

RECONCILIAÇÃO DE RESERVAS E MINAS

O TESTE DE SÃO TOMÉ DA MINERAÇÃO

***Monografia Apresentada Para Conclusão do PROGRAMA MBA de
Mineração CVRD/USP***

Orientador: Prof. Antônio Carlos Girodo

Autor: João Augusto Hilário de Souza – Planejamento de Lavra – DIMA

Belo Horizonte, Dezembro de 2003.

Índice	Página
Agradecimentos	3
Lista de Tabelas	4
Lista de Figuras	4
Abreviaturas Usadas	5
Resumo	6
<i>Abstract</i>	7
1 - Introdução	8
2 - Objetivo Deste Trabalho	9
3 - A Metodologia de Reconciliação de Parâmetros	9
3.1 - Princípios Básicos da Reconciliação Simples e Completa	10
4 - Estudos Experimentais Realizados	12
4.1 - Desenvolvimento e Aplicação no CMFCj	13
4.2 - Banco de Dados e de Informações	15
4.3 - Análise do Sistema de Produção e Fluxo de Informação	19
4.4 - Tratamento Adequado das Informações	19
4.5 - Modelamento Geológico, de Blocos e de Teores	22
4.6-Topografia dos Avanços	23
4.7 - Métodos Modernos e Mais Avançados	25
5- A Reconciliação em Outras Minas	26
5.1 - Complexo de Minério de Ferro do Sistema Sul (CMFSS)	27
5.2 - Complexo de Minério de Ferro da Ferteco (CMFFt)	27
5.3 - Mina Manganês do Azul	28
5.5 - Complexo das Minas de e Ferro de Água Limpa (CMFAL)	28
5.4 - Complexo das Minas de e Ferro de Gongo Soco (CMFGS)	31
5.6 – O Caso de Uma Grande Mina do Quadrilátero	31
5.7 – Softwares e Fornecedores	33
6 – Outras Aplicações Menos Usuais da RECO	35
6.1 - Acompanhamento de Desempenho Econômico de Projetos	35
6.2 - Análise e Validação de Novos Softwares	36
6.3 - Análise de Previsões de Vendas e Orçamento	36
6.4-Amarração de Levantamentos Topográficos e Aerofotogramétricos	37
6.5 - Conferência de Furos de Sonda	38
7 – Conclusão	39
Referências Bibliográficas	41

Agradecimentos

À minha esposa e filhos que entenderam e suportaram a minha ausência em horas difíceis.

À CVRD por ter possibilitado a criação, elaboração e realização deste importante do Curso de MBA.

À Escola Politécnica da USP, Prof. Arthur Pinto Chaves, por ter disponibilizado suas instalações, professores e pessoal administrativo, para que este Curso pudesse ser realizado.

Ao Comitê de Organização do Curso de MBA de Mineração, especialmente a Vânia Andrade e José Luiz Martins, que me indicaram para este Curso e deram um grande apoio para que eu o concluísse.

Ao meu orientador, Prof. Antonio Carlos Girodo, pelas longas, pacientes e enriquecedoras discussões sobre o tema, bibliografia fornecida, contribuições, apoio e revisão final deste trabalho.

Aos colegas e empresas que enviaram ou comentaram o estágio atual da aplicação da metodologia nas minas sob onde trabalham.

Aos sondadores, amostradores, auxiliares de topografia, digitadores, etc; que com o seu trabalho anônimo, dia e noite, sob o sol e chuva contribuem para construir a base onde todo projeto de mineração se apoia.

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Rom por LIT c-c por ANO do Modelo de Blocos 91 a 2002

Tabela 02 – Acompanhamento das Movimentações de Minério e Estéril para as Diversas Minas

Tabela 03 – Reconciliação Teores, Comparação entre programado e Real em uma mina de Ferro.

Lista de Figuras

Figura 01 - Mina N4WN

Figura 02 – Mina N4E

Figura 03 – Mina N5E

Figura 04 – Mina N5

Figura 05 – Acompanhamento das quantidades de tipos de minério

Figura 06 – Acompanhamento anual, de 1990 a 1998, das movimentações de minério e estéril, estimadas pelo Planejamento de Lavra e computadas como reais pelo Despacho.

Figura 07 – Controle diário dos principais teores do sinter feed

Figura 08 – Controle mensal dos principais teores do sinter feed

Figura 09 – Controle anual dos principais teores do sinter feed

Figura 10 – Controle da produção de granulado em 2001

Figura 11 – Controle anual das movimentações de materiais

Figura 12 – Acompanhamento mensal da umidade dos produtos

Figura 13 – Fluxograma ilustrativo para definição de Fatores de Recuperação utilizados.

Figura 14 – Fluxograma de gerenciamento da produção

Abreviaturas Usadas

BCF – “*Block Call Factor*”

CMFAL - Complexo das Minas de e Ferro de Água Limpa

CMFCj - Complexo de Minério de Ferro de Carajás

CMFFt - Complexo de Minério de Ferro da Ferteco

CMFGS - Complexo das Minas de Ferro de Gongo Soco

CMFSS - Complexo de Minério de Ferro do Sistema Sul

FRLP - “*Exploitation Factor*” – Fator Reconciliação de Lavra e Planejamento

FRMB - “*Block Call Factor*” – Fator de Reconciliação de Modelo de Blocos

FRMU - Fator de Reconciliação Mina e Usina

FRPA - “*Recovery Factor*” – Fator de Recuperação de Produtos e Alimentação

FRTU - “*Transporte Call Factor*” – Fator Reconciliação de Transporte e Usina

FRXi - Fatores de Reconciliação para o parâmetro X no ponto i

GIS – Geographic Information System

GPS – Global Positioning System

MCF - “*Mine Call Factor*”

Mtpa - Milhões de Toneladas por Ano

PCP - Programação e Controle da Produção

RECO - Reconciliação Completa

RESI - Reconciliação Simplificada

SIAPA - Sistema de Acompanhamento de Parâmetros

SIATE - Sistema de Acompanhamento de Teores

TP - Teste Padrão

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

UBM - Usina de Beneficiamento de Minério

Resumo

Está sendo apresentada uma explanação geral sobre esta nova metodologia, começando pelas primeiras referências ainda verbais, em que se teve conhecimento sobre a idéia, nos anos oitenta, ouvidas de profissionais afeitos a desenvolvimentos de ponta, da área de modelamento geoestatístico. Na sequência, será feito um acompanhamento e uma descrição do seu avanço em empresas de mineração e de engenharia. Como complementação, há referências a casos práticos, implantados ou conhecidos de maneira direta ou por meio de pesquisa bibliográfica.

Para isto, em visitas a diversas minas brasileiras e no Chile, empresa de software e de engenharia, foi também feita uma pesquisa sobre o estágio atual da aplicação da Reconciliação. No Chile foram visitadas, para realização desta pesquisa, as minas de Chuquicamata, El Teniente, Radomiro Tomic, El Tesoro, etc.

Desenvolvida inicialmente nas minas de tecnologia mais avançada, principalmente da África do Sul, vem sendo aplicada em um número cada vez maior de minas, sendo ultimamente até exigida por empresas de auditoria, se mostrando como uma boa indicação da aderência e qualidade de modelos. Por estas razões, e por estar se prestando como ferramenta complementar de validação, o uso da Reconciliação, em maior ou menor profundidade, vem se tornando cada vez mais praticado no estudo e validação de modelos de corpos mineralizados.

As possibilidades de aplicação da metodologia de Reconciliação são bastante amplas. Está sendo mais concentrada, atualmente, na comparação entre as variáveis previstas, por antecipação, e a sua realização ao longo do tempo futuro. Além de mostrar o grau de confiabilidade que se pode depositar nos modelos criados, permite definir medidas corretivas e, priorizá-las de forma a otimizar a utilização de recursos, normalmente parcos, para erradicar problemas cada vez mais abundantes. Pode ser utilizada também, para conferir o grau de consistência de informações inferidas a partir de correlações com outras disponíveis, ou dados preexistentes.

Será apresentado um caso estudado ao longo da última década, numa grande mina brasileira, com movimentação superior a 100 milhões de toneladas por ano. Por isto a mina de Ferro Carajás foi à escolhida como base deste trabalho. Além disto, outros casos, serão apresentados e discutidos, relatando-se algumas abordagens acompanhadas junto a auditores internacionais, nos últimos anos. Serão também mostradas, aplicação de ferramentas estatísticas e gráficas, análises multivariáveis, com discussões dos casos práticos estudados.

Abstract

The present paper is a general explanation on a new methodology, Reconciliation. It begins with the first verbal references that were heard as early as in the eighties about the idea, in technical conversations of professionals involved in advanced development of the area of geostatistic modeling. Next, it will be presented a follow up and a description of its progress, illustrated by references of practical cases, accomplished or known through bibliographical research studies.

A research on the current apprenticeship of the application and of the state of the art of Reconciliation was performed in visits to several Brazilian mines, and others in Chile, as it was the case of Chuquicamata, El Teniente, Radomiro Tomic, El Tesoro, etc. Developed initially at the mines of more advanced technology, it has been required by auditing companies, demonstrating to be the exact proof of adherence of models. Because of the reasons above, and for being shown as an unanswerable validation tool, the use of Reconciliation, more or less detailed, is being more and more practised in the study of models.

The application of Reconciliation methodology is quite wide, concentrating mainly on the comparison among the previously foreseen variables, and on its accomplishment along the future. Apart from showing the reliability degree that one can expect from the created models, it allows for the establishment of corrective measures as well as for their priorities, in order to optimise the use of resources, usually scanty and to eradicate problems more and more abundant. It can also be used to check the degree of consistence of inferred information from correlation with other pre-existing ones.

It will be presented a case studied along the last decade, in a great Brazilian mine, with production greater than 100 million tons a year. Thus Carajas Iron Ore mine was chosen as the base to support this study. Other cases, moreover, will be presented and discussed, some approaches, which were collected from international auditors, in the last years, will be reported. It will also be shown the application of statistical tools and multivariable graphic analysis, along with discussions of the practical case studied.

1 – INTRODUÇÃO

O Trabalho a seguir está sendo apresentado como Monografia para conclusão do Curso de MBA em Mineração, realizado entre os anos de 2001 e 2003, promovido pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, (EPUSP). O tema escolhido para desenvolvimento foi à aplicação da Reconciliação na Indústria Mineral. O autor é Engenheiro de Minas João Augusto Hilário, trabalhando atualmente na Rio Doce Manganês S.A. (RDM), que vem participando do desenvolvimento e utilização desta metodologia há mais de uma década, obtendo excelente resultados, em minas de grande porte, como são as de minério de ferro de Carajás, e outras menores, como as da antiga Ferteco, ou de manganês do Azul e de Urucum. Apesar de ser relativamente nova, esta metodologia vem sendo maciçamente introduzida nas minas brasileiras nos últimos dois anos, onde está sendo cada vez mais utilizada.

Foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, cujos dez principais trabalhos encontrados na literatura técnica internacional, especializada em mineração, que estão listados nas Referências Bibliográficas, no final deste estudo. Foram também consultados relatórios internos, apresentações, cedidos gentilmente por colegas do meio mineral, mas nem todos explicitamente listados aqui como mereciam, por não estarem ainda liberados para publicação. Todo este material foi detalhadamente analisado, somando e complementando o conhecimento do autor e permitindo esta redação apresentada aqui sobre o tema escolhido.

De acordo com o Aurélio o termo *Reconciliação* é um *S. f.* e se originou do *latim reconciliatione*, tendo as seguintes acepções no Português atual:

1. Ato ou efeito de reconciliar (-se).
2. Reatamento de amizade.
3. Confissão religiosa por devoção, i.e., feita além daquela que os preceitos determinam anualmente.
4. Bênção de um templo que foi profanado.

“Reconciliação de Reservas representa o resultado de todos os trabalhos de pesquisa geológica/ tecnológica, modelamento de depósito, avaliação de reservas, projetos e planos de engenharia etc. para um depósito mineral ou mina em operação. Se todos estes trabalhos forem de boa qualidade é de se esperar que a resposta também seja boa. Caso alguns desses estudos / projetos sejam mal feitos, há o perigo da reconciliação não funcionar, podendo eventualmente dar certo, por pura sorte (ACG, 2003)”.

No Ramo da Geologia e Engenharia de Minas, Reconciliação de Parâmetros trata-se de um conjunto de técnicas que possuem como objetivo principal, comparar os resultados entre o que foi previsto pelo Planejamento de Lavra e Geologia de um empreendimento mineiro com o que realmente acontece, em um determinado intervalo de

tempo, levantar as diferenças encontradas, analisar suas causas e implicações, priorizar as correções e planejar as ações corretivas necessárias.

