

SÍLVIA LÊDA TORRES DE FARIAS

**CONTROLE DE QUALIDADE NA LAVRA EM MINAS DE
CALCÁRIO PARA CIMENTO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia.

**CONSULTA
FD-3342**

São Paulo
2003

SÍLVIA LÊDA TORRES DE FARIAS

**CONTROLE DE QUALIDADE NA LAVRA EM MINAS DE
CALCÁRIO PARA CIMENTO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientador:
Prof. Livre-Docente
Giorgio Francesco Cesare de Tomi

São Paulo
2003



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
TERMO DE JULGAMENTO
DE
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 06 dias do mês de junho de 2003, às 10:00 horas, no Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, presente a Comissão Julgadora, integrada pelos Senhores Professores Doutores Giorgio Francesco Cesare de Tomi, orientador da candidata, Lindolfo Soares e Aarão de Andrade Lima, iniciou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado do(a) Sr(a) **SÍLVIA LÊDA TORRES DE FARIAS**.

Título da Dissertação: **"CONTROLE DE QUALIDADE NA LAVRA EM MINAS DE CALCÁRIO PARA CIMENTO"**.

Concluída a arguição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerado o(a) candidato(a):

Prof.Dr. Giorgio Francesco Cesare de Tomi..... (APROVADA)
 Prof.Dr. Lindolfo Soares..... (aprovada)
 Prof.Dr. Aarão de Andrade Lima..... (APROVADA)

Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Julgadora e pela Secretária de Pós-Graduação.

São Paulo, 06 de junho de 2003.
 A COMISSÃO JULGADORA

Secretária: Elisabete Ap^a F.S.Ramos *Elisabete Ramos*
 Obs: Resolução 4476, de 17.09.1997 Altera dispositivos do Regimento Geral da USP Art.109 - Imediatamente após o encerramento da arguição da dissertação ou da tese cada examinador expressará seu julgamento em sessão secreta, considerando o candidato aprovado ou reprovado.

Homologado pela C.P.G. em reunião realizada 16/06/03.

124p.

Aos meus pais, por todo amor, dedicação, apoio e incentivo que sempre me deram em todos os momentos da minha vida. Aos meus irmãos, pela ajuda em todos os aspectos. E ao meu Amor, que mesmo a distância, sempre incentivou e acreditou no meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Giorgio F. C. de Tomi, que acreditou no meu trabalho e pelos ensinamentos que me foram passados.

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado e me ajudaram sempre que precisei.

Aos meus colegas do Lapol, pelo apoio e amizade.

A Fapesp, pelo apoio e incentivo.

Ao corpo técnico da Soeicom, pela ajuda e cooperação, disponibilizando parte dos dados necessários para este trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado.

RESUMO

O presente trabalho trata do problema do controle de qualidade nas minas de calcário para cimento, principalmente na etapa de planejamento de curto prazo, verificando a aplicabilidade das ferramentas disponíveis no mercado. Propõe também uma metodologia para integrar as informações das diversas etapas do gerenciamento de uma mina, visando o controle de qualidade da matéria prima para a fabricação do cimento. A metodologia, bem como as ferramentas disponíveis foram testadas em empresas, apresentando resultados aceitáveis. Apesar dos resultados positivos, a pesquisa indicou que a tecnologia disponível no mercado para planejamento de curto prazo ainda é muito rígida, pouco amigável e foi projetada para uso na indústria de minerais metálicos, o que dificulta a sua aplicação em minas de calcário para cimento.

ABSTRACT

This research work addresses the problem of quality control in mines producing raw materials for cement, with particular focus on short term mine planning, using the latest technology available. It also proposes a methodology for integrating the various steps involved in the management of a limestone mine, with the aim of controlling the quality parameters that are relevant to the production of cement. The methodology was applied to a case study in the industry with successful results. Albeit the positive results, the research also indicated that the current software tools for short term planning do not necessarily meet all requirements of the cement industry, due to their lack of flexibility, and the fact that these tools were originally designed for metals mining.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Considerações Iniciais sobre o Cimento	3
2.2	Panorama da Indústria Cimenteira no Brasil	4
2.3	Controle de Qualidade na Fabricação do Cimento	5
2.4	Métodos de Otimização Disponíveis no Mercado	7
2.4.1	Técnicas de Programação Aplicadas para Definição de Cava Final e Seqüenciamento de Lavra	8
2.4.2	Método (Algoritmo) de Lerchs & Grossmann	20
2.4.3	Função Parametrização	23
2.4.4	Estacionarização de Parâmetros	24
3	METODOLOGIA	30
3.1	Geologia	31
3.2	Planejamento de Longo Prazo	32
3.2.1	Conceitos Básicos do Programa RM Scheduler	32
3.3	Planejamento de Curto Prazo	34
3.3.1	Conceitos Básicos do Programa Estácio	34
3.4	Integração dos Softwares	41
4	ESTUDO DE CASO	43
4.1	Revisão do Modelo Geológico, Econômico e Geotécnico	43
4.2	Revisão do Planejamento de Longo Prazo	53
4.3	Definição das Variáveis para o Planejamento de Curto Prazo	56
4.4	Integração das Informações	65
5	CONCLUSÕES	73
5.1	Análise dos Resultados da Geologia	73
5.2	Análise dos Resultados do Planejamento de Longo Prazo	73
5.3	Análise dos Resultados do Planejamento de Curto Prazo	74
5.4	Análise da Integração dos Softwares	75

5.5 Sugestões para Trabalhos Futuros	75
ANEXO 1 – Código Fonte do Script Principal	76
ANEXO 2 – Código Fonte do Script Geologia	78
ANEXO 3 – Código Fonte do Script Longo Prazo	85
ANEXO 4 – Código Fonte do Script Curto Prazo	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição da produção nacional de cimento em 2001	4
Figura 2.2 – Etapas de otimização e seqüenciamento de lavra	8
Figura 2.3 – Representação gráfica de um grafo	11
Figura 2.4 – Representação gráfica de um grafo direcionado	12
Figura 2.5 – Representação gráfica de um grafo valorado	13
Figura 2.6 – Representação gráfica de um grafo parcial	14
Figura 2.7 – Representação gráfica de um subgrafo	14
Figura 2.8 – Representação gráfica de um grafo completo	14
Figura 2.9 – Representação gráfica de um grafo pleno	15
Figura 2.10 – Representação gráfica de um grafo bipartido	15
Figura 2.11 – Representação gráfica de um grafo G com um caminho e um ciclo	16
Figura 2.12 – Representação gráfica de um grafo conexo (G1) e um grafo Desconexo (G2)	16
Figura 2.13 – Representação gráfica de um grafo planar com cinco regiões	17
Figura 2.14 – Representação gráfica de uma árvore de raiz A com duas sub-árvores de raízes B e C	18
Figura 3.1 – Fluxograma geral das etapas propostas pelo projeto OPTI-CQ para o gerenciamento de mina	31
Figura 3.2 – Fluxograma das etapas para otimização de cava final e seqüenciamento de lavra no RM Scheduler	33
Figura 3.3 – Diagrama de etapas e softwares utilizados na metodologia proposta pelo projeto OPTI-CQ	41
Figura 4.1 – Seção horizontal do modelo de blocos (cota 735) com topografia de fev. 2002 e vista 3D	45
Figura 4.2 – Seção horizontal do modelo de blocos (cota 750) com topografia de fev. 2002 e vista 3D	46
Figura 4.3 – Seção horizontal do modelo de blocos (cota 765) com topografia de fev. 2002 e vista 3D	47

Figura 4.4 – Seção horizontal do modelo de blocos (cota 780) com topografia de fev. 2002 e vista 3D	48
Figura 4.5 – Seção horizontal do modelo de blocos (cota 795) com topografia de fev. 2002 e vista 3D	49
Figura 4.6 – Vista 3D dos contatos litológicos na topografia dentro do decreto de Lavra (fev.2002)	50
Figura 4.7 – Topografia de fev. 2002	52
Figura 4.8 – Curvas de nível da cava final definida pelo RM Scheduler	54
Figura 4.9 – Variação do Fator de Saturação do Cálcio por ano	55
Figura 4.10 – Blocos referentes ao ano de 2002 a serem seqüenciados mensalmente	57
Figura 4.11 – Variação de SiO ₂ nas simulações	60
Figura 4.12 – Variação de CaO nas simulações	61
Figura 4.13 – Variação de Al ₂ O ₃ nas simulações	61
Figura 4.14 – Variação de Fe ₂ O ₃ nas simulações	62
Figura 4.15 – Percentuais do material planejado e executado	64
Figura 4.16 – Script Principal	66
Figura 4.17 – Script Geologia	68
Figura 4.18 – Script Longo Prazo	69
Figura 4.19 – Script Curto Prazo	70
Figura 4.20 – Script Despacho	71
Figura 4.21 – Script Monitoramento	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Produtores de cimento no Brasil	5
Tabela 2.2 – Estatísticas gerais da indústria cimenteira no Brasil – 2000	5
Tabela 4.1 – Cubagem do modelo de blocos dentro do decreto de lavra feita no DATAMINE (fev. 2002)	50
Tabela 4.2 – Ângulo geral de talude usado para definição dos contornos de cava final por tipo litológico	51
Tabela 4.3 – Quantitativos da cava final definida pelo RM Scheduler	53
Tabela 4.4 – Valores ideais das variáveis	56
Tabela 4.5 – Valores das variáveis usadas nas simulações	58
Tabela 4.6 – Valores de SiO ₂ obtidos nas simulações	59
Tabela 4.7 – Valores de CaO obtidos nas simulações	59
Tabela 4.8 – Valores de Al ₂ O ₃ obtidos nas simulações	59
Tabela 4.9 – Valores de Fe ₂ O ₃ obtidos nas simulações	60
Tabela 4.10 – Quantitativos lavrados nos meses contemplados no estudo	63
Tabela 4.11 – Percentuais lavrados das áreas planejadas para os meses de estudo	63

1 INTRODUÇÃO

O cimento é um dos principais minerais industriais e tem merecido uma atenção especial nos últimos anos. Apesar do crescimento da construção civil, a indústria cimenteira nacional tem-se mantido relativamente constante nos últimos anos, apresentando uma pequena queda na sua produção.

No mundo de hoje, cada vez mais competitivo, a redução nos custos operacionais passou a ser uma questão primordial para as empresas e como não poderia ser diferente, passou a ser também uma questão importante para a indústria cimenteira.

Até pouco tempo atrás, não existia muita preocupação em controlar a matéria prima para a fabricação cimento. Todos os desvios relacionados à qualidade eram controlados na fábrica, já que o custo para retirar o material da mina é muito inferior ao custo total da fabricação do cimento, ficando desta forma viável aproveitar todo material.

Realmente é viável aproveitar na maioria das vezes todo o material disponível nas minas. A grande preocupação agora é fazer a blendagem correta deste material antes de entrar na fábrica, atendendo as especificações de qualidade da fábrica. Desta forma, pode-se reduzir custos como adição de corretivos e principalmente, reduzir custos com o forno.

O presente trabalho faz parte do projeto OPTI-CQ, que tem como objetivo desenvolver uma metodologia específica para controlar a qualidade do material na lavra de calcário para cimento, principalmente no planejamento de curto prazo. Este objetivo será atingido através de um estudo de integração do fluxo de informações das etapas de modelagem geológica, planejamento de lavra e operação de mina, com horizontes de curto, médio e longo prazo, de acordo com as necessidades das fábricas de cimento.

Os principais pontos deste trabalho são os seguintes:

- Revisão da metodologia de seqüenciamento de lavra e otimização de cava para mina de calcário para cimento e sua aplicação na mina típica onde será aplicado o projeto OPTI-CQ.
- Análise e formatação dos resultados de seqüenciamento de lavra para adaptação e comunicação com sistemas de planejamento de curto prazo.
- Desenvolvimento de metodologia de planejamento de curto prazo para mina de calcário para cimento de acordo com o planejamento de longo prazo, pesquisando métodos e formatos adequados para intercâmbio de informações entre os dois diferentes horizontes de planejamento, dentro dos objetivos estabelecidos de produção da mina.
- Implantação do planejamento de curto prazo de acordo com a metodologia integrada ao longo prazo, acompanhando os resultados e refinando a metodologia em estudo.

Atualmente existem no mercado softwares específicos para cada etapa dos processos de gerenciamento de mina. Nas áreas de planejamento de longo prazo e despacho, os programas são eficientes e amigáveis, utilizam tecnologia de ponta e estão sendo amplamente utilizados nas minerações. Na área de planejamento de curto prazo, existem alguns programas, mais o uso dos mesmos nas minerações ainda é pequeno, apesar da crescente procura por soluções que atendam as necessidades do curto prazo.

No estudo de caso apresentado, foram usadas ferramentas que estão disponíveis no mercado, enfocando de forma geral o controle de qualidade no planejamento de longo prazo, verificando a aplicabilidade de um programa específico para planejamento de curto prazo e criando uma metodologia para facilitar o fluxo das informações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica faz inicialmente algumas considerações importantes sobre a indústria do cimento. Depois são apresentados os conceitos teóricos relacionados aos softwares utilizados para a otimização e seqüenciamento de cava final e os conceitos a respeito das técnicas empregadas para o planejamento de curto prazo.

2.1 Considerações Iniciais sobre o Cimento

O cimento teve sua origem acerca de 4.500 anos. Ao longo do tempo sofreu modificações e foi aprimorado. Através de pesquisas e estudos foram desenvolvidos diferentes tipos de cimento para as mais diversas aplicações. Hoje, o cimento é um material bem definido e a sua fabricação é rigorosamente controlada, seguindo normas e técnicas. Dentre os diversos tipos de cimentos, o mais comum no mercado é o *Portland*.

O principal componente do cimento é o *clínquer*, que é obtido a partir da calcinação do calcário misturado com argilas. O *clínquer* é o responsável pelo desempenho mecânico do cimento. Além do *clínquer*, outro componente utilizado na fabricação do cimento é a gipsita, ou gesso, que é introduzido na fase de moagem. O gesso é o elemento retardador do tempo de pega do cimento.

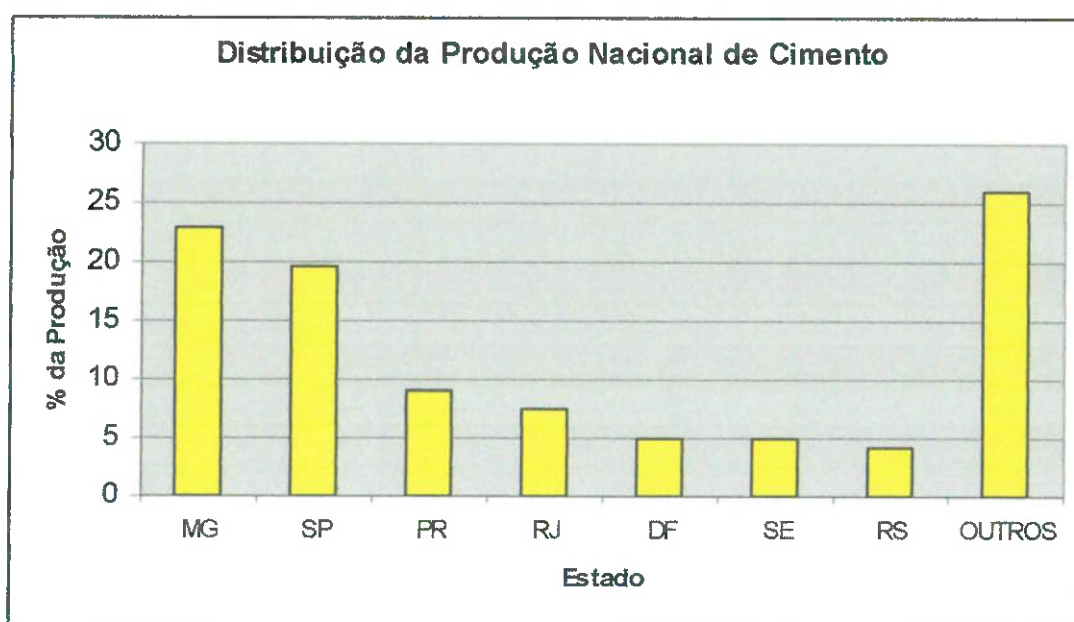
Também são utilizados aditivos, como: minério de ferro, areia silicosa, calcário puro. Escórias e pozolanas são adicionadas para aumentar a resistência mecânica do cimento.

A composição do cimento *Portland* nacional é dada pela fórmula de Bongue:

3 CaO.SiO ₂	(C3S) – 18 a 66%
2 CaO.SiO ₂	(C2S) – 11 a 53%
3 CaO.Al ₂ O ₃	(C3A) – 2 a 20%
4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	(C4AF) – 4 a 14%

2.2 Panorama da Indústria Cimenteira no Brasil

O Brasil é responsável por 2,30% da produção mundial de cimento. No ano de 2000 a produção nacional sofreu uma redução de 2,55% com relação ao ano anterior, 39.208.213 t. O maior produtor nacional é o estado de Minas Gerais, responsável por 22,8% da produção. A figura 2.1 mostra a distribuição da produção nacional de cimento no ano de 2001.



Fonte: Sumário Mineral 2002 – DNPM

Figura 2.1: Distribuição da produção nacional de cimento em 2001

O principal grupo produtor de cimento nacional é o grupo Votorantim, responsável por 41,87% da produção. A tabela 2.1 mostra os principais grupos produtores de cimento. A tabela 2.2 apresenta as principais estatísticas nacionais com relação a indústria cimenteira.

Tabela 2.1: Produtores de cimento no Brasil

Grupo	%da Produção Nacional (2001)
Votorantim	41,87
João Santos	11,42
Cimpor	9,03
Holdecim	8,93
Larfage	8,32
Camargo Correia	8,07
Tupi	3,66
Soeicom	2,96
Itambé	2,21
Ciplan	1,76
Ribeirão Grande	1,70
Cibrex	0,05

Fonte: Sumário Mineral 2002 – DNPM

Tabela 2.2: Estatísticas gerais da indústria cimenteira no Brasil – 2000

Discriminação		1998	1999	2000
Produção:	(t)	39.941.916	40.269.713	39.208.213
Importação:	(t)	665.932	234.936	157.296
	(10 ³ U\$ - FOB)	30.545	12.535	-
Exportação:	(t)	254.051	227.450	185.754
	(10 ³ U\$ - FOB)	13.243	10.294	-
Consumo Aparente ⁽¹⁾ :	(t)	40.353.797	40.637.199	39.179.754
Preço Médio:	(R\$/t)	90,00	90,00	90,00

Fonte: Sumário Mineral 2001 – DNPM

Notas: (1) Produção + Importação – Exportação

2.3 Controle de Qualidade na Fabricação do Cimento

A fabricação do cimento é composta de várias etapas, que inicia na extração da matéria prima e termina no carregamento do cimento. Durante estas etapas é feito um rigoroso controle de qualidade, principalmente na fábrica.

Um dos principais problemas com relação ao controle de qualidade está na matéria prima, ou seja, na qualidade da mistura formada por calcário e argila, chamada argical. Este material é extraído da mina e britado para formar a pilha de pré-homogenização. A composição da pilha de pré-homogenização deve ter teores específicos de CaCO_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 , para que a farinha atenda as necessidades de fabricação do cimento.

Para controlar a qualidade do argical que forma a pilha de pré-homogenização algumas cimenteiras utilizam um medidor que aplica a técnica PGNAA (Prompt Gamma Neutron Activation Analysis) para fazer medições contínuas e on-line do material que passa pelo britador, informando os valores químicos dos componentes de controle da pilha. Dessa forma, é possível monitorar os desvios da qualidade e dosar as correções na farinha.

Na maioria dos casos, as principais variáveis de controle são o FSC (Fator de Saturação do Cálcio), o MS (Módulo de Sílica) e o MA (Módulo de Alumina). Os valores das variáveis são especificados pela fábrica e para que os mesmos fiquem dentro dos padrões especificados, é necessário blendar materiais de diferentes frentes de lavra.

Segundo Tomi (2002), o objetivo é determinar a máxima produção com a proporção adequada de cada frente de modo a atender as exigências da fábrica de cimento. Uma das maneiras de resolver este tipo de problema é o método matemático de programação linear.

O principal objetivo do controle de qualidade da matéria prima é reduzir a variabilidade do material fornecido à fábrica, diminuindo desta forma a adição de corretivos e custos, principalmente com o forno.

O FSC e outros fatores de qualidade podem ser controlados durante o planejamento de longo prazo, com a otimização da cava final respeitando estes parâmetros. O mesmo pode ser feito para o planejamento de médio e curto prazo. No caso do planejamento de curto prazo, existem alguns softwares generalizados que usando programação linear e outros processos, fazem a blendagem dos materiais. Ainda não

está disponível no mercado um software específico para planejamento de curto prazo para o cimento. Um dos objetivos deste trabalho é verificar a aplicabilidade de programas generalizados para planejamento de curto prazo para o caso do cimento.

2.4 Métodos de Otimização Disponíveis no Mercado

Segundo De Tomi (2001), o termo “Otimização” é uma palavra que dentro do contexto da indústria de planejamento de lavra em particular, vem gradualmente sendo aceito como descritiva de um conjunto de técnicas que introduzem métodos de análises matemáticas nas atividades de planejamentos. As técnicas de otimização em planejamento envolvem normalmente um processo com três estágios:

1. A criação de um modelo matemático da atividade, ou parte desta. Um modelo matemático é a coleta de variáveis, possivelmente em grande número, cujos valores definem o planejamento. As relações entre as variáveis são estabelecidas por uma série de equações; estas determinam a estrutura do modelo. Um conjunto de valores para todas as variáveis que são consistentes com todas as equações é um possível planejamento. Por exemplo, as variáveis podem ser as de níveis de produção anual para a vida remanescente da mina. As equações podem então relacionar tonelagem, teores e capacidades.
2. A adoção de um critério de otimização. Este deve ser a única medida de qualidade ou performance que é de primordial importância no estabelecimento do mérito de um planejamento. Normalmente adota-se uma função de algumas das variáveis no modelo, tornando assim possível o cálculo de um valor para o critério, associado com cada planejamento possível. Os critérios mais comumente adotados em planejamento de lavra são: O NPV (Net Present Value) do empreendimento e a TIR (Taxa Interna de Retorno).
3. O desenvolvimento de um algoritmo para encontrar o conjunto de valores das variáveis no modelo, as quais aumentam o valor máximo do critério. O algoritmo pode ser alguma rotina matemática para maximização ou minimização, ou simplesmente algum procedimento de cálculo designado a buscar por um máximo ou um mínimo.

A figura 2.2 mostra de maneira geral as etapas para otimização de cava e seqüenciamento de lavra.

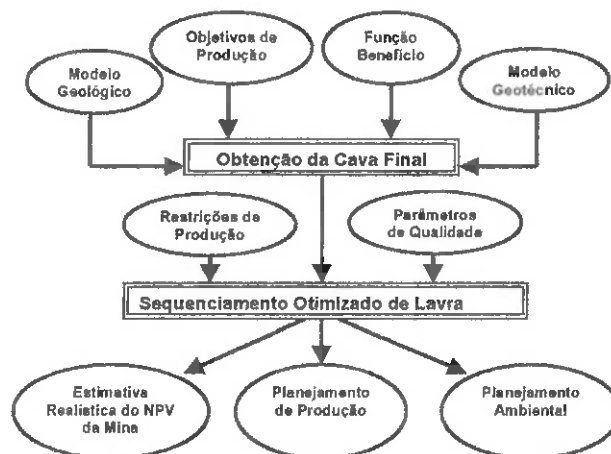


Figura 2.2: Etapas de otimização e seqüenciamento de lavra

Nos últimos anos os métodos de otimização de limites de cava final vem sendo cada vez mais aperfeiçoados. Hoje é possível estabelecer estes limites segundo critérios econômicos e parâmetros relacionados à qualidade usando softwares.

2.4.1 Técnicas de Programação Aplicadas para Definição de Cava Final e Seqüenciamento de Lavra

As principais técnicas de programação utilizadas para definição de contorno de cava final podem ser divididas em cinco categorias:

1. Técnicas Heurísticas (cones flutuantes)
2. Programação Dinâmica
3. Programação Linear
4. Teoria dos Grafos
5. Análise Convexa

Segundo Oishi (1999), técnicas heurísticas de otimização tem sido largamente utilizadas para a análise dos limites da cava final; contudo, estes métodos podem muitas vezes falhar para gerar desenhos ótimos verdadeiros. A técnica heurística utilizada mais comumente é a do algoritmo de cones flutuantes. A programação dinâmica gera bons resultados em 2 dimensões; contudo, em 3-D produzem resultados erráticos. A teoria dos Grafos é uma técnica alternativa à Programação Linear.

➤ *Técnicas Heurísticas (Cones Flutuante)*

A técnica dos cones flutuantes define o contorno ótimo de cava final pelo método das tentativas. Segundo Noronha (2001), o ápex do cone é movido de um bloco para outro e a avaliação do cone é feita em cada posição explorada. Desde modo, se o cone for positivo, os blocos de minério e estéril contidos nele são armazenados. Os cones positivos são adicionados um a um para formar o contorno da cava final.

➤ *Programação Dinâmica*

A programação dinâmica é usada nos casos onde um problema é dividido em subproblemas e estes não são independentes. Desta forma existe uma necessidade de armazenar os resultados que serão compartilhados entre os subproblemas, evitando cálculos repetidos.

Segundo Soares da Silva, a programação dinâmica pode ser dividida em quatro passos:

1. Caracterização da estrutura de uma solução ótima
2. definir recursivamente o valor de uma solução ótima
3. cálculo do valor de uma solução ótima
4. construção de uma solução ótima a partir da informação computada.

A base de uma solução do problema por programação dinâmica é formada pelos passos 1 e 2.

➤ *Programação Linear (PL)*

A programação linear é uma técnica de planejamento que foi criada em 1946 e tem sido aplicada nas mais diversas áreas, tais como:

- Formulação de alimentos;
- Blendagem de ligas metálicas e petróleo;
- Transporte;
- Localização industrial;
- Corte de barras e chapas.

De forma geral, o objetivo da programação linear é encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações reais.

As seguintes situações podem ocorrer ao resolver-se um problema de PL:

- O problema tem uma única solução ótima;
- O problema tem múltiplas soluções ótimas;
- O problema não tem um ótimo finito;
- O problema é impossível, não tem nenhuma solução.

A Programação Linear procura desenvolver um método que permita passar de uma solução básica admissível para uma outra solução básica admissível que corresponda a um “melhor” valor da função objetivo e dispor de um critério que permita saber quando se alcançou a solução ótima (sem ser necessário experimentar todas as soluções básicas), ou concluir que o problema não tem ótimo finito.

➤ *Teoria dos Grafos*

Segundo Aloise o grafo é uma noção simples, abstrata e intuitiva, usada para representar a idéia de alguma espécie de relação entre os “objetos”. Graficamente, aparece representado por uma figura com nós ou vértices, significando os objetos,

unidos por um traço denominado aresta configurando a relação imaginada. Matematicamente um grafo pode ser representado como:

$$G=(V,E)$$

Onde, V é o conjunto de vértices e E é o conjuntos de arestas ou ligações entre os vértices. (... V ...= n , . E ...= m)

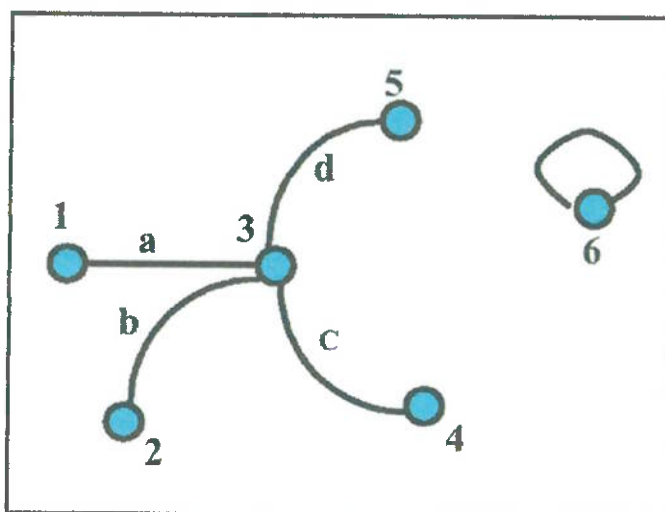


Figura 2.3: Representação gráfica de um grafo

A figura 2.3 mostra o grafo $G=(V,E)$. Os laços são permitidos pela definição. Múltiplas linhas não são permitidas. Neste exemplo, $V=\{1,2,3,4,5,6\}$ e $E=\{\{1,3\},\{2,3\},\{3,4\},\{3,5\},\{6,6\}\}$. É comum a utilização da variável v_i ou x_i , $i=1,2,\dots,n$ para a distinção dos nós (vértices). . V ...= 6 , . E ...= 5.

Grafo direcionado (ou Digrafo)

Segundo Aloise, um Grafo é dito direcionado ou *Digrafo* quando o sentido das ligações entre os vértices é considerado. Neste caso denomina-se de arco a aresta direcionada. Matematicamente pode ser representado por:

$$G=(V,E)$$

Onde V é o conjunto de vértices e E é uma relação binária em V (i.e., um conjunto de *pares ordenados*) das ligações.

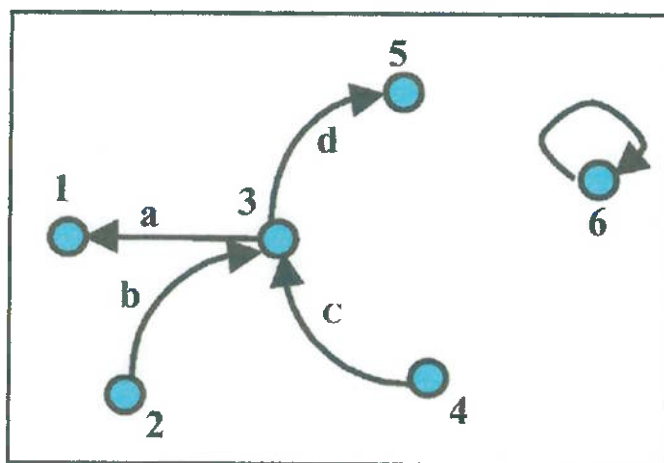


Figura 2.4: Representação gráfica de um grafo direcionado

No exemplo da figura 2.4, $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ e $E = \{(3, 1), (2, 3), (4, 4), (3, 5), (6, 6)\}$. $\cdot V \dots = 6$, $\cdot E \dots = 5$.

Grafos valorados (*Redes* \equiv *Networks*)

Aloise define uma Rede como um grafo não-direcionado (ou um digrafo) no qual um número real é associado aos vértices e/ou ligações. Este número é frequentemente referido como o *peso* da ligação. Essa classificação é dada de acordo com a necessidade, ou não, da indicação do fluxo entre os vértices. Na prática este número pode representar:

- custos, distâncias, capacidades, e/ou suprimentos e demandas;
- tempo (trânsito, permanência, etc);
- confiabilidade de transmissão;
- probabilidade de ocorrer falhas;
- capacidade de carga;
- outros.

Matematicamente pode ser representado por:

$$G=(V,E,w)$$

Onde V é o conjunto de vértices, E é o conjunto de ligações e w é o peso associado os vértices e/ou ligações.

