação de tal ferramenta (SCHALTEGGER, 1996b). Ainda segundo esse autor, os benefícios de um aplicativo com tais propósitos são demonstrados pela habilidade de proporcionar informações precisas e representativas e dar suporte às decisões que repercutam em ganhos ecológicos.

Há, contudo, situações em que não é possível realizar medidas em unidades monetárias: quando aproximações no sentido de apurar-se efeitos atuais e potenciais do meio ambiente podem ser quantificados em unidades físicas. Ainda assim, a magnitude e natureza – positiva ou negativa – dos impactos ambientais podem continuar sob questionamento.

Na mesma publicação em que SCHALTEGGER organiza os estudos sobre as considerações e/ou os pontos fundamentais para estruturação e elaboração de uma ferramenta com finalidade de fazer uma análise completa do ciclo de vida de um produto, o mesmo SCHALTEGGER (1996b) levanta algumas indagações sobre a eco-eficiência de uma ACV. Fator que depende não apenas dos efeitos positivos potenciais, mas dos efeitos reais da aplicação dessas, incluindo custos.

A discussão proposta por esse autor ressalta a distância entre conseguir uma ferramenta com todas as características desejadas (que contemple todos os impactos ambientais de todo o ciclo de vida do produto) e consegui-la a um preço aceitável e viável para comercialização e uso. Entre alguns dos maiores problemas que acarretam em custos exorbitantes, estão:

- Aquisição de dados de processos prévios e anteriores;
- Falta de precisão e incerteza dos dados adquiridos;
- Consideração de intervenções ambientais com diferentes impactos espaciais;
- Falta de um método científico seguro e confiável para analisar os impactos ambientais.

A dificuldade em adquirir dados que estejam longe do processo em análise é bastante grande e é, certamente, um processo bem dispendioso. O usuário da ACV precisaria contar com a total cooperação e boa vontade dos fornecedores externos e de seus consumidores, que precisariam estar amplamente motivados para coletar os dados necessários (SCHALTEGGER, 1996b).

Uma opção para driblar a dificuldade da coleta de dados é a utilização de dados de inventário de base, que, normalmente, devem ser providos por instituições públicas. A crítica e ressalva a essa prática é, todavia, a externalização dos custos dos usuários diretamente interessados aos pagadores de impostos (contrariando o

princípio do poluidor-pagador). Sem mencionar a perda, ainda maior, da qualidade e confiabilidade das informações coletadas.

Em congruência com a discussão sobre a necessidade de considerar o espaço para medir e/ou avaliar os impactos causados meio ambiente, é feita mais uma crítica à implantação de uma ACV – a agregação de intervenções ambientais baseadas em números de emissão local sem levar em conta os diferentes impactos ou potenciais impactos que possam ser causados no meio, se consideradas as suscetibilidades desse.

SCHALTEGGER (1996b) cita ainda alguns outros problemas nas ferramentas de ACV que acarretam na inadequação de seu uso para o propósito a que se destina. A saber:

- ACV é requerida como um campo de pesquisa interdisciplinar, que requer pesquisadores especializados que, por sua vez, induzem a um método de desenvolvimento da ferramenta que é toda compartimentada, e desta forma, torna-a bem mais complexa;
- Por estar ainda sob desenvolvimento, há mudança constante de métodos, o que cria inconsistências e impede o uso para comparação entre produtos e entre períodos de tempo diferentes;
- O número de detalhes envolvidos eleva muito os custos de aplicação.

Enfatizando seu parecer em relação a ACV, SCHALTEGGER (1996b) escreve: “Os custos de uma economia ou empresa não se resumem a custos diretos, mas a maioria deles são custos de oportunidade. Devido a isso, a ineficiência de uma ferramenta de ACV é especialmente óbvia quando comparada com experiências práticas dos resultados positivos da utilização de outras ferramentas de gerenciamento tais como: auditoria ambiental, eco-controle, Qualidade Total do Gerenciamento Ambiental, etc.” Complementa ainda: “Apesar dessa última ferramenta citada encontrar-se ainda em desenvolvimento, ela já criou e trabalha com informações específicas, e, portanto, mais confiáveis e precisas”

Se trabalhar com dados de uma localidade especificamente é vantajoso, à medida que proporciona a aquisição de dados com qualidade de acordo com o requisitado, pensar o gerenciamento de uma organização, voltando-se apenas às suas

características isoladamente da relação com fornecedores e clientes (os pré e pós responsáveis de seus produtos), implica na perda da visão sistêmica necessária ao encontro do fundamento básico da criação de qualquer uma dessas ferramentas/ aplicativos/ estratégias de gerenciamento/ etc.: a adequação ambiental do processo produtivo e transformador do meio.

Talvez a afirmação categórica do referido autor se deva ao fato de ferramentas gerenciais, como a Qualidade Total do Gerenciamento Ambiental, estarem ainda sob desenvolvimento na ocasião de sua comparação, impossibilitando uma avaliação com maior propriedade de causa. Certamente as demais ferramentas têm seu valor e importância, mas não servem como substitutas de uma análise de ciclo de vida – atividade que acompanha todas as etapas do desenvolvimento, produção, manutenção e disposição do produto, coletando dados e analisando.

Se a dificuldade de juntar todos os dados necessários para esse processo é enorme o que muitas vezes pode encarecer, a ponto de tornar o processo proibitivo, é importante que não se perca de vista que o uso de controle ecológico sozinho, ou somente de uma auditoria ou da implantação de um sistema de gerenciamento ambiental, não resolve o problema como um todo – apenas parte(s) dele. E, para que isso seja corrigido, é necessário que todas essas abordagens e ferramentas se conectem, completando-se; tarefa que por sua vez, não é menos trabalhosa do que a obtenção de dados precisos e “baratos”, necessários à implementação de uma ACV.

Voltando às observações de ressalva do autor em estudo, tem-se que do ponto de vista ecológico, SCHALTEGGER (1996b) afirma que a abordagem da ACV tende resultar em pareceres não representativos (quando se baseiam em dados de inventário) e questionáveis (quando se assume intervenções globais para impactos gerados localmente em diferentes locais). O uso de dados de inventário, segundo o autor, pode acarretar tomada de decisão equivocada, já que as informações de pré e pós etapas não são representativas e não têm qualidade.

Quanto à afirmação de que a análise de ciclo de vida se torna questionável, o autor, justifica-a exemplificando que há agregação de intervenções com impactos locais, para utilização em uma esfera maior, muitas vezes, em ecossistemas com características diferentes. Essa prática dá razão às críticas do autor de que a ACV é questionável. Em se lembrar que impacto ambiental é definido por seus efeitos

reais em um ecossistema e habitantes específicos, e que cada ecossistema tem sua localização e todos os problemas ambientais têm sua dimensão espacial, dos quais muito poucos se estendem para todo globo, tem-se outras evidências que a determinação de intervenções deve observar a abrangência que ela podem ter.

Considerando-se a explicação do autor, fica evidente que sua proposta para utilização de ferramentas de gerenciamento – como as de qualidade total – não teriam acontecido, caso já estivesse transparente que elas não estariam considerando a questão das particularidades do espaço, isto é, das suscetibilidades do meio, o que na prática acontece.

5.4.6 Considerações sobre ferramentas de Análise de Ciclo de Vida

A elaboração de um aplicativo para analisar o ciclo de vida de um produto sofre uma série de ressalvas e incisivas críticas, ao passo que estes são destinados a apresentarem soluções para a implantação de produtos verdes e/ou melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa que o esteja utilizando. Esses 'poréns' se devem basicamente à dificuldade de obter-se dados de qualidade e aos elevados custos que representam para a organização.

A definição e adoção de padrões claros de contabilidade ecológica é uma recomendação feita para possibilitar a comparação de resultados entre firmas e em diferentes períodos de execução.

Exemplos desses padrões defendidos por SCHALTEGGER (1996b), são os sistemas de gerenciamento ambiental como EMAS, BS 7750 e ISO 14000. Segundo o referido autor, esses podem incentivar as empresas a fazer sua contabilidade ecológica assim como garantir a qualidade e consistência de dados produzidos nas plantas industriais.

É importante que fique claro, contudo, que normas de padronização como a série ISO 14000 são desejadas para a obtenção dos dados necessários à alimentação de uma ACV, em detrimento dos dados coletados por instituições públicas e mantidos em arquivos gerais, por assegurarem um resultado de informações mais fiéis à realidade e mais atuais. Isso não deve, no entanto, ser encarado como uma possibilidade de substituição da ferramenta para análise de ciclo de vida.

A análise de ciclo de vida pode, sim, ser de difícil construção, já que envolve um vasto arquivo de dados, que precisam ser atuais e detalhados, e por isso torna-se bastante dispendiosa. Mas em nenhum momento, ao estudar-se as normas de padronização como a ISO 14000 (a mais largamente implementada hoje em todo mundo), pode-se afirmar que são preferíveis a uma ACV em se tratando de incentivo à melhoria da qualidade e desempenho ambiental.

É possível que ambas convivam e assumam seus diferentes e específicos papéis dentro de uma mesma organização, porém afirmar, ao analisar-se a situação hoje, que uma ferramenta possa ser utilizada em substituição da outra é absolutamente incoerente. Mesmo porque as normas de padronização têm sido empregadas como instrumento de auxílio à implantação de um sistema de gerenciamento ambiental (SGA) em bases gerais, não como ferramentas de apoio à decisão entre um processo/ material/ insumo e outro com a finalidade de agir em pontos específicos de melhoria do desempenho ambiental da empresa.

Entre as estratégias propostas para melhoramento de ferramentas de análise de ciclo de vida, a que mais parece coerente às críticas efetuadas aos atuais aplicativos é a de realizar-se a ACV para uma fábrica/ uma planta industrial específica. Segundo SCHALTEGGER (1996b), os dados de entrada de uma ACV precisariam ser coletados especificamente, gravados e auditados para cada planta de toda empresa.

Uma solução bastante enriquecedora seria a criação de uma rede de interação, em que os dados de emissões, gastos de energia e material, possibilidades de tratamento e resultados obtidos com implementações de diferentes sistemas, etc. fossem disponibilizados e intercambiados entre as organizações interessadas.

Esses dados poderiam ser úteis para alimentar um banco de dados de um *software* que se destina a analisar o ciclo de vida dos produtos. Poderiam ser trocadas ainda informações sobre métodos utilizados para análise dos impactos observados.

Em SCHALTEGGER (1996b), tem-se um parecer bastante favorável sobre os custos que estariam embutidos na coleta de dados, de acordo com o sugerido anteriormente. Ele diz que economicamente é muito mais inteligente encorajar os "atores econômicos" a coletar os dados necessários individualmente do que promover uma aquisição coletiva de dados de pré e pós etapas do processo como

é feito com os dados de inventário de base. O que significa que cada indústria seria responsável pelo dimensionamento de seus impactos ambientais e, depois, segundo o mesmo autor, seria possível usar um canal de informações bem estabelecido entre todas as organizações.

É certo que tal prática requereria, antes de mais nada, uma situação de cooperação e confiança entre as empresas participantes e contratantes. O resultado seria, sem sombra de dúvidas, uma maneira menos dispendiosa de obter-se dados com os quais poder-se-ia trabalhar de forma mais realística, já que lidar com situações hipotéticas ou prováveis na área ambiental representa correr risco de se cometer erros graves. Isso se deve ao grande número de variáveis, da subjetividade que acomete muitas delas e da complexidade da teia de inter-relação das mesmas.

Na opinião de SCHALTEGGER (1996b), o encorajamento do desenvolvimento de um sistema, dessa maneira, passaria pelo incentivo de auditagens, contabilidade ecológica de cada planta especificamente, assim como o estabelecimento de cooperação entre fornecedores, produtores e clientes (formando uma aliança estratégica) para conseguir-se dados de plantas auditadas de todas as fases de produção do ciclo de vida do produto.

A abordagem vigente das ferramentas de análise de ciclo de vida é defendida por alguns sob a argumentação de que suas técnicas repercutem em benefícios para o meio ambiente, que o inventário de dados de base pode ser melhorado e expandido para uma gama de materiais maior e, ainda, ser atualizada com freqüência através de técnicas avançadas de computação, a realização de análise de impacto ambiental que leve em consideração métodos de classificação e caracterização do meio, bem como aspectos sócio-políticos. E defendem, ainda, a necessidade de prover melhor educação sobre ACV de nível gerencial, proporcionando/ ajudando a manter os gerentes atualizados sobre as inovações de ACV e, principalmente, do inventário de dados de base.

O sistema de captação de dados centralizado, assim como o uso de dados que representam a média dos dados fornecidos pelas indústrias (os dados de inventário de base) são alvos constantes de severas críticas e precisam ser re-elaborados.

Outra crítica a essa abordagem é o uso de métodos de análise que não considerem a cultura político-social e os problemas tidos como prioritários pelos *stakeholders*.

Tão relevante é a desconsideração das diferenças espaciais e das diferenças do local no tempo. Para qualquer análise, como já foi observado em outros pontos desta dissertação, é preciso considerar-se os aspectos geográficos do local.

6. Matriz de Interesse – Motivações para a Adequação Ambiental

6.1 Definição de *Stakeholder*

Em FREEMAN (1984), tem-se a definição de *stakeholder* como “um indivíduo ou grupo que tenha um ou mais interesse (no sentido de preferência, prioridade) em um negócio. *Stakeholders* têm o potencial de interação ou troca de influência em duas mãos, por isso pode ser encarado como qualquer indivíduo ou grupo que pode afetar ou ser afetado por ações, decisões, políticas, práticas ou objetivos de uma organização”.

