

Automatização do planejamento de curto prazo e do controle de lavra através de tecnologia de informação na mina de fosfato da Bunge - Unidade Araxá



Formando: Rodrigo Fagundes Gatti
Orientador: Giorgio de Tomi

4 de dezembro de 2001

TF-2001
G229a
Suzno 1443193

M2001E

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005474

Índice

1. Objetivos.....	2
2. Introdução	3
• A empresa	3
• O tema abordado	3
• Sobre os capítulos que se seguirão	4
3. Descrição da mina Bunge – Araxá	5
• Resumo da atividade industrial.....	5
• Planejamento, Operação e Controle na mina.....	7
• Porquê fazer o controle de lavra	10
4. Gerenciamento integrado de mina – exemplo Soeicom	11
• O projeto	11
5. Plano de aplicação de gerenciamento integrado à mina da Bunge - Araxá.....	14
• Variáveis a se controlar	14
• Ferramentas computacionais necessárias para aplicação do SIQCL na Bunge.....	16
6. Orçamento e benefícios associados	17
• Orçamento.....	17
• Benefícios	18
7. Conclusões.....	20
8. Bibliografia	21

1. Objetivos

O trabalho sugerirá a implantação de um sistema computadorizado para automatizar o planejamento de curto prazo e o controle de lavra da mina em questão, bem como discutir a sua viabilidade técnico-econômica.

O sistema computadorizado mencionado refere-se ao uso de ferramentas computacionais, ou seja, programas e redes de computadores que podem ser capazes de gerar um panorama atualizado dos processos da lavra e sugerir uma atuação sobre eles, controlando a qualidade do minério produzido.

Por se tratar de um projeto de engenharia com um retorno econômico esperado, deve-se também analisar a sua viabilidade técnico-econômica.

2. Introdução

Este trabalho foi realizado visando atender as necessidades de planejamento de curto prazo e de controle de lavra da mina de fosfato da Bunge – Unidade Araxá. Faz-se necessária, então, uma breve descrição da empresa.

• *A empresa*

A Bunge é uma empresa multinacional criada há quase 200 anos atrás (1818), e iniciou suas operações no comércio de grãos. Ao longo do tempo a empresa cresceu muito e se espalhou pelos cinco continentes, tornando-se uma grande empresa no ramo alimentício. Hoje a Bunge é o maior exportador de soja no mundo e o maior produtor de soja nas Américas, com este tamanho a Bunge assumiu outros setores ligados à produção de alimentos, tal como transporte, distribuição e produção de fertilizantes.

É na produção de fertilizantes que a Unidade Araxá atua, produzindo ácido fosfórico para fertilizantes a partir de um minério de fosfato em que o mineral útil é a apatita.

• *O tema abordado*

A preocupação da gerência da mina de fosfato Bunge – unidade Araxá é de aumentar o retorno econômico do empreendimento, que é o principal objetivo de qualquer operação industrial, há várias formas de se atingir este objetivo, porém, na visão da gerência alguns dos focos a se atuar são:

- Melhor aproveitamento do recurso mineral, pois é nele que está baseada toda a produção do complexo industrial;
- Produção de um minério de melhor qualidade, que influenciará diretamente na recuperação da usina de beneficiamento;
- Automatizar rotinas que atualmente são executadas por pessoal especializado, liberando mão-de-obra para outras finalidades.

Uma ação possível a se tomar é a de gerar um ambiente para facilmente entender o que está se passando na mina, e que também facilite a tomada de decisões corretivas.

Este ambiente amigável pode ser uma ferramenta computacional, que executa as rotinas no lugar de pessoal especializado, é capaz de gerar um plano de curto prazo amarrado no planejamento de longo prazo, e ainda controla a qualidade da produção.

Uma mina de calcário para cimento adotou como solução este conjunto de ferramentas computacionais recentemente, tendo sido a primeira a aplicar tal tipo de solução. Esta ferramenta computacional foi apresentada à Gerência da mina, que mostrou interesse pela implantação do sistema, daí a execução deste trabalho.

• *Sobre os capítulos que se seguirão*

O trabalho foi organizado nos seguintes capítulos:

- Objetivos;
- Introdução;
- Descrição da mina da Bunge – Araxá: que descreverá o processo produtivo da fabricação de fosfato e em detalhe como é feita a lavra do minério e como são feitos os planejamentos e o controle de lavra;
- Gerenciamento integrado de mina – exemplo Soeicom: aqui será explicado como a ferramenta computacional foi aplicada à mina de calcário da Soeicom e quais foram os objetivos alcançados. Este exemplo servirá de base para a aplicação na mina da Bunge;
- Plano de aplicação de gerenciamento integrado à mina da Bunge – Araxá: Adaptações do sistema para a mina da Bunge - Araxá, definindo as variáveis a se controlar e execução de um ciclo de planejamento teórico;
- Orçamento e benefícios associados: Valor da implantação desse sistema e descrição dos benefícios esperados;
- Conclusão: finaliza o trabalho indicando a viabilidade do sistema e ressalta os problemas que podem surgir na operação, com uma solução possível a se adotar.