Até o princípio da década de oitenta, de acordo com os primeiros artigos publicados, a abordagem era mais simples, o que é denominado neste trabalho de Reconciliação Simplificada (RESI) e se limitava a comparar as quantidades de minério medidas pela mina na entrega à usina, com aquela medida por este cliente, o chamado então “*Mine Call Factor*” (MCF). Nos últimos anos a Reconciliação vem evoluindo muito rapidamente, inclusive no conceito do autor, conforme trabalho iniciado ainda em 1991 no Complexo de Minério de Ferro de Carajás (CMRCj) e aqui discutido, recebendo a denominação de Reconciliação Completa (RECO). A RECO tem se tornado cada vez mais abrangente, aplicando-se a praticamente a todos os parâmetros cuja importância implica na necessidade de dispêndio de recursos e esforço no seu estudo, entendimento, acompanhamento e correções necessárias.

2- OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste trabalho, procura-se apresentar uma conceituação abrangente e sistemática da metodologia de Reconciliação, exemplificar sua aplicação e importância, em minas nas quais deu bons resultados em trabalhos desenvolvidos ou coordenados pelo autor, ao longo da última década, e outras, onde se tomou conhecimento de sua aplicação. O propósito é contribuir para aqueles que pretendem utilizar ou já estão utilizando, e, levantar pontos de discussão para desenvolvimento e aprimoramento da metodologia.

Será apresentada, uma explanação geral sobre esta nova metodologia, começando pelas primeiras referências verbais em nosso país, sobre este assunto, que se teve conhecimento, ainda nos anos oitenta, por profissionais afeitos à tecnologia de ponta da área de modelamento geoestatístico. Na sequência, será feito um acompanhamento do seu desenvolvimento, ilustrado por referências a casos práticos, levantados ou conhecidos, a própria vivência do autor, visitas, observação e discussão com técnicos de outras minas, inclusive fora do Brasil, e, por meio da pesquisa bibliográfica realizada.

3 – A METODOLOGIA DE RECONCILIAÇÃO DE PARÂMETROS

Quem labuta há mais tempo na seara da indústria mineral, tem se defrontado com alguma frequência com a questão da precisão e grau de acerto de previsões. Este como outros ramos da indústria, fazem o seu planejamento, plano de investimentos e orçamento, considerando estudos e projetos desenvolvidos com base em informações e modelos. As decisões tomadas entre implantar um ou outro projeto, ou de manter ou não uma trajetória na condução de uma atividade industrial podem definir o sucesso ou fracasso de um empreendimento e todos os benefícios ou prejuízos que tais desdobramentos podem provocar. Desta forma fica mais fácil tomar a decisão certa em cima de um modelo correto e muito difícil de se acertar utilizando um modelo inconsistente. Com a chegada da informática à mineração, ainda na década de setenta, e sua posterior retomada para valer nos anos oitenta nas minas mais avançadas do Brasil, alguns pré-requisitos básicos a aplicação do conjunto de

tecnologias passaram a ser vistos, aos poucos, com a devida importância, o que não vinha acontecendo.

Paralelamente, devido a algumas manobras desonestas aplicadas na mineração, em algumas delas com ampla repercussão na mídia internacional, foi se tornando mais usuais as auditorias, principalmente as realizadas por empresas especializadas, normalmente solicitadas por acionistas e investidores, procurando proteger suas aplicações. Ao serem solicitadas por aqueles que detém poder de decisão, acabam sendo aceitas e executadas, se incorporando aos poucos aos procedimentos rotineiros, mesmo despertando certa dose de rejeição inicial por parte dos auditados.

Como a mineração tem nas reservas confiáveis e consistentes sua principal base, passou-se a requerer auditorias competentes e idôneas para certificação de reservas, que aos poucos tem passado a exigir para avaliação complementar da precisão dos modelos, pelo menos a Reconciliação Simples, levando a organização a reconsiderar a forma de enfocar o assunto. Por força das circunstâncias, se não o faz de princípio, mas cedo ou mais tarde conclui o óbvio, ou seja, sem reservas não há mina. Estas exigências, reforçadas pelos ganhos incontestáveis com resultados que foram sendo produzidos nos últimos dois anos no Brasil, levaram a uma disseminação e até um modismo em torno desta metodologia. Hoje qualquer profissional que pretende estar atualizado se refere à utilização da Reconciliação, nas rodas técnicas, como uma prática rotineira.

3.1 - Princípios Básicos da Reconciliação Simples e Completa

Como princípio básico da Reconciliação Simples trata-se de comparar, medir e analisar as diferenças entre as quantidades previstas pelo Planejamento de Mina e o minério efetivamente produzido no período considerado. As primeiras referências bibliográficas encontradas, em que o assunto aparece devidamente documentado, remontam a década de setenta (Storrar, 1977), em aplicações desenvolvidas na África do Sul. Desta forma, de acordo com o encontrado na bibliografia e pesquisa de casos práticos, ela inicialmente se concentrava em comparar as quantidades estimadas pelo planejamento de lavra, com o total de ROM alimentado na UBM, ou em alguns casos, à soma de produtos e rejeitos.

De acordo com N A Schofield, em recente trabalho publicado em 2001, é fornecida a seguinte definição para Reconciliação em Mineração: *“Mine Reconciliation is the practice of comparing the tonnage and grade of material processed by the mill with the tonnage and grade of ore in the reserve model of a deposit, and with the tonnage and grade in the grade control models used to define ore in mining”*. Trata-se de uma definição correta, porém resumida sob o tópico em discussão.

Denomina-se de **“Mine Call Factor”** (MCF), a relação expressa em percentagem, entre a soma das quantidades medidas na alimentação da usina e a massa de ROM prevista pelo planejamento de lavra e controle de produção da mina. Nas minas onde esta medida do ROM não é feita, utiliza-se a soma das quantidades de produtos e rejeitos da UBM; assim o MCF fica afetado pelo FRPA, definido a seguir. Não se conhece ainda em português, termo técnico equivalente, por isto está sendo proposta a criação do Fator de Reconciliação Mina e Usina (**FRMU**). Alguns autores e trabalhos subdividem esta relação global em cinco fatores básicos, definidos a seguir:

1 - “Block Call Factor” – Fator de Reconciliação de Modelo de Blocos (FRMB): relação entre os parâmetros obtidos na lavra, normalmente massas e teores, e aqueles previstos no modelo de blocos, que podem ser de longo e curto prazo.

2 - “Exploitation Factor” – Fator de Reconciliação de Lavra e Planejamento (FRLP): relação entre as massas de minério ou de estéril medidas pelas balanças dos caminhões ou despacho com as quantidades estimadas in situ, por métodos volumétricos, topográficos, considerando densidade ou empolamento.

3- “Transporte Call Factor” – Fator de Reconciliação de Transporte e Usina (FRTU): relação entre as quantidades lavradas, transportadas e entregues pelo transporte, caminhões ou sistema de correias e aquelas registradas como recebidas pela UBM, normalmente entregues no britador primário.

4 - “Recovery Factor” – Fator de Reconciliação de Produtos e Alimentação (FRPA): relação entre a massa medida como alimentada na UBM e a soma das massas de produtos e rejeitos. Um pouco diferente do parâmetro clássico de recuperação em massa ou metalúrgica da UBM.

Estes são os quatro Fatores de Reconciliação (FR) mais usados e já consagrados pelo uso na mineração mundial. Com o reconhecimento e comprovação da grande utilidade da Reconciliação Simples, principalmente na área do minério de ferro, alguns autores perceberam a necessidade de ampliar e detalhar estes fatores, subdividindo-os e criando outros novos, dando os primeiros passos em direção ao que chamamos Reconciliação Completa.

No caso da RECO desenvolvida e aplicada no Complexo de Minério de Ferro de Carajás (CMRCj) e em outras minas, foram criadas também outras relações tais como entre o previsto pelo modelo de blocos de longo com o de curto prazo, o produzido pela UBM com o estoque e embarque. Tais relações permitem descer a detalhes de forma a levantar e priorizar por ordem de importância ou de grandeza, as principais fontes causadoras de erros, principalmente nos casos em que os índices acima apontam para diferenças acima dos limites aceitáveis. Estes limites ainda não estão claramente definidos, mas já existe um consenso sobre o assunto.

A meta da reconciliação (MR) teoricamente deveria ser de 100%, ou seja, o valor medido dividido pelo previsto multiplicado por 100%, como devem ser as metas de segurança de acidente zero. Na prática, em função da quase impossibilidade de atingir e manter tal valor, principalmente devido aos custos envolvidos, erros de medidas e outras deficiências nas medições, optou-se pelo estabelecimento de limites toleráveis. Na prática isto é um sonho, que só se torna realidade, em casos especiais, por um período determinado, ou a um custo altíssimo. Por isto, já se considera um sistema mineiro aceitável para padrões internacionais, quando este opera na faixa de 95 a 105%, ou seja, $(100 \pm 5)\%$, para suas principais variáveis de controle. Adota-se, a partir deste ponto, a nomenclatura sem percentagem, onde quanto mais próximo da unidade, maior a aderência entre o previsto e o realizado, melhor a qualidade da Recuperação e global do modelo que está sendo avaliado.

É preciso, no entanto, tomar muito cuidado com certas manipulações que podem ser introduzidas nestes fatores, de modo a aproximar os mais importantes de 1, para apresentar apenas os melhores obtidos como uma falsa demonstração de uma boa qualidade do modelo, utilizando-se daquela velha estratégia da cinza e do tapete (*Lei Ricúpero – O bom a gente mostra*). Por exemplo, há locais em que se apresenta bons FRs para as massas de ROM, omitindo sua qualidade, as quantidades de estéril ou o FR para as quantidades totais.

Em boa parte dos casos está oculto o sofisma do teor de corte variável, que por não ter sido calculado o seu ponto ótimo, varia no dia a dia de forma a manter as médias nos estoques de produtos por retroalimentação, e aferir as quantidades de ROM em detrimento de desacertos repassados às quantidades de estéril. Nas minas visitadas ou consultadas, percebe-se uma tendência geral de se ter o ROM superestimado em massa e subestimado em teor, enquanto o estéril é quase sempre subestimado em massa, tendência esta que pode ter algumas explicações possíveis.

Tal efeito pode ser provocado pelo baixo nível de seletividade devido à imprecisão do modelo de longo ou curto prazo em definir o que é minério ou estéril, ou deficiência da identificação destes nas frentes de lavra, provocando excessiva diluição. Além do problema de aplicação correta de teores de corte, ainda passa pela precisão de estimativa destes teores, cuja imprecisão pode levar ao aumento de perda de minério que infelizmente j é despejado nas pilhas de estéril. Apesar de largamente estudado e citado como um dos administráveis fatores de perda da eficiência do sistema produtivo, continua ocorrendo com uma frequência bem acima do aceitável. Na prática, uma das ações que podem identificá-lo de imediato, mas se quando raramente feito pode criar um grande desconforto, é amostrar uma pilha de estéril, fotografar se for o caso, mostrando a existência de material de melhor qualidade do que algum alimentado na UBM, como minério.

Faixas de variação dos FRs superior a 0,10 (10%), ou seja, fora do intervalo compreendido entre 0,90 e 1,10, são consideradas inaceitáveis e indicam a necessidade de tomada de providências urgentes, para seu acerto, caso a variável tenha alto grau de importância. É o caso das quantidades de ROM e de estéril, ou do teor do metal produzido e de seus contaminantes. Para minério de ferro, é o próprio Fe, ou os contaminantes principais, tais como P, SiO₂, Al₂O₃, Mn, PF umidade, etc. Para minas de ouro, cobre e outros metais, são os próprios.

Aqueles que iniciaram sua primeira abordagem de Reconciliação, normalmente se deparam com diversos problemas, que afetam ou até invalidam as conclusões que poderiam ser tiradas dos resultados encontrados. A primeira delas é a questão da umidade do ROM, estéril, dos diversos produtos e a porcentagem de sólidos do rejeito. Mesmo naquelas poucas minas em que estes parâmetros são medidos, não são devidamente arquivados, se arquivados não são consistidos, se consistidos não são disponibilizados de forma organizada e acessível.

Outro problema que surge, principalmente no minério de ferro, é que além da umidade variar de 3% nos minérios compactos a 15% nos friáveis, sofrem alterações sazonais dependendo do tempo em que são expostos a períodos de chuva nos estoques intermediários. Daí a necessidade de se considerar mais duas variáveis indisciplinadas, no conjunto, a pluviometria e o tempo em que o minério permanece desmontado e exposto na frente de lavra. A proximidade do lençol freático também influi na umidade do minério in situ. Só muito recentemente algumas minas vêm considerando esta questão, havendo uma tendência, às vezes até por exigência de auditores, de se trabalhar com valores em base seca, que na verdade é o mais correto. Permanece, no entanto, parte do problema, porque para efeito de dimensionamento de equipamentos e custos, a água que compõe umidade dos materiais é também transportada junto com estes, é variável por tipo e depende da época do ano.