Ainda segundo esse autor, os aspectos que motivam as requisições dos *stakeholders* são um interesse, um direito (legal ou moral) ou uma propriedade.

Faz-se, ainda, a separação entre *stakeholders* primários, que são aqueles que possuem uma relação formal, oficial ou contratual com a empresa (proprietários, empregados, fornecedores e consumidores) e os secundários, que são todos os demais (grupos da comunidade local, grupos com algum interesse especial, grupos de consumidores, mídia, sociedade como um todo, grupos ambientais, competidores).

6.2 Motivações para a Adequação Ambiental

Devido às pressões, cada vez mais incisivas, vários executivos estão tendendo a embarcar em alguma espécie de onda ou ativismo ambiental que compreendam algumas ações isoladas, mas sem um plano de direcionamento claro

(SCHALTEGGER & STURM, 1996). Essa prática acarreta na formulação de uma política ambiental em que não estão contemplados os desejos mais relevantes dos *stakeholders*, ou ainda, não são levados em consideração os *stakeholders* que maior ou mais diretamente influenciam no negócio ou nas atividades da companhia.

A primeira consideração que deve ser feita é: quem são os atores que influenciam o negócio. A partir de então, podem ser definidas, com mais propriedade, as estratégias da empresa e sua política ambiental.

Considerando-se que um futuro próspero (e/ou sustentável!) de uma companhia significa ater-se às requisições de grupos de interesse, essas devem ser observadas antes que seja tomada qualquer decisão e traçado qualquer tipo de planejamento. ALTING (1996) apresenta o seguinte estudo no formato de uma tabela-resumo.

Tabela 11: Expectativas da sociedade divididas segundo os diferentes grupos de interesse.

Grupos de interesse	“Valores”/ requisições
Acionistas	1. Economia – dividendos; 2. Investimento seguro; 3. Imagem positiva, bom local de trabalho, comportamento ético e responsável.
Clientes	1. Qualidade, preço e estabilidade; 2. Responsabilidade pelo meio ambiente, seus recursos e pela saúde; 3. Imagem positiva e comportamento ético.
Fornecedores	1. Estabilidade econômica; 2. Produtos que dêem aos fornecedores boas referências (saúde, meio ambiente e recursos)
Funcionários	1. Local de trabalho bom e estável; 2. Contribuição positiva à comunidade local e internacional; 3. Comportamento ético (valores aceitáveis)
Comunidade local	1. Contribuição econômica; 2. Saúde ambiental e responsabilidade pelos recursos; 3. Comportamento ético, contribuição para o orgulho da comunidade local.
Grupos/ organizações de interesse	1. Responsabilidade pelo meio ambiente, seus recursos e pela saúde; 2. Comportamento ético
Nacionais	1. contribuição econômica; 2. Responsabilidade pelo meio ambiente, seus recursos e pela saúde; 3. Comportamento ético, imagem positiva e contribuição para despertar o orgulho da comunidade/ país.
Grupos de interesse	“Valores”/ requisições
Internacionais	1. Fortalecimento do economia; 2. Responsabilidade pelo meio ambiente, seus recursos e pela saúde; 3. Comportamento ético; 4. Contribuição positiva para cultura de sustentabilidade industrial

Fonte: ALTING, L. (1996).

Reforçando a importância de ater-se às requisições dos diferentes grupos de interesse (*stakeholders*), serão apresentados também os resultados de um estudo realizado como primeira etapa do projeto *CLEAN*, idealizado e elaborado pelo instituto e pesquisa alemão WZL (*Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre*) da RWTH- Aachen.

6.2.1 O projeto *CLEAN*

O projeto *CLEAN* compreende os seguintes objetivos:

- Transformar uma estratégia econômica e objetivos ambientais em processos operacionais de negócios;
- Assistência ao desenvolvimento de alternativas de produto e processos no escopo de engenharia de ciclo de vida;
- Aplicação de avaliação de alternativas de processos e produto no escopo e objetivos econômicos e ambientais;
- Banco de dados comum e universal para diferentes produtos, processos e tecnologias.

Esses objetivos pretendem ser alcançados através do desenvolvimento subsequente de quatro módulos de atividades, a saber:

- Sustentabilidade Aplicada

As diretrizes dessa fase inicial englobam a definição dos objetivos operacionais nos quais o desenvolvimento sustentável de produtos devem ser estabelecidos. Deve ser realizado, ainda, um estudo dos impactos no meio ambiente, econômico e ético-social do produto durante todo o seu ciclo de vida.

O resultado deveria ser apresentado em forma de uma Lista de Requisições para a Sustentabilidade, onde alguns dos elementos dessa lista poderiam ser traduzidos em indicadores de desempenho para o desenvolvimento do produto.

O objetivo final dessa etapa é integrar, a esse estudo, a visão de sustentabilidade dos detentores do capital, viabilizando, assim, o apoio aos procedimentos nos requisitos atuais de companhias em ambos os níveis – estratégico e operacional.

- Projeto de Ciclo de Vida

Nessa fase é dispensada especial atenção para que o desempenho ambiental de um produto seja incluído já nas primeiras etapas do desenvolvimento. Desde a conceituação do produto essas variáveis devem ser consideradas, já que é esse o momento em que as mais importantes decisões são tomadas.

O processo de escolha deve permitir a comparação entre soluções alternativas de solução de produtos ou, ainda, das diferentes cadeias de processos.

- Aplicabilidade do Ciclo de Vida

Essa terceira etapa pode ser tida como a “espinha dorsal” do projeto.

Deve ser tarefa dessa fase o mapeamento ou construção de uma caixa de ferramentas que tenha aplicativos destinados ao ciclo de vida. Essa caixa deve atuar em diferentes níveis de um produto ou de tecnologia específica e permitir um diferente nível de detalhamento na aplicação da análise do ciclo de vida.

Esse instrumento de modelagem de ciclo de vida é visto como especialmente importante para a análise de produtos compostos de vários materiais e componentes diferentes.

A grande necessidade apontada para justificar o desenvolvimento de tal ferramenta, que permita ao usuário a modelagem de requisições de complexidade de produto e, simultaneamente, trace as fontes dos diferentes impactos do produto em todo o seu ciclo e ainda inclua os custos pertinentes a esses impactos, é algo inovador, ainda não disponível no mercado.

- Desenvolvimento de Tecnologia

Compreende, em primeiro lugar, a investigação e melhoria do processo de ciclo de vida; e, depois, a criação de uma base de dados que contenha todas as características técnicas, econômicas e ambientais de cada processo.

O objetivo maior é, portanto, consolidar as várias tecnologias para serem implementadas em um processo específico de ciclo de vida e enriquecer o banco de dados com as características da nova tecnologia.

6.2.2 Resultados apresentados ao projeto *CLEAN* e usados como embasamento de discussões do presente trabalho

Os resultados do estudo realizado para o projeto *CLEAN*, são apresentados neste ponto do presente trabalho por contribuir para a identificação dos grupos de

interesse mais exigentes, no que tange à questão ambiental, bem como destacar as principais requisições desses diferentes *stakeholders*.

A investigação desses tópicos é apresentada através de uma lista de requisições para garantir a sustentabilidade de um levantamento da visão dos *stakeholders* e da elaboração de um inter-relacionamento das requisições apresentadas, possibilitando a definição de objetivos para a indústria, orientados para atender o paradigma da sustentabilidade.

Os principais *stakeholders* das indústrias em relação ao meio ambiente, relacionados por esse estudo, são:

- (1) empregados;
- (2) proprietários;
- (3) clientes;
- (4) fornecedores;
- (5) investidores;
- (6) competidores;
- (7) governo;
- (8) legisladores;
- (9) grupos ambientalistas;
- (10) sociedade como um todo;
- (11) comunidade que vive próxima da instalação industrial;
- (12) mídia.

As principais requisições apresentadas por esses *stakeholders*, segundo as mais freqüentes aparições em publicações – mídia ou científica, são as seguintes:

- a. reciclagem;
- b. auditoria ambiental;
- c. estabelecimento de parques públicos, áreas verdes e locais agradáveis para lazer;
- d. preservação de recursos naturais;

- e. saúde e segurança do trabalho, processos e meio ambiente;
- f. processos limpos;
- g. processos que economizam energia e combustíveis;
- h. controle de emissão de N;
- i. controle de emissão de P;
- j. controle de emissão de C, CO e CO₂;
- k. controle de emissão de S;
- l. controle de emissão de metais pesados;
- m. embalagens ambientalmente amigáveis;
- n. rótulo verde (produto);
- o. certificação ambiental (processo);
- p. estudo de impacto ambiental de localização industrial;
- q. estudo de impacto ambiental de atividades industriais;
- r. estudo de impacto ambiental da desativação de atividades industriais;
- s. estarem certos de que as legislações e regulamentações ambientais estão sendo respeitadas;
- t. sistemas apropriados de acondicionar resíduos perigosos;
- u. transporte apropriado de resíduos perigosos;
- v. melhor ou mais apropriado tratamento de resíduos;
- w. disposição apropriada de resíduos perigosos;
- x. controle de aterro sanitário;
- y. preservação da biodiversidade;
- z. cessar o desflorestamento.

O relacionamento entre os *stakeholders* e suas respectivas requisições aponta a seguinte tabela, onde estão identificadas quais as exigências de cada grupo de interesse especificamente. O resultado foi o seguinte:

Tabela 12: Relacionamento entre *Stakeholders* X Requisições às indústrias quanto a questão ambiental.

	1 empregados	2 proprietários	3 clientes	4 fornecedores	5 investidores	6 competidores	7 governo	8 legisladores	9 grupos amb.	10 sociedade	11 vizinhança	12 mídia
a. reciclagem	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
b. auditorias ambientais					*	*	*	*	*	*	*	
c. parques públicos	*		*						*	*	*	*
d. preservação recursos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
e. saúde/segurança trabalho	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
f. processos limpos	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
g. proc. economia energia		*			*		*	*	*	*	*	*
h. N controle emissão		*			*	*	*	*	*	*	*	*
i. P controle emissão		*			*	*	*	*	*	*	*	*
j. C controle emissão		*			*	*	*	*	*	*	*	*
k. S controle emissão		*			*	*	*	*	*	*	*	*
l. emissão metais pesados		*			*	*	*	*	*	*	*	*
m. embalagens amb. adeq.			*	*		*	*	*	*	*		*
n. rótulo verde	*	*	*	*	*				*			
o. certificação ambiental	*	*	*	*	*				*			
p. EIA localização indústria					*	*	*	*	*		*	*
q. EIA atividade industrial					*	*	*	*	*		*	*
r. EIA desativação ativ. ind					*	*	*	*	*		*	*
s. aplicação da legislação					*	*	*	*	*		*	*
t. acondicio. res. perigosos		*		*			*	*	*		*	*
u. transporte mat. perigoso		*	*	*			*	*	*		*	*
v. tratamento de resíduos		*		*			*	*	*		*	*
w. disposição res. perigosos		*	*	*			*	*	*		*	*
x. controle aterro sanitário		*					*	*	*		*	*
y. preserv. biodiversidade			*				*	*	*	*	*	*
z. parar desmatamento			*		*		*	*	*	*	*	*

Dessa correlação tem-se que os *stakeholders* que mais exigem das organizações, em questões relacionadas ao meio ambiente, são:

- Grupos ambientalistas;
- Mídia;
- vizinhos da instalação industrial;
- proprietários;
- investidores;
- governo e
- legisladores.

As requisições mais freqüentemente encontradas são:

- preservação dos recursos;
- reciclagem;
- saúde e segurança do trabalho;
- processos limpos e
- controle de emissões.

Esse tipo de análise, em que é apurado o que a sociedade demanda em todos seus grupos de interesse, apesar do seu caráter qualitativo e subjetivo implícito, é interessante que seja realizado anteriormente à definição de uma estratégia organizacional e da política ambiental de uma organização. Estudos dessa natureza ajudam a direcionar as ações e metas de empresas que buscam respeitar interesses do maior número possível de *stakeholders*.

Tendo em vista o fato de que muitos dos requisitos certamente se influenciarão positivamente e outros, contudo, apresentarão naturezas divergentes, torna-se importante a elaboração de uma tabela que relacione todas as exigências dos diferentes atores.

Em caso de exigências que possuam mesma natureza, ou seja, a implantação de uma oferece uma facilidade ao acontecimento da outra, não há grande problema ou ressalva a ser levada em conta. Porém, para os casos de requisições que sejam

Legenda

-  Convergentes (requisitos de mesma natureza que se influenciam positivamente)
Ex: **p** (EIA de atividade industrial) X **b** (auditoria ambiental): a implantação de um influência direta e positivamente na execução do outro.
-  Não necessariamente ou diretamente relacionadas
Ex: **n** (rótulo verde de produto) X **m** (embalagens ambientalmente ‘amigáveis’): a obtenção do rótulo verde não está vinculada, necessariamente, ao tipo de embalagem utilizada.
-  Divergentes (requisitos com podem ser mutuamente excludentes)
Ex: **v** (melhor ou mais apropriado tratamento de resíduo) X **g** (processo que economize energia e combustível): muitas vezes os processos de tratamento de efluentes têm grande demanda de energia.
-  Infelizmente não relacionados
Ex: **o** (certificação ambiental) X **p** (EIA de localização industrial): apesar da localização industrial ser muito importante para a garantir adequação ambiental os sistemas de gerenciamento ambiental, que visam a ajudar nessa adequação não a mencionam como requisito.