Os grafos valorados são empregados nas mais diversas áreas. Abaixo as aplicações mais comuns:

- Redes ferroviárias
- Redes de telecomunicações
- Redes de estradas
- Redes Elétricas
- Redes de esgotos
- Redes de transportes
- Redes de atividades, “scheduling” de atividades em grandes projetos.

Onde os nós e vértices representam as atividades e os arcos às restrições e pendências. A figura 2.5 ilustra um exemplo de grafo valorado.

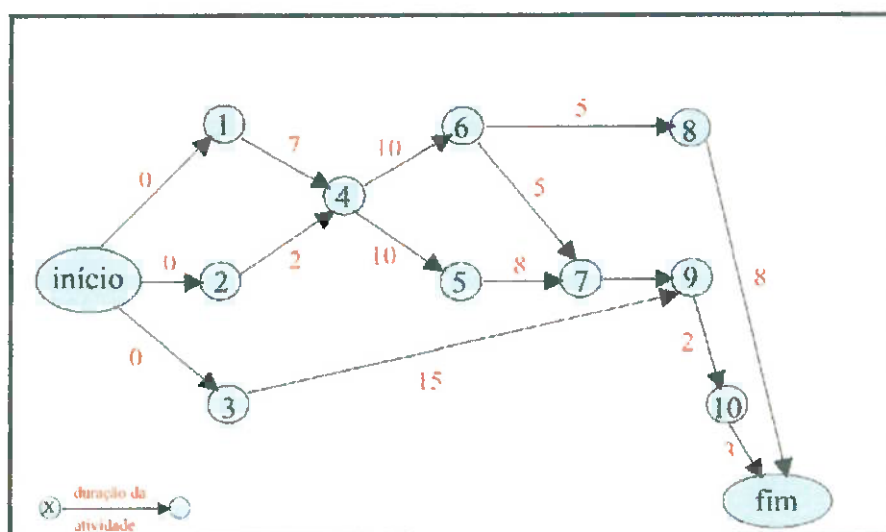


Figura 2.5: Representação gráfica de um grafo valorado

Os grafos não direcionados, direcionados e valorados são os casos mais simples. As figuras 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10 mostram a representação gráfica dos outros possíveis casos de grafos.

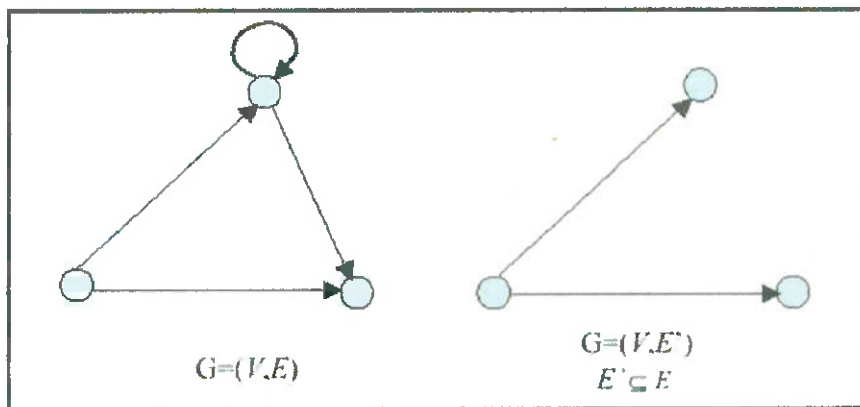


Figura 2.6: Representação gráfica de um grafo parcial

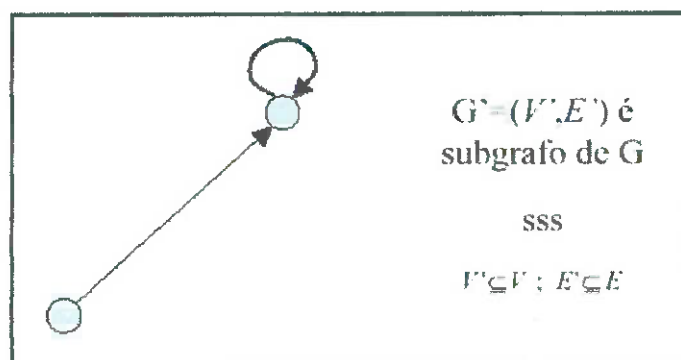


Figura 2.7: Representação gráfica de um subgrafo

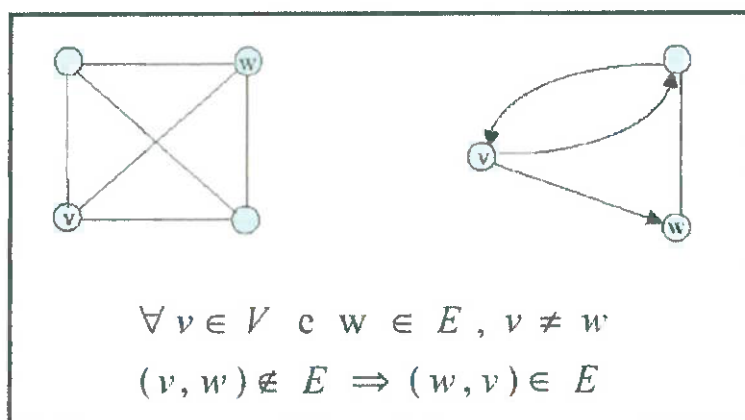


Figura 2.8: Representação gráfica de um grafo completo

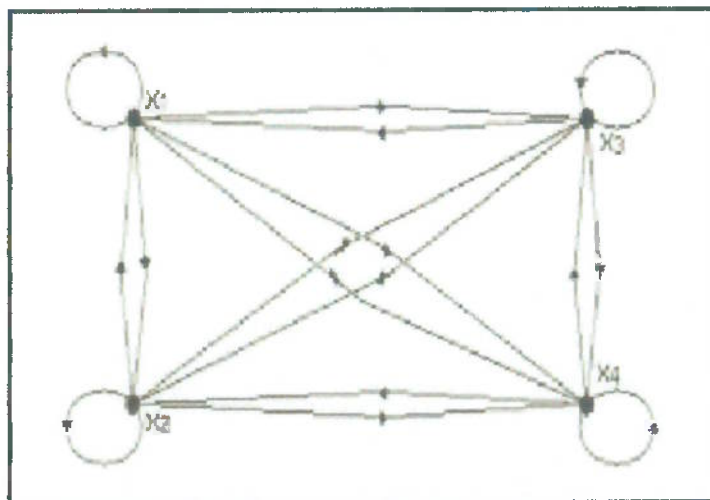


Figura 2.9: Representação gráfica de um grafo pleno

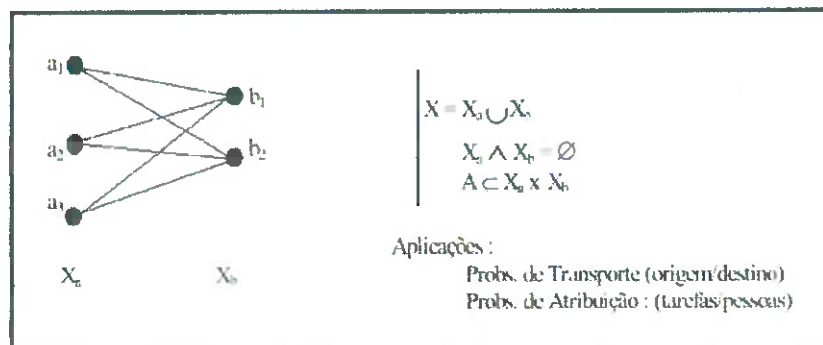


Figura 2.10: Representação gráfica de um grafo bipartido

Caminho, Percurso, Ciclo, Circuito e Comprimento

Segundo Aloise , um **caminho** de um vértice v_{i0} para o vértice v_{ik} é uma seqüência de arestas $\langle v_{i0}, v_{i1} \rangle, \langle v_{i1}, v_{i2} \rangle, \dots, \langle v_{i,k-1}, v_{ik} \rangle$. Um caminho é dito **elementar** se passa exatamente uma vez por cada vértice e é **simplex** se passa exatamente uma vez por cada aresta. Quando o grafo é não orientado o conceito de caminho é substituído por **cadeia** que pode ser representada pela seqüência de arestas que a forma ou dos vértices nela contidos. Alguns autores usam o termo **percurso** para denominar genericamente um caminho.

Se os vértices inicial e final são coincidentes ($v_{i0} = v_{ik}$), dizemos que o caminho é fechado e forma um **ciclo** que é chamado de **circuito** se o grafo for orientado. O

comprimento de um percurso num grafo valorado é a soma dos custos de percorrer cada aresta e num grafo não valorado é igual ao número de arestas que o compõe. A figura 2.11 identifica alguns destes elementos.

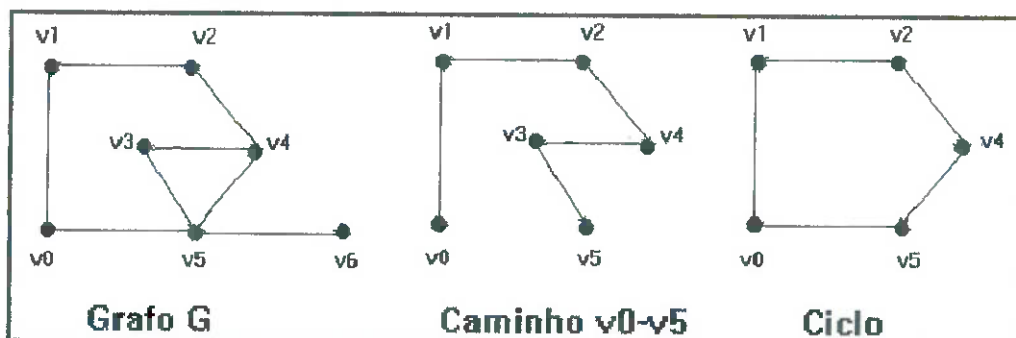


Figura 2.11: Representação gráfica de um grafo G com um caminho e um ciclo

Ciclo Euleriano e Circuito Hamiltoniano

O ciclo Euleriano é definido como um ciclo que passa por todas arestas de um grafo e um circuito elementar que passa por todos os vértices é chamado de Hamiltoniano.

Conexidade

Um Grafo $G = (V, E)$ é **conexo** se para todo par de vértices existe pelo menos uma cadeia entre eles, por outro lado, se existir pelo menos um par de vértices que não é unido por nenhuma cadeia diz-se que o grafo é não-conexo, ou **desconexo**. A figura 2.12 mostra um exemplo de grafo conexo e outro de grafo desconexo.

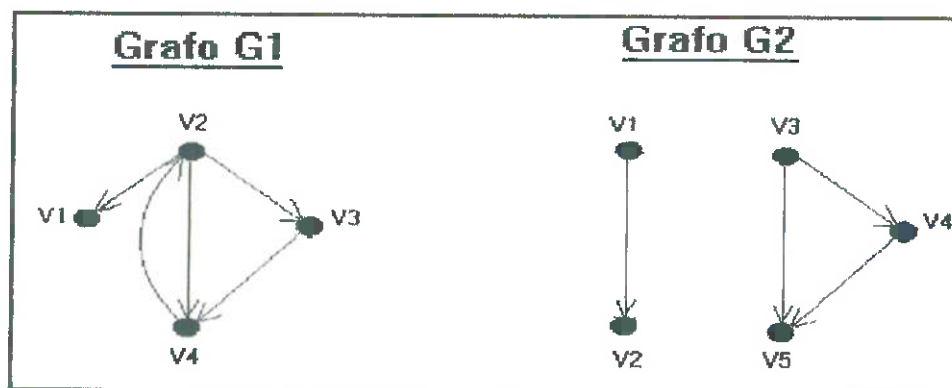


Figura 2.12: Representação gráfica de um grafo conexo ($G1$) e um grafo desconexo ($G2$)

Grafos Planares

Um grafo é definido como planar quando é possível dispor seus vértices num plano de forma que não haja cruzamento de arestas. Pode-se então fazer uma associação entre um grafo planar e um mapa, onde cada região do mapa corresponde a um vértice e as fronteiras entre as regiões correspondem às arestas. A figura 2.13 mostra um exemplo de um grafo planar.

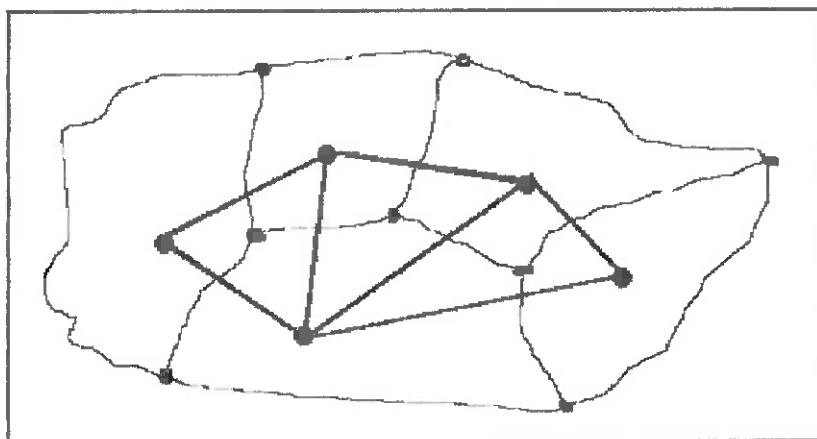


Figura 2.13: Representação gráfica de um grafo planar com cinco regiões

Árvores

A definição clássica de árvore apresenta os seguintes conceitos:

- **Árvore** é uma estrutura de dados que possui uma relação hierárquica entre seus elementos;
- **Árvore** é um conjunto finito de um ou mais nós, onde um deles é denominado raiz e os demais, recursivamente, formam uma nova árvore (ou sub-árvore).

Quando num determinado nível a sub-árvore tem um único nó (sem descendentes) ele é chamado de folha. A árvore da Figura 2.14 tem as seguintes folhas : D, E, G, H e I.

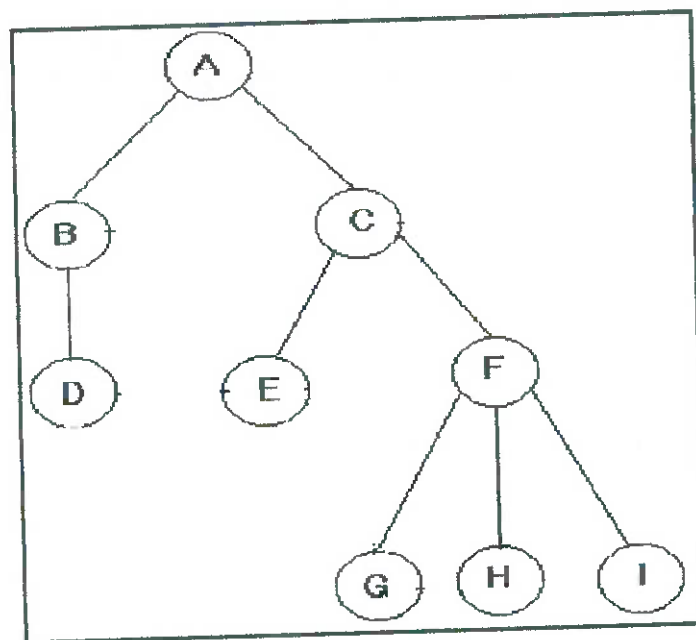


Figura 2.14: Representação gráfica de uma árvore de raiz A com duas sub-árvores de raízes B e C

Com os conceitos definidos até aqui pode-se dizer que uma árvore é um grafo conexo sem ciclos e que todo grafo G deste tipo que possuir " n " vértices tem exatamente $(n-1)$ arestas.

Outra característica que também pode ser observada é que todo par de vértices de G é unido por uma única cadeia simples. Por exemplo, a cadeia A-C-F-G da Figura 2.14 é a única que liga os vértices A e G.

➤ *Análise Convexa*

Outra técnica utilizada na otimização de cava final é a análise convexa. Desenvolvida nos anos de 1975 e 1976, ela apresenta algumas vantagens, como por exemplo, possibilidade de variar de modo contínuo um determinado parâmetro, obtendo-se como resultado um conjunto de cavas ótimas.

Conceituação básica

Segundo Valente (1982), dois tipos de variáveis devem ser levadas em consideração, variáveis geométricas e variáveis naturais.

- Variáveis geométricas: ângulo de talude, altura de bancadas, bermas, etc.
- Variáveis naturais: permitem especificar o valor da função benefício de um bloco, quer seja bloco de minério ou estéril.

Segundo Valente (1982), toda e qualquer lavra seletiva (é aquela que exige uma seleção de material entre minério e estéril) será tanto mais perfeita quanto menor for o 'bloco de decisão' para se efetuar aquela lavra. Mas também se sabe que a diminuição do tamanho de tais blocos, geoestatisticamente avaliados, levará ao aumento dos seus erros de krigagem individuais, logo podendo-se chegar a um ponto de grande incertezas na avaliação (que não deixa de ser a avaliação ótima, no entanto); assim, exceto nos casos puramente geométricos de um veio (ou de uma massa) com contatos perfeitamente definidos e bruscos, descer a blocos menores do que permitem as amplitudes variográficas pertinentes é um exagero que nunca compensará. Dependendo da malha de pesquisa e da dimensão daqueles blocos, pode-se dizer que só 'grandes painéis' devem ser considerados para a otimização do 'pit' final procurado.

Desta forma ele deduz que:

- Selecionar em cima de pequenos blocos depende do nível da informação disponível;
- esta informação, usualmente, não é muito abundante na data em que se procura a cava final ótima;
- as curvas de parametrização tonelagem x teores são construídas com teores avaliados bloco a bloco e só tem significado prático se não for pequeno o número de blocos considerado, logo a associação de um certo número desses blocos pode formar aquilo a que se chamou um 'grande painel';
- é recomendável o uso de 'grandes painéis'. pois não haverá, em termos médios, introdução de erros novos e haverá economia operacional, pela redução das matrizes que se trabalharão nos sistemas de equações otimizantes.

Como consequência do exposto, o método de otimização procurado trabalhará com ‘grandes painéis’, onde posteriormente será aplicada a ‘função de parametrização’, que permitirá apresentação a solução final em termos de blocos de lavra bem menores do que aqueles ‘grandes painéis’, o que é bem interessante, tudo se passando como se houvesse uma suavização de alturas, comprimentos e larguras.

A conceituação matemática da análise convexa é complexa e não será aqui apresentada.

As técnicas de programação apresentadas são utilizadas nos algoritmos de otimização de cava final e sequenciamento de lavra. Dentre os algoritmos usados para definição de cava final o mais empregado é o desenvolvido por Lerchs e Grossmann. Além deste método existem outros como a Função Parametrização e a Estacionarização de Parâmetros. Abaixo algumas considerações sobre estes métodos.

2.4.2 Método (Algoritmo) de Lerchs & Grossmann

Usando os conceitos da Teoria dos Grafos, o algoritmo de Lerchs & Grossmann foi desenvolvido em 1965 e determina o contorno ótimo de uma cava final. Este algoritmo é amplamente utilizado no planejamento de longo prazo desde o seu desenvolvimento. Programas como o NPV Scheduler e o RM Scheduler, utilizados em uma fase inicial dos trabalhos de campo deste projeto, utilizam este algoritmo para definição da cava final.

A conceituação e a descrição do algoritmo apresentada abaixo foi feita por Valente (1982).

➤ Conceituação

Suponha-se que cada bloco i é representado pelo vértice x_i de um grafo e considerem-se neste os arcos orientados (x_i, x_j) se o bloco j tiver pelo menos um ponto comum com o bloco i e se o desmonte de i implica o de j .

Obtém-se deste modo um grafo tridimensional orientado, pois o par (x_i, x_j) é um par orientado. $G = (X, v)$ formado pelo conjunto X de vértices x_i e pelo conjunto v de arcos (x_i, x_j) .

Qualquer contorno admissível de desmonte, isto é, qualquer contorno que satisfaça as restrições de tipo geométrico impostas, é representado por um fecho do grafo $G = (X, v)$.

O grafo G define uma aplicação Γ de X em X tal que:

$$(x_i, x_j) \in v \leftrightarrow x_j \in \Gamma(x_i)$$

segue-se, de acordo com a definição de fecho, que

$$\begin{aligned} \Gamma(x_1) &= \{x_1\} = Y_1 \quad I = 1, 2, \dots, 5 \\ \Gamma(x_6) &= \{x_6\} \cup \Gamma(x_6) = \{x_6\} \cup \{x_1, x_2, x_3\} = Y_6 \\ \Gamma(x_9) &= \{x_9\} \cup \Gamma(x_9) \cup \Gamma^2(x_9) = \\ &= \{x_9\} \cup \{x_6, x_7, x_8\} \cup (\Gamma(x_6) \cup \Gamma(x_7) \cup \Gamma(x_8)) = \\ &= \{x_1, x_2, \dots, x_9\} = Y_9 \end{aligned}$$

Verifica-se, portanto, que qualquer fecho Y de $G = (X, v)$ é um contorno admissível.

Associando a cada vértice x_i de $G = (X, v)$ o valor algébrico $m_i = v_i - c_i$ denominado por massa do vértice x_i , pretende-se encontrar o fecho de g de massa total máxima, isto é, deseja-se conhecer o conjunto:

$$Y \subset X \text{ tal que } x_i \in Y \leftrightarrow \Gamma(x_i) \in Y \text{ e}$$

$$M_Y = \sum_{x_i \in Y} m_i \text{ é máximo.}$$

➤ **O algoritmo**

Inicialmente o grafo G é ampliado com um vértice fictício x_0 e arcos (x_0, x_i) de modo a construir-se em G uma árvore inicial A^0 normalizada.

O processo mais simples para construir A^0 consiste em obter o grafo orientado (X, v_0) em que v_0 é o conjunto de todos os arcos fictícios (x_0, x_i) . Tal grafo é a primeira árvore A^0 .

A árvore A^0 é então transformada em sucessivas árvores A^1, A^2, \dots, A^n de acordo com determinadas regras até que não sejam possíveis novas transformações. O fecho máximo é então dado pela soma das massas dos vértices de um conjunto de determinados ramos bem identificados da árvore final.

Construída a árvore A^0 entra-se num processo iterativo. A interação de ordem $K + 1$ transforma a árvore normalizada A^k na árvore normalizada A^{k+1} . Cada árvore $A^k = (X, v_k)$ é caracterizada pelo seu conjunto v_k de arcos e pelo conjunto Y^k dos seus vértices fortes. O processo iterativo termina quando Y é um fecho de G .

Uma interação de ordem $K + 1$ contém os seguintes passos:

1. Construção da árvore normalizada A^k .
2. Se existe um arco (x_i, x_j) em G tal que $x_i \in Y^k$ e $x_j \in X - Y^k$ ir para 3, caso contrário passar a 7.
3. Achar a raiz x_k do ramo forte que contém x_i .
4. Construir a árvore A^1 substituindo o arco (x_0, x_k) de A^k pelo arco (x_i, x_j) .
5. Normalizar A^1 o que conduz a A^{k+1} .
6. Ir ao número 1.
7. Fim: Y^k é o fecho máximo de G .

Estes sete diferentes passos principais do ALG (Algoritmo Lerchs e Grossmann) são genericamente programáveis. Lerchs e Grossmann (1965), além de justificarem devidamente todos os passos de seu algoritmo, demonstraram também que se atinge o objetivo desejado com um número finito de interações.

2.4.3 Função Parametrização

A Função Parametrização foi desenvolvida por Matheron (1975) e propõe a determinação de uma função matemática para definir a cava ótima.

Segundo Valente (1982), o parâmetro definidor de cada bloco pode ser qualquer (teor, etc.), mas habitualmente é o seu benefício, o qual é função de uma variável econômica λ qualquer (teor de corte, etc.) por hipótese. Esta função (que passa a representar por $W(\lambda)$) é monótona, se λ é um custo, por exemplo, o benefício do bloco decrescerá quando λ aumenta, conseqüentemente, se $\lambda_1 > \lambda_2$, a cava ótima correspondente a λ_1 estará incluída na cava ótima correspondente a λ_2 . Determinada para cada bloco x (descreve-se as coordenadas definidoras do bloco x , y , z apenas com \underline{x} , por simplicidade) um valor numérico $\Lambda(x)$ tal que, para um dado λ_0 :

- o bloco \underline{x} pertence à cava ótima se $\Lambda(x) \geq \lambda_0$
- o bloco \underline{x} não pertence à cava ótima se $\Lambda(x) < \lambda_0$

Conhecendo esta função $\Lambda(x)$, pode-se determinar de imediato a cava ótima correspondente a λ_0 como o conjunto de todos os blocos \underline{x} da jazida para os quais $\Lambda(x) \geq \lambda_0$.

Se houver interesse em estudar a variabilidade da cava em termos de outro parâmetro μ (preço de venda, por exemplo) pode-se definir uma outra função de parametrização $M(x)$ e assim sucessivamente até se alcançar à totalidade das variáveis integrantes da função benefício considerada.

Lerchs e Grossmann e a Função de Parametrização são métodos para definição de cava final. Quando se trata de planejamento de curto prazo, ou seja, mais especificamente seqüenciamento de lavra, alguns dos métodos acima podem ser aplicados para casos específicos. Neste trabalho, o algoritmo utilizado para planejamento de curto prazo é baseado principalmente no conceito de estacionarização de parâmetros.

2.4.4 Estacionarização de Parâmetros

A estacionarização de parâmetros é utilizada principalmente nos casos onde é necessário manter uma alimentação com teores constante na usina de beneficiamento. Rogado e sua equipe começaram em 1967 a estudar a estacionarização de parâmetros para resolver o problema de distribuição de material, para distintas usinas de beneficiamento de uma mina de ferro.

Com base em seus estudos, Rogado elaborou o “Teorema de exaustão de uma jazida”, que é aplicado na estruturação do modelo de estacionarização de parâmetros para lavra a céu aberto.

Teorema de Exaustão de uma Jazida

Segundo Valente (1982), considere-se, no caso geral, a jazida dividida em blocos de lavra tomados como unidades de trabalho. A cada bloco i estão atribuídos vários parâmetros: E_i , f_i , t_i , R_i , etc..

Admita-se, como é usual, que se pretende transportar caudal constante de minério tal qual lavrado na jazida:

$$e_o = \text{Cte.} \quad (1)$$

Onde e_o : massa por unidade de tempo a transportar da jazida.

Imponha-se, adicionalmente, a condição desejável de utilizar frota de transporte constante, compatível com a condição anterior, com plena utilização durante toda a vida da jazida (ou parte da mesma):

$$n_o = \text{Cte.} \quad (2)$$

Onde n_o : número total de unidades de transporte da frota.

Nestas condições, notando-se que

$$n_o = (v.t_o.e_o + \sum e_i. f_i)/v.Q.r \quad (2')$$

- Onde n_o : número total de unidades de transporte da frota.
 v : velocidade média de ciclo das unidades de transporte;
 t_o : tempo dispendido por carga, descarga e manobras de cada unidade de transporte;
 e_o : massa por unidade de tempo a transportar da jazida;
 e_i : massa extraída do bloco i por unidade de tempo;
 f_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso;
 Q : capacidade útil (em massa) da unidade de transporte;
 r : eficiência horária de utilização da frota.

A condição (2) implica

$$\sum e_i. f_i = K, \text{ com } K \text{ constante.} \quad (3)$$

- Onde e_i : massa extraída do bloco i por unidade de tempo;
 f_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso.

Num ato de lavra correspondente a tempo T as condições (1) e (3) traduzem-se em

$$T.e_o = e'_o = \text{Cte.} \quad (1')$$

$$T. \sum e_i. f_i = \sum e'_i. f_i = K', \text{ com } K' \text{ constante.} \quad (3')$$

- Onde T : duração de um ato de lavra;
 e_o : massa por unidade de tempo a transportar da jazida;
 e'_o : massa total a transportar durante um ato de lavra;
 e'_i : massa do bloco i transportado durante um ato de lavra.
 e_i : massa extraída do bloco i por unidade de tempo;
 f_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga

(ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso.

A totalidade dos atos de lavra, conduzindo à exaustão da jazida traduz-se em (condições necessárias, mas nem sempre compatíveis com as restrições).

$$\Sigma e_i \cdot \xi_i = \Sigma E_i \cdot \xi_i \quad (4)$$

Onde e_i : massa do bloco i transportado durante um ato de lavra;
 ξ_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso;
 E_i : reserva atual do bloco de lavra i (massa de minério).

A expressão (4) é equivalente a

$$m \cdot K' = \Sigma E_i \cdot \xi_i \quad (5)$$

Onde m : totalidade de atos de lavra;
 ξ_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso;
 E_i : reserva atual do bloco de lavra i (massa de minério).

Por outro lado,

$$m \cdot e_o = \Sigma E_i \quad (6)$$

Onde m : totalidade de atos de lavra;
 e_o : massa por unidade de tempo a transportar da jazida;
 E_i : reserva atual do bloco de lavra i (massa de minério).

Donde

$$K' = \Sigma e_i \cdot \xi_i = e_o \cdot L \quad (7)$$

Onde e_i : massa do bloco i transportado durante um ato de lavra;

- l_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso;
- e_o : massa total a transportar durante um ato de lavra;
- L: distância virtual do centro de massas da jazida ao ponto de descarga.

Com

$$L = \frac{\sum E_i \cdot l_i}{\sum E_i} \quad (8)$$

- Onde L: distância virtual do centro de massas da jazida ao ponto de Descarga;
- E_i : reserva atual do bloco de lavra i (massa de minério);
- l_i : distância do centro de massa do bloco i ao ponto de descarga (ida e volta) medida sobre o traçado previsto para a estrada de acesso.

Donde:

Teorema: "As condições de exaustão da jazida e a de manutenção da frota constante implicam que o centro de massa da jazida se mantenha constante".

Com base no teorema acima, foi feita a generalização do modelo para vários parâmetros.

Generalização do modelo para vários parâmetros

Segundo Valente, o modelo estruturado no item anterior considerou um só parâmetro, mas como se referiu anteriormente, a estacionarização da frota utilizada no transporte não é o único desideratum de uma programação coerente.

Com efeito, interessa frequentemente que o desmonte seja conduzido por forma a manter estacionários outros parâmetros como, por exemplo, o teor do concentrado produzido.

Esse objetivo obtém-se por via análoga à desenvolvida.

Na verdade, o teor médio do concentrado susceptível de se produzir com o minério da jazida lavrada por um único ato de lavra define t como a distância a uma origem arbitrária de um novo centro de massas no espaço dos teores.

Portanto, para que o centro de massas, nesse espaço, se mantenha estacionário (isto é, após cada ato de lavra, a jazida, quanto a teores, seja uma réplica da jazida original) e para que o teor do minério transportado se mantenha constantemente igual a t , é necessário que, em cada ato de lavra se verifique

$$t = \frac{\sum e_i \cdot R_i \cdot t_i}{\sum e_i \cdot R_i} \quad (9)$$

Onde t : teor médio do concentrado global da jazida;
 e_i : massa do bloco i transportado durante um ato de lavra;
 R_i : rendimento em peso médio por unidade i ;
 t_i : teor médio do concentrado do bloco i ;

relação esta que é a relação (7) *mutatis mutandi*.