Conforme sugerido recentemente em seminário sobre classificação de reservas, de tempos em tempos é retomada uma antiga proposta simplista para abordagem deste problema, ou seja, apresentar as quantidades envolvidas em unidades volumétricas, aspirando com isto atingir a independência de parâmetros incômodos tais como a densidade, a umidade e o empolamento. Poderia com isto, até resolver um problema, porém criaria outro maior, que é como estimar corretamente as massas de produtos, ou de quantidades metálicas a serem entregues aos clientes, que normalmente por elas pagam. Restaria ainda saber como orçar ou estimar os custos de lavra, cuja melhor forma de gerenciar usualmente tem sido por tonelada movimentada. Para fins de estimativa, auditoria e certificação de reservas valem as mesmas observações.

4 - ESTUDOS EXPERIMENTAIS REALIZADOS

Com base no acompanhamento do progresso da Reconciliação, principalmente nos últimos anos, verificou-se que a técnica tem tido a sua utilidade reconhecida nas diversas minas onde foi aplicada. Para isto foi realizado um levantamento em diversas minas brasileiras, tão amplas quanto possível. Os casos mais consistentes e interessantes são comentados resumidamente, visando ilustrar este trabalho. Os principais casos práticos, em que coordenamos ou participamos, são discutidos com mais detalhes, principalmente a Reconciliação Completa desenvolvida por mais de dez anos, no Complexo de Minério de Ferro de Carajás (CMRCj), que serviu como base e laboratório para este trabalho. Outros casos também serão listados. A seguir, serão descritas as Etapas Básicas seguidas no CMRCj.

4.1 - Desenvolvimento e Aplicação no CMFCj

O Complexo de Minério de Ferro de Carajás (CMFCj), composto pelas minas de N4E, N4WNorte, N4WCentral, N5Oeste e N5Norte, é bastante conhecido. Ali, o autor desempenhou a função de Gerente de Geologia e Planejamento de Longo e Curto Prazo, de 1991 a 2000. Neste período foram feitos mais de 50 mil metros de furo de sonda, construídos e desenvolvidas diversas versões de modelos de blocos, implantada a Geoestatística e Geometalurgia como ferramentas rotineiras de estimativa de reservas, projeto, planejamento de lavra, controle de qualidade e previsão de produtos.

A produção, sempre crescente apesar das crises econômicas, dobrou nestes dez anos, para 50Mtpa de produtos e 100 milhões de toneladas por ano (Mtpa) de movimentação total, completando em maio de 2000, o primeiro bilhão de toneladas movimentadas, hoje 1,3. Quatro das cinco minas foram abertas neste período, aumentando a diversidade de tipos de minérios a serem tratados na Usina de Beneficiamento (UBM) e estéreis a serem depositados para até 20 tipos, posteriormente agrupados e simplificados, e chegando a fornecer 43 tipos diferentes de produtos.



Figura 01 – Mina N4WN



Figura 02 – Mina N4E



Figura 03 – Mina N5E



Figura 04 – Mina N5

Figuras 01 a 04 - Mostram a vista aérea das quatro principais minas de ferro do CMFCj, N4WN, N4E, N5NE e N5NW, base do estudo desenvolvido.

No início da década de 90, o assunto Reconciliação era praticamente ainda desconhecido no Brasil, com bibliografia inacessível, a não ser para poucos que tiveram a oportunidade de participar dos raros congressos onde o assunto foi abordado, ou deparado fortuitamente com um curioso artigo em publicação especializada. Para lidar com as diversas dificuldades de refinamento e aferição dos modelos e melhoria da confiabilidade das previsões, foi desenvolvido, a partir de então, um completo e amplo Sistema de Reconciliação (Reconciliação Completa - RECO), adequado para minério de ferro e ao caso específico do CMFCj. Ali, aos poucos foram sendo incorporadas todas variáveis importantes e até as que poderiam vir a ser. O conceito deste Sistema de Reconciliação é dito Completo por se basear em um banco de dados amplo, com grande número de variáveis, cuja montagem se iniciou em 1991.

Complexo por permitir analisar desde as características do minério in situ, representadas no modelo de blocos, passando pelo ROM computado como entregue pelos caminhões, sistemas de britagem e transportadores relocáveis, o recebido pela UBM, produtos e rejeitos, ferrovia e porto, indo até a algumas reclamações e avaliações feitas pelos clientes. Até as unidades de produtos e outros materiais foram monitoradas, diária e anualmente, conforme pode ser vista na Figura 05.

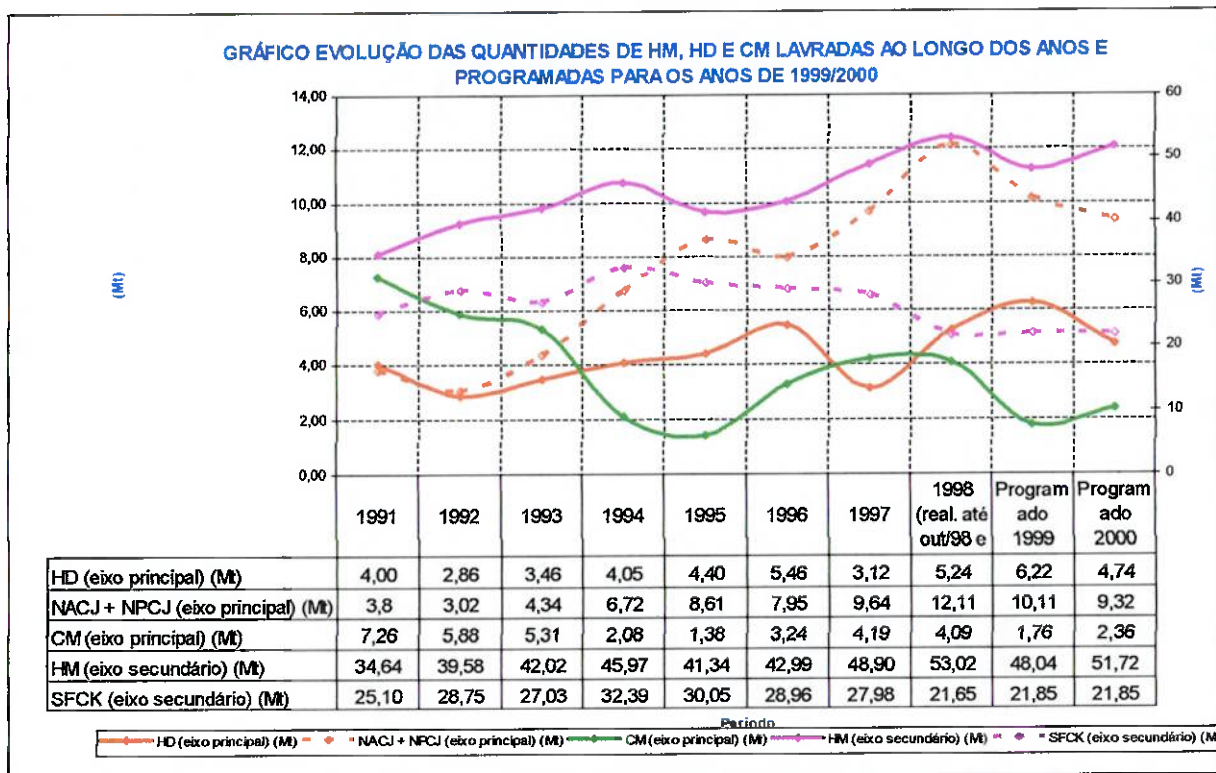


Figura 05 – acompanhamento das quantidades de tipos de minério e produto

Não se esqueceu, neste caso dos diversos tipos de estereis que tiveram de ser removidos e dispostos em pilhas apropriadas, marginais estocados em pilhas controladas de modo a possibilitar posterior retomadas, bem como o controle de massas e qualidades dos estoques intermediários. Este acompanhamento detalhado, conforme já comentado, foi feito para todas as variáveis mais importantes. O banco de dados e as funções programadas no Sistema desenvolvido permitem analisar qualquer uma das cinquenta variáveis armazenadas, por períodos que variam de um turno de 8h, ano, ou o acumulado nos últimos 13 anos. Permite também montagem de tabelas, conforme exemplificado nas Tabelas 1 e 2 para análises aprofundadas e em detalhes dos FRs, estatísticas destes e das diferenças encontradas.

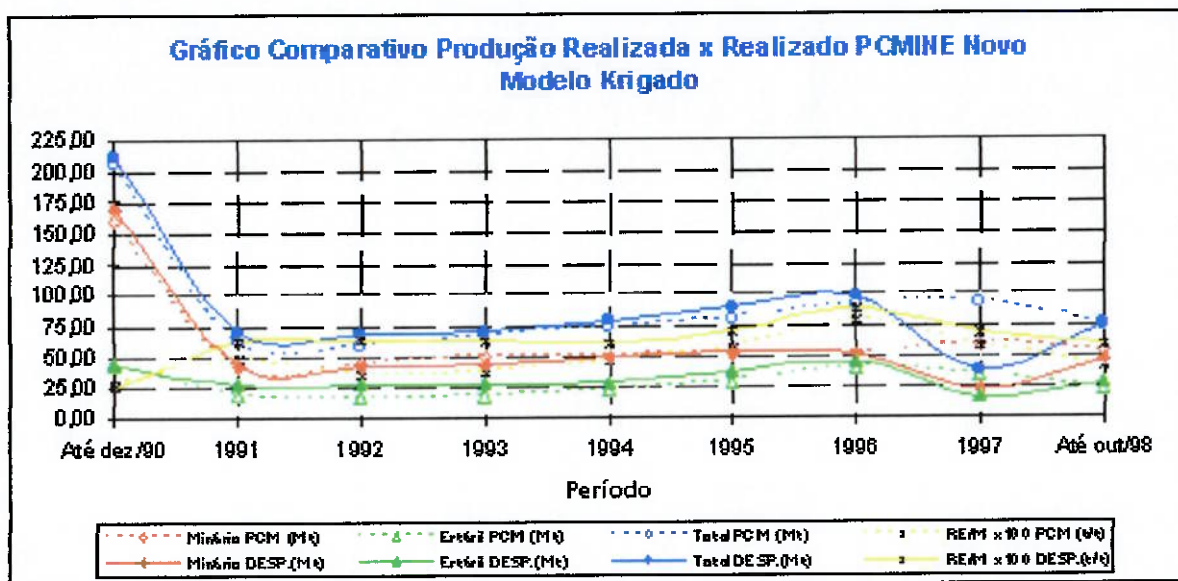


Figura 06 – Acompanhamento anual, de 1990 a 1998, das movimentações de minério e estéril, estimadas pelo Planejamento de Lavra e computadas como reais pelo Despacho.

4.2 - Banco de Dados e de Informações

Como a Reconciliação Completa numa visão mais ampla, deve abranger conferir todo o Sistema Produtivo, do banco de informações geológicas, até a percepção do produto pelo cliente final, torna-se necessário um levantamento exaustivo de todas as informações geradas e disponíveis no sistema, como foi feito no CMRCj. Estas informações podem ser classificadas nos seguintes grupos:

. As de uso comum facilmente visíveis e tradicionais, que já são utilizadas e possuem algum emprego incontestável no sistema. Podem ser incluídos aí os mapas topográficos e geológicos, todas as informações de trabalhos de pesquisas, tais como furos de sonda, poços, galerias e amostras de frente de lavra, análises químicas destas amostras, etc. Nas minas já mais antigas, há sempre uma resistência de alguns técnicos em procurar e digitalizar a topografia original, por não captarem a real necessidade desta informação. Afirmam que se preocupar em como era a mina no passado é como procurar pelo em ovo. Para tal afirmativa, até agora não foi encontrado nada melhor do que o velho axioma de autor desconhecido, que aqui se faz referência como MA número 1: *“o passado é chave do futuro, mas inocente é quem deduz daí que o futuro será uma simples repetição do passado”*.

. As não tão óbvias, como por exemplo, as análises químicas por faixas, normalmente quatro para minério de ferro, as análises químicas realizadas visando cumprir as exigências de QAQC, densidades, qualidades, e quantidades para os diversos tipos de minérios, para os minérios marginais e estéreis, seu destino, os tipos de produtos e as especificações acertadas nos contratos com os clientes, os produtos da usina de beneficiamento, a série histórica destes produtos, se possível desde a abertura da mina, qualidade granulométrica, inclusive as análises de rejeito, umidades dos diversos tipos de minério, estéril e produtos, índices de seletividade, diluição estimada, etc.

. As existentes, quando já disponíveis, mas ainda não totalmente utilizadas no planejamento de lavra, como geotécnicas, resistência à compressão, “work index”, hidrogeológicas, série pluviométrica histórica, vazão de drenagens e nascentes, análises de águas, pH das águas subterrâneas, variáveis ambientais, como poeira na mina, químicas não contempladas nas especificações, como por exemplo, Ca, Mg, K, Ti, Cl, F, As, S, variáveis metalúrgicas, dados do porto e embarque, não conformidades internas, informações da área de marketing e relações com o cliente, reclamações e análises químicas fornecidas pelo próprio cliente, etc;

No atual estágio tecnológico da informática, embora a oferta de informações gerais esteja se tornando infinita, o problema encontrado pelo profissional ao tentar aplicar a RECO, ainda permanece a falta, qualidade ou o mau uso da informação e não a sua sobra; porém é comum ouvir de técnicos não muito afeitos a utilizar a informática, reclamações contra este pseudo-excesso e detalhe e quantidade das informações.