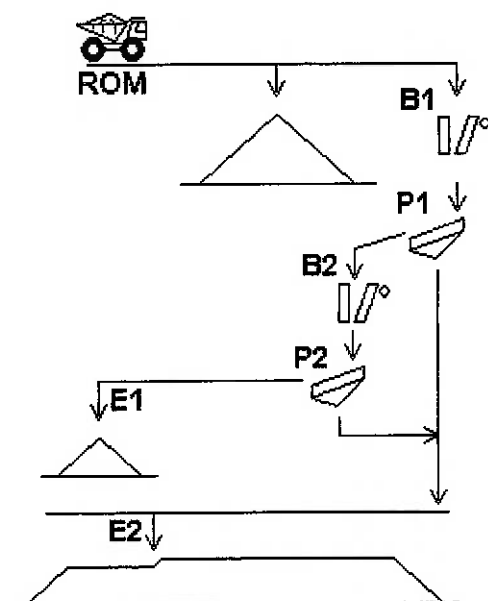
3. Descrição da mina Bunge – Araxá

- *Resumo da atividade industrial*

A unidade Araxá da Bunge é produtora de fertilizantes a partir de minério de fosfato.

O minério de fosfato é extraído de um depósito residual de apatita, o que significa que por ação do intemperismo vários minerais foram dissolvidos e carreados, permanecendo no local os minerais resistentes a esta ação. Entre os minerais resistentes encontramos a Apatita, que contém o fósforo, essencial para a biologia terrestre e, portanto, ingrediente fundamental para os fertilizantes.

O minério é escavável e nele trabalham três escavadeiras de 500 t/h de capacidade cada. Como a lavra do minério é seletiva, a produção das escavadeiras é na realidade menor. O minério escavado é carregado em caminhões de 25 toneladas gerando uma produção de minério ROM de 1100 t/h. Por não operar sob chuva, antes do britador existe um estoque que pode ser retomado por pás-carregadeiras que alimentam o britador primário. O produto do britador primário é alimentado numa peneira de malha de 2". O passante nessa peneira é destinado à pilha de homogeneização, enquanto o retido é rebritado e depois alimentado numa peneira com uma malha de 3/8". Novamente o passante é destinado à pilha de homogeneização, enquanto o retido (maior que 3/8") forma uma pilha que é um produto final de alto teor de P_2O_5 , vendido à outra empresa de fertilizantes. Abaixo é mostrado o fluxograma da britagem.



Fluxograma da britagem

As pilhas de homogeneização têm 28 mil toneladas de 36 mil toneladas e são retomadas para alimentar a usina de beneficiamento. Primeiramente o minério é moído em moinhos de bolas em circuito fechado, depois dividido em ciclones entre grossos e finos. Cada um dos fluxos sofre uma etapa de flotação em coluna, gerando dois concentrados, o CF (Concentrado fino) e CG (Concentrado grosso). O rejeito é disposto em barragens de rejeito.

É importante comentar que algumas barragens de rejeito antigas tornaram-se economicamente viáveis, e estão sendo re-processadas. E que, também, a usina vem enfrentando problemas com a recirculação de água, que está voltando ao processo muito carregada com íons e influenciando diretamente a flotação.

Os concentrados produzidos na usina de beneficiamento têm teor de 34% de P_2O_5 e são a matéria prima da planta de ácido fosfórico, onde a apatita sofre ação do ácido sulfúrico resultando em ácido fosfórico e fosfogesso, que é um material indesejavelmente gerado.

- *Planejamento, Operação e Controle na mina*

Na mina de fosfato Bunge- unidade Araxá os prazos de planejamento são:

Longo – 1 Ano *Medio*
Curto – 1 Mês

Primeiro é projetada uma cava final que considera o melhor retorno econômico do recurso mineral, baseado num modelo de blocos e obedecendo às restrições geotécnicas, ambientais, de segurança e outras mais. Com base no desenho final da cava, “push-backs” são projetados de forma, novamente, a maximizar o retorno econômico, ainda baseado no modelo de blocos e obedecendo às mesmas restrições. Cada “push-back” é na verdade o planejamento de longo prazo para cada um dos anos de operação.