Quer dizer, as relações (1) e (9) traduzem as condições de lavra da jazida que garantem a estacionaridade da produção e do teor.

Se juntarmos, a estas relações a relação (7), teremos simultaneamente as condições de estacionaridade do teor e produção e da frota de transporte (e de desmonte).

Na mesma, a condição de estacionaridade de outro parâmetro, como por exemplo, o rendimento em peso traduz-se pela relação

$$R = \frac{\sum e_i \cdot R_i}{\sum e_i} \quad (10)$$

Onde R : rendimento em peso médio global da jazida;
 e_i : massa do bloco i transportado durante um ato de lavra;
 R_i : rendimento em peso médio por unidade i ;

E assim sucessivamente, para quaisquer outros parâmetros.

O sistema constituído pelas equações (1), (7), (9), (10), etc., representa o conjunto de relações estruturantes que definem as associações permitidas entre blocos, reduzindo substancialmente a combinatória.

É evidente que a compatibilidade de tal sistema, em geral, não existe, pelo que a resolução de um problema concreto se pode conduzir da seguinte forma:

- (i) considerar a equação (8), e à custa dela definir as combinações possíveis, quanto a estacionaridade da frota (e centro de massas);
- (ii) destas combinações considerar apenas aquelas que satisfaçam à condição seguinte, mais fraca do que (9):

$$\sum e_i \cdot R_i \cdot t_i / \sum e_i \cdot R_i = t \pm a \quad (11)$$

onde a é o desvio permitido para o teor.

Deste modo, aproximadamente se garante a estacionaridade do centro de massas do teor e o teor da produção;

- (iii) seguidamente escolher as combinações que satisfaçam a condição

$$\sum e_i \cdot R_i / \sum e_i = R + b \quad (12)$$

onde b é o desvio permitido para o rendimento em peso.

Mostra-se que esta sucessiva restrição da combinatória não deve ser usada para grande número de parâmetros, porquanto pode rapidamente conduzir a número tão escasso de combinações que não seja possível a lavra da jazida. Em qualquer caso, haverá sempre o recurso de aumentar os desvios a , b , etc., de forma a elevar o número de combinações permitidas.

3 METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho é parte do projeto OPTI-CQ, coordenado pelo Prof. Giorgio de Tomi. Segundo Tomi, o objetivo do projeto é oferecer uma solução completa e integrada para atividade de geologia, planejamento de longo e curto prazo, e operação de minas de matéria prima para cimento focalizando o controle de qualidade. Para tanto deverão ser utilizados diversos softwares independentes especializados, incluindo um software de otimização e seqüenciamento, um software de planejamento e controle de qualidade no curto prazo, e um software de despacho otimizado. A integração e a troca de informações entre estes programas aparenta ser pioneira no setor, e visa proporcionar uma solução integrada a nível de planejamento de longo prazo, curto prazo e operação. O resultado final a ser atingido será uma solução que irá proporcionar um controle adequado da qualidade das matérias primas enviadas as fábricas de cimento.

O trabalho propõe integrar as informações geradas nas diversas etapas do planejamento de mina, garantindo o controle de qualidade da matéria prima nas fábricas de cimento, dando especial atenção ao planejamento de curto prazo. Para tanto, foi criado um fluxograma básico com as principais etapas.

A integração entre os programas e o gerenciamento geral dos dados será feita pelo software Datamine, o planejamento de longo prazo pelo software RM Scheduler e o planejamento de curto prazo pelo software Estácio. A figura 3.1 mostra as etapas sugeridas no projeto para o gerenciamento de uma mina.



Figura 3.1 Fluxograma geral das etapas propostas pelo projeto OPTI-CQ para o gerenciamento de mina

Abaixo é feita uma descrição das atividades de geologia, planejamento de longo prazo, planejamento de curto prazo e integração dos dados. Este trabalho é responsável por estas atividades dentro do projeto OPTI-CQ.

3.1 Geologia

Neste caso específico, a etapa chamada de geologia, aborda os procedimentos abaixo relacionados:

- Criação e atualização do banco de dados de sondagem
- Confecção e atualização do modelo geológico
- Atualização topográfica
- Atualização do modelo de blocos (topografia e estimação de teores)

Nesta etapa, o objetivo principal foi a elaboração de rotinas dentro do programa gerenciador de dados (DATAMINE), para a atualização dos dados acima relacionados. Para o estudo de caso apresentado, o banco de dados de sondagem, o modelo geológico e o modelo de blocos iniciais foram gerados em etapas anteriores do projeto OPTI-CQ.

3.2 Planejamento de Longo Prazo

Depois de feita todas as atualizações no modelo de blocos, a etapa seguinte corresponde ao planejamento de longo prazo, onde é iniciado o controle de qualidade. O horizonte de tempo utilizado para o planejamento de longo foi o anual. Este planejamento deve ser feito, de modo a atender os parâmetros de qualidade especificados pela fábrica. No caso específico do cimento, o principal fator de controle é o Fator de Saturação do Cálcio (FSC). Nesta etapa foi usado o software RM Scheduler. Abaixo é feita uma descrição geral do princípio de funcionamento do programa.

3.2.1 Conceitos Básicos do Programa RM Scheduler

O RM Scheduler foi desenvolvido pela empresa australiana Earthworks Corporation Pty., para a otimização e o seqüenciamento de cavas. O RM Scheduler foi baseado no software NPV Scheduler, da mesma empresa. As modificações feitas no algoritmo visaram atender as necessidades específicas da indústria de minerais industriais, principalmente o cimento. Como no NPV Scheduler, o RM Scheduler usa o método de Lerchs-Grossmann para definir o contorno de cava final (neste caso, procura-se maximizar o Valor Presente Líquido, ou NPV), mas disponibiliza também a opção de maximização de reservas. A partir da cava final, são gerados avanços operacionais, que direcionam a pesquisa da seqüência de lavra para atender aos objetivos de produção e qualidade. Finalmente é feito o seqüenciamento de lavra, levando-se em conta as variáveis de controle. A figura 3.2 mostra um fluxograma básico que ilustra o procedimento de funcionamento do software.

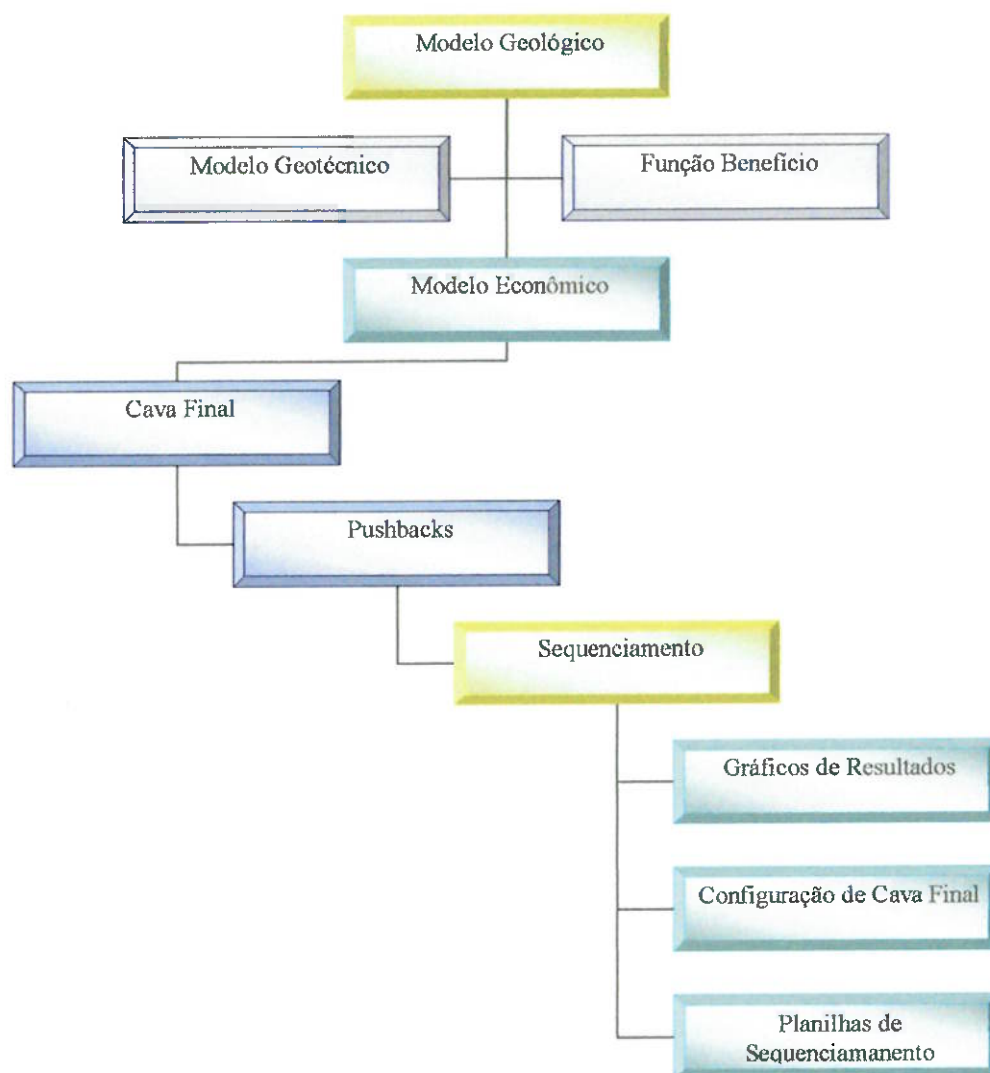


Figura 3.2: Fluxograma das etapas para otimização de cava final e seqüenciamento de lavra no RM Scheduler.

Foram elaboradas rotinas dentro do programa gerenciador dos dados (DATAMINE), para importar, manipular e exportar os dados gerados pelo RM Scheduler.

3.3 Planejamento de Curto Prazo

Concluído o planejamento de longo prazo garantindo o controle de qualidade ao longo da vida útil da mina, a etapa seguinte é o planejamento de curto prazo e neste caso, trabalhou-se com períodos mensais e semanais.

Os procedimentos propostos nas rotinas de planejamento de curto prazo foram os seguintes:

- Identificação e separação dos blocos referentes ao período que se deseja trabalhar no curto prazo, por exemplo, o primeiro ano do planejamento de longo prazo.
- Preparação e exportação do modelo de blocos para o programa de curto prazo.
- Definição da produção desejada e das variáveis de controle, por exemplo, uma produção mensal de 500.000 toneladas com um teor médio de CaO de 42%.
- Definição dos parâmetros operacionais, tais como, número de frentes de lavra, produtividade dos equipamentos, etc.
- Executar o programa de curto prazo.
- Importar os resultados do programa de curto prazo para o gerenciador de dados.

Este procedimento pode ser cíclico, passando do mensal para o semanal e assim por diante. Assim como para o planejamento de longo prazo, todas as rotinas foram feitas no gerenciador de dados. Abaixo é feita uma descrição do programa utilizado para no planejamento de curto prazo.

3.3.1 Conceitos Básicos do Programa Estácio

O planejamento de curto prazo merece uma atenção especial. Apesar de ser uma prática comum nas minerações, o planejamento de curto prazo ainda é feito na maioria das vezes de forma manual. A competitividade do mercado, a necessidade de maior agilidade e controle de qualidade no planejamento de curto prazo, reforça à

necessidade de desenvolvimento de softwares específicos para tornar esta prática mais automática e de melhor qualidade.

Existem no mercado alguns softwares que foram criados para atender casos específicos. Uma das técnicas usadas nos programas para planejamento de curto prazo é a estacionarização de parâmetros. Neste trabalho foi estudado o software Estácio, que usa esta técnica. Ele foi criado inicialmente para atender as necessidades de minas de ferro e um dos objetivos deste estudo é avaliar a sua aplicabilidade em minas de calcário para cimento.

A seguir um exemplo simples do uso de análise combinatória para este tipo de problema, que é apresentado no Manual de Utilização do Software Estácio – Versão E219W de 21/11/2002 (GEOROM).

Em Análise Combinatória (AC), o Número de Combinações (NC) de “N” elementos em grupos de “P” elementos é dado por:

$$NC = \frac{N!}{P!(N-P)!} \quad (1)$$

Supondo-se a existência de 400 (N) blocos de minério, a serem combinados em grupos de 4(P) blocos, tem-se:

$$NC = \frac{400!}{4!(400-4)!} = 1.050.739.900 \text{ combinações}$$

Quando se procede a análise combinatória pura e simplesmente dos elementos (ou blocos de uma jazida), não estão sendo consideradas certas particularidades das atividades mineiras. Por exemplo, se for desejada a obtenção de um valor médio (distância, teores, recuperação, indicatrizes, etc.) para uma determinada combinação de blocos de lavra, há que se evitar as combinações onde todos os elementos que compõem o grupo P sejam ou menores ou maiores que o valor médio objetivo. Isso significa dizer que há combinações ditas Autorizadas e Não Autorizadas. Uma

combinação é chamada Não Autorizada, quando não há como combinar os “P” elementos de forma a se atingir o valor médio objetivo, supondo ser esse o único dos vários constrangimentos aplicados a combinação. Vale dizer, que não há como obter, por exemplo, um teor médio de 1,0% para uma determinada combinação, se todos os “P” elementos que compõem essa combinação forem menores ou maiores que 1,0% para o teor desejado. Nesta situação, tem-se que definir dois novos subconjuntos de blocos, quer sejam o **Número de Blocos do Setor 1 (NS1)**, que contém todos os blocos, cujo valor é menor ou igual ao valor médio objetivo e **Número de Blocos do Setor 2 (NS2)** para os restantes. É importante observar que $N = NS1 + NS2$.

Assim, aplicando-se esse conceito ao “**Número de Combinações por Rogado (NCR)**”, onde aplica-se o conceito do Teorema de Rogado, que divide o grupo em dois, os que estão abaixo do objetivo e os que estão acima do objetivo. A expressão (1) toma a forma:

$$NCR = \frac{N!}{P!(N-P)!} - \frac{NS1!}{P!(NS1-P)!} - \frac{NS2!}{P!(NS2-P)!} \quad (2)$$

Tomando-se o exemplo já apresentado anteriormente e assumindo-se que $NS1 = 100$ blocos e $NS2 = 300$ blocos, pois $N = 400$, tem-se:

$$NCR = \frac{400!}{4!(400-4)!} - \frac{100!}{4!(100-4)!} - \frac{300!}{4!(300-4)!} = 716.027.500 \text{ combinações.}$$

As combinações não autorizadas totalizaram 334.712.400. Este número representa 31,85% de redução no número total de combinações a serem testadas que é, sem dúvidas, uma grande redução”.

Para entender melhor o princípio de funcionamento do programa, segue abaixo a terminologia usada (Manual de Utilização do Software Estácio – Versão E219W de 21/11/2002):

Número de frentes de Lavra (NF): o número de frentes de lavra corresponde, exatamente, ao número de elementos P que irão compor a combinação. É melhor entendido se interpretado como sendo o número de equipamentos de carregamento (por exemplo, escavadeiras, pá carregadeiras, etc.) utilizados, simultaneamente, para a lavra do minério. Seu número varia de um mínimo de 2 até, teoricamente, um máximo qualquer.

Ato de lavra (AL): é a operação de lavra dos NF de lavra simultaneamente. Diz-se que um AL se encerra, quando um ou mais blocos que o compõem são lavrados a exaustão. Nessa situação, um ou mais de um equipamento de carregamento tem, necessariamente, que se movimentar para iniciar um novo ato de lavra.

Fluxos horários máximos e mínimos (FMAX/FMIN): são definidos como sendo as taxas horárias (t/h) a serem lavradas de cada um dos NF equipamentos de carregamento de lavra. O fluxo total será assumido como sendo a soma dos fluxos médios de cada um dos NF equipamentos de carregamento de lavra. Essa soma resulta em uma taxa horária (t/h) que será constante ao longo de todo o seqüenciamento obtido. Aqui, é importante observar que haverá a garantia de uma produção constante, além da qualidade estabelecida. Pode-se informar os valores de fluxos, máximo e mínimo, idênticos. Nessa situação, alguma tolerância deverá ser dada ao valor médio objetivo, sob pena de não ser identificada nenhuma combinação autorizada a seqüenciar.

Variável Básica (VB): a variável básica será aquela que irá “comandar” o seqüenciamento de lavra. Usualmente, é a variável de maior importância ou dispersão que, uma vez controlada, estará, estaticamente, colocando sob controle as demais variáveis associadas. Uma analogia pode ser feita com relação à velocidade de um comboio de navios. Qual deve ser essa velocidade? Obviamente, é a velocidade do navio mais lento, pois os mais velozes podem reduzir sua velocidade até esse valor inferior. Da mesma forma, a VB deve ser selecionada como sendo aquela variável que apresenta maiores dificuldades de trato, ou seja, será o navio mais lento do comboio. Pode-se atribuir ao valor médio objetivo da VB limites inferior e superior, de forma a se aumentar o número de combinações autorizadas (flexibilização), porém se respeitando a qualidade desejada. Sobre a VB, pode incidir

ou não uma recuperação (leia-se também faixa granulométrica). Caso essa recuperação seja constante e igual a 100%, todas as variáveis passam a ter um caráter de Aditividade, sendo, apenas, ponderadas por massas. Caso contrário, essas tomam o caráter Não Aditivo. Esse fato é de grande relevância, pois, em uma mesma seqüência, podem, simultaneamente, ser estacionarizadas variáveis que apresentam ambos os comportamentos. A título de exemplo, são consideradas, conforme já dito, variáveis não aditivas os teores contidos em faixas granulométricas ou sujeitos a recuperações. Como sendo aditivas, podem ser citadas as distâncias, as indicatrizes, as próprias recuperações ou faixas granulométricas e, para o caso de minas bidimensionais, as Relações Estéril/Minério (REM).

Variáveis Associadas (VA): estas são as demais variáveis a serem estacionarizadas durante o seqüenciamento. Para a garantia de existência de combinações autorizadas, essas variáveis devem, sempre, ser informadas com alguma tolerância, sob pena de não haver combinações autorizadas a seqüenciar, restringidas pela qualidade. Seu número não tem, teoricamente, limitações. Da mesma forma que a VB, essas podem assumir o caráter aditivo ou não.

Ângulo Operacional de Talude (AOT): este conceito é de grande relevância para a operação de seqüenciamento. O processo de estacionarização parte de geometrias predefinidas, sejam de avanços de curto, médio ou longo prazos. Para se informar esses avanços, especificamente em problemas tridimensionais, tem-se, obrigatoriamente, que serem informadas as topografias inicial e final dos avanços. É fato que, quanto menor for o valor do AOT, menor será, probabilisticamente falando, o número de combinações autorizadas, pois o conceito implementado, no seqüenciamento, é o de que minério segura minério em um mesmo cone de extração. Vale dizer que, para AOT muito abatido, tem-se algo como lavra banco a banco.

O seqüenciamento pode ser feito de 5 formas no Estácio:

- 1 Minimizando a movimentação dos equipamentos de carregamento;
- 2 minimizando a movimentação dos equipamentos de carregamento e a lavra de estéril postergada;
- 3 minimizando a movimentação dos equipamentos de carregamento e estacionarização de REM's;
- 4 lavra de estéril postergada – conceito de minério liberado;
- 5 lavra travada de minério – equipamentos de carregamento são vistos como britadores.

É necessário um arquivo contendo todos os parâmetros para o seqüenciamento. Este arquivo deve ter a configuração abaixo:

PARÂMETROS DE ENTRADA DA SEQÜENCIA DE ESTACIONÁRIA

Versão : v-e155w - 01.03.01

2 <=> Método de otimização
 blocos.arq <=> Arquivo de Blocos
 3 <=> Variáveis
 180000.00 <=> Produção
 180000.00 <=> Produção
 2 <=> n. de frentes
 s <=> Confirma conferência de fluxo de escavadeiras
 500.000 <=> Fluxo máximo da escavadeira 01
 400.000 <=> Fluxo mínimo da escavadeira 01
 13.0000 <=> Meta para variável SiO2
 10.0000 <=> Teor mínimo para variável SiO2
 50.0000 <=> Teor máximo para variável SiO2
 42.0000 <=> Meta para variável CaO
 20.0000 <=> Teor mínimo para variável CaO
 60.0000 <=> Teor máximo para variável CaO
 1.9314 <=> Meta para variável Al2O3
 0.0000 <=> Teor mínimo para variável Al2O3

19.3918	<=>	Teor máximo para variável Al ₂ O ₃
0.8492	<=>	Meta para variável Fe ₂ O ₃
0.0000	<=>	Teor mínimo para variável Fe ₂ O ₃
7.4100	<=>	Teor máximo para variável Fe ₂ O ₃
s	<=>	Confirma limites topográficos
n	<=>	Confirma não entrar com coordenadas XYZ
TOPO.MAT	<=>	Arquivo Topografia inicial
MASC.MAT	<=>	Arquivo Topografia final
(400i2)	<=>	Formato de Leitura dos limites topográficos
5.00	<=>	Dimensão dos blocos em XX
6.00	<=>	Dimensão dos blocos em YY
15.00	<=>	Dimensão dos blocos em ZZ
29330.00	<=>	Origem dos blocos em XX
20340.00	<=>	Origem dos blocos em YY
750.00	<=>	Origem dos blocos em ZZ
126	<=>	Número de blocos em XX
152	<=>	Número de blocos em YY
5	<=>	Número de blocos em ZZ
60.0000	<=>	Ângulo de talude
n	<=>	Confirma nova meta para seq. est.
29776.00	<=>	Coordenada XX da escavadeira 01
20490.00	<=>	Coordenada YY da escavadeira 01
816.00	<=>	Coordenada ZZ da escavadeira 01
29607.00	<=>	Coordenada XX da escavadeira 02
20657.00	<=>	Coordenada YY da escavadeira 02
756.00	<=>	Coordenada ZZ da escavadeira 02
30.00	<=>	Distância mínima entre as escavadeiras
500.00	<=>	Distância máxima entre as escavadeiras
1	<=>	Número máximo de escavadeiras no mesmo nível
0.00	<=>	Movimentação mínima nec. para mud. nível
0.00	<=>	Número mínimo de horas por ato de lavra
0	<=>	Número mínimo de blocos com frente livre
%%%%%%%%	<=>	Fim do arquivo batch de entrada/saída

Para gerar o arquivo de parâmetros acima, foi criada uma rotina no DATAMINE, onde o usuário entra com os valores de cada parâmetro.

3.4 Integração dos Softwares

Como já dito anteriormente, a metodologia proposta pelo projeto OPTI-CQ trabalha com softwares distintos para cada etapa do gerenciamento de mina. No entanto é necessário um software para gerenciar as entradas e saídas das informações para cada software. A figura 3.3 mostra o diagrama das etapas e dos programas utilizados.

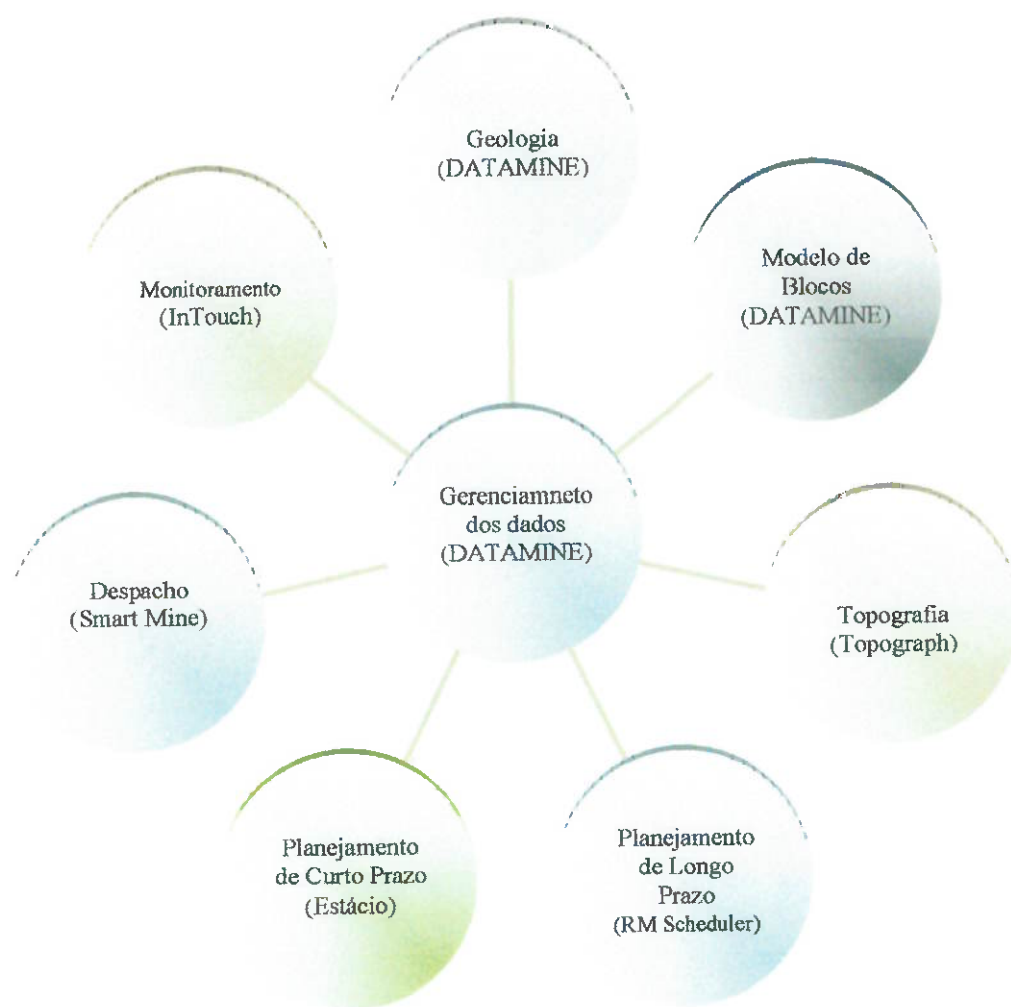


Figura 3.3: Diagrama de etapas e softwares utilizados na metodologia proposta pelo projeto OPTI-CQ

Os procedimentos de criação do modelo geológico, geotécnico e econômico são feitos no DATAMINE STUDIO. As informações topográficas são geradas em softwares específicos e importadas para o DATAMINE. O Planejamento de longo

prazo é feito no RM Scheduler. Para o planejamento de curto prazo foi utilizado o Estácio. O despacho utiliza o software Smart Mine e o monitoramento utiliza o InTouch. Vale salientar que este trabalho visa detalhar as etapas de planejamento de curto prazo e integração dos softwares, ficando as outras etapas a cargo da equipe que completa o projeto OPTI-CQ.

A integração dos softwares foi feita usando ferramentas de scripts disponíveis no DATAMINE STUDIO. Os scripts foram criados em formato html e foram desenvolvidos usando linguagem JavaScript.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi iniciado em maio de 2001, junto a uma Empresa localizada em Minas Gerais. Foram realizadas as seguintes atividades:

- Revisão do modelo geológico, econômico e geotécnico
- Revisão do planejamento de longo prazo
- Criação e implantação de rotinas para integrar o fluxo de informações
- Definição de variáveis de controle para o planejamento de curto prazo
- Implantação das rotinas para planejamento de curto prazo

4.1 Revisão do Modelo Geológico, Econômico e Geotécnico

A primeira etapa do estudo de caso foi à revisão do modelo geológico da jazida. Com base nos teores de Óxido de Cálcio, Óxido de Magnésio e Módulo de Sílica foram definidos seis tipos de materiais:

- CALC: calcário com CaO (óxido de cálcio) maior que 35% e MgO (óxido de magnésio) menor que 4%
- CAMG: calcário magnésiano MgO maior que 4% e CaO maior que 35%
- AVE: argila com módulo de sílica menor que 1,96
- AMA2: argila com módulo de sílica maior que 2,6
- AMA1: argila com módulo de sílica entre 1,96 a 2,6
- SOLO: material com CaO menor que 35% e módulo de sílica menor que 1,96
- INDEF: material sem informações químicas

O modelo geológico foi atualizado nas regiões de contato entre as argilas e o calcário. Esta atualização foi feita usando dados do levantamento topográfico dos contatos feito pelo corpo técnico da empresa. As figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 mostram seções horizontais do modelo de blocos da mina nas cotas 735 (piso atual), 750, 765, 780 e 795 respectivamente na escala 1:15.000. Cada figura ilustra também uma vista 3D do modelo (sem escala) e a topografia. A figura 4.6 mostra uma vista

3D feita no DATAMINE (sem escala) dos contatos litológicos na superfície em fevereiro de 2002. A tabela 4.1 apresenta o resultado da cubagem do modelo geológico (fevereiro de 2002) feita usando o comando *Evaluate One String* (EV1) do DATAMINE.