Com a evolução de hardwares e softwares, a informática já está entrando numa fase em que normalmente o custo de armazenamento de informações numa mina está se tornando desprezível em relação ao custo de produzi-la, e infinitamente desprezível em relação ao risco de prejuízo de ter de tomar uma decisão, onde ela possa influenciar, sem utilizá-la por não a ter acessível no momento necessário.

A Tabela 01 a seguir mostra um resumo de uso de parte destas informações utilizadas para montar o acompanhamento de produção destas diversas minas ao longo dos últimos anos.

O banco de informações contendo estas variáveis, para as diversas minas e jazidas, tipos de minério, marginais, estéril, produtos, rejeitos, especificações, foi cuidadosa e detalhadamente montado e arquivado durante os últimos 13 anos, desde 1991. Hoje, o CMFCj já conta com aproximadamente 1400 furos de sonda, 180 mil metros de sondagem, 40 mil amostras analisadas, que junto com os dados de produção, análises químicas, produtos e controle de qualidade, ocupam um espaço em arquivo magnético da ordem de 25 gigabytes (Gb), somando um custo total acumulado sem correção, de 20 milhões de dólares, patrimônio de incomensurável valor, para pessoas do ramo. Geologia, Planejamento de Lavra e Controle de Produção ocupam com sua base de dados, um espaço total de 50Gb. Ali, esta extraordinária quantidade de informação poderia exceder as necessidades, mas na verdade muitas das vezes ainda é insuficiente. Devido ao seu valor e importância, foram tomados todos cuidados pertinentes com a consistência, manutenção e segurança da base de dados.

Tabela 01 - Rom por LIT c-c por ANO do Modelo de Blocos 91 a 2002

TEORES LAVRADOS MENSAIS PC/MNE/GEMCOM 1991 À 2001 COM CORTES DAS MINAS DO SISTEMA NORTE N4E, N4WN, N5E, N5W e N4WC												
ANO	MINA	LITOLOGIA	MASSA (mt)	TEORES MÉDIOS (%)						ESTÉRIL (mt)	TOTAL (mt)	REM
				Fe	SiO2	P	Al2O3	Mn	PPC			
1991	N4E	HM	34,64	66,36	0,80	0,034	1,06	0,86	2,61			0,08
		HD	4,01	64,68	1,01	0,044	1,80	1,04	3,41			
		CM	3,56	60,62	0,78	0,256	3,58	0,49	8,23			
		TOTAL N4-LESTE	42,21	65,72	0,65	0,054	1,34	0,85	3,16			
	TOTAL MÊS	HM	34,64	66,36	0,80	0,034	1,06	0,86	2,61			
		HD	4,01	64,68	1,01	0,044	1,80	1,04	3,41			
		CM	3,56	60,62	0,78	0,256	3,58	0,49	8,23			
		TOTAL MÊS	42,21	65,72	0,65	0,054	1,34	0,85	3,16			
1992	N4E	HM	38,58	66,75	0,67	0,035	1,03	0,57	2,21			0,08
		HD	2,86	65,58	0,70	0,047	1,46	0,78	3,12			
		CM	1,69	61,23	0,75	0,246	3,13	0,33	7,88			
		TOTAL N4-LESTE	44,13	66,46	0,68	0,044	1,14	0,57	2,49			
	TOTAL MÊS	HM	38,58	66,75	0,67	0,035	1,03	0,57	2,21			0,08
		HD	2,86	65,58	0,70	0,047	1,46	0,78	3,12			
		CM	1,69	61,23	0,75	0,246	3,13	0,33	7,88			
		TOTAL MÊS	44,13	66,46	0,68	0,044	1,14	0,57	2,49			
2001	N4E	HM	28,54	67,32	0,72	0,019	0,89	0,32	1,50	1020	1050	33,74
		HD	1,69	66,32	1,15	0,019	1,22	0,80	1,54			
		TOTAL N4-LESTE	30,23	67,27	0,74	0,019	0,91	0,35	1,58			
	N4WN	HM	16,80	67,04	0,69	0,040	0,63	0,54	1,89	160	179	8,49
		HD	0,41	66,88	0,84	0,070	1,02	0,12	1,94			
		CM	1,63	65,91	0,45	0,217	1,33	0,04	3,86			
		TOTAL N4WNORTE	18,84	66,94	0,67	0,056	0,697	0,45	2,86			
	N5E	HM	5,52	67,74	0,87	0,037	0,48	0,08	1,43	128	132	18,37
		HD	6,04	67,71	0,65	0,034	0,76	0,11	1,26			
		CM										
		TOTAL N5-LESTE	11,57	67,72	0,76	0,035	0,63	0,09	1,34			
	N5W	HM	1,73	66,66	0,81	0,026	0,93	0,78	1,66			
		HD	0,24	66,42	0,79	0,035	1,48	0,53	1,64			
		CM	0,00	64,39	0,55	0,221	1,72	0,15	4,23			
		TOTAL N5-OESTE	1,97	66,63	0,81	0,027	1,00	0,75	1,66			
	N4WC	HM	0,19	67,78	0,63	0,050	0,38	0,24	1,59	0	0	0,08
		HD	0,03	66,11	1,03	0,077	0,72	0,83	2,41			
		CM	0,03	66,34	0,71	0,231	0,76	0,11	4,85			
		TOTAL N5-OESTE	0,24	67,44	0,68	0,073	0,46	0,29	2,05			
	TOTAL MÊS	HM	52,78	67,26	0,73	0,028	0,77	0,38	1,62	1300	1363	20,69
		HD	8,48	67,35	0,75	0,033	0,89	0,28	1,36			
		CM	1,66	65,92	0,45	0,217	1,32	0,04	3,88			
2002	N4E	HM	18710,84	67,40	0,79	0,02	0,79	0,25	1,44	16905,92	36744,45	0,85
		HD	1699,35	67,25	0,96	0,02	0,80	0,22	1,55			
		TOTAL N4-LESTE	20410,19	67,38	0,81	0,019	0,78	0,24	1,46			
	N4WN	HM	14337,19	66,89	0,81	0,04	0,82	0,50	1,81			
		HD	101,76	65,34	0,62	0,12	1,14	0,61	3,04			
		CM										
		TOTAL N4WNORTE	14438,95	66,88	0,81	0,04	0,83	0,58	1,81			
	N5E	HM	13251,69	68,14	0,98	0,02	0,41	0,06	1,02			
		HD	6586,84	67,70	1,03	0,02	0,77	0,12	1,22			
		CM										
		TOTAL N5-LESTE	19838,53	67,99	1,00	0,02	0,53	0,08	1,09			
	N5W	HM	4121,58	66,63	0,85	0,04	1,29	0,62	1,57			
		HD	3352,50	66,54	0,87	0,02	1,41	0,55	1,63			
		CM										
		TOTAL N5-OESTE	7474,08	66,59	0,86	0,03	1,35	0,59	1,68			
	N4WC	HM	632,54	65,86	1,00	0,07	0,92	0,73	2,56			
		HD	19,40	67,47	1,02	0,05	0,63	0,16	1,36			
		CM										
		TOTAL N5-OESTE	651,94	65,90	1,00	0,066	0,91	0,72	2,52			
	TOTAL MÊS	HM	51053,84	67,37	0,85	0,027	0,74	0,31	1,46			
		HD	11769,85	67,28	0,97	0,023	0,96	0,26	1,48			
		CM										
		TOTAL MÊS	62813,69	67,35	0,88	0,027	0,78	0,30	1,46			

De início, as maiores dificuldades surgidas, foram o custo, a densidade, distribuição e a qualidade da informação sobre as jazidas e minas, obtidas pelos processos convencionais de amostragem de frentes, por poços, galerias, sondagens etc. seu arquivamento em banco de dados e posterior tratamento. Para isto as técnicas Geomatemáticas foram cada vez mais ganhando terreno, a despeito daqueles que as rejeitavam, na maioria das vezes por falta de conhecimento, acusando-as de excessivamente complicadas, teóricas, caras e de resultado pouco prático. De uma maneira geral, todas as informações de geologia e sondagem são reunidas e armazenadas devidamente em um banco de dados, que serve como base para a montagem do modelo geológico e computadorizado. A qualidade deste modelo torna-se fundamental para os trabalhos subsequentes, pois passa a ser a base para todos os estudos, projetos e decisões sobre a condução do Projeto.

A grande questão que permanece é de como gerenciar o binômio custo/benefício, de forma a atingir o nível de informação necessário, para dar suporte adequado e se conseguir extrair do modelo, em tempo, as respostas com o nível de precisão de que se necessita, escapando da perniciosa trilogia do *“não sei, eu acho ou de uma de uma categórica resposta, da qual só se descobre o erro serodidamente por meio de suas terríveis consequências”*. É um pouco complexo estabelecer a relação ótima para cada mina, para cada época, para o planejamento de longo e curto prazo. Normalmente o recomendável é utilizar uma malha mais aberta para definir os limites do corpo mineralizado, montando-se o modelo de longo prazo, para estimativa de recursos e reservas, planejamento do fechamento desta malha de pesquisa, definição da cava final, seqüência de lavra, arranjo industrial e áreas para construções provisórias e liberação para as estruturas permanentes. Depois de estudadas opções de seqüência de lavra, planeja-se o fechamento da malha de sondagem, de forma a garantir um horizonte de pelo menos cinco anos de reserva medida e até vinte de reservas medida mais indicada. Ultimamente com as auditorias de reservas para certificação, tem sido retomada a discussão sobre a metodologia e algoritmos para sua classificação, não havendo ainda um consenso quanto aos critérios adotados.

Surgem também as questões quanto à qualidade deste modelo. Aqueles que trabalham na sua montagem, normalmente na Geologia e Planejamento de Lavra, na maioria das vezes, possuem a natural tendência de apresentar o trabalho concluído como de ótima qualidade. A direção de empresas cada vez mais premidas e eficientes em cortar custos e priorizar investimentos de retorno mais patente tende a se posicionar como se já houvesse informação suficiente. A produção controle de qualidade e relações com o cliente, que sofrem diretamente o impacto de programações e previsões falhas, aproveitam para acrescentar ao contexto já tumultuado o repasse de seus próprios problemas e deficiências.

Como resultado final pode ser criado um ambiente tecnicamente inadequado e gerencialmente desconfortável, toda vez que surgem problemas. E normalmente, sem ou com aviso prévio, eles aparecem. Até a década de setenta a questão permanecia nos domínios do abstrato, sendo muito difícil diagnosticar onde, qual a participação, importância e impacto de cada um dos componentes do problema. Gerava-se muita polêmica e nem sempre solução, permitindo por tempo indeterminado a sua perniciosa permanência. Mais difícil, por conseguinte era diagnosticar suas raízes, de forma a conduzir a um gerenciamento eficiente e programar as devidas ações corretivas. É bom lembrar, que devido à massa inercial de uma mina de grande porte, tais medidas, quando aplicadas devidamente, levam até dois anos para produzir o efeito necessário, ao passo que se não tomadas, o problema tende a se agravar irremediavelmente.

4.3 - Análise do Sistema de Produção e Fluxo de Informação

Em paralelo com a montagem da Base de Informações, é necessária uma elaboração de diagramas esquemáticos que mostrem as conexões e fluxos destas informações, de forma a registrar as suas interligações e a percepção de sua importância e da melhor forma de utilizá-la, um discernimento do que faz sentido ser comparado, de modo a evitar o velho e conhecido sofisma de se chegar a brilhantes conclusões deduzidas ao se comparar maçãs com laranjas. As grandezas devem ser consideradas nas mesmas bases e unidades, considerando-se aí, mais uma vez a questão das densidades, umidades e a comparação das massas em base seca. Em Gongo Soco, conforme descrito no item 5.4 - Complexo das Minas de e Ferro de Gongo Soco (CMFGS), e Figura 13, houve grande preocupação com este aspecto, elaborando-se um bom exemplo de diagrama deste tipo, onde é possível visualizar com clareza os FRs estudados.

4.4 - Tratamento Adequado das Informações

Além da necessária política de consistência, arquivamento e segurança das informações, é necessário um tratamento adequado utilizando ferramentas estatísticas uni e multivariáveis, para se conhecer melhor o comportamento dos parâmetros medidos e suas possíveis correlações. Para começar deve-se montar tabelas e gráficos onde podem ser facilmente vistos e avaliados os parâmetros básicos tais como média, mediana, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose, etc. Adicionalmente procede-se a estudos de correlação, para se levantar e entender as relações e correlações entre os parâmetros de controle. Em minério de ferro é clássica a correlação inversa entre teor de Fe e de SiO_2 .