6.3 Análise Econômica

↓
Conscientes que até mesmo nos dias de hoje a única linguagem comum compreendida pelos detentores do capital e dos recursos econômicos ainda é a geração de lucro (monetariamente falando), a implementação de um modelo que conjugue benefícios financeiros ao desenvolvimento de atividades ambientalmente viáveis é, se não a única, a mais persuasiva maneira de se fazer perceber que a viabilidade ambiental deve ser considerada condição essencial no processo decisório.

↓
Para tanto, a análise econômica, através de qualquer um de seus métodos de aplicação (valor presente líquido, custo anual uniforme, benefício líquido anual uniforme, taxa interna de retorno, “pay-back”), tem se mostrado a ferramenta mais utilizada, a que maior número de interlocutores encontrou junto às empresas, para justificar investimentos em projetos voltados à melhoria ambiental.

↓
Adequar uma atividade produtiva ambientalmente implica, em primeira instância, em eliminar ou prevenir poluição, o que por sua vez, requer, em muitos casos, mudança de processo – medida que raramente é simples ou pouco dispendiosa. Quando esse é o caso, é necessário computar na “contabilidade” geral do sistema produtivo, aspectos mais subjetivos (como imagem da empresa, diminuição do valor do produto que o consumidor se dispõe a pagar, etc...) e questões de ética e respeito pela vida e bem comum (ambientes/ ecossistemas naturais e espécies de fauna e flora).

O tradicional método usado para computar-se os custos não considera tais variáveis. De acordo com KAPLAN & NORTON (1997), o ideal para um modelo de contabilidade financeira seria que ele se ampliasse de modo a incorporar a avaliação dos ativos intangíveis e intelectuais de uma empresa, como produtos e serviços de alta qualidade, funcionários motivados e habilitados, processos internos eficientes e consistentes e clientes satisfeitos e fiéis.

Ainda segundo esses autores, a avaliação dos ativos intangíveis e capacidades da empresa seria particularmente útil, visto que, para o sucesso das empresas da era da informação, eles são mais importantes do que os ativos físicos e tangíveis.

Quando eleitos como solução plausível, os sistemas de remediação de poluição e qualquer outro dano, anteriormente externados ao meio, deve-se manter em mente que, por mais que em um primeiro momento a análise econômica os aponte como a melhor opção, podem estar embutidas conseqüências que podem vir a desencadear significativa elevação de custos.

Atestando o que foi afirmado, tem-se em BARBIERI (1997), que, segundo documento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, PNUMA (1993)⁷, quando uma solução do tipo *end-of-pipe* é adicionada a um sistema industrial, os danos ambientais se reduzem imediatamente, mas que essas soluções elevam os custos sociais e privados. Além de tratar-se de uma reação reativa e seletiva.

Tendo por objetivo abranger essas situações, entre as quais algumas representem oportunidades concretas e imediatas de estímulo à adoção dos mecanismos que

⁷ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). *Cleaner production worldwide*, Pnuma, 1993.

possibilitem a adequação ambiental em manufatura, acrescidos de algumas outras discussões que abrangem situações em que, apesar de uma análise econômica desfavorável à implantação de mudanças, podem haver reais motivos para realização da modificação.

6.3.1 Análise econômica resultando em parecer positivo à implantação de modificação de processo, material ou estratégia de maneira genérica

A melhor maneira de persuadir a implantação de estratégias/ políticas que promovam a mudança da conduta empresarial em relação às suas atividades, especialmente aquelas que causam impacto ambiental negativo, é a prova efetiva de que seus esforços e investimentos retornarão, direta ou indiretamente, na forma monetária para a organização. Tendo esse fato em vista, serão apresentados alguns dos “argumentos” que maior resultado trazem nesse sentido e devido aos quais a esmagadora maioria dos processos de mudança buscando incremento da questão ambiental ocorreu.

6.3.1.1 Economia de recursos oriunda da adaptação ou substituição de materiais e/ou processos produtivos

Pensar em investir em melhoria do desempenho ambiental é bastante óbvio e imediato quando isso reflete em redução de custos (seja pela economia de recursos ou pela dispensa de manuseio e disposição de resíduos), do aumento da capacidade do processo ou ainda da melhoria da qualidade do sistema.

Considerando-se, por exemplo, que economizar energia tem papel igualmente importante para economia da empresa e para o meio ambiente que estará recebendo um demanda menor de recursos – posto que a produção de energia que consumimos hoje, com exceção de alguns poucos processos ainda em estudo/ desenvolvimento ou teste, são consumidores de recursos naturais ou produzem grande impacto no meio – certamente esse é um dos principais focos da pesquisas/ procura de inovação industriais.

↙
Pensando-se no aproveitamento parcial de qualquer que seja o material/ matéria-prima utilizada, isso se constitui, da mesma forma, em um aumento dos gastos desnecessariamente. Essa prática de não otimizar o uso dos recursos acaba por acarretar ainda, sobras que, dependendo do tratamento que receberem, poderão tornar-se mais uma fonte de saída de recursos financeiros ou poluição do meio. Cabe apenas uma observação, entretanto, a essa afirmação: isso pode não ser verdade em alguns casos específicos. Casos, esses, nos quais a empresa teve o cuidado de fazer um estudo de localização, estando propriamente situada de acordo com seu tipo de atividade e características do meio escolhido.

↪ Fortalecendo a idéia anterior, PORTER & LINDE (1995) afirmam que poluição é sinônimo de ineficiência e, freqüentemente, é uma forma de desperdício econômico. Os autores justificam argumentando que o descarte de resíduos, substâncias perigosas ou qualquer forma de energia é um sinal claro de que houve mau uso – uso incompleto, ineficiente ou ineficaz – do recurso. Não bastante, companhias têm de fazer desembolsos para manusear, estocar e dispor esse “excedente” do processo.

Esses autores chamam a atenção ainda para o fato de que a poluição revela falhas no projeto de produtos ou do processo, e que, portanto, essas falhas podem ser corrigidas pelo uso de insumos mais eficientes, pela eliminação da necessidade dos insumos considerados perigosos e de materiais de difícil manuseio, além de eliminar atividades não essenciais.

↙
Essas recomendações já direcionam a uma mudança mais profunda no processo – o que é, muitas vezes, a única solução com resultados satisfatórios, mas, ainda assim, ignorada. Muitas vezes a opção é por investir-se em soluções como a minimização das sobras até o ponto em que isso não requeira modificação muito substancial de estrutura e processo. Nesses casos, a solução comumente adotada é a de tratamento dos resíduos gerados.

Alertando para os riscos dessa conduta, em GEFEN (1995), tem-se que as tecnologias do tipo *end-of-pipe*, pelo fato de estarem direcionadas especificamente para atender regulamentações existentes, nem sempre fornecem o nível de proteção requerido quando as regulamentações se alteram. Assim, a longo prazo elas se tornam desproporcionalmente mais dispendiosas para a empresa do que as tecnologias de prevenção da poluição.

O que conduz à conclusão de que fatores, os quais têm incitado a adoção de mecanismos e condutas que viabilizam a busca da adequação ambiental, estão vinculados a vantagens econômicas imediatas, isto é, mesmo que não houvesse o apelo ambiental seriam medidas que certamente teriam respaldo para implantação.

Em uma visualização de vantagens menos diretas, há incorporação de mudanças de conduta e processos que produzem poluição e/ou desperdícios, mas primeiramente, por acreditar-se que essa geração de “produtos” indesejáveis significa perda de lucro ou ainda de capacidade competitiva. Analisando-se, apenas por esse ângulo de visão, é freqüente culminar-se na adoção de medidas que não se manterão como melhor opção financeira por longo período.

Dados essas constatações, é prudente que sejam levadas em consideração possibilidades de aumentar seu lucro através de aumento da competitividade, que segundo PORTER & LINDE (1995), pode se dar através da produção mais eficiente dos produtos existentes ou por torná-los mais valiosos/ atrativos aos olhos dos consumidores (o que ocorre quando esses se convencem de que devem pagar mais, dada a produção com cuidados ambientais). Essa discussão será, todavia, continuada e expandida nos próximos itens.

6.3.1.2 Papel da legislação e das regulamentações na incorporação dos mecanismos de adequação ambiental em manufatura

Entre os argumentos que levam uma organização a adotar políticas e estratégias de cunho ambiental, o fator legislação e regulamentações ainda ocupa lugar de destaque. Pode-se afirmar que a totalidade dos programas ambientais implementados e/ou mudanças significativas com vertente ambiental promovidas nas companhias, se devem ou à imposição legal ou à constatação, através de um método de análise econômica, de que o investimento necessário seria retornado/ traria vantagens em um espaço satisfatório de tempo – fato já discorrido nas seções anteriores.

Da Constituição Federal, Art. 225 (Título VIII: “Da ordem social”, Capítulo VI: “Do Meio Ambiente”) tem-se que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida,

impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Enquanto a sociedade não incorpora definitivamente o valor ambiental, a lei e as regulamentações têm um papel muito importante na motivação para que soluções ambientais sejam buscadas.

Prova da utilidade da lei em “induzir” ações pensadas e ambientalmente responsáveis foi a importância e repercussão que teve a lei no. 9.605/98. Essa lei, a de Crimes Ambientais, foi aprovada em fevereiro de 1998 mas sua regulamentação está se efetivando aos poucos. Muito da demora e das “negociações” entre governo e associações de indústrias são um reflexo claro de que, apesar de contidos na Constituição Federal, os valores ambientais não representam um valor arraigado para a sociedade como um todo.

Tem-se ainda na Constituição Federal, Art. 225, § 3º “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Quanto às sanções – grande alvo de discussão da lei 9.605/98 – a contribuição apresentada por essa lei é o suprimento do buraco negro na legislação *penal* relativa ao meio ambiente. Já havia, anteriormente a essa lei, legislação civil que coibisse ações contra o meio ambiente, mas essas eram praticamente ignoradas devido à falta de sanções penais que apresentassem conseqüências mais severas aos infratores.

Quando essa lei, que apesar de ter tramitado durante sete anos no congresso, foi trazida à luz, na opinião de MILARÉ (1999)⁸ continha defeitos inaceitáveis. Porém, o jurista apontou três pontos que a tornou fundamental:

1. Ter referendado o princípio da prevenção/ cautela/ prudência; isto é, segundo o disposto no art. 54, é possível haver repreensão pela simples iminência de ocorrer um dano. Risco iminente de dano já caracteriza o crime. (Prevenir é, na

⁸ MILARÉ, E. (1999). Em palestra proferida no SIMAI'99 – Seminário Internacional de Meio Ambiente Industrial. São Paulo, 13-15 out.

maioria das vezes, a única alternativa na área ambiental; e sem sombra de dúvidas, medidas preventivas são bem mais baratas do que mitigadoras).

2. Ter estabelecido crimes culposos! (até então somente por crime doloso - intencional – era-se chamado a responder). Crise dolosa nunca ocorre na área ambiental. O que ocorre é negligência.

3. Ter criado artifícios para responsabilização do verdadeiro infrator. ("delinqüente/ criminoso ambiental não existe").

Apesar de inegável a importância do papel da legislação para ajudar a "instaurar" a idéia de cuidado com o meio, sua aplicação ainda é bastante negligenciada. Tal afirmação pode ser confirmada em constatação do próprio poder público em palavras do promotor de justiça do meio ambiente de São Paulo, Daniel Fink: "muitas vezes o poder público revela um lado bastante descompromissado"⁹.

Há, entretanto, uma outra finalidade, melhor dizendo, a mesma finalidade porém focando diferentes agentes, estimulando a adequação ambiental em manufatura através da utilização de outros argumentos que não, diretamente, os valores sociais; mas, sim, usando estratégia de ação que 'apela' para a questão de competitividade para ganhar espaço. ↗

PORTER & LINDE (1995) ressaltam que suas pesquisas a respeito de competitividade têm evidenciado o relevante papel que pressões externas exercem em estimular companhias a buscar inovações na área de meio ambiente. E ainda, que há várias oportunidades de reduzir poluição através de inovações que reprojeta produtos, processos e seus métodos de operação. ↗

Esses mesmos autores chamam a atenção, ainda, para o fato de que algumas inovações têm sido estimuladas mais pelas regulamentações do que por exigência dos consumidores, apesar da demanda mundial estar priorizando cada vez mais o que se chama de "produtividade de recursos".

⁹ Fink, D. (1999). Em palestra proferida no SIMAI'99 – Seminário Internacional de Meio Ambiente Industrial. São Paulo, 13-15 out.

As regulamentações têm, portanto, a função de direcionar as inovações em produtos e processos para que essas venham à tona com as características de serem ambientalmente “amigáveis”.

As legislações e as regulamentações específicas elaboradas por órgãos públicos, contribuem para fomentar e estimular a adequação ambiental dos processos, guiando investimentos e evitando gastos desnecessários, e mal empregados. PORTER & LINDE (1995), nesse sentido, advertem que os “negócios” gastam muito de seus “dólares ambientais” lutando contra as regulamentações e não se esforçam o suficiente para encontrar soluções reais.