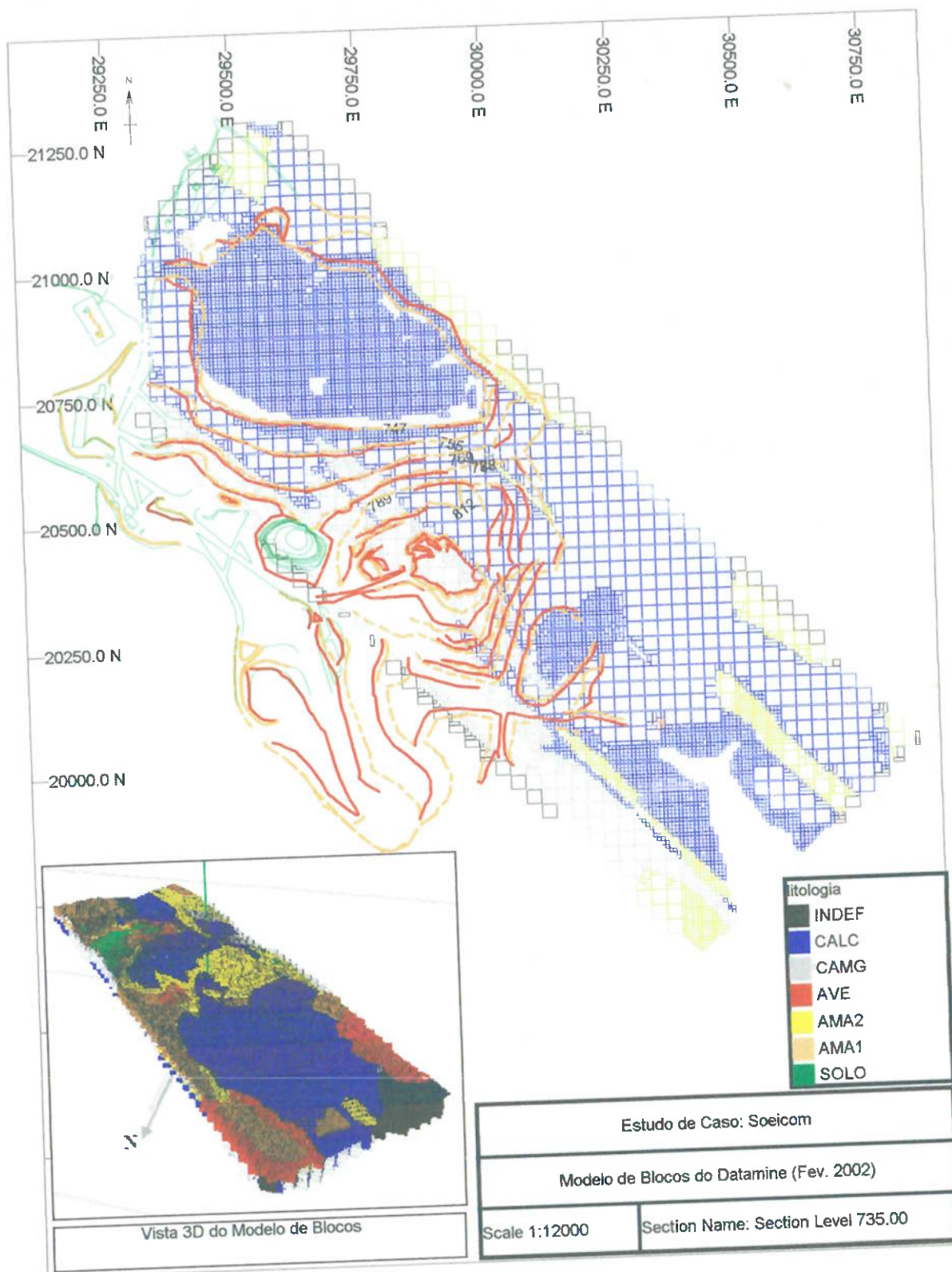


Figura 4.1: Seção horizontal do modelo de blocos (cota 735) com topografia de fev. 2002 e vista 3D

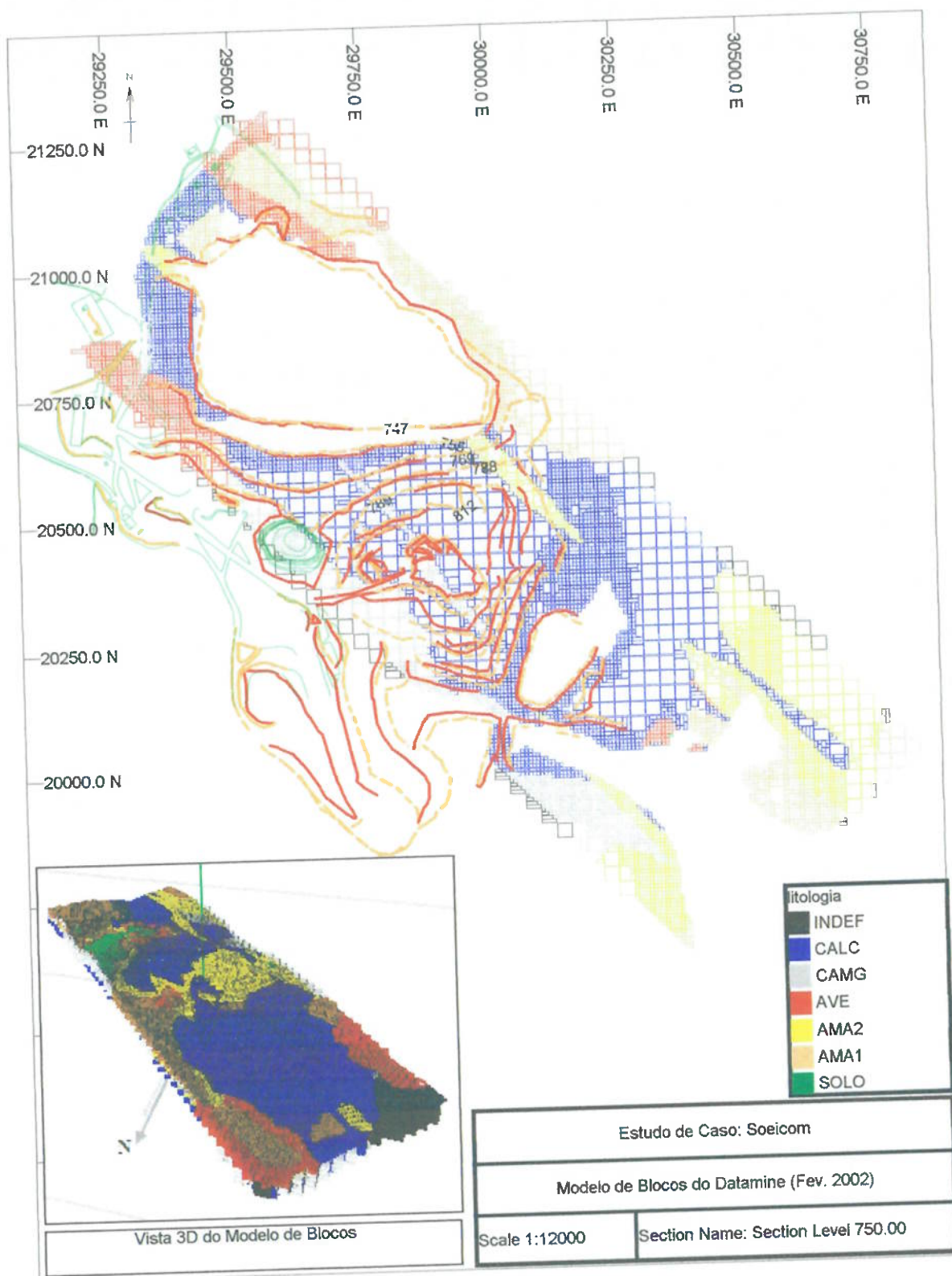


Figura 4.2: Seção horizontal do modelo de blocos (cota 750) com topografia de fev. 2002 e vista 3D

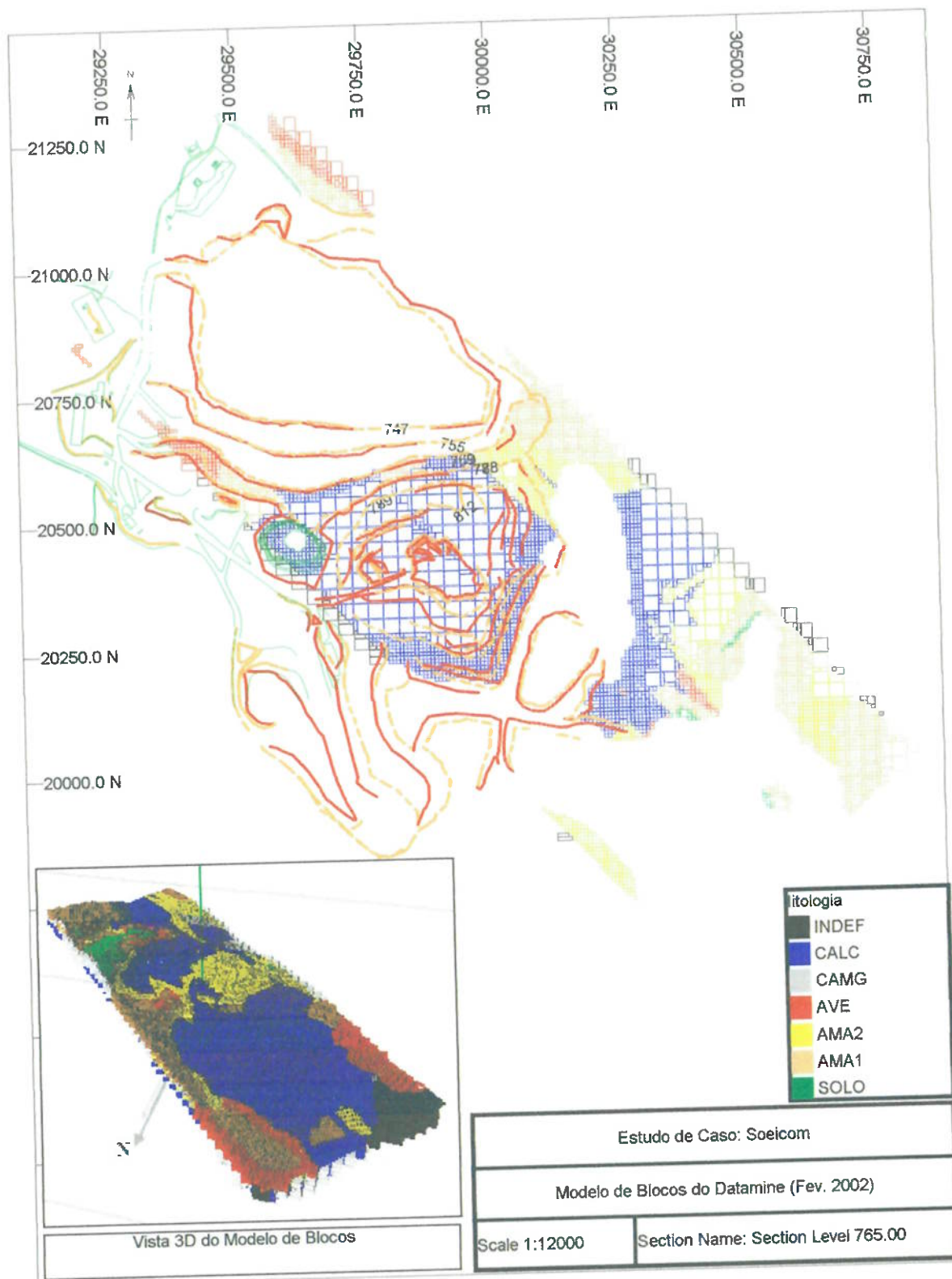


Figura 4.3: Seção horizontal do modelo de blocos (cota 765) com topografia de fev. 2002 e vista 3D

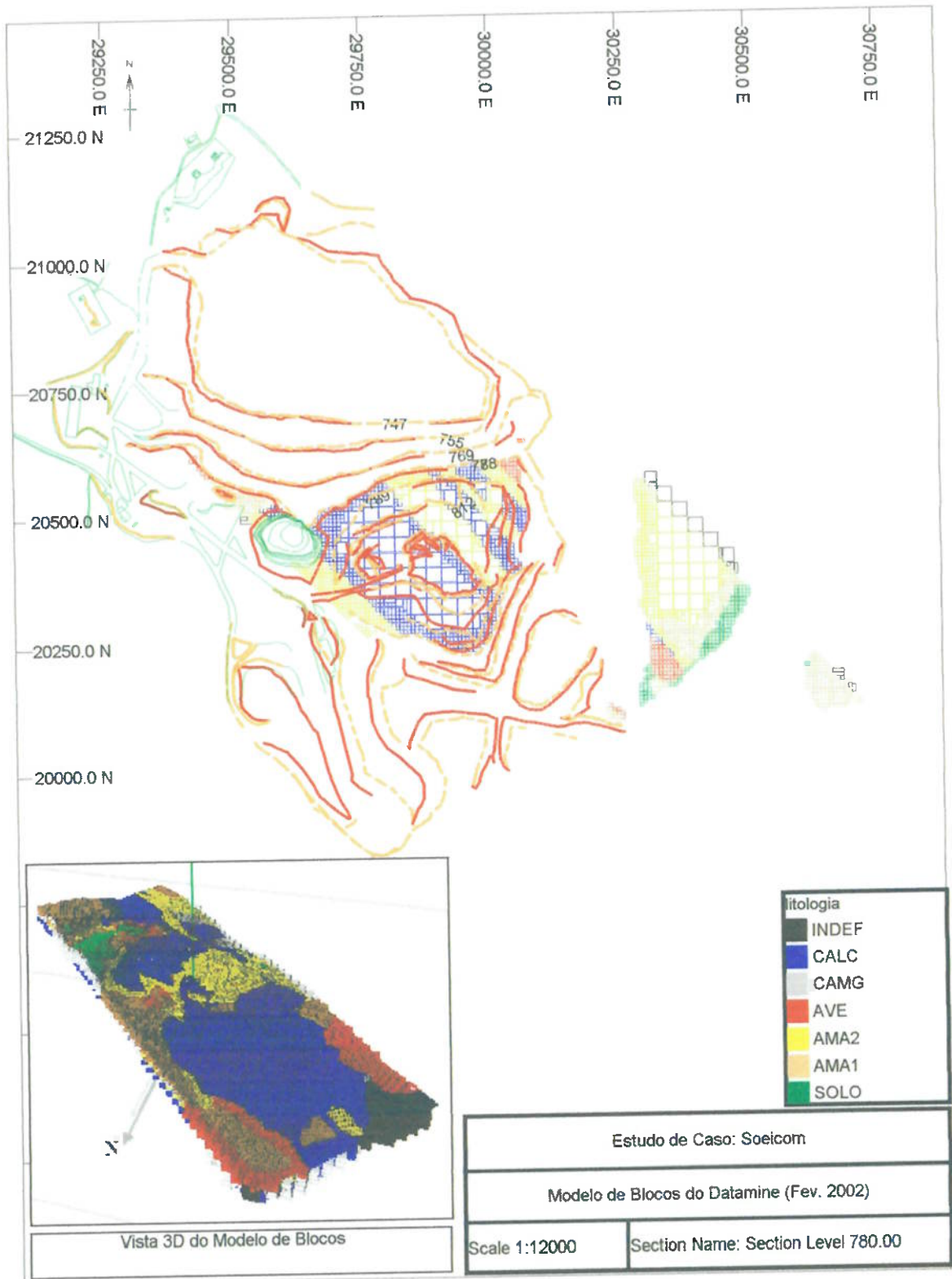


Figura 4.4: Seção horizontal do modelo de blocos (cota 780) com topografia de fev. 2002 e vista 3D

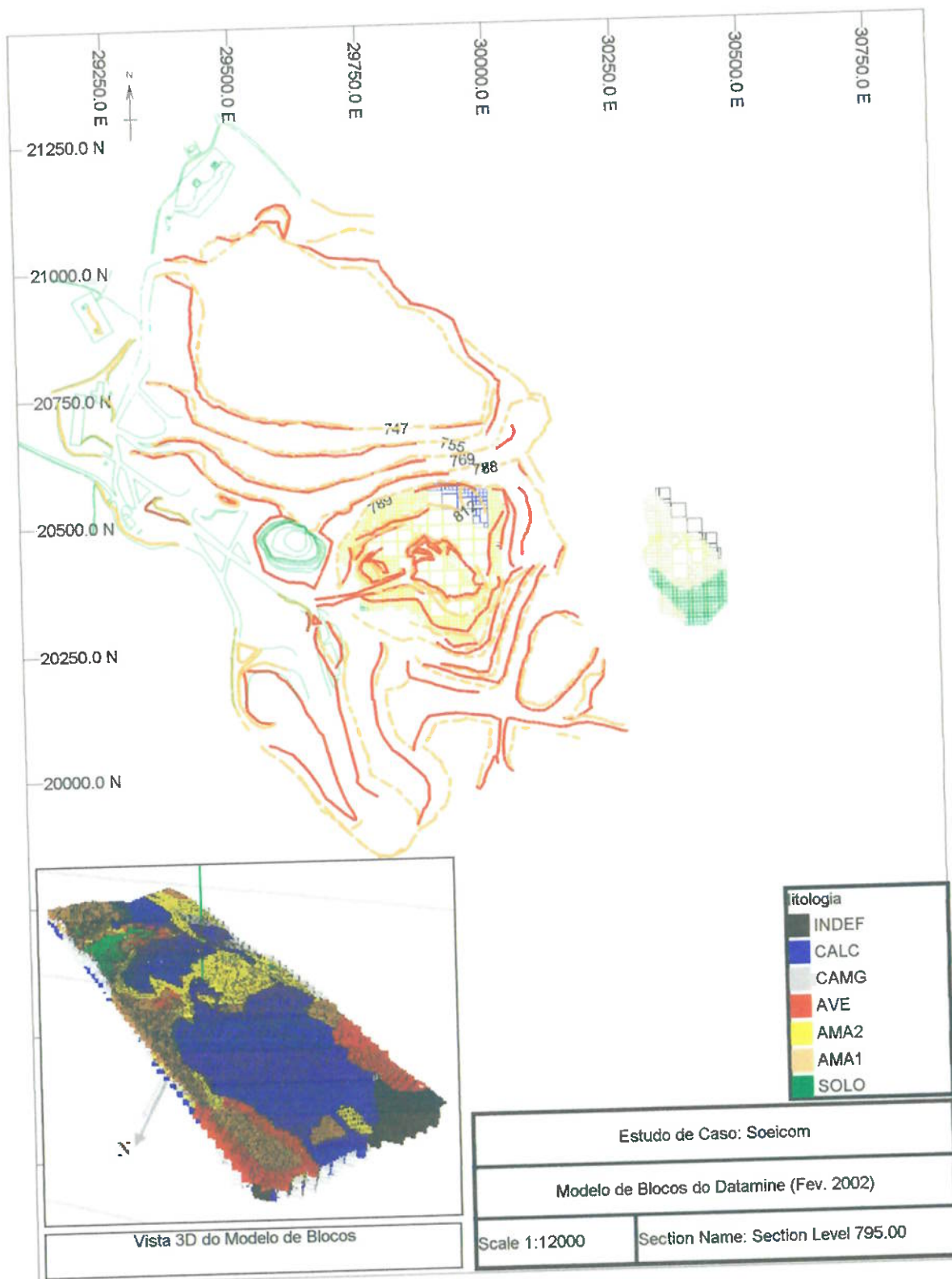


Figura 4.5: Seção horizontal do modelo de blocos (cota 795) com topografia de fev. 2002 e vista 3D

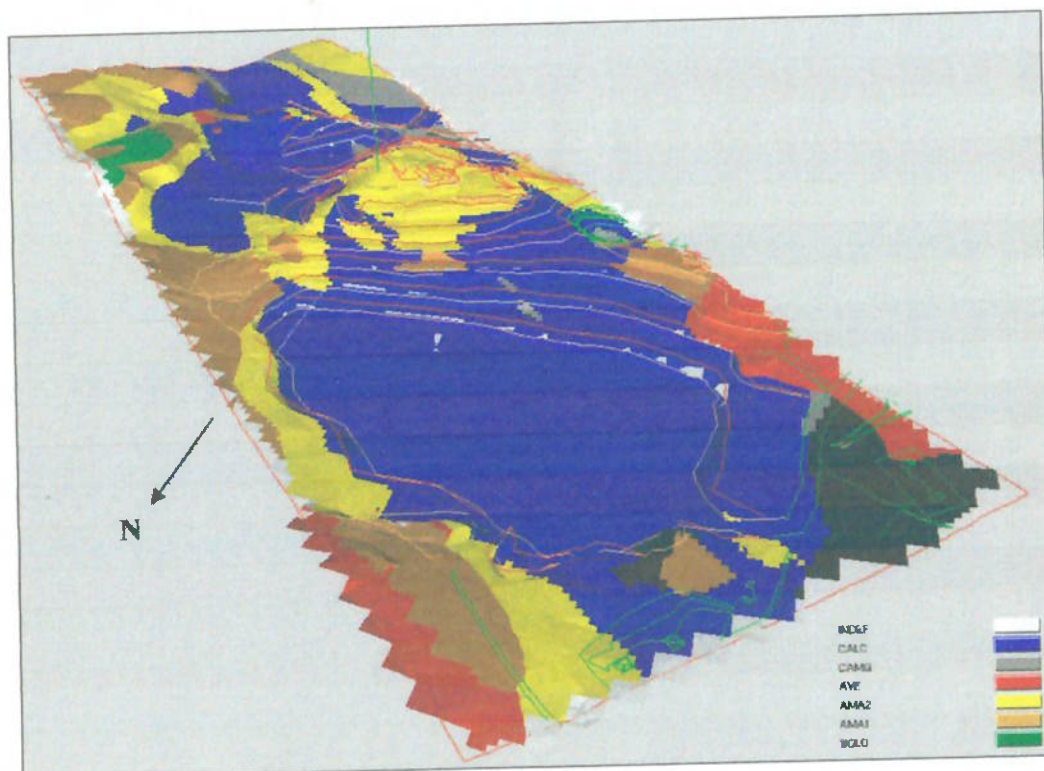


Figura 4.6: Vista 3D dos contatos litológicos na topografia dentro do decreto de lavra (fev.2002)

Tabela 4.1: Cubagem do modelo de blocos dentro do decreto de lavra feita no DATAMINE (fev. 2002)

Litologia	Massa (t)	CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)
INDEF	28.731.000					
CALC	84.104.000	52,46	3,98	0,91	0,43	0,47
CAMG	16.344.000	34,16	16,03	3,36	1,56	8,12
AVE	1.628.942	0,50	48,47	26,69	9,92	0,37
AMA2	12.039.000	15,25	51,42	11,40	5,06	2,15
AMA1	4.922.579	2,83	56,41	17,64	7,84	1,10
SOLO	672.299					

Os parâmetros geotécnicos foram revisados pelos técnicos da empresa e os valores usados estão apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Ângulo geral de talude usado para definição dos contornos de cava final por tipo litológico

Litologia	Ângulo Geral de Talude
CALC e CAMG	63 ^o
AMA1, AMA2 e AVE	52 ^o
SOLO	52 ^o

O modelo econômico foi revisado e o valor para a função benefício permaneceu a mesma definida no projeto OPTISEQ (FAPESP 98/11947-7). O custo total de lavra é de 1,90 R\$/t (até a pilha de pré-homogenização). A receita estimada para os blocos que seguem para a pilha de pré-homogenização é 6,00 R\$/t. A função benefício foi definida pelos técnicos da empresa como:

$$\text{Função Benefício (FB)} = \text{Receita} - \text{Custo}$$

A FB acima foi aplicada para os materiais CALC, CAMG, AVE, AMA2 e AMA1. No caso dos materiais SOLO e INDEF só os custos foram aplicados.

A topografia da região da mina em fevereiro de 2002 está representada na figura 4.7 (escala 1:10.000). Também está indicada a área do atual decreto de lavra e uma vista 3D da mesma (sem escala).

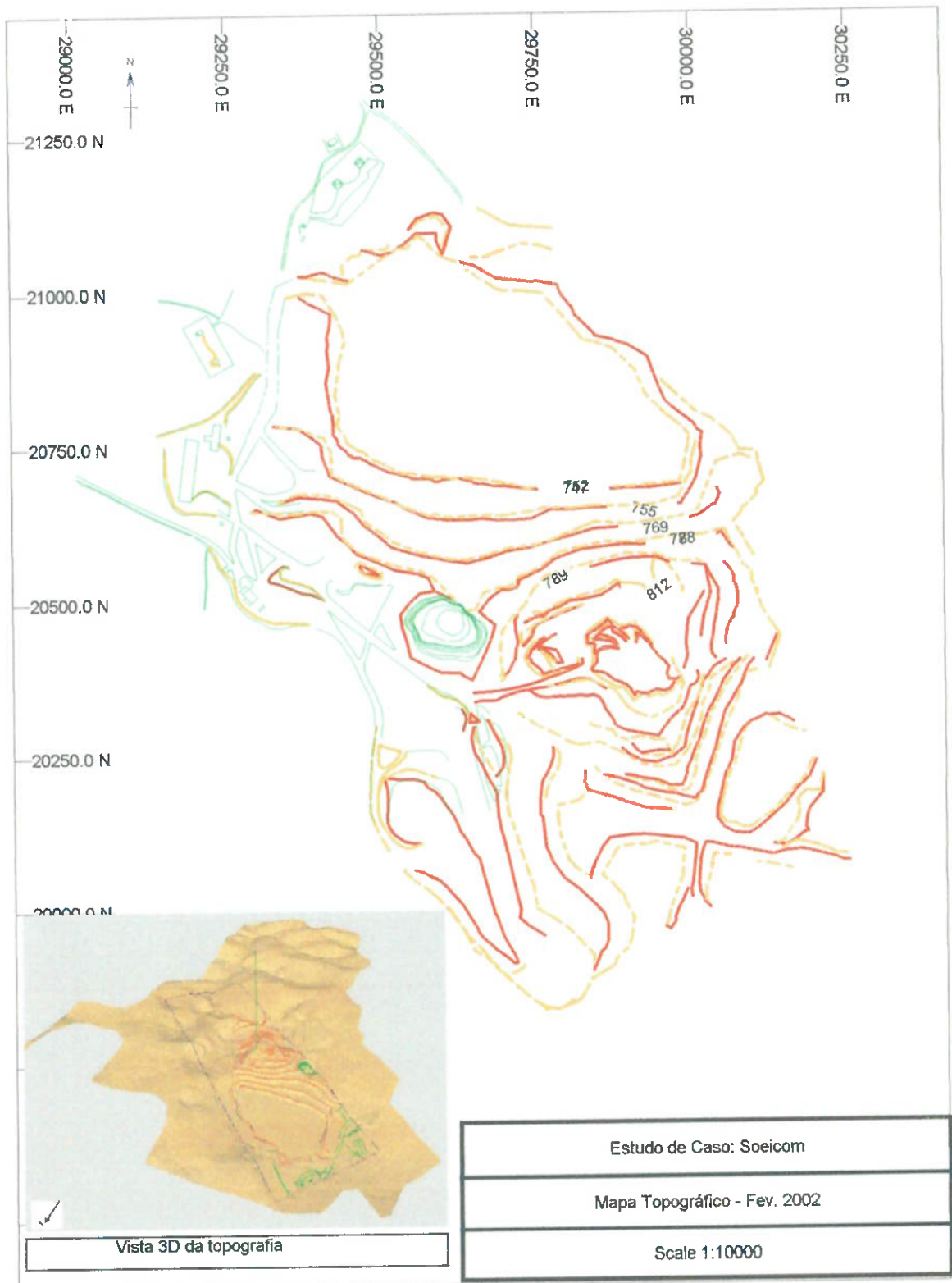


Figura 4.7: Topografia de fev. de 2002

4.2 Revisão do Planejamento de Longo Prazo

O planejamento de longo prazo foi feito usando o software NPV Scheduler durante o projeto OPTISEQ (FAPESP 98/11947-7) e revisado no início do projeto OPTI-CQ. Com o surgimento do software RM Scheduler, específico para materiais industriais, o planejamento foi refeito em setembro de 2001 utilizando esta nova ferramenta. Como os princípios dos softwares são semelhantes, os parâmetros para o planejamento continuaram os mesmos.

Os parâmetros para a definição da cava final foram os seguintes:

Produção anual: 2.000.000 toneladas

Taxa de desconto anual aplicada para cálculo do NPV: 10%

A tabela 4.3 mostra os quantitativos da cava final, apresentados pelo RM Scheduler. A figura 4.8 mostra as curvas de níveis da configuração da cava final (escala 1:12.000) definida pelo software, bem como uma vista 3D da mesma (sem escala). Vale salientar que a cava final aqui apresentada é matemática, portanto não apresenta elementos operacionais como rampa, berma, etc.

Tabela 4.3: Quantitativos da cava final definida pelo RM Scheduler

Litologia	Quantidade de material (t)
CALC	83.431.018
CAMG	11.532.135
AVE	256.404
AMA2	12.159.417
AMA1	3.150.978
SOLO	5.651.158

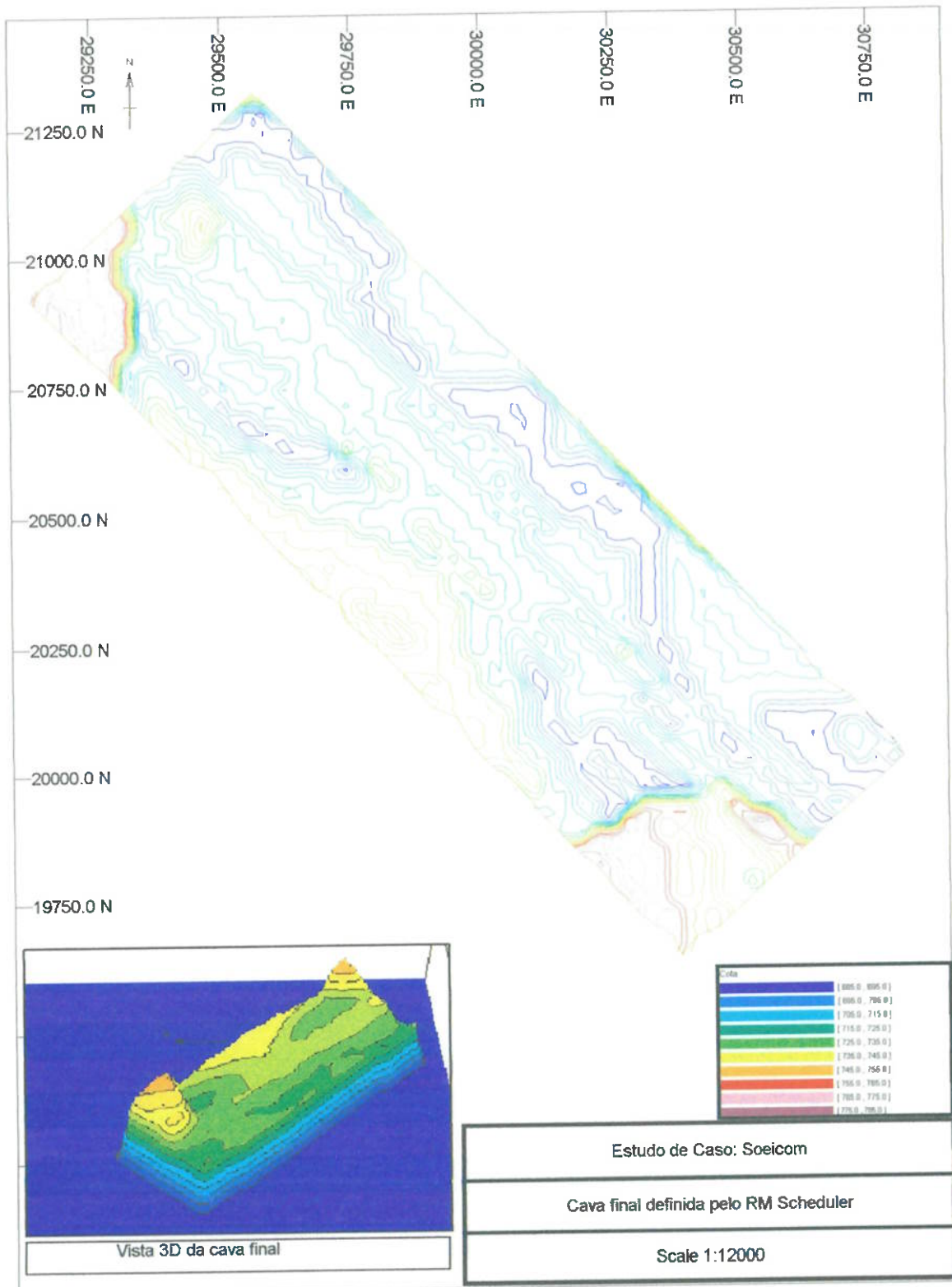


Figura 4.8: Curvas de nível da cava final definida pelo RM Scheduler

A vida útil da mina para uma produção anual de 2.000.000 toneladas de argilal é de 53 anos. A partir da cava final foi feito o seqüenciamento anual. A principal variável de controle na mina é o Fator de Saturação do Cálcio (FSC), que é definido como:

$$\text{FSC} = \frac{100 \times \text{CaO} (\%)}{(2,8 \times \text{SiO}_2 (\%)) + (1,18 \times \text{Al}_2\text{O}_3 (\%)) + (0,65 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 (\%))}$$

onde: SiO_2 – Sílica

Al_2O_3 – óxido de alumínio

Fe_2O_3 – óxido de ferro

O Fator de Saturação do Cálcio (FSC) ideal para este caso é 96, variando entre 90 e 110. Usando estes valores, foi feito o seqüenciamento. A figura 4.9 mostra a variação do FSC ao longo da vida útil da mina. Apesar de valor ideal para FSC (96) não ter sido atingido, conseguiu-se um seguenciamento dentro dos limites aceitáveis e com pouca variação nos primeiros 35 anos.