A possibilidade de acompanhar quase instantaneamente é fornecida pelas minas que já possuem sistema de despacho plenamente implantado e operando, em tratores, perfuratrizes, principalmente em escavadeiras, pás-carregadeiras e caminhões, inclusive com balanças integradoras ou medidas de fluxo de massa na usina. Para análise dos resultados da RECO, alguns praticantes utilizam os Fatores de Reconciliação, complementados por uma avaliação de suas variâncias, desvios padrão e coeficientes de variação. FRs próximos à unidade, desvio padrão e coeficientes de variação baixos indicam boa qualidade e previsibilidade associada ao modelo em avaliação.

Outra providência que vem se tornando consenso entre os diversos autores e usuários da Reconciliação, mais aplicada no CMFCj é a utilização maciça de gráficos e de ferramentas de análise gráfica. Na RECO recomenda-se utilizar todas estas ferramentas de análises, aprofundando-se mais naquelas que melhor se aplicam às particularidades de cada situação. Veja a seguir, nas Figuras 07, 08, 09, uma seqüência de gráficos montados para acompanhar e controlar as variações diárias, mensais e anuais das seis principais variáveis químicas, considerando suas especificações, do principal produto de Carajás, o "Sinter Feed". Os valores foram normalizados, em relação à especificação básica e limites de advertência de cada variável, colocadas nestes gráficos, de forma a facilitar a visualização do comportamento do conjunto. Interessante observar a convergência para a especificação, no digrama anual, Figura 09, devido ao acentuado efeito de massa.

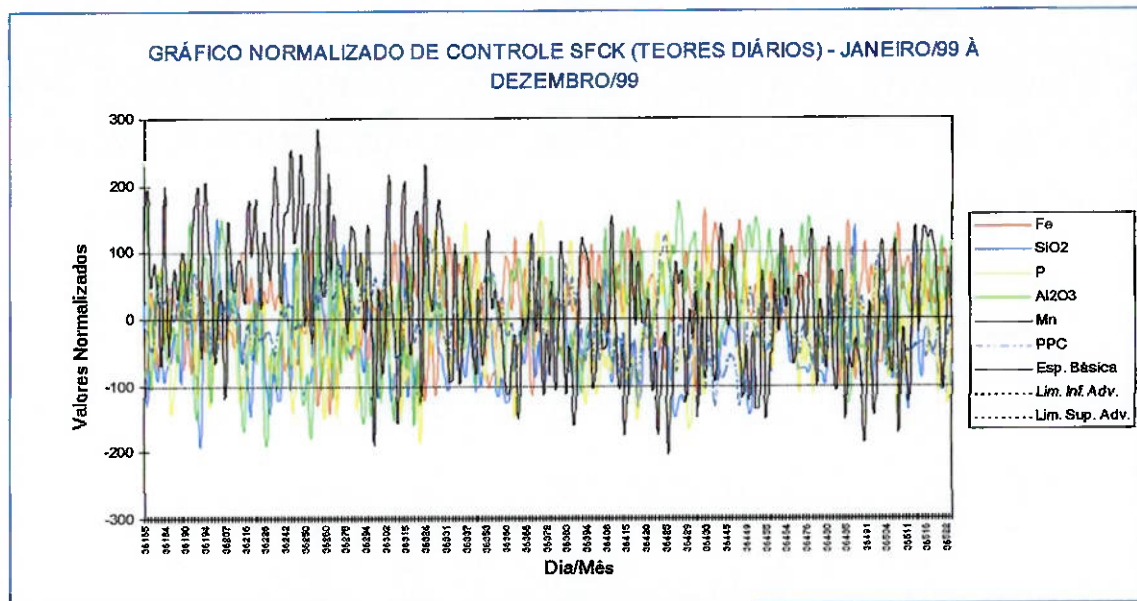


Figura 07 – Controle diário dos principais teores do sinter feed

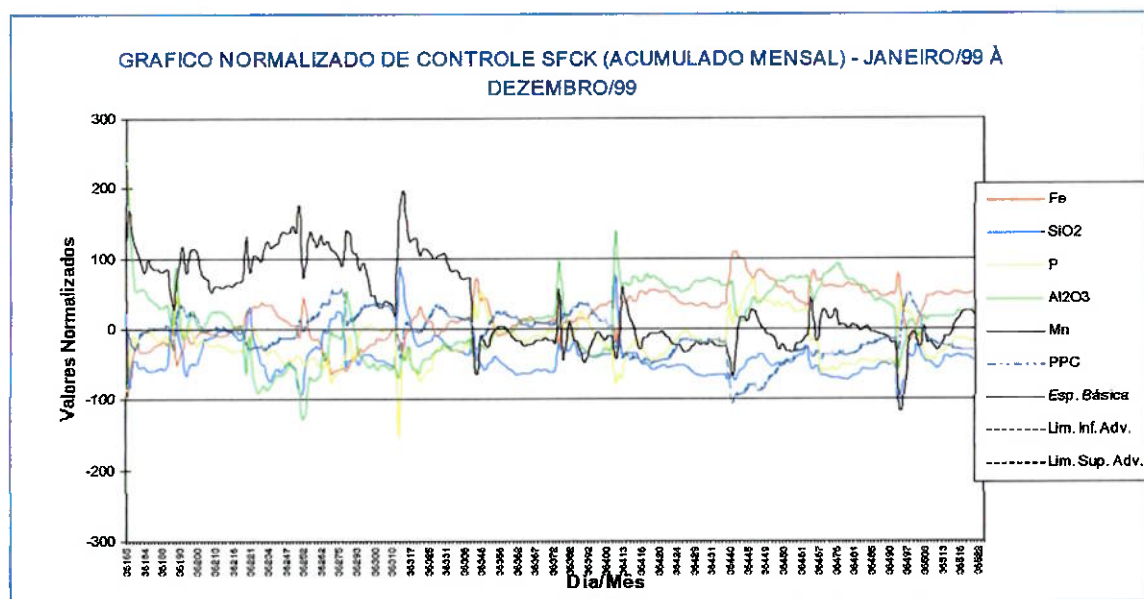


Figura 08 - Controle mensal dos principais teores do sinter feed

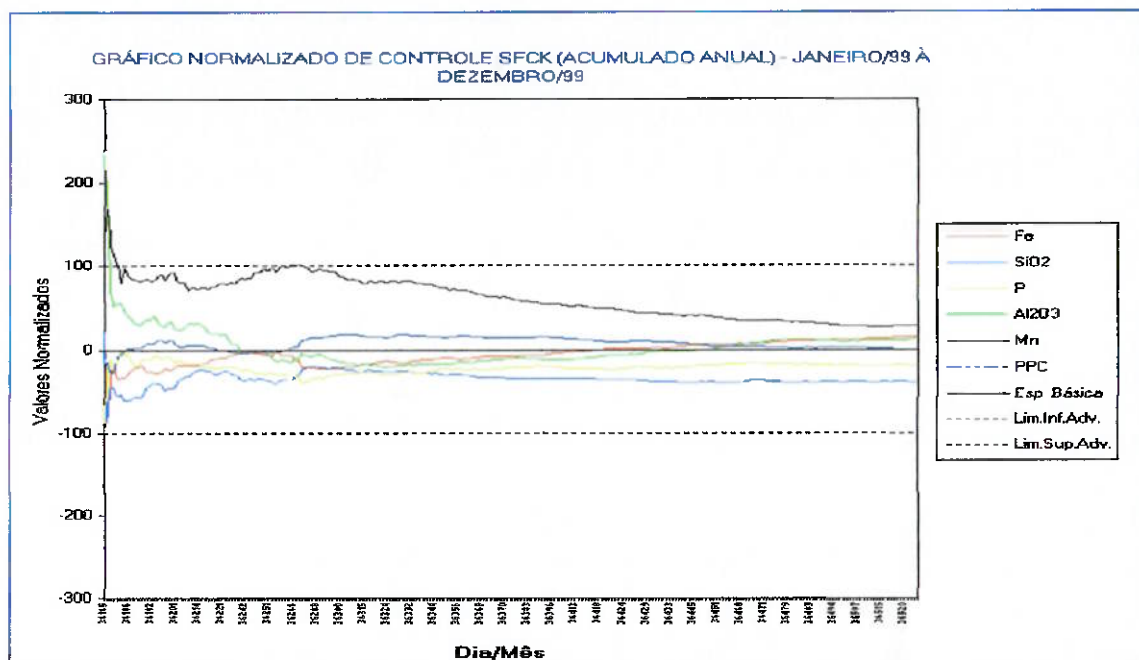


Figura 09 - Controle anual dos principais teores do sinter feed

Para a análise multivariável, chegou-se a colocar até 20 variáveis em um mesmo gráfico, uma das melhores formas de possibilitar esta importante visão de conjunto. Os não acostumados com tais ferramentas chegaram a apelidar ironicamente estas figuras, no limite da saturação, de “Gráficos Para Inteligências Superiores”. Na verdade, ironia à parte, técnicos bem preparados neste ofício conseguem tirar conclusões, visualizar tendências e correlações invisíveis de outra forma. Veja um exemplo na Figura 10, abaixo, com as principais variáveis de controle de um dos produtos. Este foi um dos gráficos utilizados para analisar problemas na produção de granulado, excesso de umidade no sinter e sua correlação com a massa de hematitas duras alimentadas de diferentes minas.

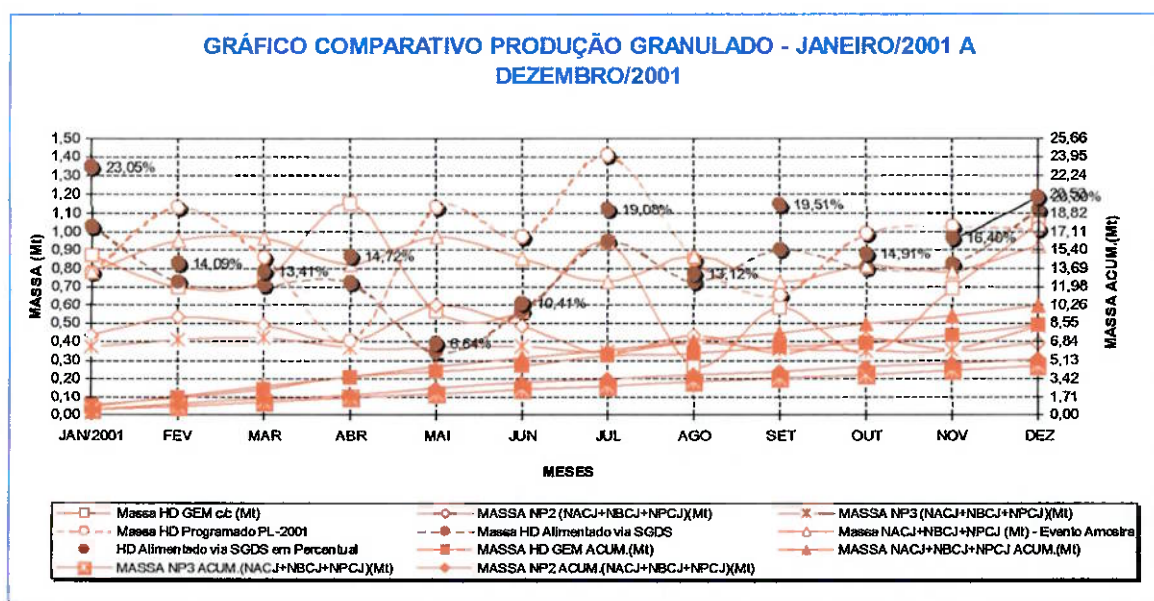


Figura 10 – Controle da produção de granulado em 2001

4.5 - Modelamento Geológico, de Blocos e de Teores

Com o passar do tempo foi se tornando cada vez mais gritante a necessidade de se levantar a real qualidade e adequação dos modelos de blocos às finalidades para as quais eram construídos, bem como a confiabilidade que se podia depositar em informações fornecidas a partir deles, para as diversas tomadas de decisão. Outro aspecto importante, era a apresentação e oficialização dos parâmetros de reservas. O caso mais expressivo ocorria nas diferenças entre os números apresentados, com base em estimativas feitas por vendedores ou compradores, por ocasião da negociação de uma propriedade mineral. Neste caso, e quando havia a necessidade de comprovar ativos minerais junto à bolsa de valores ou outros organismos do gênero, era grande a celeuma em torno os números apresentados.

Dada a escala de tempo em que se processam as alterações geológicas, a parte remanescente de uma mina em operação permanece estável in situ, a menos do minério que vai sendo submetido à depleção, e, do estéril removido. Os modelos que representam esta parte, normalmente evoluem por diversas razões, tais como acréscimo de informações, implementação de novas metodologias, contribuição de novas inteligências e tecnologias, melhor entendimento do depósito, incrementação do modelo geológico, evolução da estimativa de teores, e recentemente, revisões gerais com base nos estudos de Reconciliação.