6.3.2 Análise econômica resultando em parecer desfavorável à implantação de modificação de processo, material ou estratégia de maneira genérica

Casos em que uma análise econômica é desfavorável não implica necessariamente que a mudança proposta não deve ser realizada. Em grande parte das situações isso representa, sim, um equívoco em, por exemplo, adotar-se uma abordagem de proteção ambiental que não considera todas as partes do processo. Ou ainda, não se ter computado as vantagens do investimento em uma realidade de competição futura bastante diferente daquela hoje vigente, mas que se anuncia com força e expectativa de que se instale em um espaço curto de tempo.

6.3.2.1 Perspectivas da capacidade de competição futura

Devido às mudanças de paradigma da sociedade como um todo, que começam a se firmar, a transformação do modelo de competição da indústria, anuncia-se como uma consequência direta.

A preocupação em prever e, mais do que isso, promover modificações em relação a indústria é bastante pertinente e necessária já que, segundo FISHER & SCHOT (1994) e BARBIERI (1997), um dos maiores consumidores de recursos ambientais e produtores de poluição e danos ambientais é a indústria de transformação (manufatura), tradicionalmente a base da atividade econômica.

Também e principalmente por se constituir a base da atividade econômica, há tanto interesse, especialmente por parte da própria indústria, em manter-se na vanguarda dos acontecimentos, pleiteando com outros segmentos que estão ganhando espaço, a garantia de seu posto no topo do poder econômico. Dada a grande demanda por estudos nesse sentido, há várias publicações que atestam as mudanças e alertam sobre medidas a serem tomadas.

Quanto às mudanças dos parâmetros competitivos para indústrias, FISHER & SCHOT (1994) discorrem que as transformações organizacionais devido a incorporação de valores ambientais devem acontecer a longo prazo. A preocupação com o 'verde' deve surgir mais devido a uma seleção e substituição, ou seja, uma criação e desintegração de organizações, do que devido a um rearranjo organizacional motivado pela consciência ecológica. A adaptação será amplamente determinada pelo ambiente externo que selecionará organizações ambientalmente apropriadas para sobreviverem.

E ainda de acordo com esses autores, alguns líderes empresariais agora reconhecem que as medidas de proteção ambiental têm se tornado e continuarão a ser uma influência crescente em como as companhias operam e, em alguns casos, no que elas produzem. Para algumas empresas, a onda de consumismo 'verde' significará novas oportunidade de negócio ou a necessidade de adaptações que culminarão em economia e incremento de lucro, ou, em uma outra vertente, acarretará em um aumento muito grande de custos para se adaptar aos novos padrões ambientais, levando, em casos extremos, ao fechamento.

Expandindo para um horizonte mais abrangente, o aviso de que é preciso adaptar-se aos novos paradigmas para ter competitividade e sobreviver, PORTER & LINDE (1995) afirmam que os países em desenvolvimento que se mantiverem presos a política e práticas de empregar métodos produtivos que desperdiçar recursos e de não respeitar padrões ambientais com a desculpa de que "é muito caro", estão condenados a permanecerem não competitivos e pobres.

Claro que nesse tipo de questão o autor desconsidera outros elementos, como as barreiras de mercado por razões de soberania e protecionismo que são impostas aos países em desenvolvimento e outros problemas da ordem: interesse em mantê-los dominados. De qualquer modo, vale o alerta de que não se deve, nem é pertinente, usar como argumento as, muitas vezes, altas somas necessárias ao

investimento em pesquisa e tecnologia voltadas à busca de soluções para problemas de cunho ambiental quer por países pobres ou qualquer porte e ramo de atividade de empresa.

Relacionado ao papel da indústria e demais órgãos regulamentadores, CANOSSA & SALOMÃO (1996) afirmam que: “As empresas e organismos têm compromissos para com o ambiente. Primeiro porque têm que atuar num quadro legal balizado pela legislação ambiental. Segundo, por uma motivação concorrencial, os clientes e consumidores estão cada vez mais predispostos a comprar e usar produtos e serviços que respeitem o ambiente desde a sua preparação, a partir de matérias-primas, até a sua fase de pós-consumo, estendendo-se até onde os produtos e serviços da entidade conseguem alcançar. Em terceiro lugar, por uma razão ética e de solidariedade está relacionada com a parte de responsabilidade das empresas e organismos para minimizar o impacto ambiental de suas atividades”.

Outros autores confirmam a necessidade de encarar-se meio ambiente e economia como ciências complementares, utilizando-se da economia para justificar os processos de mudanças com objetivos ambientais. Na afirmação que se segue, pode-se identificar isso. “(...) A economia e ecologia, estas duas disciplinas de etimologia próximas, são menos inimigas do que complementares. A inovação tecnológica deve ser proposta em função do meio ambiente. Desde o final da década de 1980, esforçamo-nos por incentivar as tecnologias ‘limpas, ou, tecnologias integradas de prevenção do meio ambiente, ou seja, dos ‘materiais componentes’ ou processos de produção que, por si mesmos, geram em todos os domínios menos problemas do que os que substituem. As tecnologias limpas definem-se tanto por métodos de fabricação quanto pelo lançamento no mercado de produtos ‘verde’, cuja fabricação, utilização e eliminação são ‘amigas’ do meio ambiente. Trata-se de repensar todas as técnicas de produção, de estabelecer sistemas de resfriamento em circuito fechado, de utilizar os subprodutos como recursos, de prever a eliminação do produto ao mesmo tempo que sua fabricação e difusão. Muitas vezes este esforço será recompensado e as tecnologias limpas não serão um custo.” (BERNARD¹⁰ apud FIORILLO & RODRIGUES, 1997)

¹⁰ BERNARD, P. J. (1995). Como estimular o desenvolvimento de tecnologias limpas. In: *Ciência e Tecnologia Hoje*, Ed. Ensaio, SP.

À medida que cada vez mais os consumidores começam a fazer de preocupações ambientais um importante critério que determina o sucesso de um empreendimento, preocupar-se com adoção de novas formas de gerenciamento e adoção de tecnologias “verdes”, só proporcionará vantagens competitivas ao empreendedor.

Nesse sentido, é bom ater-se a afirmação de BARBIERI (1997) que traz: “A empresa não deve preocupar-se com o meio ambiente apenas para atender aos requisitos legais a que está sujeita, mas também para alcançar objetivos econômicos compatíveis com padrões sustentáveis de desenvolvimento. Em matéria de tecnologia, significa adotar uma postura que, no mínimo, objetive alcançar ganhos de produtividade através da prevenção da poluição”.

Analisando-se o histórico da evolução dos conceitos de gestão empresarial e procurando-se identificar qual o alvo visado na aplicação destes conceitos, tem-se que antes da década de 70, visando atender as aspirações do **capital**, o conceito de **controle** era a palavra forte de gestão. A partir da década de 70 a ordem passa a ser focar em **ISO 9000 e Auditoria**, visando a satisfazer os **clientes**. No início dos anos 90, as preocupações eram voltadas para o **funcionário** em primeira instância, aplicando-se para isso o conceito de **Total Quality Management**. O foco de atenção passou, de 1995 para os dias atuais, a ser o **fornecedor** e assim sendo, as organizações passam a ser geridas através da **Criação de Estruturas Cooperativas**. Assim, preconiza-se que a próxima ordem de gestão seja voltada para atender as aspirações da **sociedade** e para tal fim a **Gestão do Meio Ambiente** ditará as futuras regras do jogo. (EVERSHEIM *et al.*, 1997)

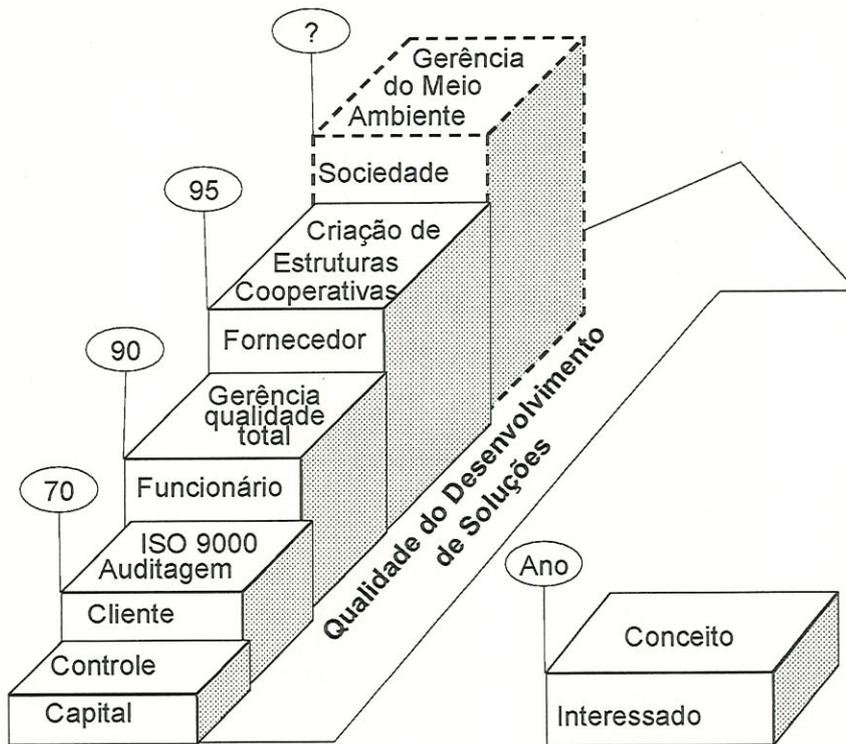


Figura 08: Estratégias gerenciais que prevaleceram nas últimas décadas.

Fonte: EVERSHEIM, W. *et al*, 1997.

Embasando toda a discussão a respeito do que se anuncia como capacidade de competir futuramente, PORTER & LINDE (1995) afirmam que "A competição internacional mudou drasticamente nas últimas décadas. Os gerentes seniores, que cresceram em um tempo onde as regulamentações ambientais eram sinônimos de disputas, verão evidências cada vez mais freqüentes de que melhoria ambiental é um sinônimo de bons negócios. Ambientalistas, agências regulamentadoras e companhias rejeitarão, cada vez mais, suas competições e cooperarão dentro de uma lógica econômica que conectará meio ambiente, produtividade de recursos, inovações e competitividade.

6.3.2.2 Variáveis subjetivas e as de difícil monetização.

Há algumas variáveis com natureza bastante subjetivas como satisfação de funcionários, imagem da empresa e outras, que devido à sua importância, não devem ser omitidas do processo de tomada de decisão dentro de uma empresa.

Atestando a importância de algumas delas, tem-se em KLOCKE et al (1996), que as vantagens econômicas da adoção de um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) resultam não apenas da redução de energia, dos custos com equipamentos e a disposição de resíduos, mas também como elemento de motivação dos empregados e a redução da frequência das faltas ao trabalho por motivo de doença.

Também em BULLINGER et al (1996), tem-se destacadas outras vantagens: o gerenciamento ecológico, a orientação do ciclo de vida do produto e conformidade com a legislação direcionarão a um aumento da atratividade da empresa, capacitando-a a um planejamento estratégico e minimizando possíveis futuros riscos ambientais e, ainda, despertando uma motivação extra em seus funcionários devido a uma identificação destes com os objetivos preservacionistas da companhia.

Para que variáveis de natureza mais qualitativa do que quantitativa sejam somadas às entradas de fluxo de caixa, é necessário atribuir valores quantificáveis e por sua vez, monetizáveis.

A monetização requerida pelos processos de análise econômica tradicionalmente conhecidas pode vir a contribuir para um veredicto positivo, ou seja, favorável à implantação de uma melhoria de cunho ambiental – modificação de processo ou parte dele, de material ou da indústria como um todo, localização da planta inclusive.

O grande risco que se corre nesse sentido, e ainda, quando essa monetização for exequível, é, contudo, o de resultar em aproximações muito grosseiras, retratando uma falsa realidade. Fato este, que conduz à conclusão de que analisar variáveis subjetivas, através de quantificações e não de meios ou reflexões qualitativas, é grave, podendo levar a decisões equivocadas.

Portanto, a sugestão do presente trabalho é que fatores como a satisfação de funcionários ou boa imagem da empresa ou questões de ética e compromisso com a preservação de ecossistemas e biodiversidade, não sejam ignoradas, posto que são bastante relevantes e trazem, certamente, resultados à companhia. Porém, que não sejam considerados através de tentativas de quantificação.

Corroborando com a idéia de que a repercussão de considerar-se somente aspectos técnicos na tomada de decisão, sem levar-se em conta fatores humanos e de ética, é drástica tanto para o meio ambiente quanto, e conseqüentemente, para a sociedade, SANTOS (1994), afirma: "Ontem a técnica era submetida. Hoje, conduzida pelos grandes atores da economia e da política, é ela que submete. Onde está a natureza servil? Na verdade é o homem que se torna escravizado, num mundo em que os dominadores não se querem dar conta de que suas ações podem ter objetivos, mas não têm sentido. O imperativo *competitividade*, uma carreira destinada sem destino, é o apanágio dessa dissociação entre moralidade e ação que caracteriza a implantação em marcha da chamada "nova ordem mundial", onde os objetivos humanos e sociais cedem a frente da cena, definitivamente, a preocupações secamente econômicas, com o papel hoje onímodo da mercadoria, incluindo a mercadoria política. Não só a natureza é apresentada em frangalhos, mas também a Moral,..."

6.4 Conquista do Mercado

Em situações em que a decisão pela incorporação de valores ambientais, refletindo em mudanças das organizações que intencionam viabilizar sua adequação ambiental, as motivações podem ser, além de um resultado favorável de uma análise econômica, a expectativa de conquistar novos mercados ao passo que anseios da sociedade são observados.