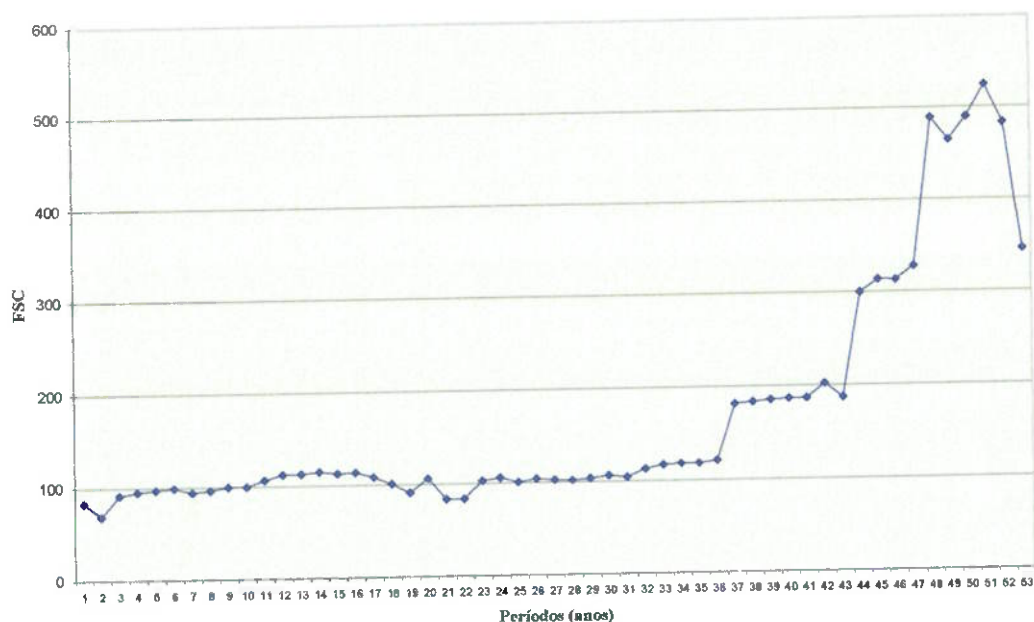


Figura 4.9: Variação do Fator de Saturação do Cálcio por ano

4.3 Definição das Variáveis para o Planejamento de Curto Prazo

A partir dos resultados obtidos no RM Scheduler, foram separadas as áreas relativas ao primeiro ano. Estas áreas atendem de uma maneira geral, a qualidade especificada pela fabrica, ou seja, um FSC dentro da faixa 90-100. O grande problema é manter estes valores durante o planejamento de médio e curto prazo. Para resolver este problema, foi utilizado o software Estácio, já mencionado anteriormente. O planejamento de curto prazo será feito mensalmente, dentro dos parâmetros operacionais e qualitativos.

Assim como no planejamento de longo prazo, a principal variável de controle é o FSC. Por ser uma variável não aditiva, o FSC não pode ser utilizado como variável de controle no seqüenciamento de curto prazo. Neste caso, foram utilizadas as variáveis que compõe o FSC. Historicamente os valores de CaO, SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ para que seja atingido um FSC ideal são conhecidos. Deste modo foi possível utilizá-los para controlar o FSC.

Como o óxido que apresenta maior variabilidade é o SiO₂, ele foi utilizado como variável básica. O CaO, Al₂O₃ e Fe₂O₃ foram utilizados como variáveis associadas, respectivamente. A tabela 4.4 mostra os valores ideais para as variáveis de acordo com os dados históricos.

Tabela 4.4: Valores ideais das variáveis

Variável	Objetivo (%)	Mínimo (%)	Maximo (%)
SiO ₂	14	12	16
CaO	42	40	45
Al ₂ O ₃	3	1	3,2
Fe ₂ O ₃	1	0,3	1,2

Para o planejamento de curto prazo foi necessário reduzir as dimensões dos blocos devido ao volume de material a ser seqüenciado ser bem menor. Os blocos que inicialmente tinha 30 x 30 x 15 m em X, Y e Z, respectivamente, foram reduzidos a

10 x 3 x 15 m em X, Y e Z. O tamanho dos blocos foi baseado na atual malha de desmonte utilizada na mina.

A figura 4.10 mostra as áreas referentes ao ano de 2002 a serem seqüenciadas mensalmente.

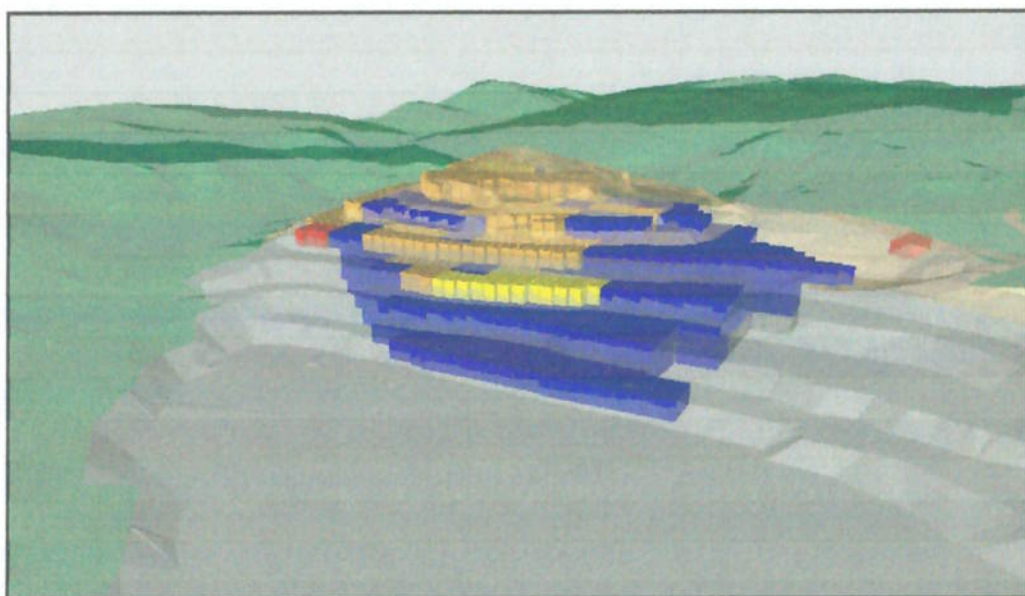


Figura 4.10: Blocos referentes ao ano 2002 a serem seqüenciados mensalmente

Os parâmetros utilizados no planejamento mensal foram os seguintes:

Produção média:	30.000 t
Número de frentes de lavra:	2
Número de variáveis:	4
Variável básica:	SiO ₂
Variável associada 1:	CaO
Variável associada 2:	Al ₂ O ₃
Variável associada 3:	Fe ₂ O ₃
Produtividade média das escavadeiras:	800 t/h
Ângulo de talude operacional:	30°
Número de escavadeira por banco:	1

Os valores acima podem variar para cada mês, dependendo das necessidades da fábrica. O ângulo de talude usado no planejamento de curto prazo foi de 30°, diferente do ângulo usado no planejamento de longo prazo, para garantir uma berma operacional. Outras informações são necessárias, tais como localização das escavadeiras. Estas informações são extremamente variáveis a cada planejamento.

Como já foram informados antes, os métodos disponíveis no programa são os seguintes:

1. Minimização do movimento das escavadeiras
2. Minimização do movimento das escavadeiras e lavra de estéril postergada
3. Minimização do movimento das escavadeiras e estacionarização da REM
4. Lavra de estéril postergada.

O programa oferece ainda um quinto método chamado de lavra travada de minério, que não foi utilizado na comparação por se tratar de um método muito específico que não atende a este tipo de mineral. As variáveis de controle utilizadas foram as componentes do principal parâmetro de controle na lavra do calcário para cimento, o FSC. São elas: CaO, SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃. Para cada método foram simulados seis meses de produção (30.000 toneladas cada mês). A Tabela 4.5 mostra os valores utilizados para cada uma das variáveis. Estes valores correspondem aos valores médios do conjunto total de blocos referentes ao ano de 2002.

Tabela 4.5: Valores das variáveis usadas nas simulações

Variável	Objetivo (%)	Mínimo (%)	Maximo (%)
SiO ₂	14,960	0	30
CaO	42	35	55
Al ₂ O ₃	3,664	0	37,550
Fe ₂ O ₃	1,330	0	10,190

As variáveis foram comparadas individualmente para cada método. As Tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 mostram os resultados das simulações. Foi adotado o código abaixo para identificar os métodos.

1. Minimização do movimento das escavadeiras
2. Minimização do movimento das escavadeiras e lavra de estéril postergada
3. Minimização do movimento das escavadeiras e estacionarização da REM
4. Lavra de estéril postergada.

Tabela 4.6: Valores de SiO₂ obtidos nas simulações

SiO ₂						
Método	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês
1	15,862	15,667	15,619	20,950	20,024	17,600
2	15,859	15,413	15,613	21,034	13,923	13,303
3	15,859	15,413	15,613	21,034	13,923	13,303
4	9,304	9,665	10,397	11,226	14,066	14,965

Tabela 4.7: Valores de CaO obtidos nas simulações

CaO						
Método	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês
1	41,370	41,570	41,587	38,350	37,789	39,590
2	41,371	41,772	41,622	38,169	47,484	48,436
3	41,371	41,772	41,622	38,169	47,484	48,436
4	49,449	49,517	50,151	50,459	47,265	47,271

Tabela 4.8: Valores de Al₂O₃ obtidos nas simulações

Al ₂ O ₃						
Método	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês
1	3,339	3,200	3,163	5,837	4,689	3,893
2	3,393	3,006	3,093	5,863	2,251	1,835
3	3,393	3,006	3,093	5,863	2,251	1,835
4	1,444	1,451	1,406	1,437	2,255	2,283

Tabela 4.9: Valores de Fe_2O_3 obtidos nas simulações

Fe_2O_3						
Método	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês
1	1,161	1,140	1,143	1,827	1,720	1,456
2	1,161	1,118	1,148	1,834	0,992	0,900
3	1,161	1,118	1,148	1,834	0,992	0,900
4	0,695	0,703	0,686	0,696	1,036	1,010

As Figuras 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14 mostram a variação dos resultados para cada variável.

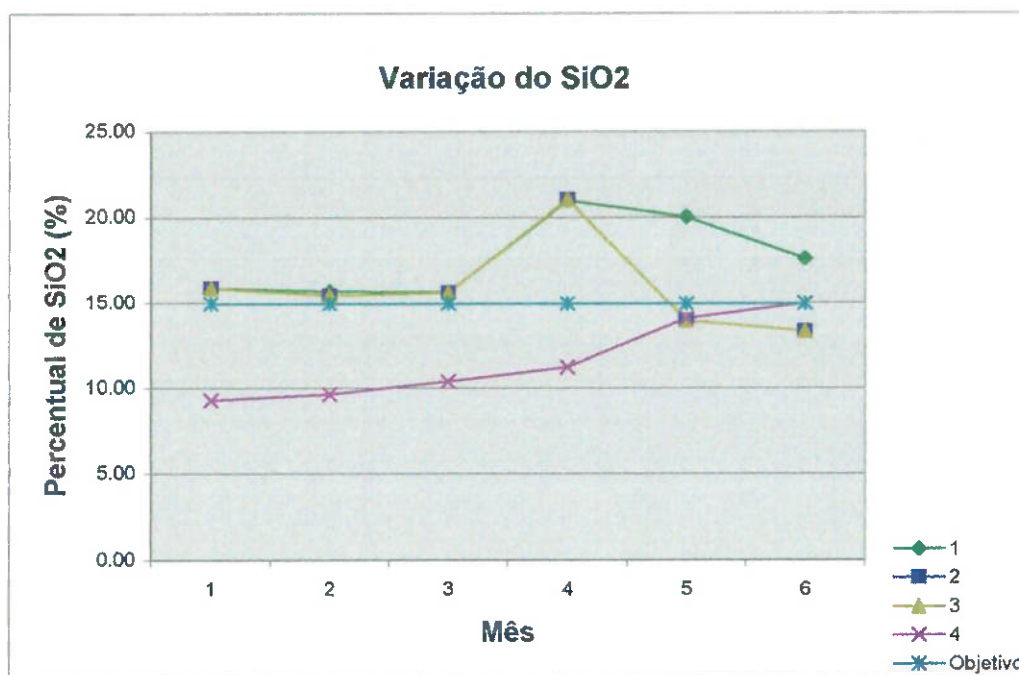


Figura 4.11: Variação de SiO_2 nas simulações

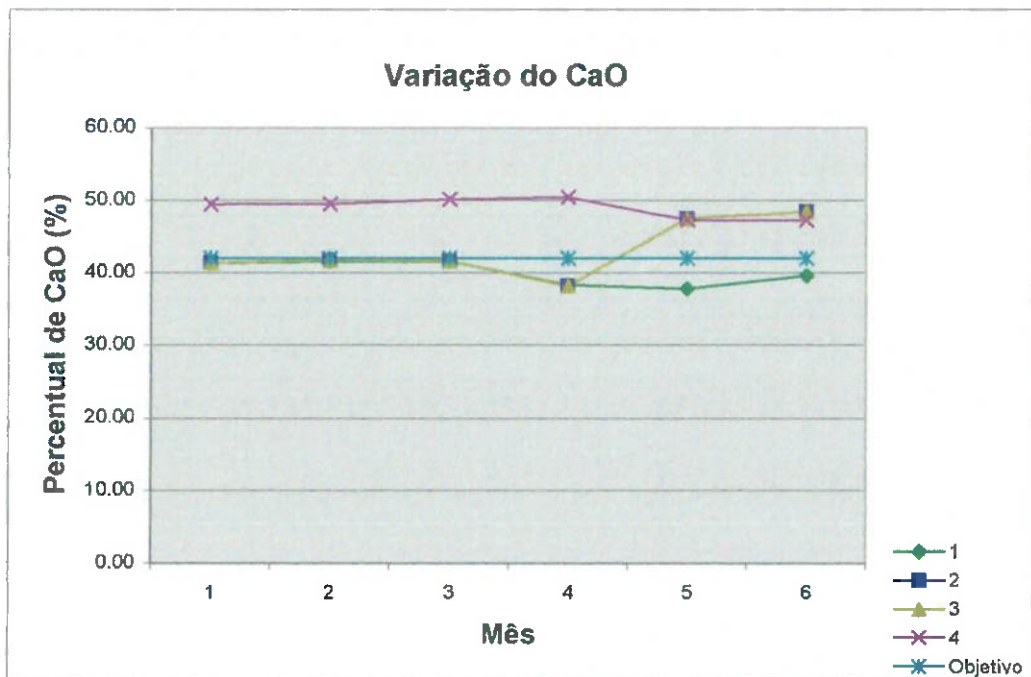


Figura 4.12 : Variação do CaO nas simulações

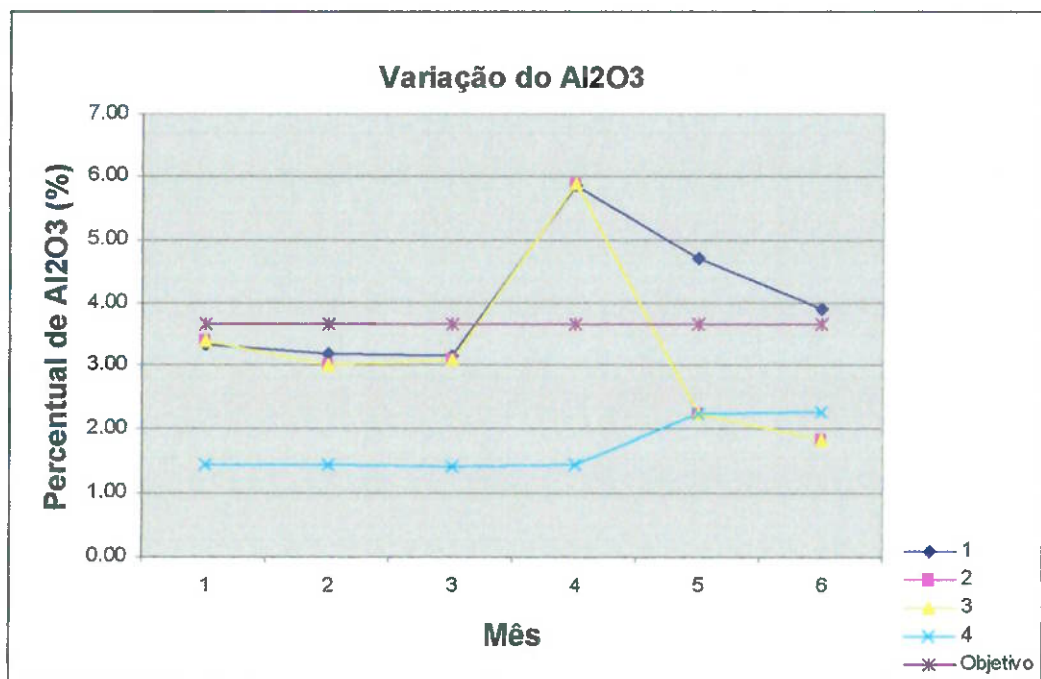


Figura 4.13: Variação do Al₂O₃ nas simulações

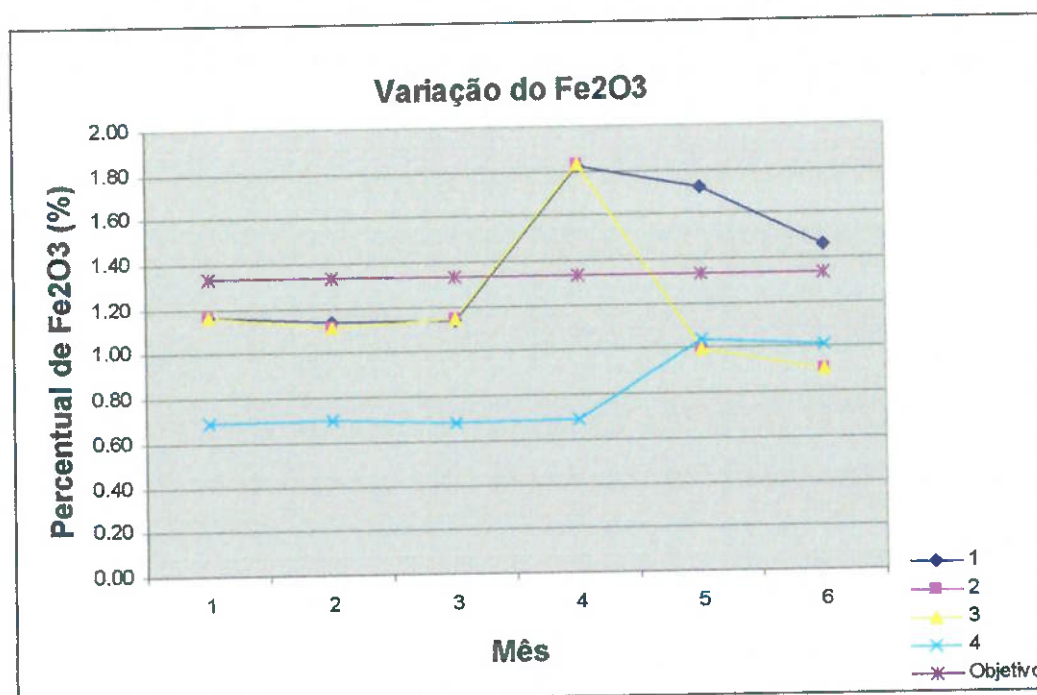


Figura 4.14: Variação do Fe₂O₃ nas simulações

Os métodos 1 e 3 mostraram melhores resultados, tanto em termos de variação quanto em termos operacionais. Um ponto que mereceu cuidado especial foi o posicionamento inicial dos equipamentos de carregamento, que mostrou ter influência direta nos resultados do seqüenciamento. A localização inicial destes equipamentos deve ser feita de acordo com as frentes disponíveis para a lavra, diminuindo possíveis problemas operacionais no seqüenciamento.

Resultados dos testes práticos feitos na Empresa

A metodologia para o planejamento de curto foi testada na empresa parceira durante o período de 6 meses. Inicialmente foi feita uma simulação usando o Estácio no mês de novembro de 2001 para os seis meses seguintes. A partir dos resultados desta simulação, mensalmente foram feitos os ajustes manualmente, por questões operacionais.

Na última semana de cada mês, era feita a atualização dos dados de perfuratrizes, topografia e modelo de blocos. Concluídas as atualizações, uma reconciliação simples das áreas planejadas e lavradas. Os quantitativos lavrados a cada mês eram

calculados pela diferença entre duas atualizações topográficas consecutivas, como apresentado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10: Quantitativos lavrados nos meses contemplados no estudo

<i>Mês</i>	<i>Tonelagem Lavrada</i>
Dezembro	136.648
Janeiro e Fevereiro	254.032
Março	44.730
Abril	111.049
Maior	212.200
Junho	87.010

A verificação mensal no que foi planejado e executado, foi apresentada através de tabelas – conforme exemplifica, para os meses de janeiro e fevereiro, Tabela 4.11 – e através de gráficos – conforme mostra a Figura 4.15 para o período de pesquisa de campo.

Tabela 4.11: Percentuais lavrados das áreas planejadas para os meses de estudo

<i>Mês</i>	<i>Área</i>	<i>Percentual Lavrado (%)</i>
Janeiro e Fevereiro	1	75,81
	2	0
	3	18,01
	4	0
	5	20,61

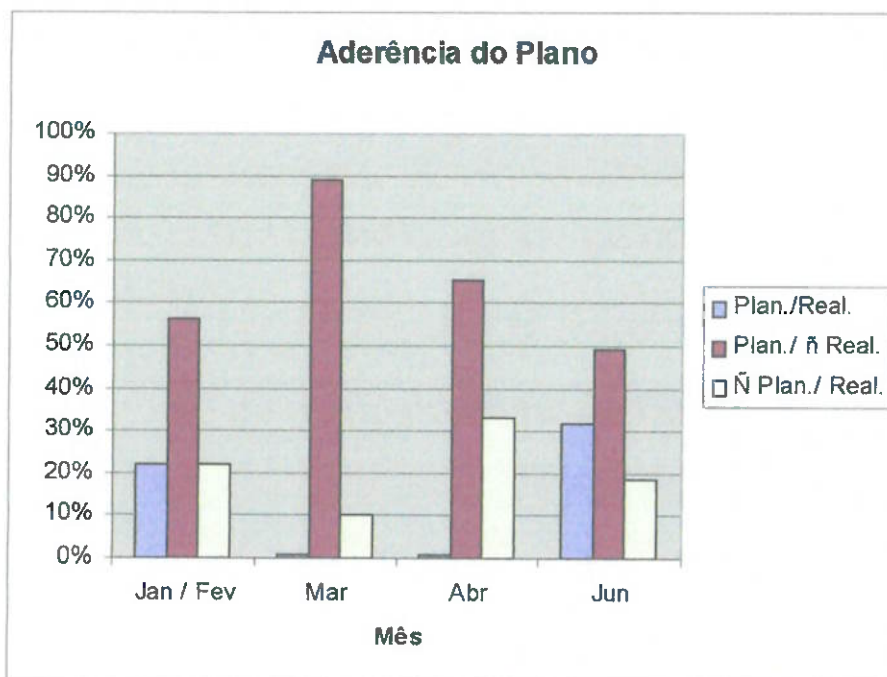


Figura 4.15: Percentuais do material planejado e executado.

Para os meses de janeiro e fevereiro foi feito um único planejamento devido a baixa produção no mês de janeiro. Durante o mês de maio não houve produção na fábrica e por este motivo não foi feito planejamento para o mesmo. Os problemas operacionais foram o ponto principal para a diferença entre o planejado e o realizado. Vale salientar que os resultados dos percentuais planejado/realizado foram melhorando com o passar dos meses.

A atualização das amostras feitas a partir do pó de perfuratriz, coletadas durante a perfuração para detonação, era realizada mensalmente, adicionando-se ao banco de dados novas informações, sempre que estes eram executados.

A atualização do modelo de blocos era feita mensalmente, sendo que a cada mês eram retirados, do modelo, os blocos lavrados no mês anterior. Também era feita uma nova interpolação para atualizar o modelo com os novos dados de perfuratriz.

O planejamento de lavra era feito para atender as necessidades do mês seguinte. Eram levados em consideração os quantitativos, os qualitativos, os parâmetros

operacionais e as áreas com prioridades para serem lavradas. Estes dados eram informados pelo corpo técnico da empresa.

Para cada planejamento mensal eram analisados fatores relativos à produção do mês anterior. Durante o mês de março, por exemplo, a produção de argical e calcário puro foi pequena devido às paradas no forno da fábrica. Por este motivo foi decidido que o planejamento feito para este mês seria mantido para o mês seguinte.

Durante o período de 30/04/2002 até 01/06/2002 o forno não funcionou. Por este motivo a mina produziu apenas calcário puro. Foi separada a área necessária para produção de 20.000 toneladas para o mês de maio e aproximadamente 27.000 toneladas para o mês de junho. Durante o mês de maio o estéril foi trabalhado nas áreas estabelecidas no mês de abril.

Sempre que havia uma quantidade significativa de material desmontado nos bancos, este era utilizado no planejamento da produção de argical. As áreas planejadas para serem lavradas foram sempre escolhidas visando o desenvolvimento da mina como um todo.

4.4 Integração das Informações

Os diferentes programas utilizados neste projeto, e mais especialmente neste estudo de caso, precisavam trocar informações. Como já mencionado anteriormente, para fazer a troca de informações e gerenciar o banco de dados foi utilizado o software DATAMINE STUDIO.

A integração entre os programas foi feita utilizando a linguagem html. A partir de uma página inicial, o usuário tem acesso as diversas etapas do projeto, que foram divididas em Geologia, Longo Prazo, Curto Prazo, Despacho e Monitoramento. A figura 4.16 mostra o script principal.

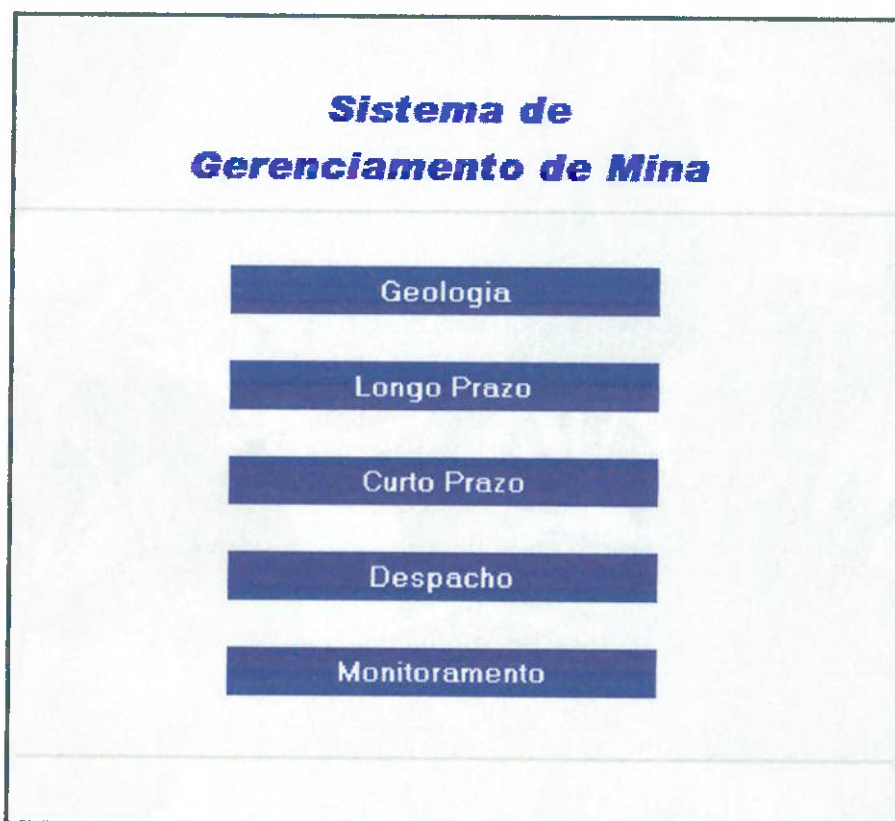


Figura 4.16: Script principal

O script Geologia executa as rotinas de atualização do banco de dados. O Longo Prazo permite o acesso ao RM Scheduler e a troca de informações entre o DATAMINE e o RM. O Curto Prazo executa as rotinas necessárias para executar o Estácio e também permite a troca de informações entre DATAMINE e Estácio. Os scripts acima descritos já estão sendo utilizados na Empresa. Os scripts Despacho e Monitoramento já estão finalizados e já foram testados, porém ainda não estão sendo utilizados. Eles fazem parte do sistema de despacho de caminhões que não estão em funcionamento no momento, porém já foram feitos teste com resultados satisfatórios.

A primeira etapa trabalhada foi à atualização do banco de dados, já que esta é feita constantemente e requer um cuidado especial. Foram criadas rotinas específicas para este caso que customizaram os processos, facilitando a atualização e diminuindo a possibilidade de erros.

Neste estudo de caso, os dados dos furos de perfuratriz, topografia e modelo de blocos são atualizados mensalmente. A atualização do banco de dados segue a rotina abaixo descrita:

1 – Inserir no banco de dados os furos de perfuratriz realizados no mês anterior. Estes furos são os mesmos utilizados para desmonte de material. Em geral são feitos no calcário ou nas regiões de argical (calcário com argila). Também são feitos furos nas regiões contendo argila pura, para analisar o MS (módulo de sílica). Nesta etapa são criados dois arquivos distintos: arquivo contendo apenas as novas informações e arquivo geral, contendo as informações anteriores e novas. O arquivo geral é utilizado posteriormente para estimar o modelo de blocos, dessa forma o modelo é melhorado a cada mês.

2 – Atualizar a topografia, para que áreas que já foram lavradas não interfiram no planejamento de curto prazo do mês seguinte. Esta etapa é extremamente importante e requer atenção especial. A topografia está apresentada em dois arquivos diferentes: um arquivo de strings, contendo as curvas de nível da topografia e um arquivo com a topografia em 3-D.

3 – Com o arquivo de furos e a topografia atualizada, o modelo de blocos pode ser estimado.

Todos os procedimentos acima descritos são feitos a partir do script Geologia. A figura 4.17 mostra este script.