Discussões surgem, às vezes, quanto à utilização de um modelo de blocos de longo ou de curto prazo. Aqueles que defendem as diferenças entre os dois enfatizam que o de longo se presta à estimativa, classificação de reservas, planejamento estratégico e de longo prazo, definição e alocação de trabalhos de pesquisas adicionais etc; enquanto o de curto se direciona obviamente para o planejamento de curto prazo, apontar a necessidade de aporte de mais informação de forma a subsidiar a decisão quanto ao destino do bloco, se para o britador ou para a usina, às previsões e atendimento de quantidades e qualidades a serem alimentadas na UBM e ao cumprimento das especificações. Como fisicamente o depósito mineral é o mesmo na realidade, imune a alterações quaisquer que sejam as abordagens que se utilize em seu modelamento, modelos precisos deveriam fornecer os mesmos resultados de massas e teores, implicando, pois que o modelo dito de curto prazo, seria apenas um caso particular ou um retalho mais detalhado e atualizado do modelo de longo prazo. Há os que acreditam que são coisas diferentes.

Sendo ou não, até agora na pesquisa realizada, não foram encontrados modelos de curto e longo prazo que produzem Fator de Reconciliação de Modelo de Blocos de Longo e de Curto Prazo (FRMBCL) igual à unidade, principalmente se passa a considerar avanços maiores em relação à superfície atual da mina em operação. Como regra geral, O FR do modelo de curto prazo, com a alimentação da UBM deve ser mais próximo da unidade do que o de longo prazo, para períodos mais curtos, admitindo-se distanciamento maiores para períodos superiores a um ano de previsão.

Outro aspecto polêmico é quanto à utilização da informação. É prática corrente a utilização na estimativa dos teores e parâmetros do modelo de longo prazo, apenas furos de sonda, às vezes só os mais profundos, e para o de curto prazo, as amostras de frente, ou para controle de qualidade. A decisão entre o que utilizar em cada caso ou não, quando estudos estatísticos e geoestatísticos não conseguirem fornecer pistas conclusivas, pode ser tomada com base em um teste de Reconciliação. Do ponto de vista pragmático, modelo bom é aquele que fornece previsões mais próximas possível da realidade que venha a se constatar. Ou seja, novamente pedindo para citar outro oportuno adágio popular, número 2 do MA, *"pouco importa se a vaca é preta ou branca, ou que importa é se ela dá muito leite"*. Do ponto de vista teórico, modelo bom é aquele em que se utiliza adequadamente a informação e se aplica

corretamente as tecnologias adequadas disponíveis no momento, em sua montagem. Do ponto de vista da RECO, o melhor modelo é aquele que resulta nos FRs mais próximos da unidade, para os parâmetros mais importantes.

“Modelo bom é aquele que produz resultados satisfatórios e têm um custo razoável. O que é resultado satisfatório? É o resultado que é suficientemente acurado e preciso. Acurácia tem a ver com a não sobre-avaliação ou subavaliação daquilo que se está estimando. Modelos muito pessimistas ou otimistas apresentam desvios da realidade que podem levar a decisões erradas. Precisão tem a ver com pequenas dispersões, erros acidentais desprezíveis.

A qualidade de um bom modelo depende da resposta que ele dá. Se a resposta for suficientemente acurada e precisa o modelo é bom e continuamos a usá-lo. Se a resposta for ruim deveremos aferir melhor o mesmo, adaptá-lo e em casos extremos até abandoná-lo. (ACG, 2003).”

Embora a geoestatística tenha demorado a emplacar no modelamento de teores de minério de ferro, devido a uma primeira tentativa não muito bem sucedida por volta de 1976, só no início da década de oitenta (Claret, julho 83), foram dados os primeiros passos no sentido de utilizá-la nessa área. A partir de então, já vacinada de suas doenças infantis, como já vinha acontecendo com outros tipos de minério, de fosfato, por exemplo, a geoestatística foi se difundindo pelas diversas minas de minério de ferro, até que atualmente é utilizada com sucesso em todas elas, com produção superior a 5Mtpa, e na maioria das menores. Tivemos a oportunidade de coordenar a implantação nas últimas delas (CMFFt), ano passado, inclusive com a conseqüente utilização da Reconciliação Simples.

4.6 - Topografia dos Avanços

O acompanhamento de avanços na lavra em uma mineração vem evoluindo com bastante rapidez juntamente com os métodos de levantamentos topográficos, culminando na atualidade com os assistidos por GPS (*Global Positioning System*) e equipamentos com base em *escaneamento a laser*. Estas novas técnicas permitem uma rapidez e grau de precisão cada vez maior e a custos mais baixos nos levantamentos topográficos, superfícies originais, atualizações de finais de mês, de ano e outras etapas marcantes de evolução da seqüência de lavra prevista pelo Planejamento. Nas minas mais organizadas está ficando menos complicado obter e manter em arquivo estes registros de avanços, com detalhes e precisão suficiente para se proceder ao cálculo dos parâmetros previstos e necessários para se aplicar à metodologia da RECO.

Numa RECO, de posse destas topografias, por exemplo, do final de cada período, deve-se comparar os parâmetros médios, tais como massas de minério, marginais e estéreis estimados com base no(s) modelo(s), com os efetivamente registrados como lavrados, pelo despacho, apontamento de caminhões, balanças, balanço de massa da usina ou o próprio cliente que por ele paga. Além disto, é importante manter e analisar as previsões de venda para orçamento, por volta de setembro e outubro, com a última informação divulgada no final do ano que passou. Há casos em que existe uma predileção em fechar o ano com acréscimo de produção, em relação ao previsto originalmente.

Quando tais desvios, produzido no ano menos a primeira previsão de produção, se comportam de uma forma positiva, quase independentemente das oscilações da economia, indicam a necessidade de estudar a sua causa, pois quase sempre há uma razão para isto. Intencional ou não, tal comportamento provoca efeitos danosos ao sistema produtivo de uma mina, pois implica em orçamentos abaixo dos gastos que serão demandados pelo custeio, frotas subdimensionadas para as necessidades reais levando ao risco de não cumprimento de produção, quantidade de minério liberada inferior ao mínimo necessário para permitir um cumprimento adequado das especificações, aumento de horas extras, não cumprimento dos programas de manutenção preditiva e preventiva, aumento dos índices de falhas e de quebras dos equipamentos, o que no final de tudo leva ao aumento de estresse de pessoal e custos de produção. Muito embora algumas linhas da psicologia ocupacional exorem as vantagens do estresse positivo, na realidade sobre pressão excessiva, problemas tendem a se agravar. Para olhos menos avisados, o departamento de vendas ainda fica muito bem por aparentemente ter conseguido vender acima do projetado.

Tabela 02 - Acompanhamento das Movimentações de Minério e Estéril para as Diversas Minas

REFERÊNCIA	ATÉ 85	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	SET03	TOTAL
MINÉRIO	2,00	19,52	29,88	36,58	40,08	42,69	42,83	41,61	42,37	48,06	52,76	51,38	54,53	56,16	52,44	66,02	60,13	80,89	48,61	841,06
ESTÉRIL	12,48	12,10	12,10	11,53	11,75	17,03	26,82	26,44	26,83	29,06	36,73	45,49	38,05	31,85	22,09	32,59	37,72	44,42	39,64	514,22
TOTAL	14,48	30,62	41,98	48,12	51,84	59,72	69,65	68,05	69,20	77,92	89,49	96,87	92,60	88,11	74,53	98,61	98,25	105,41	88,04	1355,27
REM	6,24	0,65	0,46	0,32	0,29	0,40	0,63	0,64	0,62	0,59	0,70	0,89	0,70	0,57	0,42	0,58	0,60	0,73	0,82	0,61

RESUMO N4-E

REFERÊNCIA	ATÉ 85	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	SET03	TOTAL
MINÉRIO	2,00	10,52	29,00	36,58	40,08	42,69	42,83	41,61	42,37	48,40	48,98	41,11	41,54	37,82	26,09	32,61	30,50	20,10	17,21	840,98
ESTÉRIL	12,48	12,10	12,10	11,53	11,75	17,03	26,82	26,44	26,83	28,88	35,63	41,26	32,62	21,67	9,66	10,10	16,02	18,63	21,35	390,69
TOTAL	14,48	30,62	41,98	48,12	51,84	59,72	69,65	68,05	69,20	77,38	84,61	82,47	74,16	59,36	34,64	42,71	46,52	36,72	38,56	1031,68
REM	6,24	0,65	0,46	0,32	0,29	0,40	0,63	0,64	0,62	0,60	0,73	1,01	0,79	0,57	0,38	0,31	0,52	0,83	1,24	0,61

RESUMO N4W-CENTRAL

REFERÊNCIA	OUT/84	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	SET03	TOTAL
MINÉRIO	0,46	0,78	10,14	4,21	3,74	0,00	0,32	0,64	0,00	23,28	
ESTÉRIL	0,00	1,10	3,69	1,43	0,14	0,00	0,02	0,00	0,00	6,46	
TOTAL	0,54	4,00	13,83	5,64	3,88	0,00	0,34	0,64	0,00	29,74	
REM	0,17	0,29	0,36	0,34	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,26	

RESUMO N4W-NORTE

REFERÊNCIA	NOV/85	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	SET03	TOTAL
MINÉRIO	0,13	0,88	11,98	15,73	15,02	17,36	13,66	10,03	93,79	
ESTÉRIL	0,44	4,00	0,57	9,01	14,26	9,37	8,22	5,08	54,84	
TOTAL	0,57	12,88	18,55	24,74	29,28	26,73	20,09	15,90	148,73	
REM	3,20	0,45	0,55	0,57	0,55	0,54	0,45	0,47	0,59	

RESUMO N5-OESTE

REFERÊNCIA	JAN/90	1990	2000	2001	2002	SET03	TOTAL
MINÉRIO	8,35	4,24	0,96	2,24	7,14	4,25	24,78
ESTÉRIL	3,15	1,29	0,09	0,11	1,23	1,58	7,44
TOTAL	9,50	5,52	0,66	2,35	8,37	5,84	32,22
REM	0,50	0,00	0,06	0,07	0,07	0,00	0,30

RESUMO N5-LESTE

REFERÊNCIA	OUT/88	1989	2000	2001	2002	SET03	TOTAL
MINÉRIO	0,01	3,84	7,80	11,26	19,26	16,21	68,22
ESTÉRIL	0,65	2,11	8,14	11,20	20,26	11,95	54,51
TOTAL	0,66	5,75	15,94	22,46	39,51	28,16	122,72
REM	46,91	0,58	1,64	1,04	1,06	0,21	0,84

OBSERVAÇÕES:

Na coluna MINÉRIO está incluso MINÉRIO P/ PULMÃO:

A lavra da Mina N4W-Central, N4W-Norte, N5-Oeste e N5-Leste iniciou-se em out/94, nov/96, jan/98 e out/98 respectivamente;

Os dados da tabela acima foram retirados do Relatório Banco/Depósito via despacho;

Os dados em relação à tonagem dos produtos foram coletados do relatório evento/amostra via SDS;

A lavra de N4W-Central foi interrompida em ago/97 e voltou em operação à partir de jan/99.

4.7 - Métodos Modernos e Mais Avançados

Uma das maiores dificuldades encontradas no planejamento de lavra é a previsão de produtos em minério de ferro. Há dez anos, após a implantação do Sistema de Despacho Eletrônico na Mina de N4E, no CMFCj, foi conceituado o Sistema de Acompanhamento de Parâmetros (SIAPA), implantado inicialmente de tal modo a permitir o cotejamento de variáveis químicas, teores (SIATE). Na fase de inicial de desenvolvimento, em 1994, as frentes de lavra eram levantadas por meio de métodos expeditos, visando registrar em um arquivo de onde estavam sendo lavrados os diversos tipos de minério, em cada unidade de tempo. As quantidades eram acompanhadas pelo despacho, cujo sistema instalado permitia monitorar os caminhões e arquivar os pesos das cargas fornecidos por suas balanças.

Posteriormente, com a evolução da tecnologia GPS, por solicitação em conjunto com minas americanas visitadas na época, diretamente ao fornecedor, foi desenvolvido e instalados os sistemas de alta precisão para escavadeiras, pás carregadeiras e tratores, que permitem controlar as quantidades e locais, onde o minério estiver sendo lavrado. Foi desenvolvida uma interface para plantas topográficas atualizadas das frentes de lavra, com o modelo de blocos, de forma que devidamente programado o sistema pode fornecer o acompanhamento de quantidades e qualidades do minério que está sendo fornecido por cada máquina de carga, cada caminhão, médias ponderadas de diversos parâmetros previstas para o ROM, com base no modelo de bloco e nas frentes de lavra.

No CMFCj, por exemplo, o GPS instalado atualmente, após dez anos de desenvolvimento e adaptação, já permite acompanhar em tempo real, a qualidade do material que está sendo escavado pela caçamba, naquele momento. Por razões práticas, no desenvolvimento do sistema que trata estes dados, foi montada uma função que estima as coordenadas do ponto médio das caçambadas que carrega cada caminhão; poderia ser para cada uma delas. Associado ao modelo de blocos, permite estimar os teores e parâmetros médios de cada carga que está sendo enviada a um determinado destino, que pode ser UBM, pilha de estoque, de marginal ou de estéril. Tais informações são tratadas e arquivadas, podendo ser utilizadas para elaboração de gráficos, como os das Figuras 11 e 12.