O principal componente ou instrumento, do qual a sociedade dispõe, hoje, para atestar que seus valores relativos ao meio ambiente estão sendo absorvidos e respeitados, são as certificações e os selos/ rótulos ambientais. Para tal, as

organizações precisam fazer chegar ao conhecimento público suas práticas – utilizando-se do *marketing* ambiental.

Para que as indústrias se beneficiem das práticas ambientais como um instrumento de *marketing*, atingindo mercados que já começaram exigir tal comprovação e/ou estão dispostos a pagar mais por produtos ambientalmente amigáveis ou que sejam produzidos por processos limpos, é necessário que haja uma maneira de atestar a veracidade e efetividade do uso de tais alternativas “verdes”.

Já há alguns anos, esforços vêm sendo dispensados para a criação de regras que padronizem procedimentos que estabeleçam cuidados ambientais e, ainda, atestem e/ou certifiquem a implementação dessas regras.

Que a determinação de uma padronização pode vir ao encontro da necessidade de estimular o surgimento de um consenso mundial de implementação de um sistema de gerenciamento ambiental (SGA) como estratégia de negócios, é bem verdade. Contudo, é preciso que não se perca de vista qual o fundamento para essa preocupação.

O cuidado com a preservação dos recursos naturais, para garantir a qualidade da vida humana e manutenção das condições da vida na Terra, é o embrião de toda essa preocupação e mudança de paradigma. Sendo esse o intuito, a elaboração de um padrão que determine a implementação de um SGA deve ser o mais abrangente e rigoroso possível e não permitir barganhas com questões vitais para o meio natural.

É preciso perceber que o consenso mundial que deve ser estabelecido é o de sensibilização e conseqüente conscientização de cada indivíduo. E dessa forma, sim, promover uma melhora do desempenho ambiental a nível global.

6.4.1 A comprovação e a certificação de que o processo é ambientalmente adequado: justificativas e estímulos

↙ A força motriz que estimula a implantação de um sistema de gerenciamento ambiental em uma organização é a possibilidade de vantagens competitivas e

econômicas, assim como a garantia da observância dos aspectos legais pertinentes.

Em KLOCKE et al (1996), tem-se que a introdução de um sistema de gerenciamento ambiental ajuda a organização a garantir que seja seguida a legislação ambiental e a determinar os pontos fracos, ambientalmente falando. Ainda segundo esses autores, além do desenvolvimento de novos pontos de estratégia são determinadas a aplicação de novos conceitos de produção, sendo um aspecto central o desenvolvimento de novos processos de produção limpa. ↗

Em FERREIRA (1999), são apontados os seguintes motivos para a implantação de um SGA:

- sistematização do gerenciamento, propiciando adotar metodologias especificadas e comprovadas, obtendo maior eficácia, menor custo e maior rapidez nos resultados;
- desenvolvimento do conceito de melhoria contínua;
- documentação constante, possibilitando um melhor controle operacional;
- treinamento dos seus colaboradores, pois são as decisões deles que contribuirão para aperfeiçoar o desempenho ambiental, pelo fato de executarem operações com reflexos no meio ambiente;
- integração da função ambiental no mais alto nível da gestão empresarial, devido à exigência de compromisso formal da alta administração;
- definição das responsabilidades e funções de cada colaborador;
- integração da política ambiental da organização a objetivos e metas ambientais. A necessidade de se desenvolverem estes objetivos e metas contribuem para que a política seja atingida, impedindo as empresas de fazerem promessas vazias;
- análise crítica pela administração para descobrir possíveis necessidades de alterações na política ambiental, garantindo a viabilidade e eficácia desta diante de mudanças internas e externas à organização;

- mecanismos para operação de uma forma ambientalmente responsável em localizações onde as normas locais são mínimas ou inexistentes, apesar de que a ISO 14001 não exporta nenhum requisito ambiental de um país para outro.

A busca por adequação ambiental do processo produtivo torna-se especialmente atraente às organizações quando é possível revertê-la em algum mecanismo de incremento do lucro ou alguma vantagem de mercado, tal como a imagem da companhia ou produtos diferenciados. †

Essa vantagem competitiva tem sido alcançada a partir da certificação de que a companhia atende aos padrões estabelecidos, os quais, pressupostamente, respeitam o meio e a sociedade (as premissas do desenvolvimento sustentável).

A seguir são apresentados, portanto, um estudo e uma comparação entre diferentes normas de padronização, passíveis da obtenção das respectivas certificações ambientais. A respeito da norma mais largamente difundida em termos mundiais (a ISO 14001), pode-se dizer, de antemão, que, até o presente momento, não proporciona real garantia de adequação ambiental. É uma iniciativa que, como primeiro passo no processo de busca de procedimentos com cunho ambiental, tem bastante valor e importância, mas que em hipótese alguma deve ficar estacionada onde está.

6.4.1.1 Comparação entre diferentes certificações ambientais

Em meados de 1991, com base no sucesso da ISO 9000 e se antecipando à Conferência que as Nações Unidas, haviam anunciado para junho de 1992 – a Conferência em Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92) –, a ISO chamou alguns membros voluntários para formar um grupo de conselheiros com o compromisso de criar uma norma ambiental internacional. Vinte e cinco países responderam, apresentando-se como membros do então grupo intitulado *Grupo de Conselheiros Estratégicos em Meio Ambiente (SAGE)*. Em meados de 1992 esse grupo estratégico decidiu que seria apropriado a ISO desenvolver padrões/ normas em gerenciamento ambiental e tornaram tal fato público na RIO-92 (CASCIO et al 1996).

Nessa ocasião, quando o comitê ou grupo estratégico foi designado, a *British Standard (BS) 7750* já estava em processo de elaboração e, conseqüentemente, acabou sendo um modelo para o trabalho do SAGE, influenciando consideravelmente na ISO 14001 (CASCIO et al 1996).

O desenvolvimento do *European Union's Eco-Management and Audit Scheme Regulation (EMAS)* também seguiu o modelo da BS 7750. Essas regulamentações contêm as mesmas especificações da ISO 14001 no que tange ao estabelecimento de objetivos e metas ambientais, requerimento de políticas, análise do impacto ambiental de atividades, treinamento e processo de documentação ambiental. Porém, segundo CASCIO et al (1996), elas superam a ISO no que se refere a exigências de outras especificações para melhoramento contínuo do desempenho ambiental, comunicação para o público dos objetivos e realizações e manutenção de registros ambientais compreensivos.

Ainda segundo CASCIO et al (1996), ao contrário da ISO 14000, a norma BS 7750 e EMAS são consideradas padrões de "sistemas completos"; isto significa que, pelo menos teoricamente, nenhuma outra regulamentação é necessária.

Tabela 14: Comparação entre as normas ISO 14001, Padrões Britânicos (BS 7750) e Regulamentações sobre eco-gestão e auditoria da Comunidade Europeia (EMAS).

	ISO 14001	BS 7750	EMAS
Tipo de padronização	Voluntário, por consenso, padronização do setor privado	Nacional, voluntário	Regulamentações da União Europeia
Aplicabilidade	Pode ser aplicado à toda organização ou a uma parte das atividades, produtos e serviços de qualquer setor da mesma; aplicável a organizações não industriais como agências governamentais locais ou organizações sem fins lucrativos.	Pode ser aplicada ao Reino Unido ou outros países desenvolvidos; pode ser aplicada à toda organização ou a parte dela; aplicável a todas as atividades e setores; aplicável a organizações não industriais como agências governamentais locais ou organizações sem fins lucrativos.	Aplicada à União Europeia; aplicada a plantas individuais; aplicável a locais específicos de atividades industriais.
Foco	Focada em sistemas de gerenciamento ambiental; indiretamente relacionada a melhoria ambiental.	Focada em sistemas de gerenciamento ambiental, com melhorias ambientais surgindo a partir do sistema.	Focada na melhoria do desempenho ambiental em um local e em prover o público de melhor comunicação
Revisão ambiental inicial	Sugerida em anexo, mas não requerida pela norma	Sugerida, mas não especificada na norma	Requerida em regulamentação
Comprometimento político	Política comprometida em melhoramento contínuo do sistema de gerenciamento ambiental e na prevenção da poluição; política de comprometimento com o cumprimento e aplicação da legislação ambiental e com os compromettimentos voluntários.	Política comprometida com o aprimoramento contínuo do desempenho ambiental.	Política comprometida com o contínuo aprimoramento do desempenho ambiental e obedientes à aplicação da legislação ambiental.



	ISO 14001	BS 7750	EMAS
Auditorias	Auditorias do sistema de gerenciamento ambiental são requeridas; monitoramento e medição de algumas características ambientais chaves são requeridas; frequência de auditoria não é especificada.	Auditorias do sistema de gerenciamento ambiental são requeridas; auditoria para comprovar obediência ou desempenho ambiental não é requerida; frequência de auditoria não é especificada.	Auditorias do sistema de gerenciamento, dos processos, dos dados e do desempenho ambiental são requeridas; as auditorias são requeridas, no mínimo a cada 3 anos.
Comunicação com o público	Somente a política ambiental precisa tornar-se pública; outras comunicações externas devem ser consideradas, mas o que deve ser comunicado, é deixado a critério da gerência.	Somente a política ambiental precisa tornar-se pública; outras comunicações externas devem ser consideradas, mas o que deve ser comunicado, é deixado a critério da gerência.	A descrição da política, programa e sistema de gerenciamento ambiental, devem estar disponíveis para o público; um relatório ambiental público e um relatório anual simplificado incluindo dados relevantes devem é requerido.

Fonte: CASCIO et al, 1996.

Quando estava ocorrendo o processo de redação das normas da ISO, os membros europeus tentaram inculir a idéia de que as normas BS 7750 e EMAS fossem seguidas no que diz respeito aos objetivos de orientação de desempenho, como também as fortes requisições para comunicação desses fatores. A isso, os Estados Unidos se opuseram fortemente, considerando que as normas ISO 14000 deveriam ser apenas padrões de tipo de processos que deveriam ser complementados pela legislação local de cada país.

O que os países europeus pretendiam é que a norma ISO 14000 se prestasse ao papel de reforçar ou até impor o cumprimento de uma lei. Num consenso geral, com o apoio de vários países não-europeus, esse papel de complemento de regulamentação foi voto vencido por acreditarem ser desnecessário ou indesejável. Igualmente desconsiderada, foi a exigência de comunicação dos objetos e

desempenho ambiental – deveria ser deixado que cada país estabelecesse as bases de como efetuar tal comunicação. Essas decisões visaram, segundo CASCIO et al (1996), que não fosse criada barreira de comércio intransponível aos países em desenvolvimento.

Ainda sobre as normas da EMAS, é relevante ressaltar que elas permitem participação da comunidade em duas instâncias – tomando conhecimento dos objetivos e metas das companhias e certificando-se de quais adotaram políticas mais “agressiva” de prevenção de poluição e, num outro aspecto, exercer pressão àquelas companhias que tiveram uma política de prevenção pouco satisfatória ou que não cumpriram suas metas. Esse tipo de certificação possui portanto a variável de participação da sociedade – necessária à consolidação de um documento que ateste adequação ambiental.

Essa exigência da EMAS é de fundamental importância para a garantia da adequação ambiental da manufatura já, que a participação da sociedade é um dos pilares de sustentação desse processo.

6.4.1.2 Breve histórico e esclarecimento das normas ISO

Para situar o processo de licenciamento e o estabelecimento de certificações, vale lembrar que em 1946, delegados de 25 países, dentre os quais o Brasil (representado pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas), decidiram criar uma nova organização internacional cujo objetivo era de facilitar a coordenação e unificação internacional das normas industriais. Esta nova organização, a ISO, começou a funcionar oficialmente em 23 de fevereiro de 1947 com sede em Genebra, na Suíça. A primeira norma ISO foi publicada em 1951 com o título de “Standard reference temperature for industrial length measurement”. A ISO possui um coerente e consistente conjunto de normas que cobre hoje todos os campos da normalização em conjunto com a IEC (Comissão Internacional de Eletrotécnica que atende o setor eletro-eletrônico) e com o ITU (União Internacional de Telecomunicações), que atende o setor de telecomunicações. Assim, a ISO elabora e avalia suas normas através de vários comitês técnicos compostos por especialistas dos setores industrial, técnico ou comercial, dos diversos países

membros que tenham expressado a necessidade de uma norma em particular (MAGNANI et al, 1999b).

Em DANTAS (1996), tem-se que esses comitês podem estar relacionados ao governo, autoridades reguladoras, sociedades científicas, grupos de consumidores ou outras organizações com conhecimento e interesse suficientes no desenvolvimento das normas. O objetivo deve ser sempre estabelecer normas que representem e traduzam o máximo possível de consenso entre os diferentes países do mundo.

No Brasil, a atividade de certificação tem se desenvolvido muito nos últimos anos e algumas mudanças significativas podem ser destacadas. No ano de 1992, foi instituído, através da Resolução CONMETRO nº 8/92, o novo Sistema Brasileiro de Certificação (SBC), com o objetivo de promover, articular e consolidar esforços na área da certificação. Nesta fase, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) assumiu definitivamente o papel de credenciador, abandonando a atividade de certificação (JARDIM, 1997).

A certificação é uma atividade complementar à normalização, pois utiliza as normas desenvolvidas por esta, aplicando-as de acordo com seu objetivo.

Atestando essa afirmação, MOURA (1998) relata que a certificação é uma atividade formal realizada para comprovar que uma determinada organização, ou parte dela, ou que determinados produtos estão em conformidade com alguma norma específica.