Uma vez que se saiba o que deve ser lavrado em um ano, divide-se em doze meses o ano e gera-se o planejamento mensal, de curto prazo. Dessa forma sabe-se quais bancadas da mina devem ser lavradas, e a essas bancadas é determinado que se faça uma amostragem “in-situ” com trado.

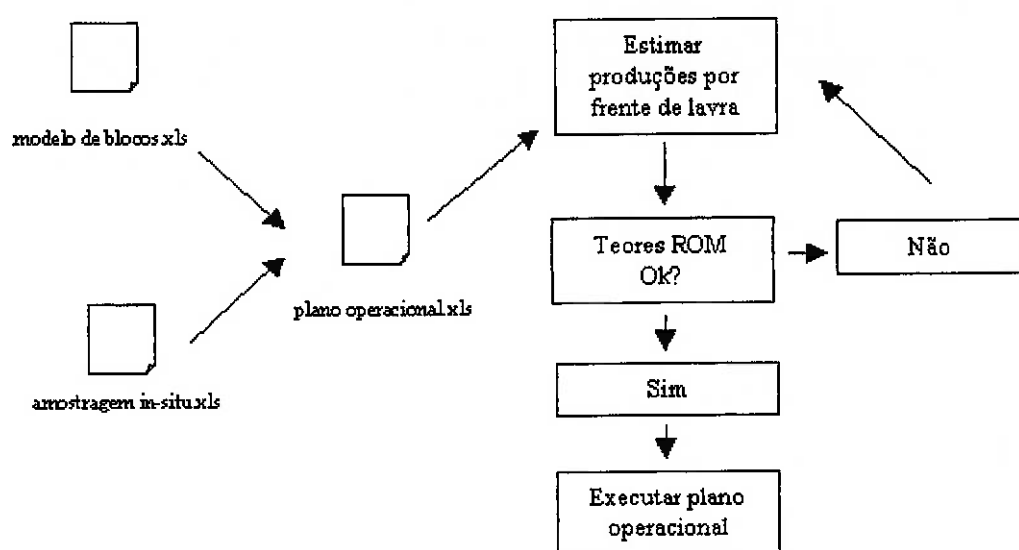
Ao fim da amostragem por trado são obtidas do minério duas informações:

- A primeira vem do banco de dados da geologia, que divide o minério em blocos de 25m de comprimento por 25m de largura por 10m de altura. A cada bloco são associados teores de contaminantes e de fosfato, e assim pode-se determinar as características do minério a se lavar numa certa frente de lavra.

- A segunda provém da amostragem “in-situ”, que também associa teores a uma determinada frente de lavra. Por dificuldade geológica, essas amostragens são colocadas num modelo de blocos regional, onde os blocos têm 3m de largura por 3m de comprimento e 10m de altura.

Como o modelo geológico de blocos tem por objetivo estimar a média de teores num bloco de 25mx25mx10m, certamente o resultado que ele fornecerá será impreciso gerando uma imprecisão dos teores do minério colocados na pilha de homogeneização e por isso, a informação geológica tem um significado de pequena importância na hora de operar a lavra planejada e controlá-la. Portanto das duas informações geradas, apenas a da amostragem “in-situ” é utilizada para fins de operação e controle, cabendo à informação do modelo de blocos apenas comparar resultados.

O planejamento operacional é feito pelo engenheiro de planejamento, que manipula um arquivo do Microsoft Excel, neste arquivo são lançadas as frentes de lavra que têm possibilidade de ser lavradas imediatamente. Manualmente copia-se os teores controlados do arquivo do modelo geológico de blocos e depois os teores do arquivo da amostragem “in-situ”. O engenheiro estima o percentual que será lavrado de cada frente, observa o resultado calculado dos teores ROM, e se o resultado estiver dentro dos padrões ele manda o plano ser executado, caso contrário novas estimativas são feitas, até que o resultado fique bom. Este processo pode ser resumido pelo organograma abaixo.



Processo de execução do plano operacional

Esse plano operacional é executado pilha a pilha e percebe-se que consome um tempo considerável ao executá-lo.

O controle de lavra é feito para se garantir que a produção de minério está dentro do padrão determinado no plano operacional, e comumente à medida que se produz observa-se uma diferença entre o planejado e executado, portanto é necessário atuar sobre a lavra do minério a fim de garantir a qualidade do minério na pilha de homogeneização.