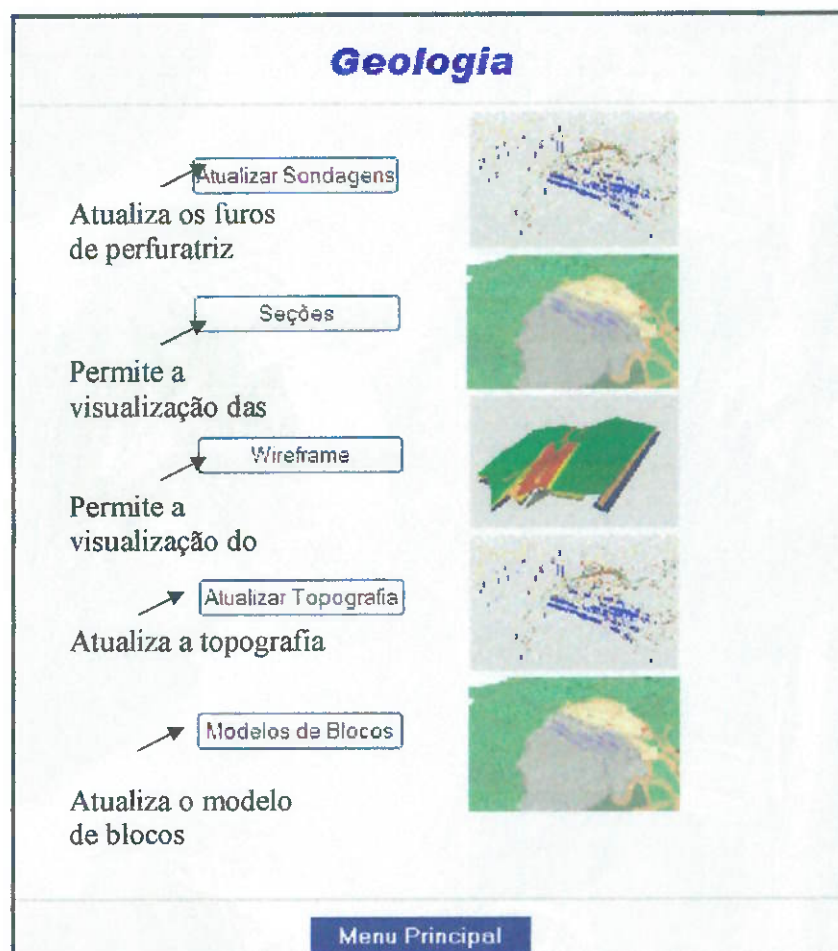


Figura 4.17: Script Geologia

Ao executar os botões, todas as informações necessárias para a atualização são pedidas.

Todas as informações sobre o planejamento de longo prazo são acessadas pelo script Longo Prazo. Através deste script é possível ter acesso ao projeto criado no RM Scheduler, tanto para consultas como para alterações. Caso ocorra alguma alteração, as informações são repassadas para o DATAMINE também através deste script. A figura 4.18 mostra o script Longo Prazo.

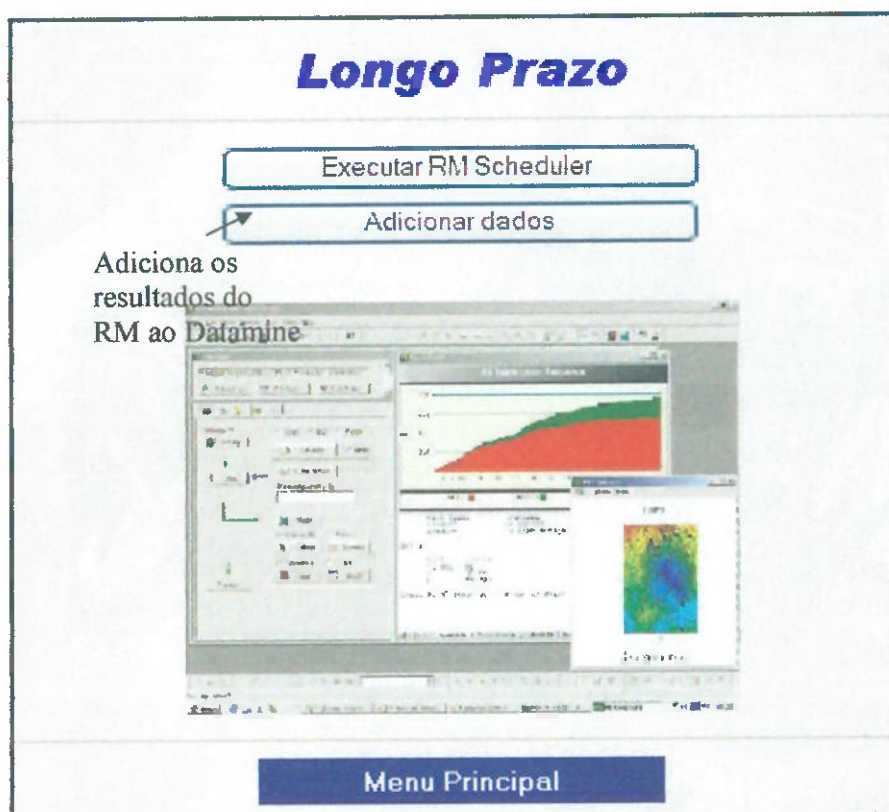


Figura 4.18: Script Longo Prazo

O script Curto Prazo reúne todos os procedimentos para o planejamento de curto prazo. As etapas são as seguintes:

1 – Separar os blocos do período a ser seqüenciado. Para este caso, os blocos separados foram os do primeiro ano indicados pelo RM. Estes blocos tem suas dimensões reduzidas de 30 x 30 x 15 m para 10 x 3 x 15 m, e são regularizados.

2 – Criar os arquivos de entrada com as informações necessárias para o software Estácio. São criados dois arquivos: um com as informações do modelo de blocos e outro com informações topográficas.

3 – Informar os parâmetros para o seqüenciamento utilizando o formulário do script Curto Prazo.

4 – Executa o Estácio. O programa também é acessado neste script.

- 5 – Retornar as informações do sequenciamento geradas pelo Estácio para o DATAMINE.

A figura 4.19 mostra o script Curto Prazo.

Método de otimização

Mínimo movimento de escavadeiras

Parâmetros para produção

Produção de minério (toneladas): 180000

Produto final (toneladas): 180000

Talude operacional (1-89): 90

Número de frentes de lavra: 2 frentes

Teores das variáveis (%)

	Meta	Max	Min	Val	
SiO ₂	13.0000	50.0000	10.0000	<input type="checkbox"/>	Verificar
CaO	42.0000	60.0000	20.0000	<input type="checkbox"/>	Verificar
Al ₂ O ₃	1.9314	9.3918	0.0000	<input type="checkbox"/>	Verificar
Fe ₂ O ₃	0.8492	7.4100	0.0000	<input type="checkbox"/>	Verificar

Disposição das escavadeiras

Localização:

	X	Y	Z	
Escavadeira 01:	29776.00	20490.00	916.00	Localizar
Escavadeira 02:	29607.00	20657.00	756.00	Localizar

Espaçamento:

Distância Mínima entre escavadeiras: 30

Distância Máxima entre escavadeiras: 500

Número de escavadeiras por nível: 1 escavade

Prep. Dados Executar Estácio Sequência

Relatório

Figura 4.19: Script Curto Prazo

As figuras 4.20 e 4.21 mostram os scripts Despacho e Monitoramento, respectivamente. Como já mencionado anteriormente, estes scripts estão finalizados, porém ainda não estão sendo utilizados no dia-a-dia da empresa. O script Despacho acessa o software de despacho de caminhões. O script Monitoramento acessa o software In Touch, que trabalha com realidade virtual e permite o monitoramento de toda a mina. Assim como a gráficos de controle, que permitem comparar o que foi planejado com o que efetivamente realizado.

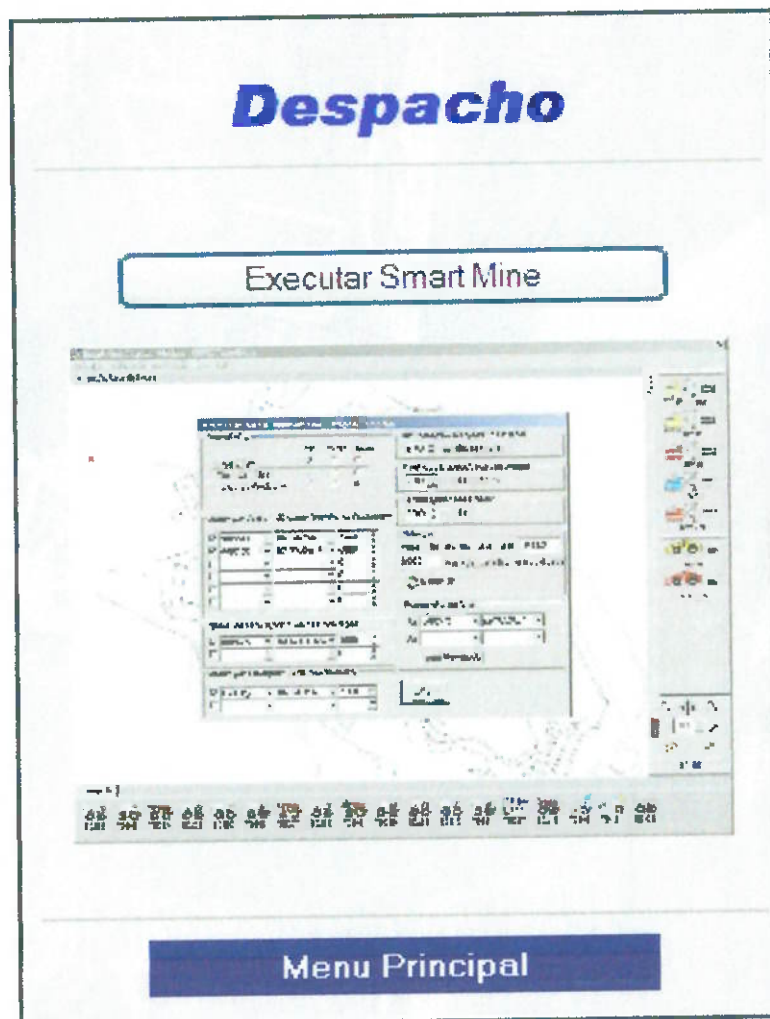


Figura 4.20: Script Despacho



Figura 4.21: Script Monitoramento

Os scripts acima descritos atendem a praticamente todas as rotinas de gerenciamento da mina. Estes scripts podem ser adequados para atender as necessidades específicas de cada empresa.

Além de facilitar a troca de informações entre os softwares, os scripts proporcionam a formalização dos processos para cada uma das etapas. Desta forma, a execução dos processos principalmente nas etapas de atualização de banco de dados e modelo de blocos, que podem ser feitas por um operador mesmo sem conhecimento dos softwares. A formalização dos procedimentos diminui também os possíveis erros de manipulação de dados.

5 CONCLUSÕES

A metodologia para o planejamento de lavra proposta pelo projeto OPTI-CQ, e em particular, as etapas do projeto relacionadas a este trabalho, mostrou-se aplicável e apresentou bom resultados.

5.1 Análise dos Resultados da Geologia

Estabelecer procedimentos para a tarefas rotineiras, agiliza e diminui a possibilidade de erros. As rotinas criadas para as atualizações de banco de dados, geologia e topografia mostraram-se eficientes, podendo ser aplicadas em diversos tipos de mineração.

Os procedimentos de atualização do banco de dados, topografia e modelo de blocos foram formalizados, facilitando a execução destas rotinas que são repetitivas e passíveis de erros. A formalização também diminui estes possíveis erros. Desta forma, o operador pode executar as atualizações sem conhecimento profundo dos softwares.

5.2 Análise dos Resultados do Planejamento de Longo Prazo

No projeto anterior Optiseq, o planejamento de longo prazo foi feito utilizando o princípio de otimização do NPV (Net Present Value). Devido o tipo de material e as peculiaridades de uma mina de calcário para cimento, foi difícil controlar o FSC.

Neste trabalho foi feita à revisão deste planejamento, para tanto foi utilizada a nova versão do programa utilizado anteriormente. Esta nova versão foi especialmente desenvolvida para minerais industriais e possibilita a blendagem de materiais desde a definição de cava final. A blendagem facilita o controle do FSC já na cava final. Com isso, o controle do FSC no seqüenciamento de lavra fica mais fácil.

O resultado final do seqüenciamento foi satisfatório e bem aceito pelos técnicos da empresa. Indicou também, que em determinadas épocas, principalmente no final da

vida útil da mina, será necessário utilizar argila de áreas fora do atual decreto de lavra.

Assim como foi feito nas etapas de atualização, os procedimentos referentes ao planejamento de longo prazo foram formalizados.

5.3 Análise dos Resultados do Planejamento de Curto Prazo

Os procedimentos utilizados para o planejamento de curto prazo atenderam as expectativas propostas pelo projeto. A aplicabilidade do programa Estácio para o controle de qualidade no planejamento de curto foi comprovada. A interface com o usuário ainda é pouco amigável e a preparação dos dados para entrada no programa requer muita manipulação dos dados.

O software não tem saída gráfica, mas apresenta todas as informações em arquivos de texto referenciados sempre pelas coordenadas do centro do bloco. Com base nestes arquivos, as informações são passadas para o DATAMINE, onde é possível a visualização gráfica dos resultados. As rotinas de preparação dos dados, bem como a importação dos resultados para o DATAMINE foram feitas através dos scripts. Todos os procedimentos foram formalizados como nas outras etapas.

O controle dos componentes do FSC no curto prazo mostrou-se possível e eficaz para o estudo de caso em questão. Os resultados podem ser melhorados à medida que novas informações químicas sobre as argilas forem adicionadas ao modelo, já que a variabilidade das mesmas é grande e interferem diretamente no resultado do programa, onde a variável básica considerada foi a SiO_2 .

De forma geral, os resultados são operacionais, necessitando alguns ajustes manuais. Para que o programa respeitasse a largura mínima de berma, foi necessário usar um ângulo de face de 30° . A localização inicial dos equipamentos de carga interfere também nos resultados, por este motivo para tornar o seqüenciamento feito pelo programa o mais operacional possível, é aconselhável posicionar os equipamentos em frentes livres para a lavra.

5.4 Análise da Integração dos Softwares

Etapa de extrema importância, a integração dos softwares foi realizada e atendeu ao que foi proposto no início do trabalho. Esta integração é aparentemente pioneira no mercado e pode ser aplicada não só no caso do controle de qualidade do cimento, bem como para o planejamento de lavra de outros tipos de minério.

A troca de informações realizadas via script diminui a manipulação dos dados e os possíveis erros que esta pode causar.

As etapas de geologia e planejamento de lavra estão consolidadas e bem estruturadas. Quanto ao planejamento de curto prazo, o programa utilizado atendeu ao objetivo inicial de controle de qualidade, porém mostrou-se pouco amigável. A integração entre os diversos softwares utilizados funcionou com sucesso e mostrou-se ser aplicável para outros tipos de minerais.

5.5 Sugestões para Trabalhos Futuros

A pesquisa realizada para o presente trabalho poderá ser estendida nas seguintes linhas:

- Aprimoramento dos controles de planejamento de curto prazo, particularmente a definição de dependências horizontais e verticais para controle dos avanços das frentes.
- Integração da solução de curto prazo proposta com tecnologias avançadas de controle a distância de equipamentos de escavação (por exemplo, sistema CAES da Caterpillar).
- Comunicação dos resultados do planejamento de curto prazo com sistema de despacho de caminhões e com ferramentas de gerenciamento de pilhas de estocagem e de homogeneização.

ANEXO 1

Código Fonte do Script Principal

```

<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 5.0">
<meta name="ProgId" content="FrontPage.Editor.Document">
<title>Nova pagina 1</title>
</head>

<body background="background.gif">

<p align="center"><span style="left: 17; top: 45; position: absolute"></span></p>

<p align="center"><span style="left: 206; top: 31; position: absolute"></span></p>
<p align="center">&nbsp;</p>
<p align="center">&nbsp;</p>

<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2"><b><font size="4"
face="Arial Black" color="#0000FF"><i>Sistema de</i></font></b></p>

<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2"><b><font size="4"
face="Arial Black" color="#0000FF"><i>Gerenciamento de
Mina</i></font></b></p>

<p align="center">
<applet code="fphover.class" codebase="." width="210" height="24">
<param name="color" value="#000080">
<param name="hovercolor" value="#0000FF">
<param name="textcolor" value="#FFFFFF">
<param name="text" value="Geologia">
<param name="effect" value="glow">
<param name="url" valuetype="href" value="geologia.htm" >
</applet>

<p align="center">
<applet code="fphover.class" codebase="." width="210" height="24">
<param name="color" value="#000080">
<param name="hovercolor" value="#0000FF">

```



```
<param name="textcolor" value="#FFFFFF">
<param name="text" value="Longo Prazo">
<param name="effect" value="glow">
<param name="url" valuetype="href" value="longoprazo.htm" >

</applet>
<p align="center">
<applet code="fphover.class" codebase="/" width="210" height="24">
  <param name="color" value="#000080">
  <param name="hovercolor" value="#0000FF">
  <param name="textcolor" value="#FFFFFF">
  <param name="text" value="Curto Prazo">
  <param name="effect" value="glow">
  <param name="url" valuetype="href" value="gerapar.htm" >

</applet>
<p align="center">
<applet code="fphover.class" codebase="/" width="210" height="24">
  <param name="color" value="#000080">
  <param name="hovercolor" value="#0000FF">
  <param name="textcolor" value="#FFFFFF">
  <param name="text" value="Despacho">
  <param name="effect" value="glow">
  <param name="url" valuetype="href" value="despacho.htm" >
</applet>
<p align="center">
<applet code="fphover.class" codebase="/" width="210" height="24">
  <param name="color" value="#000080">
  <param name="hovercolor" value="#0000FF">
  <param name="textcolor" value="#FFFFFF">
  <param name="text" value="Monitoramento">
  <param name="effect" value="glow">
  <param name="url" valuetype="href" value="monitoramento.htm" >

</applet>
</p>

<hr>

</body>

</html>
```

ANEXO 2

Código Fonte do Script Geologia

```

<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 5.0">
<meta name="ProgId" content="FrontPage.Editor.Document">
<title>Nova pagina 1</title>
</head>

<script language=javascript>

var dm = null;
if (typeof(top.DCM) != 'object' || top.DCM == null)    top.DCM = new
ActiveXObject('DMSComServer.DMCommandManager');
dm=top.DCM;
if (typeof(top.dmBrowser) != 'object' || top.dmBrowser == null)    top.dmBrowser =
new ActiveXObject('DMBrowserCtl.DMBrowserCtl');

var projectName = location.hash.substring(1);
if (projectName.length >0) top.DCM.projectName = projectName;

function iniciapag(){
//var dm;
//dm = new ActiveXObject("dmLib");
//dm.initialize(self);
}

function sondagens(){

alert ("Atualização da Análises");
var cfile = prompt ("Entre com o nome do arquivo de saída collars:","col", true);
if (cfile=="|| cfile==null) return;
var afile = prompt ("Entre com o nome do arquivo de saída assays:","assa", true);
if (afile=="|| afile==null) return;
var sfile = prompt ("Entre com o arquivo de sondagem atual.","sond");
if (sfile=="|| sfile==null) return;
var ofile = prompt ("Entre com o nome do arquivo de sondagem quinzenal:","fper",
true);
if (ofile=="|| ofile==null) return;
var sfile1 = prompt ("Entre com o nome do arquivo de sondagem total de
saída:","sond", true);
if (sfile1=="|| sfile1==null) return;
var efile = prompt ("Entre com o arquivo de ERROS.,"erro");
if (efile=="|| efile==null) return;
var mfile = prompt ("Entre com o nome do arquivo de MRY:","mry", true);

```

```

if (mfile=="|| mfile==null) return;

dm.command("inputd &OUT=ecollar" +
" 'collars' 'BHID' 'A' '10' 'Y' " 'XCOLLAR' 'N' 'Y' " 'YCOLLAR' 'N' 'Y' " 'ZCOLLAR'
'N' 'Y' " " '!' """);
dm.command("indata &IN=ecollar &OUT=" + cfile +
" 'collars.csv");
dm.command("inputd &OUT=eassays" +
" 'samples' 'BHID' 'A' '20' 'Y' " 'CAMP' 'A' '10' 'Y' " 'FROM' " " " 'TO' " " " 'LITO' " "
" 'RECUP' " " " 'CACO3' " " " 'MGCO3' " " " 'PF' " " " 'SIO2' " " " 'AL2O3' " " "
'FE2O3' " " " 'CAO' " " " 'MGO' " " " 'SO3' " " " 'NA2O' " " " 'K2O' " " " 'MS' " " " 'MA'
" " " 'FSC' " " " '!' """);
dm.command("indata &IN=eassays &OUT=" + afile +
" 'assays.csv");

dm.command("extra &IN="+afile+" &OUT=xx @ECHO=0" +
" 'MS=SIO2/(AL2O3+FE2O3) 'GO");
dm.command("extra &IN=xx &OUT=xasa0401 @ECHO=0" +
" 'IF ((CAO>35) AND (MGO<4)) 'LITO=1' 'END' " 'IF ((CAO>35) AND
(MGO>4))' 'LITO=2' 'END' " 'IF ((MS<1.95)AND (CAO<35))' 'LITO=3' 'END' " 'IF
((MS>1.95) AND (CAO<35)AND (MS<2.6))' 'LITO=5' 'END' " 'IF ((MS>2.6) AND
(CAO<35))' 'LITO=4' 'END' 'GO");
dm.command("holes3d &COLLAR="+ cfile + "&SAMPLE1=xasa0401
&OUT=xxsond"+
" &HOLESRMRY="+mfile+" &ERRORS="+efile+" *BHID=BHID
*XCOLLAR=XCOLLAR" +
" *YCOLLAR=YCOLLAR *ZCOLLAR=ZCOLLAR *FROM=FROM *TO=TO
@ENDPOINT=0" +
" @PRINT=0 @ECHO=0");
dm.command("compdh &IN=xxsond &OUT="+ofile+" *BHID=BHID
*FROM=FROM *TO=TO" +
" *ZONE=LITO @INTERVAL=5 @MAXGAP=0 @MINCOMP=0.001
@START=0 @MODE=0" +
" @PRINT=0 @ECHO=0");

dm.command("selcop &IN="+sfile+" &OUT=xsond1 *F1=BHID *F2=FROM
*F3=TO *F4=LITO *F5=X" +
" *F6=Y *F7=Z *F8=LENGTH *F9=CACO3 *F10=SIO2 *F11=AL2O3
*F12=FE2O3" +
" *F13=CAO *F14=MGO *F15=RADIUS *F16=A0 *F17=B0 *F18=C0
@KEEPALL=0");
dm.command("selcop &IN="+ofile+" &OUT=xsond2 *F1=BHID *F2=FROM
*F3=TO *F4=LITO *F5=X" +
" *F6=Y *F7=Z *F8=LENGTH *F9=CACO3 *F10=SIO2 *F11=AL2O3
*F12=FE2O3" +
" *F13=CAO *F14=MGO *F15=RADIUS *F16=A0 *F17=B0 *F18=C0
@KEEPALL=0");
dm.command("append &IN1=xsond1 &IN2=xsond2 &OUT="+sfile1+"
@SEQUENCE=0 @PROTODD=0" +
" @PRINT=0");

```

```

dm.command("get-drillholes &"+sfile1+" 'yes'");
dm.command("zoom-all-graphics");
dm.command("assign-fill-codes 'yes' 'DEFAULT' 'INDEF' 'LITO=0' 'B_RED'
'CALC' '!' 'B_BLUE' 'CALC' 'LITO=1' 'D_GREY' 'CAMG' 'LITO=2'
'COLOUR19' 'AVE' 'LITO=3' 'COLOUR25' 'AMA2' 'LITO=4' 'COLOUR31'
'AMA1' 'LITO=5' 'COLOUR37' 'SOLO' 'LITO=6' 'continue'");
dm.command("get-wf-data &topo04tr &topo04pt");
dm.command("update-visualiser-objects");

}

function secs(){

alert();
dm.command("get-all-strings &stsecao "");
dm.command("update-visualiser-objects");

}

function wire(){

alert();
dm.command("get-wf-data &trtotal &pttotal");
dm.command("zoom-graphics " + " (@point=31832.1491,18145.684,751.896759,1
(@point=28323.3893,21542.1635,751.896759,1");
dm.command("update-visualiser-objects");

}

function modbloc(){

alert ("Nova Interpolação");
var cfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos a ser interpolado:","_modbloc");
if (cfile=="")||cfile==null) return;
var sfile=prompt ("Entre com o arquivo de sondagem:","_sonda");
if (sfile=="")||sfile==null) return;
var mfile=prompt ("Entre com o nome do modelo de blocos a ser
criado:","_modint");
if (mfile=="")||mfile==null) return;

dm.command("seldel &IN="+cfile+ " &OUT=xmod *F1=CACO3 *F2=NUMSAM
*F3=MGCO3 *F4=SIO2" +
" *F5=AL2O3 *F6=FE2O3 *F7=CAO *F8=MGO *F9=MS (@KEEPALL=0");

dm.command("grade &PROTO=xmod &MODEL=XMCACO3 &IN="+sfile+ "
*X=X *Y=Y *Z=Z" +
" *VALUE=CACO3 *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO (@SDIST1=600
@SDIST2=600" +
"@SDIST3=60 @SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1
@SANGLE3=0" +

```

```
" @SAXIS3=3 @MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2
@NSTRUCT=1" +
"@NUGGET=0 @ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100
@ST1RANG3=100" +
"@ST2VAR=1 @ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100
@MINOCT=0" +
"@MINPEROC=1 @MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3
@YPOINTS=3" +
"@ZPOINTS=3 @XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0
@ECHO=0");
```

```
dm.command("grade &PROTO=XMCACO3 &MODEL=XMSIO2
&IN="+sfile+" *X=X *Y=Y *Z=Z" +
"*VALUE=SIO2 *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO @SDIST1=600
@SDIST2=600" +
"@SDIST3=60 @SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1
@SANGLE3=0" +
"@SAXIS3=3 @MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2
@NSTRUCT=1" +
"@NUGGET=0 @ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100
@ST1RANG3=100" +
"@ST2VAR=1 @ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100
@MINOCT=0" +
"@MINPEROC=1 @MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3
@YPOINTS=3" +
"@ZPOINTS=3 @XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0
@ECHO=0");
```

```
dm.command("grade &PROTO=xmsio2 &MODEL=XMAL2O3 &IN="+sfile+"
*X=X *Y=Y *Z=Z" +
"*VALUE=AL2O3 *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO @SDIST1=600
@SDIST2=600" +
"@SDIST3=60 @SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1
@SANGLE3=0" +
"@SAXIS3=3 @MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2
@NSTRUCT=1" +
"@NUGGET=0 @ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100
@ST1RANG3=100" +
"@ST2VAR=1 @ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100
@MINOCT=0" +
"@MINPEROC=1 @MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3
@YPOINTS=3" +
"@ZPOINTS=3 @XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0
@ECHO=0");
```

```
dm.command("grade &PROTO=xmal2o3 &MODEL=XMFE2O3
&IN="+sfile+" *X=X *Y=Y *Z=Z" +
"*VALUE=FE2O3 *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO @SDIST1=600
@SDIST2=600" +
"@SDIST3=60 @SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1
@SANGLE3=0" +
```

```

" @SAXIS3=3 @MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2
@NSTRUCT=1" +
"@NUGGET=0 @ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100
@ST1RANG3=100" +
"@ST2VAR=1 @ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100
@MINOCT=0" +
"@MINPEROC=1 @MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3
@YPOINTS=3" +
"@ZPOINTS=3 @XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0
@ECHO=0");
  dm.command("grade  &PROTO=xmfe2o3 &MODEL=XMCAO &IN="+sfile+"
*X=X *Y=Y *Z=Z" +
" *VALUE=CAO *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO @SDIST1=600
@SDIST2=600" +
"@SDIST3=60 @SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1
@SANGLE3=0" +
"@SAXIS3=3 @MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2
@NSTRUCT=1" +
"@NUGGET=0 @ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100
@ST1RANG3=100" +
"@ST2VAR=1 @ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100
@MINOCT=0" +
"@MINPEROC=1 @MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3
@YPOINTS=3" +
"@ZPOINTS=3 @XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0
@ECHO=0");
  dm.command("grade  &PROTO=xmcao &MODEL=XMOD
&IN="+sfile+"*X=X *Y=Y *Z=Z *VALUE=MGO"+
" *NUMSAM=NUMSAM *ZONE=LITO @SDIST1=600 @SDIST2=600
@SDIST3=60" +
"@SANGLE1=0 @SAXIS1=3 @SANGLE2=0 @SAXIS2=1 @SANGLE3=0
@SAXIS3=3" +
"@MINNUM=2 @MAXNUM=15 @IMETHOD=2 @POWER=2 @NSTRUCT=1
@NUGGET=0" +
"@ST1VAR=1 @ST1RANG1=100 @ST1RANG2=100 @ST1RANG3=100
@ST2VAR=1" +
"@ST2RANG1=100 @ST2RANG2=100 @ST2RANG3=100 @MINOCT=0
@MINPEROC=1" +
"@MAXPEROC=0 @PARENT=0 @XPOINTS=3 @YPOINTS=3 @ZPOINTS=3"
+
"@XSUBCELL=1 @YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @PRINT=0 @ECHO=0");
  dm.command("extra &IN=XMOD &OUT="+mfile+" @ECHO=0" +
"MS=SIO2/(AL2O3+FE2O3) 'GO");
dm.command("open-model-file &"+mfile+" " 'yes");
dm.command("assign-fill-codes 'yes' 'DEFAULT' 'INDEF' 'LITO=0' 'B_BLUE'
'CALC' 'LITO=1' 'D_GREY' 'CAMG' 'LITO=2' 'COLOUR19' 'AVE' 'LITO=3'
'COLOUR25' 'AMA2' 'LITO=4' 'COLOUR31' 'AMA1' 'LITO=5' 'COLOUR37'
'SOLO' 'LITO=6' 'continue");
dm.command("zoom-graphics "+" @point=31294.1572,19536.6617,751.896759,1
@point=28821.3387,21325.142,751.896759,1");

```

```

dm.command("gvp-cells-update-switch");
dm.command("gvp-modelp-update-switch");
dm.command("update-visualiser-objects");
}

function topograf() {

alert ("Atualiza o modelo de blocos com a topografia");
var cfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos atual:","_model");
if (cfile=="" || cfile==null) return;
var tfile=prompt ("Entre com o arquivo de triangulos da topografia:","_tptopo");
if (tfile=="" || tfile==null) return;
var pfile=prompt ("Entre com o arquivo de pontos da topografia:","_pttopo");
if (pfile=="" || pfile==null) return;
var sfile=prompt ("Entre com o nome para o modelo de blocos de
saída:","_modelnew");
if (sfile==""|| sfile==null) return;
dm.command("seltri &IN="+cfile+ " &OUT=xxmod &WIRETR="+tfile+
&WIREPT="+pfile+ " *X=XC" +
" *Y=YC *Z=ZC @SELECT=2 @TOLERANC=0.001");
dm.command("mgsort &IN=xxmod &OUT="+sfile+ " *KEY1=IJK @ORDER=1");
}