Nesse sentido, cabe destacar que, a *International Organization for Standardization* (ISO), é responsável apenas pela confecção de normas e padrões que garantam uma igualdade de opiniões e consenso a respeito de um determinado assunto. E, em recomendações da própria ISSO, tem-se que “a ISO não é um auditor, avaliador ou certificador de Sistemas de Qualidade ou de Gestão Ambiental – ou de materiais, produtos e serviços – nem endossa qualquer atividade desse tipo desenvolvida por terceiros. Cabe a ela apenas o desenvolvimento de Normas Internacionais”. É, portanto, incorreto descrever uma empresa como “certificada pela ISO”, “registrada pela ISO” ou com o uso de terminologias tais como “certificado ISO”, “certificação ISO” e “registro ISO” (MAGNANI et al, 1999b).

O título que melhor traduziria a verdade da situação, seria “certificada segundo determinação da norma ISO”, “certificado em acordo com o recomendável pela norma ISO”, “certificação segundo norma ISO”, ou algo que tornasse claro o fato da ISO ser uma norma, passível de certificação para as instituições que optam por seguir suas recomendações.

A obtenção de uma certificação ambiental traz uma série de vantagens para as organizações. Em FERREIRA (1999), estão listadas algumas vantagens de uma certificação ambiental, a saber:

- Diferencial de mercado;
- Barreiras técnicas de mercado;
- Crescimento da consciência ambiental;
- Pressões das agências financiadoras;
- Pressões de clientes, consumidores e fornecedores;
- Redução dos custos de seguros;
- Vantagem competitiva, com abertura a novos mercados mais exigentes;
- Modernização do sistema de qualidade;
- Sofisticação do processo produtivo.

6.4.1.3 Certificação da série ISO 14000

A NBR ISO 14001 especifica alguns requisitos a serem cumpridos para que uma organização estabeleça e mantenha um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), passível de auditoria e certificação por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC). O modelo de SGA proposto é semelhante ao método de gestão denominado de Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), isto é, “Planejar, Fazer, Controlar e Agir”, comumente aplicados para gerenciamento de Sistemas de Qualidade (PARIZOTTO¹¹, 1995 apud FERREIRA, 1999).

Em FERREIRA (1999), tem-se que os requisitos do SGA proposto pela NBR ISO 14001 sejam os seguintes:

- Requisito 4.2 – Política Ambiental;
- Requisito 4.3 – Planejamento;
 - ✓ Identificação de aspectos ambientais e avaliação dos impactos ambientais associados;
 - ✓ Requisitos legais e outros requisitos;
 - ✓ Objetivos e metas ambientais;
 - ✓ Programa(s) de gestão ambiental;
- Requisito 4.4 – Implementação e operação;
 - ✓ requisito 4.4.1 – Estrutura e responsabilidade;
 - ✓ requisito 4.4.2 – Treinamento, conscientização e competência;
 - ✓ requisito 4.4.3 – Comunicação;
 - ✓ requisito 4.4.4 – Documentação do sistema de gestão ambiental;
 - ✓ requisito 4.4.5 – Controle de documentos;
 - ✓ requisito 4.4.6 – Controle operacional;
 - ✓ requisito 4.4.7 – Preparação e atendimento a emergências;
- Requisito 4.5 – Verificação e ação corretiva;
 - ✓ requisito 4.5.1 – Monitoramento e medição;
 - ✓ requisito 4.5.2 – Não-conformidade e ações corretiva e preventiva;
 - ✓ requisito 4.5.3 – Registros;
 - ✓ requisito 4.5.4 – Auditoria do sistema de gestão ambiental;
- Requisito 4.6 – Análise crítica pela organização.

O SGA deve estar submetido/ comprometido com um processo de melhoria, como forma de evolução e aprimoramento.

A certificação ambiental é uma atividade reconhecida pelo Estado Brasileiro, que possui suas próprias regras e procedimentos de gestão aprovados pelo CONMETRO, destinados às atividades de credenciamento efetuadas pelo Organismo de Credenciamento (INMETRO), e às atividades de certificação e treinamento, conduzidas pelos Organismos de Certificação e Treinamento Credenciados pelo INMETRO.

Quanto à tipologia, FERREIRA (1999) menciona que as normas ISO são de dois tipos:

¹¹ PARIZOTTO, L.A.A. (1998). *Qualidade de gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14000 nas empresas*. São Paulo, Oliveira Mendes.

- Padrões Normativos: especificam requisitos que devem ser seguidos e são auditáveis para fins de certificação;
- Normas Informativas: fornecem apenas diretrizes, não consistindo em requisitos para certificação e, por isso, não são auditáveis.

Das normas da série ISO 14000, a NBR ISO 14001 é a única certificável por descrever requisitos que devem ser cumpridos, passíveis, portanto, de serem avaliados por um Organismo de Certificação Credenciado. As demais séries são apenas informativas, tendo a função de dar suporte à implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, pois apresentam apenas diretrizes e não requisitos mandatários (BLOCK & MARASH, 1998).

Na certificação ISO 14001, a própria organização tem o aval de delimitar qual a abrangência de seu certificado, podendo este incluir toda a empresa ou apenas parte da mesma.

Uma organização, ao implementar um sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na norma ISO 14001, tem a liberdade e flexibilidade para definir os limites daquele Sistema, isto é, decidir se ele se aplicará a toda organização ou apenas a uma unidade, ou ainda, algum setor da mesma. Em hipótese alguma, contudo, a organização certificada poderia fazer uma divulgação em que a extensão de seus limites seja deturpada. Isso poderia se dar, por exemplo, ao se tentar passar a impressão de que a organização como um todo teve seu SGA certificado, quando na verdade, apenas uma unidade de operação, entre várias, foi certificada.

FERREIRA (1999) ressalta ainda a necessidade de observar que a norma NBR ISO 14001 não estabelece requisitos absolutos para o desempenho ambiental. A norma não exige nada além do comprometimento da organização com os regulamentos aplicáveis, estabelecidos, estes, pela própria organização em sua Política Ambiental, e à melhoria contínua de seu SGA.

Assim sendo, segundo a ABNT (1996), é possível que duas indústrias que desempenhem atividades similares obtenham o mesmo certificado de conformidade emitido pelo mesmo Organismo de Certificação Credenciado, tendo, no entanto, nível de adequação e/ou desempenho ambiental bastante diferentes.

▪ Rótulo “verde”

No Brasil, a ABNT iniciou a criação do rótulo ecológico “ABNT Qualidade Ambiental” como membro do Comitê Executivo do Global Ecolabelling Network (GEN) - uma rede internacional dos programas nacionais de rotulagem ecológica.

A rotulagem ecológica, ou seja, os selos verdes, constituem marcas ou símbolos usados para orientar os consumidores sobre o desempenho ambiental dos produtos e são concedidos através de sistemas de certificação independentes. Eles estão para a avaliação do produto assim como o sistema de gestão ambiental está para a avaliação da empresa.

O primeiro país a adotar a rotulagem ecológica foi a Alemanha, em 1978, com o “Anjo Azul”. Depois o Canadá, em 1988, com a “Opção Ambiental”. Os países nórdicos adotaram o “Cisne Branco” também em 1988, o Japão criou o “ECO-MARK”, em 1989, e os EUA o “Selo Verde”, em 1990. Depois disso, outros países como a França, Índia e Coréia seguiram o mesmo caminho (JARDIM, 1997).

A ISO 14001 não deve ser confundida com uma rotulagem “verde” ou que os produtos produzidos pelas empresas certificadas sejam “ambientalmente corretos”.

A rotulagem ambiental está ainda em desenvolvimento por outras séries da norma; a saber, segundo PFLIEGNER (1996), são elas:

- ISO 14020 – Rótulos e declarações ambientais – Princípios gerais;
- ISO 14021 – Rótulos e declarações ambientais – Termos e definições para aplicação específica e auto-declarações;
- ISO 14022 – Rótulos e declarações ambientais – Simbologia para os rótulos;
- ISO 14023 – Rótulos e declarações ambientais – Teste e metodologias de verificação;
- ISO 14024 – Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental Tipo I – Princípios e procedimentos;
- ISO 14025 – Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental Tipo III – Princípios e procedimentos.

6.4.1.4 Discussões sobre a legitimidade da ISO 14000 como atestado de adequação ambiental

O "consumismo verde", que se preconiza intensificar-se nas próximas décadas, exigirá formas de certificar-se e/ou identificar-se com aqueles produtos/ serviços que estejam em concordância com os requisitos necessários para a manutenção da qualidade ambiental. É bom que seja ressaltado que a NBR ISO 14001 não se presta a esse papel, já que ela certifica somente a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental segundo o estipulado por essa norma.

A NBR ISO 14001 não contém nenhum instrumento que exija, ou mesmo estimule e contribua para que aspectos de estudo da localização do empreendimento, necessários à garantia da adequação ambiental, sejam inseridos no SGA e, na conseqüente certificação ambiental da atividade.

Outra ressalva que se pode fazer com relação à certificação, de acordo com a norma NBR ISO 14001, é que as organizações certificadas não levam em consideração a visão das partes interessadas (no caso a "primeira parte", que segundo FERREIRA (1999), é constituída por consumidores, clientes e partes interessas, para quem a empresa pretende demonstrar sua conformidade com a norma em questão) na definição de seus objetivos ambientais. Este fato contraria os pressupostos de desenvolver com sustentabilidade e implica também no comprometimento da adequação ambiental da empresa/atividade já que não estão contempladas as requisições da sociedade a respeito da qualidade desejada.

A NBR ISO 14001 dá as diretrizes para elaboração e implementação de um SGA. A existência de um SGA, contudo, não implica, necessariamente, na verificação das premissas que garantam a efetividade da adequação ambiental. Em outros termos, o SGA não observa os pressupostos do desenvolvimento com qualidade ambiental, quais sejam: dimensões temporal e espacial, endossados pela participação da sociedade. Desta forma, não há garantia que o binômio tipologia-localização do empreendimento seja observado.

A gestão ambiental está embasada no preceito de observar as dimensões: temporal, espacial e de participação da sociedade. A NBR ISO 14001, por sua vez, serve como balizamento de um Sistema de Gerenciamento Ambiental o qual não contempla a questão do local onde a empresa está instalada e tão pouco as

aspirações da comunidade local em seu processo decisório. Portanto, a respectiva certificação demonstra o atendimento de somente alguns requisitos, mas não de todos os requisitos de uma gestão ambiental.

Mediante estas constatações auferidas, é possível afirmar que certificação ambiental não é garantia de que o processo produtivo de uma empresa seja ambientalmente adequado. Não deve, portanto, ser utilizado como instrumento de *marketing* atestando tal fato, e os certificadores não deveriam permitir tal procedimento (MAGNANI et al, 1999b).

6.4.1.5 Prós e contras da norma ISO 14001 e sua respectiva certificação

Segundo estimativa de profissionais atuantes na área de certificação pela norma ISO 14001, cerca de noventa por cento das empresas que procuram as consultorias que dão suporte à implantação/ preparação da certificação, fazem-no visando o certificado pura e simplesmente, objetivando, certamente, os benefícios como abertura de mercados e demais facilidades proporcionados pelo mesmo.

Baseado em conversas e discussões a respeito do assunto certificação ambiental, proteção do meio e seus recursos, qualidade de vida, instrumentos de *marketing* e afins, não raro pode-se deparar com afirmações do tipo: “a certificação de acordo com a norma ISO 14000 é muito simples de ser obtida; qualquer usina nuclear é capaz de consegui-la com sem dificuldade”.

Se a “usina nuclear” é usada como exemplo de empreendimento sabidamente causador de grande poluição e impacto negativo ao meio, casos concretos como indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, também tidas como potenciais poluidoras, constitui o segmento industrial que possui o maior número de certificação pela norma ISO 14000.

A facilidade para aquisição desse certificado, mencionada freqüentemente em discussões sobre esse tema, está certamente ligada ao fato de não haver parâmetros e/ou requisitos absolutos a serem alcançados. A melhoria deve ser visada sim, mas em velocidade e percentual determinados pela própria empresa em sua política ambiental – onde, certamente, não são ‘prometidas’ ações ou

cuidados fora do alcance (principalmente econômico e temporal) de realização da organização.

Um contraponto a esse ponto negativo apontado, em especial, por defensores da proteção dos recursos e meio natural, como os ambientalistas, está a aceitação e 'infiltração' conseguida por essa norma. Talvez por ser permissiva e permitir o ajuste ambiental da empresa segundo sua disposição, tenha encontrado interlocutores dentro de um grande número de organizações.

A conquista dessa porta de entrada inegavelmente tem seu mérito, já que significa o primeiro passo das indústrias em direção da adequação ambiental de seu processo produtivo. Porém, é igualmente incontestável admitir-se, por conta/ 'gratidão' dessa abertura de espaço conseguida, que haja o estacionamento do processo de conscientização e adoção de medidas mais efetivas na busca de uma produção 'sustentável'. Essa norma tem, sim, grande valor, principalmente por ter conseguido a aceitação que nenhuma outra similar atingiu, mas precisa evoluir.

Talvez o necessário seja que ela se confine a seu espaço limitado, ou melhor, que as organizações a enxerguem em seu diminuto – apesar de importante – papel e não se restrinjam a essa iniciativa na busca da adequação ambiental de suas atividades e do desenvolver-se com sustentabilidade para permitir sua perpetuação.