O controle de lavra é feito também pelo mesmo engenheiro que faz o planejamento operacional, e deve ser feito diariamente, pois em dois dias que a produção

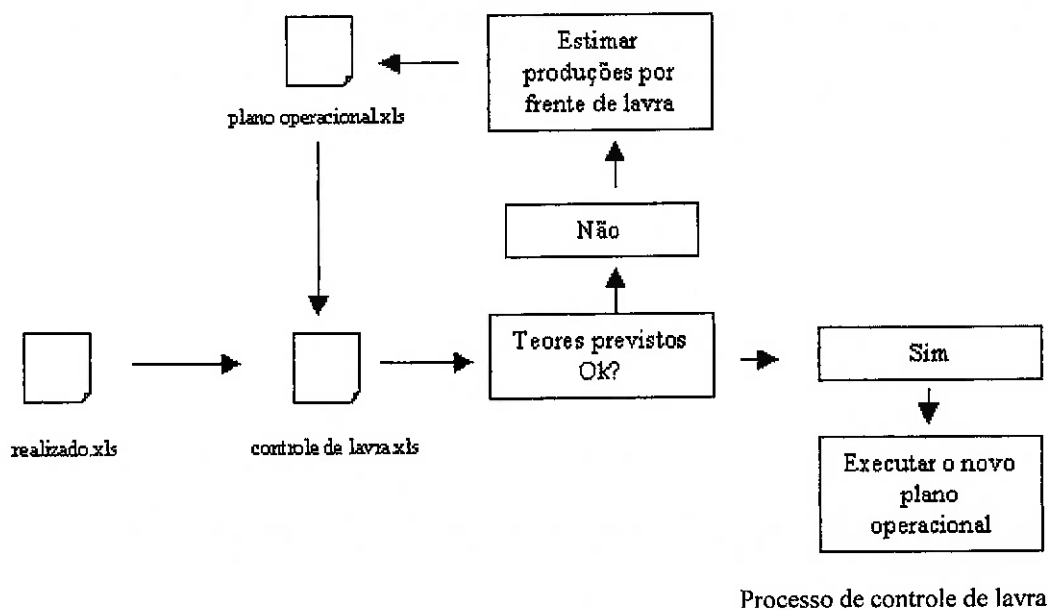
fique sem controle torna-se muito difícil corrigir a pilha que está sendo feita, caso haja algum desvio.

No caso da Bunge – Unidade Araxá o minério é monitorado na britagem, onde há uma torre de amostragem, por enquanto deseja-se fazer o controle da lavra quanto aos teores amostrados nessa torre, e num segundo estágio mais no futuro, controlar o teor de alimentação da usina de beneficiamento, onde teoricamente o erro fundamental é menor, fornecendo valores mais confiáveis.

Na torre de amostragem uma alíquota do fluxo é retirada a cada 5 minutos, e de duas em duas horas é formada uma amostra que é preparada e enviada ao laboratório, que retorna ao escritório da mina os valores dos parâmetros de qualidade. Amarrando-se esses valores à quantidade de material que passou naquelas duas horas é possível determinar a massa e teores da pilha que está sendo feita.

Subtraindo a massa que já foi colocada na pilha da massa de capacidade da pilha obtém-se a massa a se alimentar. Sabendo os teores que a pilha deverá ter e os teores que já estão na pilha pode-se calcular o teor do minério que deve ser alimentado daquele momento em diante, de forma a atingir os objetivos estabelecidos.

Na prática isto é feito da seguinte forma, um arquivo é atualizado diariamente informando a massa e o teor do minério produzido, a atualização é feita pela cópia dos teores fornecidos pelo laboratório e pela tonelagem medida em uma balança integradora. Num outro arquivo os valores do que foi realizado são copiados, por subtração calcula-se quanto de massa falta para completar, os teores dessa massa são copiados do arquivo do plano operacional e assim é feito o cálculo do que deve ser produzido ao terminar a pilha, se este resultado não for adequado, novos planos operacionais são feitos, até que o resultado esteja dentro dos objetivos. Esse processo de controle de lavra pode ser resumido neste organograma abaixo.



Novamente, assim como na confecção do plano operacional, o controle de lavra se mostra um processo demorado e de rotina.

• *Porquê fazer o controle de lavra*

Na mina de fosfato Bunge- unidade Araxá a gerência acredita que fornecer um produto de alta qualidade para a usina de beneficiamento seja essencial para causar um impacto direto no fluxo de caixa da empresa, isso porque a cada pilha que será beneficiada a usina já tem conhecimento de qual minério será processado e terá condições de se adequar com mais rapidez, gerando mais concentrado com maior recuperação logo no início do beneficiamento da pilha.

Outra característica de fornecer um minério de alta qualidade é a maior precisão das especificações que o produto terá, o resultado disso é que o cliente (usina de beneficiamento) terá mais confiança na informação recebida.

Outro ponto positivo é a integração que o controle de lavra cria nos funcionários, todos eles são responsáveis pela produção de algo com alta qualidade, o que também os estimula no trabalho.