Da sala de controle, ou de qualquer lugar, onde houver um ponto de acesso à rede, um técnico autorizado, pode acompanhar a qualidade prevista da alimentação com a dos produtos que saem da usina. É preciso estimar o intervalo de tempo decorrido entre a medida tomada em um ponto, como por exemplo, caminhões sendo carregados com o produto final chegando à pilha de estoque, considerando o efeito silo e de estoques intermediários. Para UBMs do porte do CMFCj, esta defasagem pode atingir horas. De posse destas e outras informações disponíveis, quanto ao andamento da produção, projetar novos avanços corretivos com base no modelo de blocos, enviando as modificações a serem executadas para a tela do computador instalado na cabine de qualquer equipamento de carga, inclusive entrando em contato com o operador para fornecer instruções mais detalhadas sobre as alterações que devem ser feitas de imediato.

O sistema pode emitir avisos visuais ou sonoros, se programado para tal, além dos mapas e diagramas disponíveis na tela dos computadores dos equipamentos de carga, caso o operador avance em locais não programados, carregue estéril como minério, mesmo em noite escura e chuvosa, com visibilidade prejudicada. A tecnologia disponível e instalada hoje no CMRCj permite uma RECO quase instantânea, entre previsões com base no modelo de blocos, alimentação e produtos da UBM. Além disto, torna possível analisar os resultados e

tomar decisões, implementando correções que assegurem um melhor ajuste do sistema produtivo às metas de qualidade estabelecidas.

O SIAPA pode fornecer outros benefícios. Quando surge algum problema grave ou crônico. Neste caso, podem-se baixar os arquivos de cópia de segurança de interesse, dentro de um período situado, por exemplo, nos últimos dois anos, rever as operações e levantar as raízes possíveis e origem do funcionamento inadequado. Na Figura 11 apresenta-se uma comparação entre o previsto e realizado, para minério e estéril, acumulados por ano, na Mina d e N5E. O gráfico foi compactado para possibilitar a inclusão neste trabalho, mas no software onde foi produzido pode ser ampliado para facilitar a visualização e análise.

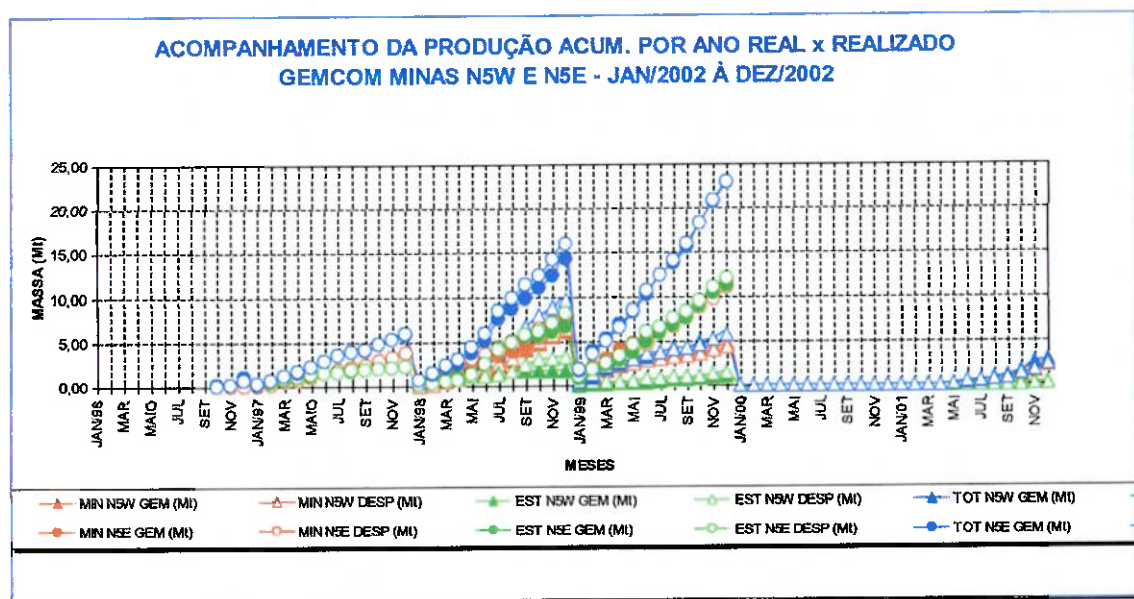


Figura 11- Controle anual das movimentações de materiais

5 – A RECONCILIAÇÃO EM OUTRAS MINAS

Conforme já mencionado anteriormente, foi realizada uma longa e extensa pesquisa sobre a evolução e aplicação da metodologia de Reconciliação, em outras minas, empresas de engenharia e fornecedoras de software. Em algumas destas minas, conforme relatado, como é o caso do CMFCj, CMFSS, CMFFt o autor se envolveu pessoalmente nos estudos desenvolvidos.

A pesquisa sobre o estágio atual da aplicação da Reconciliação, além das minas brasileiras visitadas, tais como as minas de manganês do Azul, de Urucum, Complexo Água Limpa, Morro da Mina em Jacupiranga e de níquel em Fortaleza de Minas, se estendeu a outras de cobre no Chile, como foi o caso de Chuquicamata, El Teniente, Radomiro Tomic, El Tesoro, etc. Nestas, o que foi apresentado, pode ser classificado como Reconciliação Simples, se concentrando mais em comparar quantidades de minério, teor em cobre e quantidades de metal produzida. Em El Tesoro, as diferenças entre previsto e realizado no comportamento do ROM na UBM, e por consequência na recuperação de metal, levaram a uma revisão do modelo de blocos, que estava em curso.

O resultado do levantamento nas minas brasileiras será resumido nos itens a seguir.

5.1 - Complexo de Minério de Ferro do Sistema Sul (CMFSS)

Em 2001, o CMFSS compreendia as diversas minas de ferro de Itabira, as adquiridas da antiga Samitri, Gongo Soco e Timbopeba. Neste período acompanhamos a auditoria de reservas, feita por empresa internacional, equipe de especialistas com vasta experiência ao redor do mundo, quando então já começavam a exigir a Reconciliação como um dos requisitos para a manutenção e atualização do quadro de reservas das diversas minas, e como uma comprovação da eficiência do modelo de blocos e do planejamento de lavra. Uma Reconciliação, comprovando boa aderência entre o previsto e o realizado, era considerada uma boa indicação da qualidade dos modelos, planejamento e controle da operação. Atualmente a Reconciliação é uma ferramenta de uso corriqueiro nestas minas.

5.2 - Complexo de Minério de Ferro da Ferteco (CMFFt)

O CMFFt foi adquirido em 2001, sendo composto pelas minas do Complexo Fábrica/João Pereira e Córrego do Feijão. Na época movimentava em torno de 40Mtpa de material para produzir 15Mtpa, composto por uma dezena de produtos. Em julho de 2001 procedeu-se a uma revisão completa da geologia, estimativa de reservas, planejamento de lavra de todo o complexo. Após 20 mil horas de geologia e engenharia, em que se iniciou com um levantamento completo de toda a informação disponível, incluindo a digitação duplicada de todos os dados e passagem para meio magnético das plantas topográficas e geológicas ainda em papel, em março de 2003, as reservas foram certificadas após uma semana de auditoria externa. Mais uma vez utilizou-se também, a Reconciliação Simplificada, como ferramenta complementar para aferição de modelo. Este tipo exigência por parte dos auditores já está se tornando de praxe.

Na visão de técnico da Ferteco, Engenheiro de Minas Octávio Rosa, em trabalho elaborado em conjunto e apresentado no Seminário Gemcom, África do Sul, maio de 2003, o objetivo da Reconciliação seria o de validar o modelo geológico construído, o modelo de blocos tecnológicos de longo prazo e a estimativa de teores. O processo consistiu em comparar os resultados estimados a partir do modelo de blocos com os valores obtidos com base em levantamentos topográficos, amostras de controle de qualidade (amostras de frente) e controles feitos pelo despacho.

Neste trabalho, foram analisados os avanços dos últimos três anos das minas de minério de ferro, Córrego do Feijão, João Pereira e Segredo/Ponto 23/Área 10, utilizando-se as topografias dos finais de períodos anuais. As diferenças encontradas foram maiores no estéril, da ordem de 6%, inferior ao limite de 10% recomendado pela auditoria. Quanto à qualidade dos produtos, os Fatores de Reconciliação para os parâmetro X no ponto i (FRXi) foram relativamente pequenos, inferiores a 10%, para as principais variáveis críticas. Utilizam estes fatores como correção para ajustes das previsões, embora esta prática seja desaconselhada por não ser uma solução completa para o problema, pode ser utilizada como medida provisória e paliativa, desde que se tenha consciência de sua fragilidade. Estes resultados foram considerados satisfatórios, coroando os exaustivos esforços daqueles que

tinham se empenhado na trabalhosa tarefa de montar os primeiros modelos de teores e outros parâmetros krigados, para minas complexas. Além disto, permitiu atender mais um dos requisitos impostos pela auditoria.

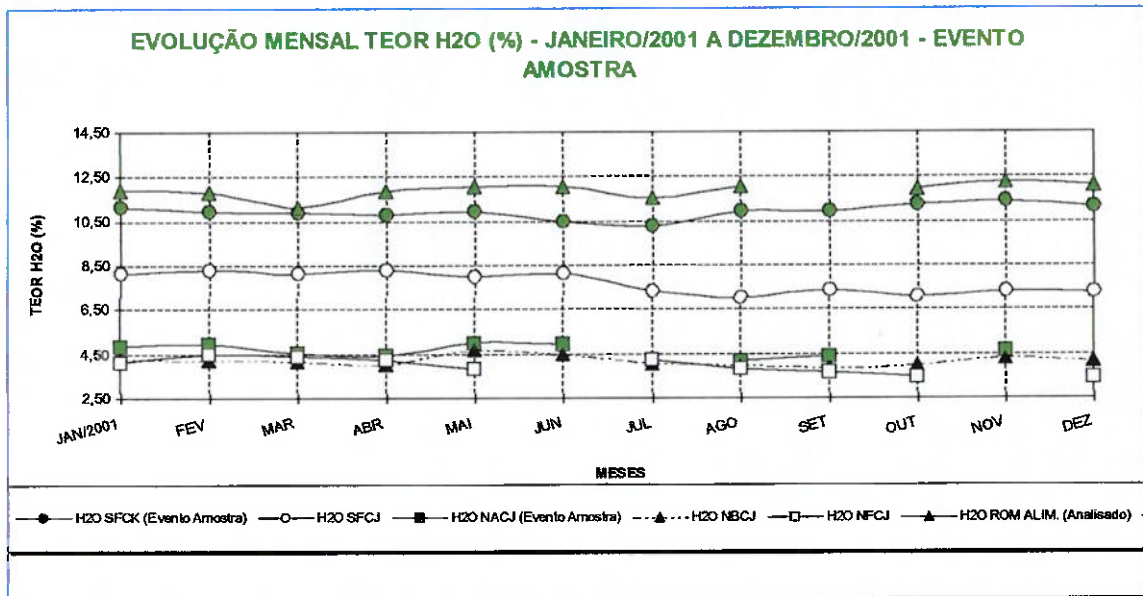


Figura 12 – Acompanhamento mensal da umidade dos produtos

5.3 - Mina Manganês do Azul

A mina de Manganês do Azul, atendendo também as recomendações da auditoria, vem executando um programa de Reconciliação bastante detalhado ao longo dos últimos três anos, procurando acompanhar e analisar mês a mês, o comportamento dos diversos parâmetros. Nesta mina, foi amostrado o rejeito da UBM, por algum tempo, visando fechar de forma menos imprecisa, o balanço de massa, e entre outras razões, aferir melhor a qualidade e massa do ROM que estava sendo alimentado. Ali, talvez, a umidade tenha sido o maior problema encontrado, fator que influencia muito na análise dos resultados obtidos em uma Reconciliação, em minérios higroscópicos, em minas situadas em regiões de alta pluviometria, em torno de 2.000mm/ano.

A faixa de variação da umidade vai de 5 a 20%, dependendo do tipo de material, condições e das diversas épocas do ano. Além das distorções introduzidas por estas variações de umidade, muito complexas e trabalhosas para serem determinadas, há o prejuízo adicional do transporte desnecessário ou inevitável de água. Para uma movimentação da ordem de 10 Mtpa e umidade média de 10%, implica na movimentação de aproximadamente 1 Mtpa de água por ano, o que, além das complicações operacionais, acarreta despesas da magnitude superior a um milhão de reais. As maiores diferenças encontradas nesta mina estão na quantidade de estéril, sendo a real bem acima da prevista, como normalmente acontece na maioria dos casos estudados.