Além do já discutido, há um ponto a ser ressaltado ainda, dada a motivação pela qual as certificações ambientais estão sendo buscadas: exigências de cunho preservacionistas; é mandatário que essas certificações respondam pela efetiva adequação ambiental do processo produtivo. O *marketing* que surgirá ao seu entorno, noticiará, desta forma, situação de efetiva de adequação ou não do processo – diferentemente do que ocorre hoje com toda a refratariedade da ISO.

Sobre o papel da mídia e suas distorções, SANTOS (1994) afirma que: "A mediação interessada, tantas vezes interesseira, da mídia, conduz, não raro, à doutorização da linguagem, necessária para ampliar o seu crédito, e à falsidade do discurso, destinado a ensombrecer o entendimento. O discurso do meio ambiente é carregado dessas tintas, exagerando certos aspectos em detrimento de outros, mas, sobretudo, mutilando o conjunto."

Tratando-se da utilização das certificações como instrumento de *marketing*, o que se observa por parte das organizações, com colaboração e respaldo da mídia, é que o papel desempenhado por esta, neste caso, é menos uma “doutorização” da linguagem e mais um “mutilamento do conjunto”. Essa constatação se deve à natureza das ‘notícias’ que têm sido publicadas – na mídia especializada inclusive.

Um exemplo ilustrativo e representativo é a edição especial da revista *Meio Ambiente Industrial*¹², dedicada às primeiras 100 empresas certificadas segundo a norma NBR ISO 14001. Nela são apresentadas um resumo de atividades, tamanho, ações de melhoria, repercussão das ações para a empresa, etc., mas em nenhum momento é discutida a eficiência dessa ferramenta para o meio em si. Seria bastante apropriado e coerente, em um exercício crítico e imparcial da mídia, que fossem apresentadas quais as vantagens, mas também quais as limitações e implicações de tal certificação.

¹² Meio Ambiente Industrial. Ano IV, edição 19, no. 18, Maio/Junho de 1999.

7. Conclusão

Baseada na instabilidade do ecossistema indicado pelos crescentes impactos do meio ambiente e exaustão dos recursos, a sensibilidade da sociedade por aspectos ambientais cresce. A nova consciência ambiental é refletida por várias restrições severas e legitimadas e na compatibilidade ambiental de produtos e processos como sendo fator competitivo determinante.

Nesse contexto, a sustentabilidade é apontada como um novo paradigma para atividades sociais, políticas e, ainda assim, industriais. Sustentabilidade compreende um tratamento cuidadoso dos recursos naturais e sua preservação para as gerações futuras. Companhias industriais começam a considerar, portanto, a compatibilidade ecológica de seus produtos e processos através de todo o seu ciclo de vida, sem desconsiderar a visão de nenhum dos seus *stakeholders*.

Tendo isso em vista, o principal objetivo do presente trabalho foi a pesquisa e discussão de mecanismos que traduzissem os paradigmas de sustentabilidade em aplicação para a indústria. Para tal, teve este trabalho a preocupação de discutir as questões necessárias para viabilizar a busca da adequação ambiental pela indústria de manufatura, como também procurou apontar as medidas que tenham alguma relação com a motivação das organizações em adotar tais condutas/ mecanismo/ ferramentas. Objetivou-se, ainda, não perder de vista, em nenhum momento, a necessidade de fazer a conexão entre economia e ecologia, posto que para um produto alcançar o objetivo de ser ambientalmente “correto” ele deve conquistar mercado, deve vender.

Sobre a primeira ação apontada como essencial – observância do binômio tipologia-localização do empreendimento – pode-se afirmar sua evidente importância, foi o tópico que maior interesse despertou (causando, por vezes, até

certa surpresa entre aqueles que se dispuseram a ouvir e discutir sobre o assunto adequação ambiental de indústrias durante toda realização do trabalho).

Vale ressaltar que a apresentação dos princípios e aplicação do estudo de caso apresentado a respeito da consideração de variáveis ambientais para localização de atividade industrial foi recebida como novidade pela equipe do WZL, tendo despertado curiosidade e interesse em conhecê-lo com mais detalhes, especialmente em saber sobre resultados de estudos semelhantes implementados.

Quanto aos mecanismos de ação para adequação ambiental “intra-muros” na empresa, há equipes de pesquisa dedicando-se a esse temas (ECV e ACV) em vários institutos de pesquisa em todo mundo. Há um consenso de que são áreas de grande importância a serem investigadas, provenientes das quais devem surgir soluções importantíssimas, não apenas para a questão das adaptações e modificações em manufatura, mas para responder (parcialmente) às questões de como tornar possível a implementação do desenvolvimento sustentável.

Quanto a esses estudos, apesar de já apresentarem alguns conceitos formulados e alguns resultados práticos, a aplicação desses ainda é motivo de críticas e desconfiças. O motivo dessa resistência se deve à ausência de regulamentações que os estimule, e muitas outras vezes devido aos altos investimentos que requerem.

A quebra dessas barreiras deverá acontecer à medida que a sociedade incorporar definitivamente os valores do paradigma de desenvolver-se sustentavelmente, passando a priorizar empresas e produtos com práticas ambientais, fato que certamente motivará a evolução e aplicação da ECV e ACV.

A respeito dessas ferramentas e dos esforços já dispendidos em desenvolvê-las, pode-se dizer que estão bastante adiantadas ou até mesmo funcionando em várias instituições de pesquisa (pertencentes a indústrias ou universidades). Porém afirmar para quais pontos específicos as pesquisas deveriam ser mais direcionadas ou apontar quais os tópicos que já se encontram satisfatoriamente desenvolvidas não é viável dada à escassez de publicações focadas nas características mais específicas dessas ferramentas. Os detalhamentos contidos nas bibliografias utilizadas foram apresentados e discutidos nas considerações finais dos capítulos referentes aos temas ECV e ACV.

No que tange as certificações ambientais, cabe reforços às considerações feitas no final do capítulo específico sobre esse tema, já que ainda se observa um entendimento popularizado, e também por parte da maioria das organizações, de que adequação ambiental em manufatura e ISO 14000 são sinônimos, o que está muito distante de ser verdadeiro.

A norma ISO 14000, conforme seus próprios objetivos, são padrões de tipo de processo de gerenciamento ambiental que deve ser complementada pela legislação local de cada país. Posto que essa complementação está prevista desde sua idealização, não deveria ser permitido que as organizações fossem certificadas, de estarem seguindo as requisições dessa norma, sem investigação criteriosa de conformidade legal.

A implicação disso pode ser bastante grave, já que certificações ambientais (a ISO 14000 em especial) estão sendo reconhecidas como garantia de respeito ao meio ambiente em todas suas fragilidades, o que é uma crença falsa.

O modelo de norma com preocupações ambientais como o EMAS, adotado pela Comunidade Européia, por apresentar exigências de comunicação ao público sobre seus atos e resultados com maior freqüência e mais detalhada, é bem mais interessante e aproxima melhor o papel que o sistema produtivo deve desempenhar para cumprir sua parcela de responsabilidade na busca do desenvolvimento sustentável.

Um obstáculo que pode ser encontrado para sua aplicação é, contudo, a falta de participação ativa e representativa da sociedade organizada para reclamar e fazer valer seus direitos e desejos. Esse ponto diferencial do consumidor e sociedade européia (de modo geral), pode explicar o não 'alastramento' do EMAS para o mundo como se passou com a ISO, apesar de ser um instrumento mais completo e englobar pontos relevantes não considerados pela outra norma.

A adoção de uma consciência que enfatize valores ambientais, a preferência por consumir produtos que utilizem processos de fabricação mais limpos, não será a solução para o problema de mudança e/ou consolidação do novo paradigma de desenvolvimento que, evidentemente, tem um escopo bem mais amplo e complexo. Mas é certamente um passo fundamental, uma etapa onde, se buscarmos conhecer as relações causais, fazendo uma investigação com um mínimo de profundidade

dos assuntos pertinentes, seremos alertados para a insanidade de nossas atitudes – podendo, dessa forma, vir a ser fase indispensável à consolidação de um modelo de desenvolvimento alternativo ao atual.

A solução para que se consiga chegar à formulação de um modelo de desenvolvimento que não comprometa a perpetuação da espécie humana e nem a capacidade de suporte da vida na Terra, do qual a adequação ambiental em manufatura certamente é elemento vital, é trabalhar em equipe. São necessários esforços conjuntos e concentrados dos profissionais de todas as linhas do saber, apoiados e comprometidos com todas as instâncias de poder e grupos sociais organizados. Todo esse desafio só pode ser vencido mediante a consenso mundial que imponham/ estabeleçam restrições e/ou limites para exploração e destino final dos recursos utilizados. Acreditar que isso pode se dar em uma esfera de menor abrangência é ilusório. Como também é insensato, achar que isso pode se dar sem o comprometimento de toda sociedade através de grupos organizados e sensibilização para o problema/ necessidade de mudança geral de paradigma.

Talvez, e mesmo assim é bastante duvidoso, que isso fosse possível caso a humanidade fosse capaz de produzir alguns profissionais perfeitos como descrito por CIMBLERIS¹³ apud CREMA (1989): “Ele deverá ser filósofo e cientista completo. Enquanto cientista, ele deverá ser biólogo e engenheiro, físico, químico e médico; psicólogo, sociólogo e economista, com especialização em Futurologia, Ecologia e Política global. E enquanto filósofo, ter mente muito aberta para as regiões comumente excluídas do universo científico-metafísico, misticismo, conexões transpessoais. Além disso, de preferência deve falar todas as três mil línguas do planeta, ter estado em todos os países, ter assistido todos os congressos importantes no decurso de sua vida, ter convivido com todos os homens e mulheres inteligentes, ter acompanhado todas as grandes tendências literárias e artísticas. Em resumo, é preciso que alguém tenha tido a abrangência que é obviamente vedada a um só indivíduo, ainda que dotado de recursos materiais ilimitados, absolutamente livre e infinitamente curioso. Não vejo solução para isto, senão a de trabalharmos num plano universal de compartilhamento de conhecimentos e idéias”.

¹³ CLIMBERIS, B. *Fronteiras e superposições do holocismo com alguns sistemas científicos*. Palestra proferida no I CHI, Brasília, 1987.

Caso contrário, corroborando com a solução apresentada anteriormente, tem-se a resposta de NICOLESCU¹⁴ apud CREMA (1989) que “a solução será a constituição de centros de pesquisa transdisciplinar, reunindo especialistas de diferentes domínios e funcionando com autonomia total, em relação a todo poder econômico, financeiro, ideológico ou administrativo”.

A necessidade de diferentes áreas do saber voltarem seus esforços para busca de soluções ambientais e de desenvolvimento, que contemple todos os aspectos (técnicos e humanos), é reforçada em SANTOS (1994), na seguinte afirmação: “O empenho com que nos convocam para tratar, seja como for, as questões do meio-ambiente, sem que um espaço maior seja reservado a uma reflexão mais profunda sobre as relações, por intermédio da técnica, seus vetores e atores, entre a comunidade humana assim mediatizada e a natureza, assim dominada, é típico de uma época e tanto ilustra os riscos que corremos, com a necessidade de, em todas as áreas do saber, agir com heroísmo, se desejarmos poder continuar a perseguir a verdade”.

É importante que fique bastante claro que o entendimento assumido por esse trabalho de heroísmo não é exaltar idéias revolucionárias ou pesquisas que não saiam do “plano das idéias”, sendo meramente filosóficas, mas atentar para a urgência em buscar adaptações que façam esse modelo econômico continuar andando, porém de maneira que se sustente e permita a continuidade da Vida, da vida com honra e dignidade a todos os seres.

A contribuição do presente trabalho pretende ser, portanto, não apenas mostrar quais mecanismos devam ser adotados para efetivação da adequação ambiental em manufatura e deixar sugestões de pontos a serem desenvolvidos por trabalhos futuros. Mas, principalmente, alertar para a necessidade de trabalharmos em equipes e para a possibilidade de pensar e considerar a inserção de variáveis que incorporem cuidados ambientais em qualquer que seja o escopo da pesquisa ou trabalho. Adequar ambientalmente o processo produtivo é uma parcela importante, mas que depende de atuações em um horizonte bem mais amplo, para atingir o objetivo de caminhar em direção ao desenvolvimento sustentável.

¹⁴ NICOLESCU, B. *La science comme “Termignage” – document de Travail*. Colóquio de Veneza – La science face aux confins de la connaissance: le prologue de notre passé culturel, Rapport Final, Unesco, 1986.

8. Referências Bibliográficas e Bibliografias Consultadas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996a). *NBR ISO 14001 – Sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para o uso*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996b). *NBR ISO 14004 – Sistemas de gestão ambiental – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996c). *NBR ISO 14010 – Diretrizes para auditoria ambiental – princípios gerais*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996d). *NBR ISO 14011 – Diretrizes para auditoria ambiental – procedimentos de auditoria – auditoria de sistemas de gestão ambiental*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996e). *NBR ISO 14012 – Diretrizes para auditoria ambiental – critérios de qualificação para auditores ambientais*. Rio de Janeiro.
- AB'SABER, A.N. (1994). *Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha*. São Paulo, Universidade de São Paulo.
- AGENDA 21/Resumo (1992). *Cúpula da Terra: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro, Centro de Informação das Nações Unidas, 46p.
- ALVARENGA, S.R. (1997). *A Análise das Áreas de Proteção Ambiental enquanto Instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente: O Caso da APA Corumbataí – SP*. SP, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALVES, C.M.A. (1997) *A Ponderação dos Fatores Ambientais – com Uso de Sistema de Informação Geográficas – na Localização de atividades econômicas e na Cobrança pelo uso da Água para irrigação*. SP, Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALTING, L. (1996). *Sustainable industrial production: environmental issues in product development*. Denmark, Institute of manufacturing Engineering. Technical University of Denmark.