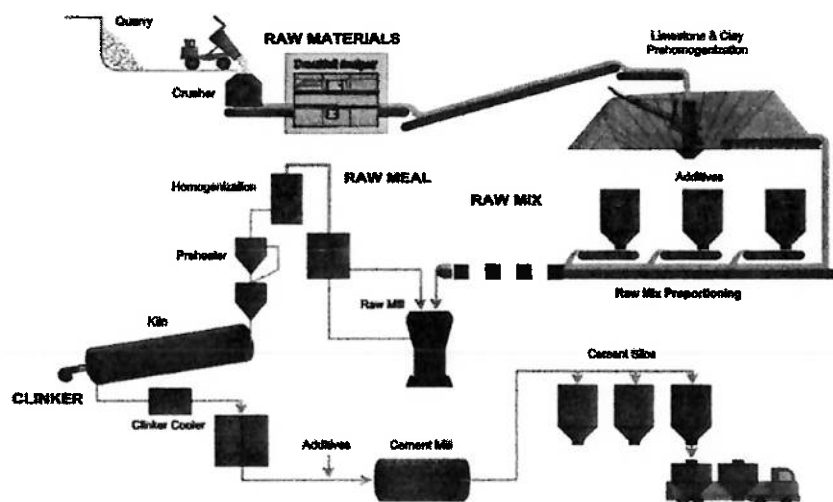
Ainda mais, ao oferecer um produto de maior qualidade estimula-se o cliente (usina de beneficiamento) a trabalhar com mais qualidade também.

A idéia de automatizar o processo de planejamento operacional e de controle de lavra nasceu da necessidade de se executá-los com maior rapidez, garantindo assim mais agilidade na resposta do controle, gerando assim um produto maior qualidade.

4. Gerenciamento integrado de mina – exemplo Soeicom

- *O projeto*

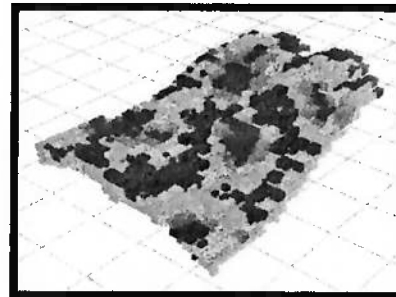
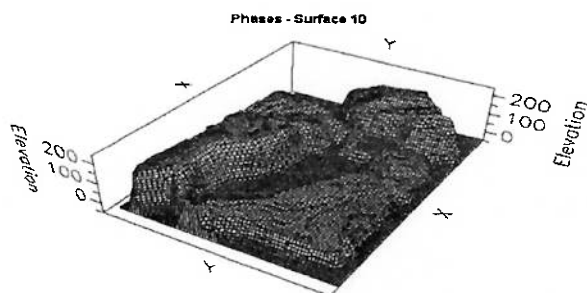
O projeto de gerenciamento integrado na mina da Soeicom nasceu quando a gerência entendeu que a melhor contribuição que a mina podia dar ao empreendimento não era reduzindo custos, isso porque o principal custo operacional desta empresa é o forno de clínquer, grande consumidor de energia. Como estimativa pode-se dizer que 10% do que se gasta no forno é aproximadamente o custo da mina inteira. A conclusão final foi que a mina poderia reduzir os custos da fabricação do clínquer caso fornecesse um material de melhor qualidade e, dessa forma, conseguir um aumento no lucro.



Fluxograma de produção da Soeicom

A falta de pessoal (apenas um engenheiro) trabalhando na operação e planejamento da mina impulsionou o emprego de ferramentas computacionais para automatizar os processos de planejamento e operação e controle de lavra, livrando as rotinas e auxiliando nas decisões do engenheiro de produção.

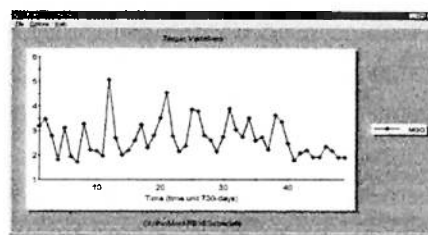
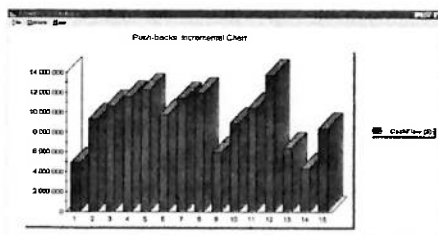
O desafio era integrar o planejamento de longo prazo ao de curto prazo e depois o de curto prazo ao operacional. Conforme esquema abaixo.