```

</script>

<body background="background.gif" onload="iniciapag();">

<p align="center" style="margin-top: 4; margin-bottom: 3"></p>

<p align="center" style="margin-top: 4; margin-bottom: 3"> </p>

<p align="center" style="margin-top: 4; margin-bottom: 3">


```

<input type=button name=bt1 id=bt2 value="Atualizar Análises"
onclick="sondagens();" style="position: absolute; left: 7; top: 114; width: 130;
height: 25">
<input type=button name=bt1 id=bt1 value="Seções" onclick="secs();"
style="position: absolute; left: 5; top: 198; width: 130; height: 25">
<input type=button name=bt1 id=bt1 value="Wireframe" onclick="wire();"
style="position: absolute; left: 5; top: 287; width: 130; height: 25">
<input type=button name=bt1 id=bt1 value="Modelos de Blocos"
onclick="modbloc();" style="position: absolute; left: 6; top: 378; width: 130; height:
25">
<input type=button name=bt1 id=bt1 value="Atualizar Topografia"
onclick="topograf();" style="position: absolute; left: 8; top: 462; width: 130; height:
25">

<i><font face="Arial Black" size="5" color="#0000FF">Geologia</font></i>
<hr>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">&nbsp;</p>
<hr>
<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2">
<applet code="fphover.class" codebase="/" width="137" height="24" left="50"
align="center" >
  <param name="color" value="#000080">
  <param name="hovercolor" value="#0000FF">
  <param name="textcolor" value="#FFFFFF">
  <param name="effect" value="glow">
  <param name="url" valuetype="href" value="principal.htm">
  <param name="text" value="Menu Principal">
</applet>
</body>

</html>

```


ANEXO 3

Código Fonte do Script Longo Prazo

```

<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 5.0">
<meta name="ProgId" content="FrontPage.Editor.Document">
<title>Nova pagina 1 </title>
</head>

<script language=javascript>

var dm = null;
if (typeof(top.DCM) != 'object' || top.DCM == null)      top.DCM = new
ActiveXObject('DMComServer.DMCommandManager');
dm=top.DCM;
if (typeof(top.dmBrowser) != 'object' || top.dmBrowser == null)  top.dmBrowser =
new ActiveXObject('DMBrowserCtl.DMBrowserCtl');

var projectName = location.hash.substring(1);
if (projectName.length >0) top.DCM.projectName = projectName;

function iniciapag(){
//var dm;
//dm = new ActiveXObject("dmLib");
//dm.initialize(self);
}

function executanpv()
{

var a, b;
a = new ActiveXObject("Wscript.shell");
b = a.Run("D:\\Database\\Soeicom2002\\Plurianual\\Npvlv2001\\Npvs.exe
\\D:\\Database\\Soeicom2002\\Plurianual\\Npvlv2001\\NPVLV.ens\\");

}

function teste()
{
alert ("Adiciona as informações geradas no NPV ao Modelo de Blocos");
var cfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos original:","_modelb");
if (cfile=="")||cfile==null) return;
var nfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos do NPV:","_modnpv");
if (nfile=="")||nfile==null) return;

```

```

var tfile=prompt ("Entre com o arquivo de triangulos da topografia
atual:","_modelb");
if (tfile=="")||tfile==null) return;
var pfile=prompt ("Entre com o arquivo de pontos da topografia
atual:","_modnpv");
if (pfile=="")||pfile==null) return;
var sfile=prompt ("Entre com o nome para o modelo de blocos de
saída:","_modseq");
if (sfile=="")||sfile==null) return;
dm.command("mgsort &IN="+cfile+" &OUT=XMLV0401 *KEY1=IJK
@ORDER=1");
dm.command("mgsort &IN="+nfile+" &OUT=XMLVNPV *KEY1=IJK
@ORDER=1");
dm.command("addmod &IN1=xmlv0401 &IN2=xmlvnpv &OUT=XADDMOD
@TOLERANCE=0.001");
alert ("tt");
dm.command("seltri &IN=xaddmod &OUT=XSELTRI &WIRETR="+tfile+"
&WIREPT="+pfile+" *X=XC" +
" *Y=YC *Z=ZC @SELECT=2 @TOLERANCE=0.001");
dm.command("mgsort &IN=xseltri &OUT=XMGSORT *KEY1=IJK
@ORDER=1");
dm.command("promod &IN=xmgsort &OUT=XMLVSEQ04 *KEY1=LITO
@DENSITY=1.0 @OVERLAP=2" +
"@OPTIMISE=2 @TOL=0.001 @PRINT=0 @ECHO=0");
dm.command("seltri &IN=XMLVSEQ04 &OUT=XSELTRI &WIRETR="+tfile+"
&WIREPT="+pfile+" *X=XC"+
" *Y=YC *Z=ZC @SELECT=2 @TOLERANCE=0.001");
dm.command("mgsort &IN=xseltri &OUT="+sfile+" *KEY1=IJK @ORDER=1");
}

```

</script>

<body background="background.gif">

<p align="center"></p>

<p align="center"> </p>

<p align="center"> </p>

<p align="center"></p>

<p align="center" style="margin-top: 2; margin-bottom: 2"><i>Longo Prazo</i></p>

```
<hr>
```

```
<p align="center" style="margin-top: 5; margin-bottom: 4">
<input type=button value="Executar NPV Scheduler 3.0" style="width:250 px"
onclick="executanpv();">
<p align="center" style="margin-top: 5; margin-bottom: 4">
<input type=button value="Adicionar dados" style="width:250 px"
onclick="teste().">
```

```
<p align="center" style="margin-top: 1; margin-bottom: 2">
&nbsp;
<p align="center" style="margin-top: 6; margin-bottom: 2">

</p>
```

```
<hr>
```

```
<p align="center" style="margin-top: 1; margin-bottom: 2">
<applet code="fphover.class" codebase="." width="210" height="24">
  <param name="color" value="#000080">
  <param name="hovercolor" value="#0000FF">
  <param name="textcolor" value="#FFFFFF">
  <param name="text" value="Menu Principal">
  <param name="effect" value="glow">
  <param name="url" valuetype="href" value="principal.htm" >
```

```
</applet>
</p>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

ANEXO 4

Código Fonte do Script Curto Prazo

```

<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
<meta name="VI60_DTCScriptingPlatform" content=" " >
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 5.0">
<meta name="ProgId" content="FrontPage.Editor.Document">
<title>Gerador de parâmetros</title>

<SCRIPT ID=clientEventHandlersJS LANGUAGE=javascript>
function validaval(){
metod.focus();
prod1.focus();
prod2.focus();
merg.focus();
esc1x.focus();
esc1y.focus();
esc1z.focus();
esc2x.focus();
esc2y.focus();
esc2z.focus();
dismin.focus();
dismax.focus();
escnivel.focus();
}

function veriteor(){
var cc = 1;
if (valid1.checked == false){cc = 0; final.value = "Executar"; alert("Validar teores de
sílica.  "); btverif1.focus(); return cc; }
if (valid2.checked == false){cc = 0; final.value = "Executar"; alert("Validar teores de
cálcio.  "); btverif2.focus(); return cc;}
if (valid3.checked == false){cc = 0; final.value = "Executar"; alert("Validar teores de
alumínio.  "); btverif3.focus(); return cc;}
if (valid4.checked == false){cc = 0; final.value = "Executar"; alert("Validar teores de
ferro.  "); btverif4.focus(); return cc;}
}

function finaliza(){
final.value="Executando...";
alert("Validando informações...  ");
validaval();
alert("Verificando teores...  ");
}

```

```

avl = veriteor();
if (avl == "0"){return;}
alert("Iniciando a geração de arquivo de parâmetros... ");
var fso, fl;
fso = new ActiveXObject("Scripting.FileSystemObject");
fl = fso.CreateTextFile("S167w.rod", true);
fl.WriteBlankLines(1);
fl.WriteLine("PARAMETROS DE ENTRADA DA SEQUENCIA DE
ESTACIONÁRIA");
fl.WriteBlankLines(1);
fl.WriteLine(" Versao : v-e1.55w - DATAMINE do Brasil - Gerapar.htm v1");
fl.WriteBlankLines(2);
fl.WriteLine("      "+metod.value+" <=> Metodo de otimização");
fl.WriteLine("blocos.arq "+" <=> Arquivo de Blocos");
fl.WriteLine("      3"+" <=> Variáveis");
if (metod.value == 3)
{fl.WriteLine("      0"+" <=> Relação Estéril X Minério");};
lin = completapalparasaida(prod1.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Quantidade de minério");
lin = completapalparasaida(prod2.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Quantidade de produto");
lin = completapalparasaida(escav.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> N. de frentes de operação de lavra");
fl.WriteLine("      s"+" <=> Confirma conferência de fluxo de escavadeiras");
fl.WriteLine(" 700.000"+" <=> Flxuo máximo da escavadeira 01");
fl.WriteLine(" 600.000"+" <=> Flxuo mínimo da escavadeira 01");
fl.WriteLine(" 300.000"+" <=> Flxuo máximo da escavadeira 02");
fl.WriteLine(" 200.000"+" <=> Flxuo mínimo da escavadeira 02");
lin = completapalparasaida(simeta.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Meta para variável SiO2");
lin = completapalparasaida(simin.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor mínimo para variável SiO2");
lin = completapalparasaida(simax.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor máximo para variável SiO2");
lin = completapalparasaida(cameta.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Meta para variável CaO");
lin = completapalparasaida(camin.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor mínimo para variável CaO");
lin = completapalparasaida(camax.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor máximo para variável CaO");
lin = completapalparasaida(almeta.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Meta para variável Al2O3");
lin = completapalparasaida(almin.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor mínimo para variável Al2O3");
lin = completapalparasaida(almax.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor máximo para variável Al2O3");
lin = completapalparasaida(femeta.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Meta para variável Fe2O3");
lin = completapalparasaida(femin.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor mínimo para variável Fe2O3");

```

```

lin = completapalparasaida(femax.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Teor máximo para variável Fe2O3");
fl.WriteLine("      s"+" <=> Confirma limites topográficos");
fl.WriteLine("      n"+" <=> Confirma não entrar com coordenadas XYZ");
fl.WriteLine("TOPO.MAT  "+" <=> Arquivo Topografia inicial");
fl.WriteLine("MASC.MAT  "+" <=> Arquivo Topografia final");
fl.WriteLine("(400i2)  "+" <=> Formato de Leitura dos limites topográficos");
fl.WriteLine("  10.00"+" <=> Dimensão dos blocos em XX");
fl.WriteLine("   3.00"+" <=> Dimensão dos blocos em YY");
fl.WriteLine("  15.00"+" <=> Dimensão dos blocos em ZZ");
fl.WriteLine(" 29570.00"+" <=> Origem dos blocos em XX");
fl.WriteLine(" 20250.00"+" <=> Origem dos blocos em YY");
fl.WriteLine("   735.00"+" <=> Origem dos blocos em ZZ");
fl.WriteLine("    48"+" <=> Número de blocos em XX");
fl.WriteLine("   148"+" <=> Número de blocos em YY");
fl.WriteLine("     6"+" <=> Número de blocos em ZZ");
lin = completapalparasaida(merg.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Ângulo de talude");
fl.WriteLine("      n"+" <=> Confirma nova meta para seq. est.");
lin = completapalparasaida(esc1x.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada XX da escavadeira 01");
lin = completapalparasaida(esc1y.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada YY da escavadeira 01");
lin = completapalparasaida(esc1z.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada ZZ da escavadeira 01");
lin = completapalparasaida(esc2x.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada XX da escavadeira 02");
lin = completapalparasaida(esc2y.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada YY da escavadeira 02");
lin = completapalparasaida(esc2z.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Coordenada ZZ da escavadeira 02");
lin = completapalparasaida(dismin.value);
fl.WriteLine(lin+" <=> Distância mínima entre as escavadeiras");
lin = completapalparasaida(dismax.value);
//fl.WriteLine(lin+" <=> Distância máxima entre as escavadeiras");
//lin = completapalparasaida(escnivel.value);
fl.WriteLine("      1"+" <=> Número máximo de escavadeiras no mesmo nível");
fl.WriteLine("  500.00"+" <=> Movimentação mínima nec. para mud. nível");
fl.WriteLine("   0.00"+" <=> Número mínimo de horas por ato de lavra");
fl.WriteLine("     0"+" <=> Número mínimo de blocos com frente livre");
fl.WriteLine("%%%%%%%%%%"+" <=> Fim do arquivo bath de
entrada/saída");
fl.close();
alert("Fim de execução");
final.value = "Executar";
estac.focus();
}

function completapalparasaida(palent){
var palent;

```

```

lpal = palent.length;
for(i = lpal; i < 12; i++){palent = " " + palent;};
return palent;
}

function compara(){
a = parseFloat(prod1.value);
b = parseFloat(prod2.value);
if (a < b)
    {alert("O Produto Final deve ser menor ou igual a Produção de Minério.
\n\nReavalie a quantidade de produto.");
    prod2.value = 0;
    prod2.focus();
    prod2.select();
    }
}

function saiprod1(){
prod2.value = prod1.value;
prod2.focus();
}

function mostraval(){

function ver_simeta(){
if (simeta.value == "")
    {alert("O campo Teor Meta de sílica está vazio. \n\nPor favor informar a meta.");
    reinic_simeta();
    return;};
if (isNaN(simeta.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+simeta.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais. ");
    reinic_simeta();
    return; };
if (simeta.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo. \n\nIngresse novamente a meta a sílica.
\n");
    reinic_simeta();
    return; };
pallocal = palavracompleta(simeta.value, 4);
simeta.value = pallocal;
}

function ver_simax(){
if (simax.value == "")
    {alert("O campo Teor máximo de sílica está vazio. \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_simax();
    return; };
if (isNaN(simax.value) != false)

```

```

    {alert("O valor digitado \''+simax.value+'\'' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_simax();
    return;    };
if (simax.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para a sílica.
");
    reinic_simax();
    return;    };
pallocal = palavracompleta(simax.value, 4);
simax.value = pallocal;
}

function ver_simin(){
if (simin.value == "")
    {alert("O campo Teor mínimo de sílica está vazio.   \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_simin();
    return;};
if (isNaN(simin.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+simin.value+'\'' não é numérico.   \n\nDigite um valor
e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_simin();
    return;};
if (simin.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para a sílica.
");
    reinic_simin();
    return;};
pallocal = palavracompleta(simin.value, 4);
simin.value = pallocal;
}

function ver_cameta(){
if (cameta.value == "")
    {alert("O campo Teor Meta de cálculo está vazio.   \n\nPor favor informar a
meta.");
    reinic_cameta();
    return;    };
if (isNaN(cameta.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+cameta.value+'\'' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_cameta();
    return;    };
if (cameta.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \n\nIngresse novamente a meta para o
cálculo.   \n");
    reinic_cameta();
    return;    };
pallocal = palavracompleta(cameta.value, 4);

```



```

cameta.value = pallocal;
}

function ver_camax(){
if (camax.value == "")
    {alert("O campo Teor máximo de cálculo está vazio. \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_camax();
    return; };
if (isNaN(camax.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+camax.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais. ");
    reinic_camax();
    return; };
if (camax.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo. \nIngresse o teor mínimo para o cálculo.
");
    reinic_camax();
    return; };
pallocal = palavraCompleta(camax.value, 4);
camax.value = pallocal;
}

```

```

function ver_camin(){
if (camin.value == "")
    {alert("O campo Teor mínimo de cálculo está vazio. \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_camin();
    return; };
if (isNaN(camin.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+camin.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais. ");
    reinic_camin();
    return; };
if (camin.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo. \nIngresse o teor mínimo para a cálculo.
");
    reinic_camin();
    return; };
pallocal = palavraCompleta(camin.value, 4);
camin.value = pallocal;
}

```

```

function ver_almeta(){
if (almeta.value == "")
    {alert("O campo Teor Meta de alumínio está vazio. \n\nPor favor informar a
meta.");
    reinic_almeta();
    return; };
if (isNaN(almeta.value) != false)

```

```

    {alert("O valor digitado \''+almeta.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_almeta();
    return;    };
if (almeta.value< 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \n\nIngresse novamente a meta para o
alumínio.   \n");
    reinic_almeta();
    return;    };
pallocal = palvraCompleta(almeta.value, 4);
almeta.value = pallocal;
}

function ver_almax(){
if (almax.value == "")
    {alert("O campo Teor máximo de alumínio está vazio.   \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_almax();    return;    };
if (isNaN(almax.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+almax.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_almax();    return;    };
if (almax.value< 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para o alumínio.
");
    reinic_almax();    return;    };
pallocal = palvraCompleta(almax.value, 4);
almax.value = pallocal;
}

function ver_almin(){
if (almin.value == "")
    {alert("O campo Teor mínimo de alumínio está vazio.   \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_almin();    return;    };
if (isNaN(almin.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+almin.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um valor
e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_almin();    return;    };
if (almin.value< 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para a cálcio.
");
    reinic_almin();    return;    };
pallocal = palvraCompleta(almin.value, 4);
almin.value = pallocal;
}

function ver_femeta(){
if (femeta.value == "")
    {alert("O campo Teor Meta de ferro está vazio.   \n\nPor favor informar a meta.");
}

```

```

    reinic_femeta(); return; };
if (isNaN(femeta.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+femeta.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_femeta(); return; };
if (femeta.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \n\nIngresse novamente a meta para o
ferro.   \n");
    reinic_femeta(); return; };
pallocal = palavracompleta(femeta.value, 4);
femeta.value = pallocal;
}

function ver_femax(){
if (femax.value == "")
    {alert("O campo Teor máximo de ferro está vazio.   \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_femax(); return; };
if (isNaN(femax.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+femax.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um
valor e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_femax(); return; };
if (femax.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para o ferro.
");
    reinic_femax(); return; };
pallocal = palavracompleta(femax.value, 4);
femax.value = pallocal;
}

function ver_femin(){
if (femin.value == "")
    {alert("O campo Teor mínimo de ferro está vazio.   \n\nPor favor informar o
teor.");
    reinic_femin(); return; };
if (isNaN(femin.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+femin.value+'\' não é numérico.   \n\nDigite um valor
e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais.   ");
    reinic_femin();
    femin.focus();
    return;};
if (femin.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.   \nIngresse o teor mínimo para a cálcio.
");
    reinic_femin();
    return;};
pallocal = palavracompleta(femin.value, 4);
femin.value = pallocal;
}

```

```

function reinic_simeta(){simeta.value = "13.000"; simeta.select(); simeta.focus();}
function reinic_simax(){simax.value = "50.000"; simax.select(); simax.focus();}
function reinic_simin(){simin.value = "10.000"; simin.focus(); simin.select(); }
function reinic_cameta(){cameta.value = "42.000";cameta.select();cameta.focus();}
function reinic_camax(){camax.value = "60.000";camax.select();camax.focus();}
function reinic_camin(){camin.value = "20.000";camin.select();camin.focus();}
function reinic_almeta(){almeta.value = "1.9314";almeta.select();almeta.focus();}
function reinic_almax(){almax.value = "9.3918";almax.select();almax.focus();}
function reinic_almin(){almin.value = "0.0000";almin.select();almin.focus();}
function reinic_femeta(){femeta.value = "0.8492";femeta.select();femeta.focus();}
function reinic_femax(){femax.value = "7.4100";femax.select();femax.focus();}
function reinic_femin(){femin.value = "0.0000";femin.select();femin.focus();return;}

```

```

function palavracompleta(pal, decs){
var pal, decs;
decim = "";
for (jj=0; jj != decs; jj++){ decim = decim + "0";}
valint = "0";
plp = pal.indexOf(".", 0) + 1;
lg = pal.length;
if (plp != 0)
    {decim = pal.substring( plp, plp + decs);
    if (decim.length < decs){decim = completadecim(decim.length, decim, decs):}
    };
valint = parseInt(pal, 10);
strint = valint.toString();
palcomp = valint+"."+decim;
return palcomp;
}

```

```

function completadecim(ll, pal, dcs){
var ll, pal, i, dcs;
for(i=ll; i != dcs ; i++)
    {pal = pal + "0";}
return pal;
}

```

```

function validasi(){
if (parseFloat(simax.value) <= parseFloat(simeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor máximo deve ser maior que a Meta para a sílica.
\n\nEscolha:\n\OK para informar novo teor máximo ou \nCancel para corrigir a
Meta. \n");
    if (cfsi == true){reinic_simax();} else{reinic_simeta();};
    reativasi();
    return; };
if (parseFloat(simin.value) >= parseFloat(simeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor máximo deve ser menor que a Meta para a sílica.
\n\nEscolha:\n\OK para informar novo teor mínimo ou \nCancel para corrigir a Meta.
\n");
    if (cfsi == true){reinic_simin();} else{reinic_simeta();};
}

```

```

    reativasi();
    return; };
valid1.checked = true;
btverif1.value="Concluído";
btverif1.disabled = true;
valid1.disabled = true;
cameta.focus();
}

```

```

function validaca(){
btverif2.value="Validando...";
if (parseFloat(camax.value) <= parseFloat(cameta.value))
    {cfsi = confirm("O teor máximo deve ser maior que a Meta para o cálculo.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor máximo ou \nCancel para corrigir a
Meta. \n");
    if (cfsi == true){reinic_camax();}else{reinic_cameta();};
    reativaca();
    return; };
if (parseFloat(camin.value) >= parseFloat(cameta.value))
    {cfsi = confirm("O teor mínimo deve ser maior que a Meta para o cálculo.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor mínimo ou \nCancel para corrigir a Meta.
\n");
    if (cfsi == true){reinic_camin();}else{reinic_cameta();};
    reativaca();
    return; };
valid2.checked = true;
btverif2.value="Concluído";
btverif2.disabled = true;
valid2.disabled = true;
almeta.focus();
}

```

```

function validaal(){
btverif3.value="Validando...";
if (parseFloat(almax.value) <= parseFloat(almeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor máximo deve ser maior que a Meta para o alumínio.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor máximo ou \nCancel para corrigir a
Meta. \n");
    if (cfsi == true){reinic_almax();}else{reinic_almeta();};
    reativaal();
    return; };
if (parseFloat(almin.value) >= parseFloat(almeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor mínimo deve ser maior que a Meta para o alumínio.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor mínimo ou \nCancel para corrigir a Meta.
\n");
    if (cfsi == true){reinic_almin();}else{reinic_almeta();};
    reativaal();
    return; };
valid3.checked = true;
btverif3.value="Concluído";

```

```

btverif3.disabled = true;
valid3.disabled = true;
femeta.focus();
}

function validafe(){
btverif4.value="Validando...";
if (parseFloat(femax.value) <= parseFloat(femeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor máximo deve ser maior que a Meta para o ferro.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor máximo ou \nCancel para corrigir a
Meta. \n");
    if (cfsi == true){reinic_femax();}else{reinic_femeta();};
    reativaca();
    return:  };
if (parseFloat(femin.value) >= parseFloat(femeta.value))
    {cfsi = confirm("O teor mínimo deve ser maior que a Meta para o ferro.
\n\nEscolha:\n\nOK para informar novo teor mínimo ou \nCancel para corrigir a Meta.
\n");
    if (cfsi == true){reinic_femin();}else{reinic_femeta();};
    reinic_femin();
    reativafe();
    return:  };
valid4.checked = true;
btverif4.value="Concluído";
btverif4.disabled = true;
valid4.disabled = true;
esclx.focus();
}

function reativasi(){
btverif1.disabled = false;
btverif1.value="Verificar";
valid1.checked = false;
valid1.disabled = false;
}

function reativaca(){
btverif2.disabled = false;
btverif2.value="Verificar";
valid2.disabled = false;
valid2.checked = false;
}

function reativaal(){
btverif3.disabled = false;
btverif3.value="Verificar";
valid3.disabled = false;
valid3.checked = false;
}

```

```

function reativafe(){
btverif4.disabled = false;
btverif4.value="Verificar";
valid4.disabled = false;
valid4.checked = false;
}

function mudaprod1(){
if (prod1.value == "")
{alert("O campo Quantidade de Minério não está preenchido. \n\nPor favor
informar a quantidade de minério.");
reinic_prod1();
return;
}
if (isNaN(prod1.value) != false)
{alert("O valor digitado \''+prod1.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um valor
e utilize o ponto \\.\\npara separar as unidades decimais. ");
reinic_prod1();
return;
}
if (prod1.value < 0)
{alert("A quantidade informada é negativa. \n\nIngresse nova quantidade de
produto. ");
reinic_prod1();
return;
}
alert("Valor do Prod: "+prod1.value);
pallocal = palvraCompleta(prod1.value, 2);
prod1.value = pallocal;
alert(pallocal);
}

function reinic_prod1(){
prod1.value = "180000";
prod1.select();
prod1.focus();
}

function reinic_prod2(){
prod2.value = prod1.value;
prod2.select();
prod2.focus();
}

function mudaprod1(){
if (prod1.value == "")
{alert("O campo Quantidade de Minério está vazio. \n\nPor favor informar a
quantidade de minério.");
reinic_prod1(); return; };
if (isNaN(prod1.value) != false)

```

```

    {alert("O valor digitado '"+prod1.value+"' não é numérico.  \n\nDigite um novo
valor.  ");
    reinic_prod1(); return;  };
if (prod2.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.  \nIngresse nova quantidade de produto.
");
    reinic_prod1(); return;  };
pallocal = palavraCompleta(prod1.value, 2);
prod1.value = pallocal;
prod2.value = pallocal;
}

function mudaprod2(){
if (parseFloat(prod2.value) > parseInt(prod1.value))
    {alert("A quantidade de Produto não pode ser \nmaior que a Quantidade de
Minério.\n\nPor favor informar nova quantidade de produto.  ");
    reinic_prod2();
    return; }
if (prod2.value == "")
    {alert("O campo Produto Final está vazio.  \n\nPor favor informar a quantidade de
produto.");
    reinic_prod2(); return;  };
if (isNaN(prod2.value) != false)
    {alert("O valor digitado '"+prod2.value+"' não é numérico.  \n\nDigite um novo
valor.  ");
    reinic_prod2(); return;  };
if (prod2.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.  \nIngresse nova quantidade de produto.
");
    reinic_prod2(); return;  };
pallocal = palavraCompleta(prod2.value, 2);
prod2.value = pallocal;
}

function mudamerg(){
if (merg.changed == false){return;};
if (merg.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio.  \n\nPor favor informar o
mergulho do talude.  ");
    reinic_merg(); return;  };
if (isNaN(merg.value) != false)
    {alert("O valor digitado '"+merg.value+"' não é numérico.  \n\nDigite um novo
valor.  ");
    reinic_merg(); return;  };
if (merg.value < 1 || merg.value > 89)
    {alert("O mergulho de taludo digitado é inválido.  \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_merg(); return;  };
pallocal = palavraCompleta(merg.value, 4);
merg.value = pallocal;
}

```



```

}

function mudaesc1x(){
if (esc1x.changed == false){return;};
if (esc1x.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc1x(); return; };
if (isNaN(esc1x.value) != false)
    {alert("O valor digitado '"+esc1x.value+"' não é numérico. \n\nDigite um novo
valor. ");
    reinic_esc1x(); return; };
if (esc1x.value < 0)
    {alert("O mergulho de taludo digitado é inválido. \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc1x(); return; };
pallocal = palavracompleta(esc1x.value, 2);
esc1x.value = pallocal;
}

function mudaesc1y(){
if (esc1y.changed == false){return;};
if (esc1y.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc1y(); return; };
if (isNaN(esc1y.value) != false)
    {alert("O valor digitado '"+esc1y.value+"' não é numérico. \n\nDigite um novo
valor. ");
    reinic_esc1y(); return; };
if (esc1x.value < 0)
    {alert("O mergulho de taludo digitado é inválido. \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc1y(); return; };
pallocal = palavracompleta(esc1y.value, 2);
esc1y.value = pallocal;
}

function mudaesc1z(){
if (esc1z.changed == false){return;};
if (esc1z.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc1z(); return; };
if (isNaN(esc1z.value) != false)
    {alert("O valor digitado '"+esc1z.value+"' não é numérico. \n\nDigite um novo
valor. ");
    reinic_esc1z(); return; };
if (esc1z.value < 0)

```

```

    {alert("O mergulho de talude digitado é inválido. \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc1z(); return; };
    pallocal = palavracompleta(esc1z.value, 2);
    esc1z.value = pallocal;
}

function mudaesc2x(){
if (esc2x.changed == false){return;};
if (esc2x.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc2x(); return; };
if (isNaN(esc2x.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+esc2x.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um novo
valor. ");
    reinic_esc2x(); return; };
if (esc2x.value < 0)
    {alert("O mergulho de talude digitado é inválido. \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc2x(); return; };
    pallocal = palavracompleta(esc2x.value, 2);
    esc2x.value = pallocal;
}

function mudaesc2y(){
if (esc2y.changed == false){return;};
if (esc2y.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc2y(); return; };
if (isNaN(esc2y.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+esc2y.value+'\' não é numérico. \n\nDigite um novo
valor. ");
    reinic_esc2y(); return; };
if (esc2y.value < 0)
    {alert("O mergulho de talude digitado é inválido. \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc2y(); return; };
    pallocal = palavracompleta(esc2y.value, 2);
    esc2y.value = pallocal;
}

function mudaesc2z(){
if (esc2z.changed == false){return;};
if (esc2z.value == "")
    {alert("O campo Talude Operacional está vazio. \n\nPor favor informar o
mergulho do talude. ");
    reinic_esc2z(); return; };
if (isNaN(esc2z.value) != false)

```

```

    {alert("O valor digitado \''+esc2z.value+'\'' não é numérico.  \n\nDigite um novo
valor.  ");
    reinic_esc2z(); return;  };
if (esc2z.value < 0)
    {alert("O mergulho de taludo digitado é inválido.  \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_esc2z(); return;  };
pallocal = palavracompleta(esc2z.value, 2);
esc2z.value = pallocal;
}

```

```

function mudadismax(){
if (dismax.changed == false){return;};
if (dismax.value == "")
    {alert("O campo Distância Máxima está vazio.  \n\nPor favor informar a
distância.  ");
    reinic_dismax(); return;  };
if (isNaN(dismax.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+dismax.value+'\'' não é numérico.  \n\nDigite um
novo valor.  ");
    reinic_dismax(); return;  };
if (dismax.value < 0)
    {alert("O mergulho de taludo digitado é inválido.  \nIngresse um novo mergulho.
");
    reinic_dismax(); return;  };
if (dismax.value <= dismin.value)
    {alert("A distância máxima entre escavadeiras precisa ser \nmaior que a distância
mínima.  \n\nPor favor informar novamente a distância máxima.  ");
    reinic_dismax(); return;  };
pallocal = palavracompleta(dismax.value, 2);
dismax.value = pallocal;
}

```

```

function mudadismin(){
if (dismin.changed == false){return;};
if (dismin.value == "")
    {alert("O campo Produto Final está vazio.  \n\nPor favor informar a quantidade de
produto.");
    reinic_dismin(); return;  };
if (isNaN(dismin.value) != false)
    {alert("O valor digitado \''+dismin.value+'\'' não é numérico.  \n\nDigite um
novo valor.  ");
    reinic_dismin(); return;  };
if (dismin.value < 0)
    {alert("O número digitado é negativo.  \nIngresse nova quantidade de produto.
");
    reinic_dismin(); return;  };
if (dismax.value <= dismin.value)
    {alert("A distância mínima entre escavadeiras precisa ser \nmaior que a distância
máxima.  \n\nPor favor informar novamente a distância mínima.  ");
}

```

```
    reinic_dismin(); return; };  
    pallocal = palavracompleta(dismin.value, 2);  
    dismin.value = pallocal;  
}
```

```
function reinic_merg(){  
    merg.value = "60.00";  
    merg.select();  
    merg.focus();}
```