- ALTING, L.; LEGARTH, J. B. (1995). Life cycle engineering and design. *Annals of the CIRP*, vol. 44, no. 2.
- ANTES, R. (1996). *Präveniter Umweltschutz und seine Organisation in Unternehmen*. Wiesbaden, Deutschland, Gabler, ps. 15-89; 150-267; 292-314.
- BAHU, R.; CRITTENDEN, B.D.; O'HARA, J.P. (1997). *Management of process industry waste: an introduction*. Great Britain, Institution of Chemical.
- BARBIERI, J. C. (1997). Políticas públicas indutoras de inovações tecnológicas ambientalmente saudáveis nas empresas. *RAP*. Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 135-52, mar/abr.
- BERTONI, J.; LOMBARDI Neto, F. (1993). *Conservação do Solo*. São Paulo, Ícone. (Coleção Brasil Agrícola)
- BINDER, C. R. (1996). The early recognition of environmental impacts of human activities in developing countries. Tese (Doutorado) – Eidgenoessischen Technischen Hochschule Zuerich (DISS. ETH Nr. 11748), Zürich.
- BLOCK, M.R.; MARASH, R. (1998). Porque implementar o sistema ISO 14000. *Banas Controle da Qualidade*. N.71, p.72-4, abr.
- BRASIL, Leis, etc. (1997). *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988. 16. ed. atual e ampl. São Paulo, Saraiva.
- BRASIL, Leis, etc. (1986). Resoluções, etc. Resolução CONAMA n.1. Estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 fev.
- BRAUNSCHWEIG, A. (1996). Relevant environmental interventions. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, p. 69-79.
- BÜCHEL, K. (1996). System boundaries. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser Verlag, pag. 11-25.
- BULLINGER H.J. et al. (1996). Effects of European Union Eco-Audit Ordinance and ISO 14000 on Manufacturing Companies. In: MARINESCU, D. org. *Manufacturing engineering: 2000 and beyond*. Proceedings – International manufacturing engineering conference, editado por D. Marinescu, EUA.
- CALLENBACH, E.; CAPRA, F.; GOLDMAN, L.; LUTZ, R.; MARBURG, S. (1993). *Gerenciamento ecológico: guia do instituto Elmwood de auditoria ecológica e negócios sustentáveis*. Editora Cultrix, São Paulo.
- CANOSSA, J.; SALOMÃO, T. (1996). A certificação de sistemas de gestão do ambiente ISO 14000. *Revista ABNT*, 1996, n.2, ano.1, p.24-26, out-dez.

- CASCIO, J.; WOODSIDE, G.; MITCHELL, P. (1996). *ISO 14000 guide: the new international environmental management standards*. McGraw-Hill, USA.
- CREMA, R. (1989). *Introdução à visão holística: breve relato de viagem do velho ao novo paradigma*. São Paulo, Summus.
- DANTAS, F.C. (1996). ISO no século 21. *Revista ABNT*, v. 1, n.2, p.31-32, out-dez.
- DeGARMO, E.P.; BLACK, J.T.; KOHSER, R.A. (1997). *Materials and processes in manufacturing*. 8ª ed, Prentice Hall.
- ELLIOTT, J.A. (1994). *An introduction to sustainable development: the developing world*. London, Routledge.
- ESPINOSA, H.R.M. (1996). Diretrizes para uma política ambiental sustentabilista. *Revista Avaliação de Impactos*, v. 1, n. 2, primavera.
- EVERSHEIM, W.; BÖLKE, U. H.; KÖLSCHIED, W. (1996). *Lifecycle modelling as an approach for design for X*. Aachen, Fraunhofer – Institut für Produktionstechnologie.
- EVERSHEIM, W.; et al. (1997). *Manufacturing excellence in global markets*. 1ª ed., Aachen, Chapman & Hall.
- FERREIRA, R. A. R. (1999). *Uma avaliação da certificação ambiental pela norma NBR ISO 14001 e a garantia da qualidade ambiental*. São Carlos. 148p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, R. A. R.; SOUZA, M. P. (1998). *Certificação pela ISO série 14.000 e a eficácia na garantia de qualidade do meio ambiente. Ino prelo*.
- FIORILLO, C. A. P.; RODRIGUES, M. A. (1997). *Manual de direito ambiental e legislação aplicável*. Max Limonad.
- FISHER, K.; SCHOT, J. (1994). *Environmental strategies for industry: international perspectives on research needs and Policy Implications*.
- FREEMAN, C. (1992). *The economics of hope: essays on technical change, economic growth, and the environment*. Reino Unido, Pinter, p. 145-243.
- FREEMAN, E. (1984). *Strategic management: a stakeholder approach*. Boston, Pitman.
- FREI, M. (1999). *Öko-effektive Produktentwicklung: Grundlagen – Innovationsprozess – Umsetzung; mit Fallbeispiel*. Wiesbaden, Gabler.
- GEFFEN, C. A. (1995). Radical innovation in environmental technologies: the influence of federal policy. *Science Policy*, v. 22, n. 5, p. 313-23, oct.
- GERHARD, M-R. (1994). *Umweltpolitik mit Menge und Märkten: Lizenzen als konstituierendes Element einer ökologischen Marktwirtschaft*. Marburg, Metropolis.

- GLAESER, B. (1989). *Umweltpolitik zwischen Reparatur und Vorbeugung: eine Einführung am Beispiel Bundesrepublik im internationalen Kontext*. Braunschweig, Westdeutscher.
- GRIFFITH, J.J. (1989). Zoneamento: uma análise crítica. *Ambiente Revista CETESB de tecnologia*. v. 3, n.1, p.20-25.
- HÄGER, T. et al. (1998). *Umweltschutz, Umweltmanagement und Umweltberarung – Ergebnisse einer Befragung in kleinen und mittleren Unternehmen*. Köln, ISO Institut zur Erforschung sozialer Chancen.
- HENSELER, G. et al (1995). *Methoden und Anwendung der betrieblichen Stoffbuchhaltung – ein Beitrag zur Methodenentwicklung in der ökologischen Beurteilung von Unternehmen*. Zürich, VDF Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- HUGHES, J. R. (1998). Global change studies require more than technology. *GIS World*. v. 11, n. 10, out.
- JARDIM, S. S. (1997). Certificação, a outra face da ABNT. *Revista ABNT*, v. 2, n. 3, p.14-19, mar.
- JACOBS, M. (1991). *The green economy: environment, sustainable development and the politics of the future*. London, Pluto.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (1997). *A estratégia em ação: balanced scorecard*. 3ª ed, Rio de Janeiro, Campus.
- KIRKWOOD, R.C.; LONGLEY, A.J. (1995). *Clean Techonology and the Environment*. London, Blackie Academic & Professional.
- KLOCKE, F. et al. (1996). Clean manufacturing technologies – an important aspect of competition for tomorrow. In: INTERNATIONAL MANUFACTURING ENGINEERING CONFERENCE, 1996. (EUA). *Manufacturing engineering: 2000 and beyond*.
- KNORREN, N. & WEBER, J. (1998). Controlling und Shareholder-value: getrennte Welten? *Controller Magazin*, n. 4.
- KÖLSCHIED, W. (1999). *Methodik zur lebenszyklusorientierten Produktgestaltung: ein Beitrag zum Life Cycle Design*. Tese (Doutorado) Rheinisch-Westfälischen Hochschule Aachen (D 82, Dissertation RWTH Aachen), Aachen.
- KÖSTERS, W. (1997). *Umweltpolitik: Themen, Funktionen, Zuständigkeiten*. München und Landsberg am Lech, Günter Olzog.
- LINDGREN, G.F. (1990). *Managing industrial hazardous waste: a practical handbook*. Lewis.
- MAGNANI, M. et al (1999a). Utilização de SIG na análise de fatores ambientais para localização de atividades industriais no município de São Carlos - SP. (CD-ROM) In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE

- GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 5., Salvador, 1999. *Anais*. Salvador.
- MAGNANI, M.; FERREIRA, R. A. R.; SOUZA, M. P. (1999b). Gestão ambiental: a relação entre certificação e garantia da qualidade ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 19., E ENCONTRO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA INDUSTRIAL. 7., Rio de Janeiro, 1999. *Anais*. Rio de Janeiro.
- MAILLEFER, C. (1996). Allocation of environmental interventions. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, pg. 27-38.
- MEYER, K. (1997). *Internet und strategisches Umweltmanagement: Krisenabwehr durch Stakholder-orientierte Kommunikation*. Wiesbaden, Gabler.
- MIKESELL, R.F. (1992). *Economic development and the environment: a comparison of sustainable development with conventional development economics*. Mansell.
- MOURA, L.A.A. (1998). *Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14000 nas empresas*. São Paulo, Oliveira Mendes.
- MUKAI, T. (1994). *Direito ambiental sistematizado*. 2ª ed., Rio de Janeiro, Forense Universitária.
- NEMEROW, N.L. (1995) *Zero pollution for industry: waste minimization through industrial complexes*. John Wiley & Sons.
- PASCOLO, P.; BREBBIA, C. A. (1998). *GIS technologies and their environmental applications*, Computational Mechanics.
- PEARCE, D.W. et al (1994). *Sustainable Development – economics and environmental in the Third World*. Londres, Earthscan.
- PEARCE, D.W. et al (1996). *Blueprint for a green economy 3: Measuring sustainable development*, Londres, Earthscan Publications Limited.
- PEARCE, D.W. (1995). *Blueprint for a green economy 4: Capturing global environmental value*, Londres, Earthscan Publications Limited.
- PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*,, Baltimor, The Johns Hopkins University Press.
- PFLIEGNER, K. (1996). *ISO 14000: environmental management standards and implications for exporters to developed markets*. New York, United Nations Development Programme, 25p.
- POHL, C.; et al (1996). Imprecision and uncertainty. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser, p. 51-68.

- PORTER, M. E.; LINDE, C. van der (1995). Green and competitive – na underlying logic links the environment, resource productivity, innovation, and competitiveness. *Harvard Business Review*, set – out.
- ROZENFELD, H. (1997). Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 3., Gramado, 1997. *Anais*. Gramado.
- SACHS, I. (1986). *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo, Vértice, 207p.
- SANTOS, M.C.S.R. (1986). Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- SANTOS, M. (1997). *Técnica, espaço, tempo – globalização e meio técnico-científico informacional*. 3ª ed., São Paulo, Editora Hucitec.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. (1991). *Manual para adequação ambiental na implantação de distritos industriais*. 1.ed. São Paulo, CETESB, 55 p.
- SCHALTEGGER, S.; STURM, A. (1996). Managerial eco-controlling. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, p. 151-167.
- SCHALTEGGER, S. (1996a). Two path. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, p. 3-7.
- SCHALTEGGER, S. (1996b). Eco-efficiency of LCA. The necessity of a site-specific approach. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, p. 133-149.
- SCHMID, U. (1989). *Umweltschutz – eine strategische Herausforderung für das Management*. Frankfurt am Main, Peter Lang, ps. 97-183.
- SCHOTT, H. et al. (1997). *Design for environmet – Computer based product and process development*. <http://www.muk.maschinenbau.th-da...fentlichungen/dfe/seiten/dfe.html>. (09/04/1998).
- SOUZA, M. P. (1993). *Metodologia de cobrança sobre os usos da água e sua aplicação como instrumento de gestão*. São Paulo. 133p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, M. P. (1995) A cobrança e a água como bem comum. *RBE-Caderno de Recursos Hídricos*. 1995. v.13, n.1, p.25-551, jun.
- SOUZA, M. P. (1999). *Contribuição à operacionalização do conceito de sustentabilidade através da política ambiental*. São Carlos. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

- SOUZA, P. H. (1998). *A ponderação de fatores ambientais para a proposição de zoneamento para distritos industriais utilizando o SIG*. São Carlos. 179p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TISDELL, C. (1997). *Environmental economics: policies for environmental management and sustainable development*. Edward Elgar.
- TOMMASI, L. R. (1993). *Estudo de impacto ambiental*. São Paulo, CETESB Terragraph Artes e Informática.
- TURNER, R.K. (1993). *Sustainable environmental economics and management: principles and practice*. London.
- VITERBO Jr., E. (1998) *Sistema integrado de gestão ambiental: como implementar um sistema de gestão que atenda à norma ISO 14001, a partir de um sistema baseado na norma ISO 9000*. São Paulo, Aquariana.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987). *Our common future*. Oxford University.
- WENZEL, H. (1994). *Environmental life-cycle assessment: a tool in product development*. Institute for product development life cycle center, Technical University of Denmark, paper submitted for presentation at the CIRP, 2nd. International Seminar on Life Cycle Engineering, oct. 1994, Erlangen, Germany.
- ZIMMERMANN, P.; FRISCHKNECHT, R.; MÉNARD, M. (1996). Background inventory data. In: SCHALTEGGER, S. org. *Life cycle assessment (LCA) – quo vadis?* Basel, Birkhäuser Verlag, p. 39-49.
- ZHOU, C. (1998) GIS monitors our fragile Earth. *GIS World*. v. 11, n. 10, Out.