Planejamento de Longo prazo (Topografia e modelo de blocos)



Planejamento de curto prazo



Objetivos do controle de lavra

Este desafio de unir as várias etapas seguiu a seguinte ordem:

1. Modelo Geológico

- Banco de dados de sondagem
- Unidades litológicas
- Modelo topográfico e geológico

2. Planejamento de Longo Prazo

- Modelo Tecnológico e geotécnico
- Objetivos de produção
- Cava final por Lerchs-Grossman, fases

3. Seqüenciamento de mina

- Objetivos de qualidade da fábrica
- Produção anual, posicionamento da britagem e etc.
- Programação dinâmica

4. Planejamento de Curto Prazo

- Objetivos de qualidade da fábrica
- Quantativos, custos, tempos, número de eqp. e frentes
- Análise combinatória e seqüência de frentes

5. Operação e Despacho

- Definição das frentes de produção
- Alocação de equipamentos (carga e transporte)
- Acompanhamento e simulação da produção

6. Reconciliação

- Atualização dos modelos topográficos e geológicos.
- Retro-alimentação de informações
- Integração com o Gammametrics

Uma vez feita a reconciliação pode-se analisar o processo inteiro e levantar as possíveis causas para falhas que tenham havido. Esses seis passos formam, então um ciclo da seguinte forma:



A utilização de “softwares” e “hardwares” que façam todas essas etapas de forma conjunta, já que um é interligado ao outro, foi chamada de Sistema Integrado de Controle de Qualidade na Lavra (SICQL).

Esses recursos computacionais serão descritos no próximo capítulo, pois são os mesmos sugeridos para a implantação de um Sistema Integrado na Bunge – Araxá.

5. Plano de aplicação de gerenciamento integrado à mina da Bunge - Araxá

• *Variáveis a se controlar*

O primeiro passo a ser tomado para definir um plano de aplicação de gerenciamento integrado é definir as variáveis a se controlar. No caso do minério lavrado na mina da Bunge podemos encontrar 4 principais contaminantes, cada um deles tem um teor máximo a ser alimentado na usina de beneficiamento, seja porque ele seja flotado junto à apatita, resultando num concentrado mais diluído, ou porque o contaminante atrapalha o processo de flotação do mineral útil. Os contaminantes e seus teores máximos estão descritos na tabela abaixo:

Contaminante controlado	Teor máximo
CaO	17%
MgO	2%
SiO ₂	11%
BaSO ₄	9%

O outro fator relevante na qualidade do minério que deve ser fornecido é o teor de P₂O₅ alimentado, afinal trata-se do elemento de interesse econômico.

Entretanto não basta para a operação olhar para o teor de P₂O₅, isso porque parte da apatita encontrada no minério é chamada de “suja”, por ter óxido de ferro intercrescido no meio da apatita, reduzindo a área que o coletor pode agir na hora da flotação, com a conseqüente redução da probabilidade de uma partícula “suja” ser flotada. Essa característica do minério é tão marcante que as recuperações de fosfato na usina são muito baixas, numa média de 57%, e se fez necessário criar uma variável que medisse o índice de recobrimento de Fe₂O₃ na apatita. A variável adotada foi batizada indevidamente de “RCaO”, pois pode ser confundido com recuperação de óxido de cálcio e na realidade este índice provém de um estudo de caracterização tecnológica em que o minério é moído e passado por dois separadores magnéticos, um de baixa intensidade e o outro de alta intensidade. Após análise dos teores de P₂O₅ no não-magnético, pouco magnético e muito magnético pode-se determinar os teores de apatita e definir o percentual de apatita não magnético, que é a fração que não contém ferro e é considerada a apatita “limpa”. Ou seja, O “RCaO” é a recuperação de apatita “limpa” nas separações magnéticas.

O teor de P₂O₅ e “RCaO” utilizados como ideais na alimentação são:

Variável controlada	Valor de controle
P ₂ O ₅	14,5%
RCaO	53%

- *Ferramentas computacionais necessárias para aplicação do SIQCL na Bunge*

Para que se aplique a idéia de planejamento integrado são necessários os seguintes “softwares”:

- Datamine Core: Sistema básico do Datamine;
- Datamine MOD: Permite o uso de modelos de blocos;
- Datamine WFM: Permite o uso de “Wireframes” no Datamine;
- Datamine OPM: Ferramentas de desenho de cava;
- Datamine GVP: Visualização 3D do modelo geológico;
- Earthworks Exploration Office: Ferramenta para manuseio de sondagens e apresentação de dados;
- Earthworks in touch: Imersão 3D com tecnologia de realidade virtual para monitoramento da operação;
- Estácio: Ferramenta para sequenciamento de curto prazo bloco-a-bloco;
- NPVScheduler: Seqüenciador de lavra de longo prazo;
- SmartMine: Sistema de despacho que visa a qualidade da lavra.