```
function reinic_esc1x(){  
    esc1x.value = "29776.00";  
    esc1x.select();  
    esc1x.focus();}
```

```
function reinic_esc1y(){  
    esc1y.value = "20490.00";  
    esc1y.select();  
    esc1y.focus();}
```

```
function reinic_esc1z(){  
    esc1z.value = "816.00";  
    esc1z.select();  
    esc1z.focus();}
```

```
function reinic_esc2x(){  
    esc2x.value = "29607.00";  
    esc2x.select();  
    esc2x.focus();}
```

```
function reinic_esc2y(){  
    esc2y.value = "20657.00";  
    esc2y.select();  
    esc2y.focus();}
```

```
function reinic_esc2z(){  
    esc2z.value = "756.00";  
    esc2z.select();  
    esc2z.focus();}
```

```
function reinic_dismin(){  
    dismin.value = "30.00";  
    dismin.select();  
    dismin.focus();}
```

```
function reinic_dismax(){  
    dismax.value = "500.00";  
    dismax.select();  
    dismax.focus();}
```

```

function relatorio(){
var a;
a = window.showModalDialog("S167w.rod");
}

function estacio(){
var a, b;
ff = confirm("Executar o GTOPS?      ");
if (ff == true)
{
    b = new ActiveXObject("Wscript.shell");
    bb = b.Run("GTOPS.exe");
}
var i;

while(i<10000){i++}
fg = confirm("Executar o Estácio?    ");
if (fg == true)
{
    a = new ActiveXObject("Wscript.shell");
    aa = a.Run("E155w_dm.exe");
}
if (fg != true || ff != true){estac.focus();}else{seq.focus();}
}

function executaseq(){
var fs1, fs2, f1, f2;
var l1, l2, lg1, pal;

fs1 = new ActiveXObject("Scripting.FileSystemObject");
f1 = fs1.OpenTextFile("xyzseq.tot", 1);
fs2 = new ActiveXObject("Scripting.FileSystemObject");
f2 = fs1.CreateTextFile("xyz.tot", true);
while(!f1.AtEndOfStream)
{
    l1 = f1.ReadLine();
    lg1 = l1.length;
    pal = tiravazio(l1, lg1);
    f2.WriteLine(pal);
};
f1.close();
f2.close();
alert("fim da conversão");
importa();
alert("Fim da execução");
}

function tiravazio(linha, comp){
var linha, comp, ltr, cf, pal;
pal = "";

```

```

for (i=2;i<=comp;i++){
ltr=linha.substring(i,i+1);
if (ltr != " "){pal += ltr;}
if (ltr == " " && linha.substring(i-1,i) != " "){pal += ",";};}
return pal;
}

function importa(){
var dm = null;
if (typeof(top.DCM) != 'object' || top.DCM == null)      top.DCM = new
ActiveXObject('DMComServer.DMCommandManager');
dm=top.DCM;
if (typeof(top.dmBrowser) != 'object' || top.dmBrowser == null)  top.dmBrowser =
new ActiveXObject('DMBrowserCtl.DMBrowserCtl');

var projectName = location.hash.substring(1);
if (projectName.length >0) top.DCM.projectName = projectName;
var cfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos de entrada do Estacio:","mest");
if (cfile==""||cfile==null) return;
var sfile=prompt ("Entre com o nome do modelo de blocos de saída:","mmes");
if (sfile==""||sfile==null) return;
dm.command("inputd &OUT=XPONTOS" + " " 'XPT' 'N' 'Y' " 'YPT' 'N' 'Y' " 'ZPT'
'N' 'Y' " 'TON' 'N' 'Y' " 'EST' 'N' 'Y' " 'ATO' 'N' 'Y' " 'SEQ' 'N' 'Y' " 'ESC' 'N' 'Y' " ['
'Y'");
dm.command("indata &IN=xpontos &OUT=PONEST"+" 'XYZ.TOT'");
alert("Fim da importação");
alert ("Adicionando as informações geradas pelo Estacio ao modelo de blocos");
dm.command("mgsort &IN="+cfile+" &OUT=XMODEST *KEY1=XC
@ORDER=1");
dm.command("mgsort &IN=ponest &OUT=XPONTEST *KEY1=XPT
@ORDER=1");
dm.command("pold3d &PROTO=xmodest &MODEL=XX1 &IN=xpontest
*X=XPT *Y=YPT *Z=ZPT" + " *VALUE=ATO @RADIUS=4 @XSUBCELL=1
@YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @ECHO=0" +
" '0' '0' '0' '0' '0'");
dm.command("pold3d &PROTO=xx1 &MODEL=XX2 &IN=xpontest *X=XPT
*Y=YPT *Z=ZPT *VALUE=SEQ" + " @RADIUS=4 @XSUBCELL=1
@YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @ECHO=0" +
" '0' '0' '0' '0' '0'");
dm.command("pold3d &PROTO=xx2 &MODEL="+sfile+" &IN=xpontest
*X=XPT *Y=YPT *Z=ZPT" + " *VALUE=ESC @RADIUS=4 @XSUBCELL=1
@YSUBCELL=1 @ZSUBCELL=1 @ECHO=0" +
" '0' '0' '0' '0' '0'");
dm.command("open-model-file &"+sfile+" " 'yes'");
dm.command("assign-fill-codes 'yes' 'B_RED' 'ATO 1' 'ATO=1' 'B_BLUE' 'ATO
2' 'ATO=2' 'COLOUR23' 'ATO 3' 'ATO=3' 'COLOUR25' 'ATO 4' 'ATO=4'
'continue'");
dm.command("filter-model-file 'ATO=1' '");
dm.command("zoom-all-graphics");

```

```

dm.command("assign-fill-codes 'yes' 'DEFAULT' 'INDEF' 'LITO=0' 'B_BLUE'
'CALC' 'LITO=1' 'D_GREY' 'CAMG' 'LITO=2' 'COLOUR19' 'AVE' 'LITO=3'
'COLOUR25' 'AMA2' 'LITO=4' 'COLOUR31' 'AMA1' 'LITO=5' 'COLOUR37'
'SOLO' 'LITO=6' 'continue");
dm.command("move-plane '15.0' '15.0");
dm.command("zoom-graphics " +
" @point=30059.8536,20366.1845,772.5,1
@point=29391.1733,20775.2595,777.422668,1");
dm.command("update-visualiser-objects");
}

```

```

function teste(){
var dm = null;
if (typeof(top.DCM) != 'object' || top.DCM == null) top.DCM = new
ActiveXObject('DMComServer.DMCommandManager');
dm=top.DCM;
if (typeof(top.dmBrowser) != 'object' || top.dmBrowser == null) top.dmBrowser =
new ActiveXObject('DMBrowserCtl.DMBrowserCtl');

```

```

var projectName = location.hash.substring(1);
if (projectName.length >0) top.DCM.projectName = projectName;

```

```

alert ("Separa e regulariza os blocos a serem lavrados");
var cfile=prompt ("Entre com o modelo de blocos original:", "_modelb");
if (cfile=="")||cfile==null) return;
var sfile=prompt ("Entre com o nome do modelo de blocos de saída:", "_model");
if (sfile=="")||sfile==null) return;
var tfile=prompt ("Entre com o arquivo de triangulos da topografia atual:", "_trtopo");
if (tfile=="")||tfile==null) return;
var pfile=prompt ("Entre com o arquivo de pontos da topografia atual:", "_pttopo");
if (pfile=="")||pfile==null) return;
dm.command("protom &OUT=PROTO1 @ROTMOD=0" +
" 'N' 'Y' '28700' '18000' '600' '10' '3' '15' '252' '1172' '21'");
dm.command("copy &IN=" + cfile + " &OUT=XX {FSC_TA>0} ");
dm.command("copy &IN=XX &OUT=XMODEL1 {FSC_TA<12} {LITO>1}");
dm.command("slimod &PROTO=proto1 &IN=XMODEL1 &OUT=XMOD1");
dm.command("mgssort &IN=xmod1 &OUT=XMOD2 *KEY1=IJK @ORDER=1");
dm.command("selcop &IN=XMOD2 &OUT=XMODEL2 *F1=XC *F2=YC
*F3=ZC *F4=XINC *F5=YINC" +
" *F6=ZINC *F7=NX *F8=NY *F9=NZ *F10=XMORIG *F11=YMORIG" +
" *F12=ZMORIG *F13=IJK *F14=DENSITY *F15=LITO *F16=FSC_TA" +
" @KEEPALL=0");
dm.command("regmod &IN1=XMODEL2 &IN2=xmod1 &OUT=XMODREG
*F1=SIO2 *F2=AL2O3" +
" *F3=FE2O3 *F4=CAO @PRINT=0");
dm.command("seltri &IN=XMODREG &OUT=XMODEST1 &WIRETR=" + tfile
+ " &WIREPT=" + pfile +
" *X=XC *Y=YC *Z=ZC @SELECT=2 @TOLERANC=0.001");
dm.command("mgssort &IN=XMODEST1 &OUT=" + sfile + " *KEY1=IJK
@ORDER=1");

```

```

dm.command("extra &IN=" + sfile + " &OUT=XX1 @ECHO=0" +
" 'REC=100' 'V=DENSITY*FILLVOL' 'T=DENSITY*FILLVOL' 'X=XC' 'Y=YC'
'Z=ZC' 'D=DENSITY' 'G1=SiO2' 'G2=CAO' 'G3=AL2O3' 'G4=FE2O3' 'GO");
dm.command("gentra &IN=xx1 &OUT=XX2 @ECHO=0" +
" 'EQC G1 -' 'SETC T -' 'EQC G1 -' 'SETC D -' 'EQC G1 -' 'SETC REC -' 'EQC G2 -'
'SETC T -' 'EQC G2 -' 'SETC D -' 'EQC G2 -' 'SETC REC -' 'EQC G3 -' 'SETC T -'
'EQC G3 -' 'SETC D -' 'EQC G3 -' 'SETC REC -' 'EQC G4 -' 'SETC T -' 'EQC G4 -'
'SETC D -' 'EQC G4 -' 'SETC REC -' 'END' 'Y");
dm.command("selcop &IN=xx2 &OUT=AVANBLO *F1=X *F2=Y *F3=Z *F4=V
*F5=T *F6=D *F7=REC" +
" *F8=G1 *F9=G2 *F10=G3 *F11=G4 @KEEPALL=0");
}

```

```
</script>
```

```
<body onload="metod.focus();" background="background.gif" style="font-size: 8
pt; margin-top: 2; margin-bottom: 2">
```

```
<table border="0" width="676" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
```

```
<tr>
```

```
<th width="783" height="20">
```

```
<p align="left">
```

```
<b><font size="4" color="#0000FF">Sequenciador de Curto Prazo</font><font
size="2"><font size="4" color="#0000FF">
```

```
- </font>
```

```
<i><u>Proj. Soeicom</u>/ </i></font>
```

```
</b><font face="Batang">v.1</font>
```

```
</p>
```

```
</th>
```

```
</tr>
```

```
</table>
```

```
<table border="0" width="676" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
```

```
<tr>
```

```
<font size="2">
```

```
<th width="100%" height="16">
```

```
<font size="2">
```

```
<HR>
```

```
</font>
```

```
</th>
```



```

</font>

</tr>
</table>
<table border="0" width="676" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>

<font size="2">

<th width="783" height="20">

<p style="margin-top: 0; margin-bottom: 6" align="left"><b><i><font
color="#0000FF" size="3">
Método de otimização</font></i></b>

</th>

</font>

</tr>
</table>
<table border="0" width="322" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>

<font size="2">

<th width="429" height="20">
<p style="margin-top: 0; margin-bottom: 6">
<font size="2">

<SELECT id=select1 name=metod size="1" tabindex="1" style="font-size: 10 px;
position: relative; height: 23; width: 365">
<option value="1" selected>Mínimo movimento de escavadeiras</option>
<option value="2">Mínimo movimento de escavadeiras e lavra de estéril
postergada</option>
<option value="3">Mínimo movimento de escavadeiras e estacionarização da
REM</option>
<option value="4">Lavra de estéril postergada</option>
</SELECT>

</font>
</th>

</font>

</tr>
</table>

```



```
<font size="2">
```

```
<table border="0" width="300" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
```

```
<tr>
```

```
<th width="407" height="20">
```

```
<p style="margin-top: 0; margin-bottom: 2" align="left">
```

```
<font size="2">
```

```
<b><font size="3" color="#0000FF">
```

```
<i>Teores das variáveis (%)</i></font></b>
```

```
</font>
```

```
</th>
```

```
</tr>
```

```
</table>
```

```
<table border="0" width="373" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
```

```
<tr>
```

```
<td width="50" style="position: relative">&nbsp;&nbsp;&nbsp;</td>
```

```
<td width="62" align="center"><font size="2">Meta&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font></td>
```

```
<td width="62" align="center"><font size="2">
```

```
Max</font></td>
```

```
<td width="62" align="center"><font size="2">
```

```
Min&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font></td>
```

```
<td width="38" align="center"><font size="2"> Val.</font></td>
```

```
<td width="87" align="left">&nbsp;&nbsp;&nbsp;</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
<td width="50" style="position: relative"><font
size="2"><b>SiO<sub>2</sub></b></font></td>
```

```
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;&nbsp;&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text37 name=simeta onchange="reativasi();" tabindex="6" style="height: 18px;
width: 60px; position: relative; font-size: 10; text-align: center" size="40"
maxlength="12" value="13.0000" onblur="ver_simeta();">
</font></td>
```

```
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;&nbsp;&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text38 name=simax tabindex="7" onchange="reativasi();" style="height: 18px;
width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative" size="20"
maxlength="12" value="50.0000" onblur="ver_simax();">
```

```

</font></td>
  <td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
name=simin tabindex="8" onchange="reativasi();" style="height: 18px; width: 60px;
font-size: 10px; position: relative; text-align: center" maxlength="12"
value="10.0000" onblur="ver_simin();" size="20">
</font></td>
  <td width="38" align="center">
    <input type="checkbox" name="valid1" value="OFF" </td>
  <td width="87" align="left">

<font size="2">

<input type=button name="btverif1" value="Verificar" style="font-size: 9px; text-
align: center; width: 80px; height: 18px" onclick="validasi();" tabindex="9">

</font>

  </td>
</tr>
<tr>
  <td width="50" style="position: relative"><font
size="2"><b>CaO</b>&nbsp;</font></td>
  <td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text39 name=cameta onchange="reativaca();" tabindex="10" style="height:
18px; width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative" size="20"
maxlength="12" value="42.0000" onblur="ver_cameta();" >
</font></td>
  <td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text40 name=camax onchange="reativaca();" tabindex="11" style="height: 18px;
width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative" size="20"
maxlength="12" value="60.0000" onblur="ver_camax();" >
</font></td>
  <td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text41 name=camin onchange="reativaca(); btverif2.focus();" tabindex="12"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative"
size="20" maxlength="12" value="20.0000" onblur="ver_camin();" >
</font></td>
  <td width="38" align="center">

```

```

<input type="checkbox" name="valid2" value="OFF" ></td>
<td width="87" align="left">
<input type="button" name="btverif2" onclick="validaca();" value="Verificar"
style="font-size: 9px; text-align: center; width: 80px; height: 18px"
tabindex="13"></td>
</tr>
<tr>
<td width="50" style="position: relative"><font
size="2"><b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b></font></td>
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text42 name=almeta onchange="reativaal();" tabindex="18" style="height: 18px;
width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative" size="20"
maxlength="12" value="1.9314" onblur="ver_almeta();"></font></td>
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text43 name=almax onchange="reativaal();" tabindex="19" style="height: 18px;
width: 60px; position: relative; font-size: 10; text-align: center" size="20"
maxlength="12" value="9.3918" onblur="ver_almax();"></font></td>
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text44 name=almin tabindex="20" onchange="reativaal(); btverif3.focus();"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative"
size="20" maxlength="12" value="0.0000" onblur="ver_almin();"></font></td>
<td width="38" align="center">
<input type="checkbox" name="valid3" value="OFF" ></td>
<td width="87" align="left">
<input type="button" name="btverif3" onclick="validaal();" value="Verificar"
style="width: 80px; height: 18px; font-size: 9px; text-align: center"
tabindex="21"></td>
</tr>
<tr>
<td width="50" style="position: relative"><font
size="2">&nbsp;<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b></font></td>
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text45 name=femeta onchange="reativafe();" tabindex="22" style="height: 18px;
width: 60px; position: relative; font-size: 10; text-align: center" size="20"
maxlength="12" value="0.8492" onblur="ver_femeta();"></font></td>
<td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-

```

```

required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text46 name=femax onchange="reativafe();" tabindex="23" style="height: 18px;
width: 60px; font-size: 10; text-align: center; position: relative" size="20"
maxlength="12" value="7.4100" onblur="ver_femax()"></font></td>
    <td width="62" align="center"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-display-name="0" s-data-type="Number" s-number-
separators="x." b-value-required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-
length="12" s-validation-constraint="Greater than or equal to" s-validation-
value="0" --><INPUT type="text" id=text47 name=femin onchange="reativafe();
btverif4.focus();" tabindex="24" style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10;
text-align: center; position: relative" size="20" maxlength="12" value="0.0000"
onblur="ver_femin();"></font></td>
    <td width="38" align="center">
    <input type="checkbox" name="valid4" value="OFF"></td>
    <td width="87" align="left"><font size="2">
    <input type=button onclick="validafe();" name="btverif4" value="Verificar"
style="position: relative; width: 80px; height: 18px; font-size: 9; text-align: center"
tabindex="25"></font></td>
</tr>
</table>
<table border="0" width="673" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>
<th width="100%" height="16">
<HR>
</th>
</tr>
</table>
<table border="0" width="300" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>
<th width="407" height="20">
    <p align="left"><b><i><font size="3" color="#0000FF">Disposição&nbsp;  
das escavadeiras</font></i></b></th>
</tr>
</table>

</font>

<table border="0" width="300" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>
<th width="407" height="25" valign="bottom">
    <p align="left"><b><font size="2">Localização:</font></b></th>
</tr>
</table>

<font size="2">

```

```

<div align="left">
<table border="0" width="375" cellpadding="0" cellspacing="0">
<tr>
<td width="96"></td>
<td width="66" align="center"><font size="2"><b>X</b>&nbsp;</font></td>
<td width="61" align="center"><font size="2"><b>Y</b>&nbsp;</font></td>
<td width="61" align="center"><font size="2"><b>Z</b></font></td>
<td width="81" align="center"></td>
</tr>
<tr>
<td width="96" align="left" height="22"><font size="2">Escavadeira
01:&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font></td>
<td width="66" align="center" height="22"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text12 name=esc1x size="20" onblur="mudaesc1x();" tabindex="26"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10px; text-align: center; position:
relative" value="29776.00" maxlength="12" >
</font></td>
<td width="61" align="center" height="22"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text13 name=esc1y size="20" onblur="mudaesc1y();" tabindex="27"
style="height: 18px; width: 60px; position: relative; text-align: center; font-size: 10
px" value="20490.00" maxlength="12" >
</font></td>
<td width="61" align="center" height="22"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text14 name=esc1z onblur="mudaesc1z();" tabindex="28" style="height: 18px;
width: 60px; position: relative; text-align: center; font-size: 10 px" size="20"
value="816.00" maxlength="12"></font></td>
<td width="81" align="center" height="22"><font size="2">
<input type=button name=bt1 onclick="alert('Recurso \'COM\' desabilitado ');"
value="Localizar" style="position: relative; width: 80px; height: 20px; font-size:
9px"></font></td>
</tr>
<tr>
<td width="96" align="left" height="22"><font size="2">Escavadeira
02:&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font></td>
<td width="66" align="center" height="22"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="2" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text15 name=esc2x size="20" onblur="mudaesc2x();" tabindex="29"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10 px; position: relative; text-align:
center" value="29607.00" maxlength="12" >

```



```

        </font></td>
        <td width="61" align="center" height="22"><font size="2">&nbsp;<!--webbot
bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-value-
required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-validation-
constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT type="text"
id=text16 name=esc2y size="20" onblur="mudaesc2y();" tabindex="30"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10 px; position: relative; text-align:
center" value="20657.00" maxlength="12" >
        </font></td>
        <td width="61" align="center" height="22"><font size="2">
        <!--webbot bot="Validation" s-data-type="Number" s-number-separators="x." b-
value-required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="12" s-
validation-constraint="Greater than or equal to" s-validation-value="0" --><INPUT
type="text" id=text17 onblur="mudaesc2z();" name=esc2z tabindex="31"
style="height: 18px; width: 60px; font-size: 10 px; position: relative; text-align:
center" size="20" value="756.00" maxlength="12" ></font></td>
        <td width="81" align="center" height="22"><font size="2">
        <input type=button name=bt2 value="Localizar" onclick="alert('Recurso
\COM\ desabilitado ');" style="font-size: 9px; position: relative; width: 80px;
height: 20px"></font></td>
    </tr>
</table>
</div>
<table border="0" width="300" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
    <tr>
        <th width="407" height="25" valign="bottom">
            <p align="left"><font size="2"><b>Espaçamento:</b>
        </font>

        </th>
    </tr>
</table>
<div align="left">
    <table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="321" style="text-align:
left">
        <tr>
            <td width="240" valign="bottom" height="25">

                <font size="2">

                <p style="margin-top: 0; margin-bottom: 2">Distância
                Mínima entre escavadeiras:</p>

            </td>
            <td width="80" valign="middle" height="25" style="text-align: left; position:
relative" align="center">

```

```

    <p align="right"><font size="2">&nbsp;<!--webbot bot="Validation" s-data-
type="Integer" s-number-separators="x" b-value-required="TRUE" i-minimum-
length="1" i-maximum-length="8" s-validation-constraint="Greater than or equal to"
s-validation-value="0" --><INPUT type="text" id=text23 name=dismin
tabindex="32" onblur="mudadismin();" style="height: 18px; width: 60px; position:
relative; text-align: center; font-size: 10 px; margin-left: 0" size="20" value="30"
maxlength="8" >

```

```

</font></td>
</tr>
<tr>
<td width="240">

```

```

<font size="2">

```

```

<p style="margin-top: 0; margin-bottom: 2">Distância
Máxima entre escavadeiras:&nbsp;</p>

```

```

</font>

```

```

    </td>
    <td width="80" style="text-align: left; position: relative" valign="middle"
align="center">
    <p align="right"><font size="2">
&nbsp;<!--webbot bot="Validation" s-data-type="Integer" s-number-separators="x"
b-value-required="TRUE" i-minimum-length="1" i-maximum-length="8" s-
validation-constraint="Less than or equal to" s-validation-value="5000" --><INPUT
type="text" id=text24 name=dismax tabindex="33" onblur="mudadismax();"
style="height: 18px; width: 60px; position: relative; text-align: center; font-size: 10
px; margin-left: 0" size="20" value="500" maxlength="8" >

```

```

</font></p>
</td>
</tr>
<tr>
<td width="240" valign="bottom" height="25">

```

```

<font size="2">

```

```

<p style="margin-top: 0; margin-bottom: 2">Número de
escavadeiras por nível:&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</p>

```

```

</font>

```

```

    </td>
    <td width="80" valign="bottom" height="25" align="center"><font size="2">
    <!--webbot bot="Validation" b-value-required="TRUE" --><SELECT id=select3
name=escnivel size="1" onblur="final.disabled = false; final.focus();" tabindex="34"
style="font-size: 10 px; text-align: left; position: relative; width: 80px; height: 18px;
margin-left: 0" >

```

```

        <option selected value="1">1 escavadeira</option>
        <option value="2">2 escavadeiras</option>
    </SELECT>

</font></td>
</tr>
</table>
</div>
<table border="0" width="671" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
    <tr>

<font size="2">

<th width="778" height="9" valign="bottom">

<font size="2">

<HR>

</font>

</th>

</font>

    </tr>
</table>

</font>

<table border="0" width="376" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
    <tr>

<font size="2">

<th width="483" height="20">

<font size="2">

<p align="center">
<INPUT type=button name=final onclick="teste();" value="Prep. Dados"
style="width: 70; font-size: 10 px; position: relative; height: 20"
tabindex=35>&nbsp;
<INPUT type=button name=final onclick="finaliza();" value="Executar"
style="width: 70; font-size: 10 px; position: relative; height: 20"
tabindex=35>&nbsp;

```

```

<INPUT type=button name=estac onclick="estacio();" value="Estácio"
style="width: 70 px; position: relative; height: 20px; font-size: 10 px"
tabindex=36>&nbsp;
<INPUT type=button name=seq onclick="executaseq();" value="Sequência"
style="width: 70 px; position: relative; height: 20px; font-size: 10 px"
tabindex=37>&nbsp;
<INPUT type=button name=relat onclick="relatorio();" value="Relatório"
style="width: 70 px; position: relative; height: 20px; font-size: 10 px"
tabindex=38>&nbsp;

</font>

</th>

</font>

</tr>
</table>

<font size="2">

<table border="0" width="671" height="20" cellspacing="0" cellpadding="0"
style="text-align: left">
<tr>

<th width="778" height="16">

<font size="2">

<HR>

</font>

</th>
</tr>
</table>
</font>
<p align="center" style="margin-top: 1; margin-bottom: 2">
<applet code="fphover.class" codebase="." width="210" height="24">
<param name="color" value="#000080">
<param name="hovercolor" value="#0000FF">
<param name="textcolor" value="#FFFFFF">
<param name="text" value="Menu Principal">
<param name="effect" value="glow">
<param name="url" valuetype="href" value="principal.htm" >

</body>
</html>

```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOISE, D. J.; CRUZ, J. S. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. **Teoria dos Grafos e Aplicações**, 2001. Disponível em: <http://www.dimap.ufrn.br/~dario/arquivos/Cap2_Grafos-2001.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2003

CATERPILLAR. Sistema de Movimento de Tierra Caterpillar Asistido por Computados: CAES. Manual ASDK0322, Impresso em EE.UU, 1998.

CHAUSSON, D.; AZEVEDO, R. C.; DE TOMI, G.; **Otimização do Sequenciamento de Lavra**. In: Anais do Io Congresso Brasileiro de Lavra a Céu Aberto do IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração, Setembro 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. **Sumário Mineral 2001**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/sm2002.html>>. Acesso em: 10 fev. 2002.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. **Sumário Mineral 2002**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/sm2001.html>>. Acesso em: 02 dez. 2002.

DE TOMI, G. F. C. **Projeto Opti-cq: Otimização do Controle de Qualidade na Lavra em Minas de Calcário para Cimento**. Relatório Científico. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DE TOMI, G. F. C.; AZEVEDO, R. C.; CHAUSSON, D. **Planejamento e sequenciamento de lavra**. In: Congresso de Mina a Céu Aberto do IBRAM, Belo Horizonte, set. 2000.

DE TOMI, G. F. C.; FARIAS, S. L. T. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Minas**. In: Anais do Workshop DATAMINE 2001. Disponível em: <<http://www.Datamine.com.br/ws2001>>, DATAMINE Latin America, São Paulo, 2001.

- DE TOMI, G.; GARCÍA, C. **Control de Calidad en la Explotacion de Yacimientos de Arcilla**. In: Anales del V Congreso del Mercosur de Cerámica, Asociación Técnica Argentina de Cerámica, Buenos Aires, Setembro 2000.
- DE TOMI, G.; SENHORINHO, N., OISHI, T., DAMASCENO, P.F.T; **Controle de Parâmetros de Qualidade Otimiza Planejamento de Lavra**. Revista Minérios e Minerale, Edição de Março de 2000, Ano 19, No. 246, Editora Univers Ltda, São Paulo, 2000.
- DE TOMI, G.; SENHORINHO, N., OISHI, T., DAMASCENO, P.F.T; **Controle de Qualidade no Planejamento de Longo Prazo em Minas de Calcário para Cimento**. In: Anais do 5o Congresso Brasileiro de Cimento, ABCP, São Paulo, Novembro 1999.
- EARTHWORKS. **User Guide of Earthworks' NPV Scheduler 2, Build 944** (em CD-Rom), Earthworks Corporation Pty, Perth, Austrália, 1999.
- FARIAS, S.L.T. **Relatório Técnico Parcial Fapesp No. 01/01102-4**. Relatório de Bolsista de Mestrado submetido à FAPESP, Fevereiro 2002.
- FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO GERENCIAL. Pesquisa Operacional. **Programação Linear**. Disponível em: < <http://www.fdg.org.br/po/proglinear.asp>> . Acesso em: 09 fev. 2003
- FERREIRA, F.M. E DE TOMI, G. **Optimizing Ultimate Pit Limits with Quality Constraints**. In: 29th APCOM, Pequim, China, Abril de 2001.
- GEOROM. **Estacionarização de Parâmetros**, Manual de Utilização, Versão E219W, Novembro de 2002.
- LAPOL. **Relatório Final do Projeto OPTISEQ – Fapesp No. 1998/11947-7**. Relatório Técnico submetido e aprovado pela Fapesp em Agosto de 2000.
- LANE, K. **Key Note on Pit Optimization**. In: Proceedings of The Conference Strategic Mining Planning. Whittle Programming, Austrália, 1999.
- LERCHS, H.; GROSSMANN, L. **Optimum Design of Open-Pit Mines**. In: C.I.M.

Vol. LXVIII. 1965. p 17-24.

MATHERON, G. **Le Parametrage des Contours Optimaux**. C.G.M.M., Fontainebleau, France. 1975a.

MATHERON, G. **Le Parametrage Technique des Reserves**. C.G.M.M., Fontainebleau, France. 1975b.

NORONHA, R. A.; GRIPP, A. H. **Definição e seleção de projeto de cava final em minério de ferro**. Brasil Mining Site. Disponível em: <<http://www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=3&typ=1>>. Acesso em: 15 jan. 2003

OISHI, T.; SENHORINHO, N.; DE TOMI, G. **Técnicas de Modelagem e Pesquisa Operacional Aplicadas a Minas de Calcário para Cimento**. In: Anais do 5o Congresso Brasileiro de Cimento, ABCP, São Paulo, Novembro 1999.

SENHORINHO, N. C. S. **Otimização de cavas em mina de calcário para cimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Faculdade de Engenharia de Minas, EPUSP, São Paulo, 2001.

SILVA NETO, P. S. Projeto e Análise de Algoritmos. **Programação Dinâmica**. Disponível em: <<http://ipanema.ime.eb.br/~sneto/paa/Cap6.PDF>>. Acesso em: 09 fev. 2003

TOLWINSKY B. **Scheduling Production for Open Pit Mines**. Proceedings of APCOM1998, Londres, Inglaterra, 1998.

TOLWINSKY, B.; UNDERWOOD, R. **An Algorithm to Estimate the Optimal Evolution of an Open Pit Mine**. In: 23rd APCOM. 1992. p 399-409.

TOLWINSKY, B.; UNDERWOOD, R. **A Scheduling Algorithm for Open Pit Mine**. In: IMA Journal of Mathematics Applied in Business & Industry. 1996. p 247-270.

VALENTE, J. (1982). **Geomatemática – Lições de Geoestatística**, Vol. V. Fundação Gorceix 1989, Ouro Preto, Brasil.

WIESEL, H.; DE TOMI, G. F. C. **Optiseq2: Otimização e Sequenciamento de Lavra**. In: Anais do 9º. Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP - SICUSP, São Paulo, 2001.