De modo geral podemos dizer que o pacote Datamine é um sistema onde se pode fazer a modelagem geológica em blocos do recurso mineral e permite também fazer o projeto de rampas, vias de acesso e etc. Tudo isso baseado num banco de dados de geologia e topografia. Pelo menos parte deste software a Bunge – Araxá já possui, o que facilita a implantação e reduz o custo de aquisição.

O NPVScheduler faz a cava final e o sequenciamento de lavra de longo prazo, através do método Lerchs-Grossman, baseado nas informações geológicas e topográficas. Sem dúvida a Bunge já utiliza um programa de sequenciamento de longo prazo, portanto o NPVScheduler é opcional, mas cabe o comentário de que este programa tem um impacto direto sobre o Valor presente do empreendimento, e a seleção de um programa par esse fim deve ser cuidadosa.

Com os dados gerados pelo NPVScheduler (ou outro seqüenciador de longo prazo) o Estácio é capaz de fazer o sequenciamento de curto prazo, otimizando a alocação das máquinas e respeitando o planejamento de longo prazo. Esta ferramenta talvez seja a

mais desejada pela Bunge, uma vez que ela executa exatamente o planejamento de curto prazo.

Definido o plano de curto prazo pelo Estácio, O SmartMine fica encarregado do sistema de despacho, que redefine a alocação dos caminhões a fim de garantir a qualidade do minério produzido. Note-se que na mina da Bunge – Araxá já existe um sistema de despacho, haveria necessidade de verificar a possibilidade de utilizar este sistema com o hardware já instalado. Pode-se admitir que a instalação do SmartMine é para uma fase mais adiantada do projeto, dado que não é tão essencial.

O Earthworks faz com que a mina seja vista em três dimensões, além de possibilitar o uso de realidade virtual, o que significa não só o monitoramento da lavra através do computador, mas também como uma ferramenta muito útil para planejamento ambiental.

6. Orçamento e benefícios associados

• Orçamento

Um orçamento foi feito junto a Datamine Latin América, que foi a companhia que desenvolveu o sistema integrado de controle de qualidade de lavra. O resultado do orçamento está listado abaixo:

Sistema Integrado BUNGE			
			US\$
DATAMINE	Core		2500
	MOD		2500
	WFM		2500
	OPM		2500
	GVP		2500
Earthworks	Expl. Office		1690
	InTouch		8000
Estácio	Curto Prazo		5000
TOTAL Softwares			27.190

	dias	US\$/dia	Sub-Total
DLA (Customização - dias)	15	500	7500
Treinamento (dias)	10	400	4000
Acompanhamento	15	300	4500
TOTAL Serviços			11.500

SUB - TOTAL	38.690
--------------------	---------------

NPVScheduler (Opcional)	1	22000	22000
Smartmine (Opcional)	1	60000	60000
SUB-TOTAL OPCIONAIS			82.000

TOTAL GERAL	120.690
--------------------	----------------

Pode-se observar que foram incluídos os custos de prestação de serviço para a implantação do sistema, treinamento de pessoal e acompanhamento da operação.

Logicamente que esses valores não são resultado de uma negociação entre Datamine Latin América e Bunge.

Juntamente com o orçamento foi feito um cronograma de implantação:

Etapa	Semana																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Diagnóstico e Revisão Objetivos																				
2. Configuração de SW e HW																				
3. Customização																				
4. Preparação Protótipo Inicial																				
5. Testes e revisão do Protótipo																				
6. Ajustes Finais																				
7. Porta em Marcha																				
8. Treinamento																				
9. Acompanhamento																				
10. Entrega Técnica																				

• Benefícios

São diversos os benefícios associados ao projeto, abaixo estão relacionados os principais:

1. Aumento da recuperação da usina de beneficiamento: Como espera-se que a variabilidade do minério caia, a receptividade a novas pilhas de minério

aumenta na usina de beneficiamento, gerando assim um aumento na recuperação de fosfato.

2. Tempo gasto pelo chefe de operações reduzido: Ele não terá mais que utilizar aproximadamente metade da manhã planejando novas pilhas e controlando a pilha que estiver em operação. Essa tarefa passa a ser feita pelos chefes de turno.
3. Relatórios instantâneos da qualidade do ROM: Essa facilidade permite a rápida análise da produção corrente e, caso for julgado necessário, pode-se realocar equipamentos com maior rapidez.
4. Monitoramento remoto da operação: Caso necessário, pode-se obter a exata situação da mina do escritório principal, ou até mesmo da casa do gerente de mina, facilitando a tomada de decisões.
5. Automatização das rotinas de atualização de dados geológicos, topográficos, de lavra e reconciliação diária, mensal e anual: O que facilita bastante a execução destes trabalhos.
6. Outros benefícios.

Para o item 1 pôde-se calcular um aumento na receita devido ao aumento da recuperação. Adotou-se um aumento de 1% na recuperação de fosfato nas duas primeiras horas de operação de cada pilha, que ocasiona num ganho de 9 toneladas de concentrado por pilha, que significa 1540 toneladas ao ano, considerando que por 90% do tempo a usina processa minério. Se o preço do concentrado está por volta de US\$55,00/t, resulta num ganho de receita de aproximadamente US\$85.000,00. Obviamente este cálculo todo é baseado em números estimados, mas dá uma idéia do que um minério de melhor qualidade pode fazer.

Para o item 2 também foi possível calcular o benefício. Supondo que o Chefe de operações ganhe US\$ 1.200,00 (R\$3.000,00) para uma jornada de 44 horas semanais, e destas 44 horas 15 são destinadas a execução de planos operacionais e de controle de lavra, chegamos ao resultado de que o custo anual para a execução destas tarefas é de aproximadamente US\$5.300,00.

Para os demais itens (3, 4, 5 e 6) torna-se difícil falar em números, mas consideremos a disposição em gastar US\$0,02/t para se possuir esses benefícios. Dada a

capacidade da mina e um rendimento de 50%, chegamos a um valor de aproximadamente US\$60.000,00 ao ano.

Esses três números somados resultam em aproximadamente US\$150.000,00 ao ano, que já é um valor em benefícios maior que os custos de implantação.

7. Conclusões

Deste trabalho pode-se concluir que há viabilidade econômica em implantar um sistema integrado de controle de qualidade de lavra para a mina da Bunge – Araxá. Considerando os equipamentos já instalados na mina pode-se dizer que os custos de implantação devem ser menores do que o previsto, tornando o retorno econômico ainda melhor. Se desconsiderarmos aquelas ferramentas computacionais que são de importância menor para os objetivos atuais da gerência da mina (planejamento operacional e controle de lavra) o resultado se torna mais positivo ainda.

Em termos de possibilidade de aplicação técnica podemos afirmar que a metodologia empregada na Soeicom também é aplicável à Bunge, desde que relevando suas diferenças. Das variáveis a se controlar na mina da Bunge temos que manter atenção ao chamado “RCaO”, pois se trata de uma variável que talvez não seja linear, dificultando o cálculo real do índice, pois a norma geral é calcular a média ponderada na massa.

Ressaltemos que é essencial que para um sistema onde se busque a qualidade a gerência esteja preocupada em unir os esforços de todas as partes envolvidas, se não há união não há sistema da mais alta tecnologia capaz de produzir com qualidade. Para o caso da mina Bunge – Araxá essa filosofia já foi inserida, de forma que agora não é implantar um sistema de controle de lavra, e sim de aperfeiçoá-lo.

Outra importante conclusão é a de que planejamento faz parte de um ciclo, onde primeiro se planeja, depois se executa, em seguida se controla e por último se melhora pela análise do que foi executado.

8. Bibliografia

BUNGE. Contém resumo do histórico e atividade da empresa. Disponível em: <<http://www.bunge.com/>>. Acesso em: 22 de out. 2001.

DNPM. Contém preços para concentrados de fosfato. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 23 de nov. de 2001.

CHAUSSEON, D.; AZEVEDO, R. C.; TOMI, G. Otimização do sequenciamento de lavra. **Brasil Mineral**, São Paulo, n.190, p. 30-33, dezembro 2000.

SLACK, N. et al. Administração da Produção. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 526p.

GHOSE, A. K.; AMITABH, C.; RICHARD, P. L. Information technology – Tool for management of surface mining systems.

NORONHA, R.; GRIPP, A. H. Definição e Seleção de Projeto de Cava Final em Minério de Ferro.

TUREK, C. Strategic mining planning: beyond NPV – Understanding the resource. In: WHITTLE NORTH AMERICAN STRATEGIC MINE PLANNING CONFERENCE, Colorado, 2000.

HANSON, N. Discovering extra value within mine design. In: WHITTLE NORTH AMERICAN STRATEGIC MINE PLANNING CONFERENCE, Colorado, 2000.

COTESTA, L.; LIDKEA, W; MARTIN, D. Quality Control in drift development.

GATTI, R. F.; Anotações de visita técnica I. Araxá, setembro de 2001.

GATTI, R. F.; Anotações de visita técnica II. Araxá, outubro de 2001.