No momento, um grupo de trabalho composto por pessoal de geologia, planejamento de lavra desta mina, consultoria nacional e nossa equipe estão elaborando uma revisão do modelo de blocos, estimativa e classificação de suas reservas, seguindo recomendações de auditoria internacional. Pela primeira vez foi colocado como meta e está

sendo solicitado no Brasil, em contrato e exigência para que seja demonstrado que a Reconciliação do novo modelo apresente melhores resultados (FRs) do que a do modelo anterior, que está sendo revisado.

No desenvolvimento do trabalho foram encontradas algumas particularidades interessantes neste tipo de estudo. Detectaram-se diferenças significativas entre os somatórios de parâmetros das 12 topografias mensais e do avanço total de 2003. As cubagens feitas inicialmente no Gemcom foram reestimadas, utilizando-se o mesmo modelo no Minesight, confirmando estas diferenças. Uma das conclusões é que as últimas versões de softwares, se bem utilizados (veja Síndrome dos Apertadores de Botão), oferecem precisão suficiente para abordar a questão, mesmo ainda não esgotando a utilização das potencialidades do recurso “needles pattern”, conforme discutido no item 5.7. Atualmente aceitam-se até 0,50% como diferença de resultados de cubagem entre dois softwares de fornecedores diferentes.

Eliminada a possibilidade da causa das diferenças ser a imprecisão dos softwares, passou-se à investigação de possíveis superposições ou buracos nas interseções das topografias mensais. Tal tarefa pode ser realizada comparando-se os conjuntos de blocos considerados nos meses com os contidos entre as topografias de 31 de dezembro de 2002 e 2003, extraíndo o conjunto “superposição ou falta”, plotando-os a cores em um modelo com as interseções dos avanços, em seções verticais, de forma a facilitar a visualização de onde está o problema.

No Azul foi montada uma programação para repetir a RECO, em um período que no caso era de um ano, quase automaticamente, permitindo testar de forma interativa, montagens diferentes para o modelo, tais como alternativas de ajustes variográficos, auréolas, ou de outros parâmetros de krigagem, analisando o resultado pelos FRs produzidos. Em caso de dúvidas, melhores FRs indicam e realimentam a estratégia mais adequada a ser seguida.

5.4 - Complexo das Minas de e Ferro de Gongo Soco (CMFGS)

De todos os estudos Reconciliação que se teve conhecimento durante a pesquisa realizada, além do CMFCj, a Mina de Gongo Soco foi a que apresentou o mais completo, com uma abordagem teórica muito bem fundamentada e conceituações excelentes, apresentadas em um detalhado Relatório, datado de outubro de 2002.

O objetivo declarado era de levantar possíveis diferenças entre as produções planejadas e realizadas, em termos quantitativos e qualitativos, e com base neste estudo, implantar um sistema de planejamento e controle mais efetivo da operação mineira. Neste desenvolvimento foi utilizada uma grande quantidade de dados, existentes nos arquivos, porém ainda não suficientes, gerados pelas várias campanhas de sondagem, controle intermediários efetuados ao longo do processo produtivo, até os de embarques dos respectivos produtos.

Além de outros, ressalta-se alguns aspectos relevantes do Relatório, como por exemplo, uma conceituação muito bem elaborada do fluxo de massa e de informações no sistema produtivo, Figura 13, de uma forma bastante didática, o que facilita o entendimento dos seis FRs, definidos e estudados no caso. Pode-se entender claramente também, a definição

do “*Mine Call Factor (MCF)* e do *Block Call Factor (BCF)*”, conforme utilizado desde o início pela a nomenclatura sul-africana.

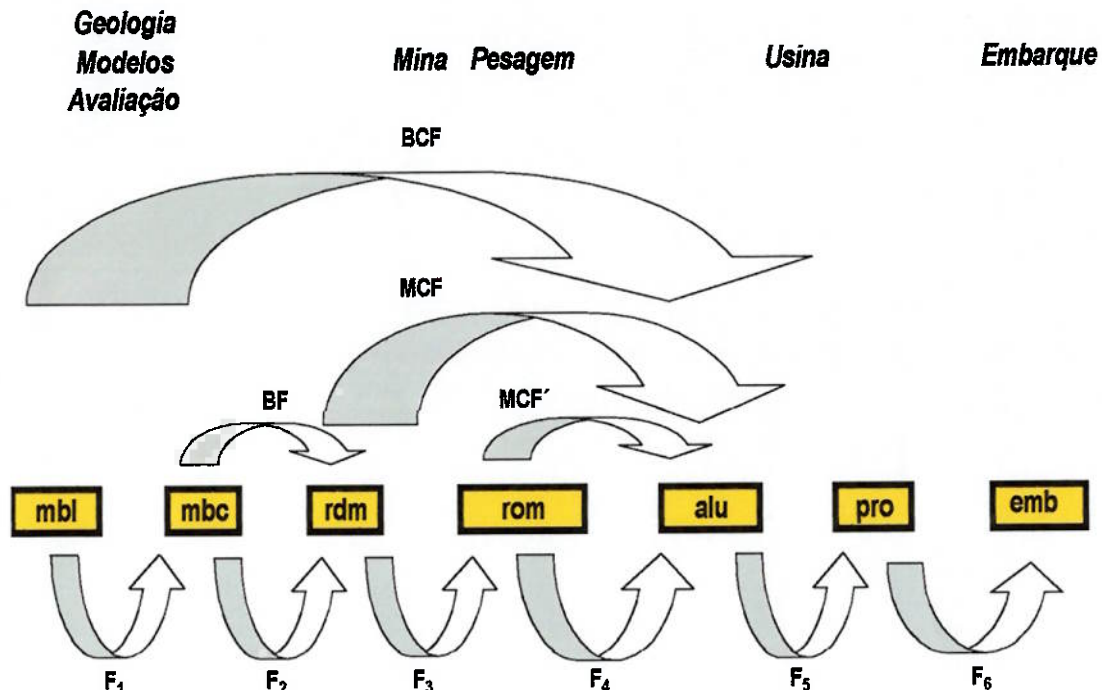


Diagrama de Fluxo e de fatores apresentado na Reconciliação de Gongo Soco.

Figura 13 - Fluxograma ilustrativo para definição de Fatores de Recuperação utilizados.

O sistema produtivo foi detalhadamente estudado, considerando as operações da mina, usina, estoques e embarques. Os fatores de reconciliação foram levantados para os quatro principais produtos. Após calculá-los foi feita uma análise estatística, considerando principalmente o valor de seis FRs, seus desvios padrão e coeficientes de variação.

Como conclusão desta análise, uma das mais completas que se teve conhecimento no amplo levantamento realizado, com notável aproveitamento dos dados disponibilizados, foram emitidos interessantes comentários sobre os FRs encontrados, resultando em torno de uma dúzia de importantes recomendações, priorizando as ações a serem tomadas para atacar as causas e reduzir os problemas diagnosticados, de forma a adequar e dar maior confiabilidade às previsões e projetos de Gongo Soco. Foram, por exemplo, ressaltadas a questão da amostragem e umidade. Não há informações ainda sobre a continuidade dos estudos e providências tomadas após o completo e detalhado diagnóstico.

5.5 - Complexo das Minas de e Ferro de Água Limpa (CMFAL)

No caso do Complexo das Minas de e Ferro de Água Limpa, de acordo com informações fornecidas por técnicos envolvidos com o estudo, em um primeiro estágio em 2002, foi colocado como objetivo, desenvolver metodologia de aplicação e conferir o planejamento de lavra e a precisão do modelo, avaliar e identificar oportunidades de melhoria nos sistemas de apontamento, nos levantamentos topográficos, nos métodos de cubagem e nas densidades utilizadas nos modelos de blocos. Os dados referentes às massas de minério e estéril apontadas, nas duas minas estudadas (Cava de Água Limpa e do Cururu) foram fornecidos pelo planejamento de curto prazo.

O estudo de Reconciliação desenvolvido mostrou tendências já verificadas em outras minas, ou seja, valores de “*Block Call Factor*” – Fator de Reconciliação de Modelo de Blocos (FRMB), “*Exploitation Factor*” – Fator Reconciliação de Lavra e Planejamento (FRLP) e “*Transporte Call Factor*” – Fator Reconciliação de Transporte e Usina (FRTU) “*Recovery Factor*”, menores para o ROM e significativamente mais altos para aqueles aplicáveis ao controle das massas de estéril movimentadas. Estas diferenças, que sempre se mostram acentuadas em quase todos os primeiros testes de Reconciliação, foram devidamente analisadas e tomadas como base para orientar os estudos subsequentes, necessários para o ajuste da precisão das previsões do planejamento de lavra e das ferramentas utilizadas para isto, entre elas o modelo de blocos.

Um ponto de destaque nos estudos de Reconciliação em desenvolvimento no CMFAL foi a atenção dispensada a precisão com a estimativa de volumes, um fator fundamental, que é ignorado na maioria das vezes. Para isto foram feitos testes comparativos, uma Reconciliação específica com os softwares disponíveis, Datamine e Vulcan, visando definir a melhor ferramenta de cubagem. Veja maiores detalhes no item 5.7

5.6 – O Caso de Uma Grande Mina do Quadrilátero

Nesta pesquisa realizada, teve-se acesso também ao estudo de Reconciliação de uma mina de ferro, fora do grupo das pertencentes ao Grupo CVRD. Esta mina foi recentemente submetida a uma detalhada auditoria, de nível 3, conseguindo aprovação e endosso de suas reservas, demonstrando que de acordo com a opinião dos auditores, o modelo geológico, de blocos, planejamento de lavra e operações de mina, foram encontrados com boa qualidade técnica e operacional. Como prova complementar da qualidade do seu modelo, pode-se observar na Tabela 03 a seguir, onde estão resumidos os principais parâmetros obtidos em Reconciliação para um período de seis meses, FRs muito próximos da unidade. Isto comprova a alta correlação entre a qualidade da Reconciliação, a qualidade dos modelos e até do sistema produtivo.

Tabela 03 – Reconciliação Teores, Comparação entre programado e Real em uma mina de Ferro.**Período: Agosto de 2002 a Janeiro de 2003**

		Tonelagem	Química				
			Fe	SiO2	Al2O3	P	Mn
ago/02	Programado	1.514.000	60,07	9,04	1,59	0,044	0,53
	Realizado Pilhas	1.436.219	61,10	9,01	1,44	0,052	0,47
	Realizado Modelo Blocos	1.469.209	60,62	9,50	1,68	0,048	0,52
set/02	Programado	1.440.000	60,47	9,05	1,60	0,051	0,69
	Realizado Pilhas	1.183.634	60,08	10,51	1,50	0,051	0,51
	Realizado Modelo Blocos	1.419.686	59,42	10,82	1,57	0,056	0,60
out/02	Programado	1.500.000	60,12	9,83	1,55	0,052	0,55
	Realizado Pilhas	1.371.461	60,98	9,35	1,50	0,055	0,43
	Realizado Modelo Blocos	1.451.177	59,28	10,99	1,53	0,049	0,57
nov/02	Programado	1.455.000	60,32	9,90	1,70	0,051	0,28
	Realizado Pilhas	1.458.676	60,36	10,28	1,59	0,059	0,32
	Realizado Modelo Blocos	1.486.720	59,75	10,88	1,51	0,049	0,47
dez/02	Programado	1.500.000	60,65	9,91	1,41	0,051	0,35
	Realizado Pilhas	1.244.963	59,99	11,12	1,56	0,054	0,21
	Realizado Modelo Blocos	1.419.003	60,20	10,18	1,47	0,058	0,30
jan/03	Programado	1.530.000	60,64	9,98	1,59	0,052	0,34
	Realizado Pilhas	1.339.721	61,04	9,18	1,70	0,062	0,33
	Realizado Modelo	1.410.262	61,07	8,66	1,54	0,060	0,37
Global	Programado	8.939.000	60,38	9,62	1,57	0,050	0,46
	Realizado Pilhas	8.034.674	60,61	9,87	1,55	0,056	0,38
	Realizado Modelo	8.656.056	60,05	10,18	1,55	0,053	0,47

5.7 – Softwares e Fornecedores

Nesta área de conhecimento, conforme já abordado no caso específico do CMFCj, item 4.7, softwares e seus fornecedores representam um papel importante.

Na Mina de Água Limpa, item 5.5 (CMFAL), foram testados os softwares Vulcan e Datamine. No Vulcan foram avaliadas as seguintes funções: . “*Pit Topography*”- geram sólidos entre duas superfícies com boa precisão, pois trabalha com “*Proportional Cell Evaluation*”, tipo de cubagem na qual os blocos selecionados como pertencentes a um avanço ou geometria de um plano de lavra são cortados exatamente aonde as paredes do sólido os interceptam. Esta ferramenta é adequada para cubagens entre superfícies sem irregularidades acentuadas. Não se mostrou eficiente onde existiam apenas avanços, ou onde as topografias consideradas além destes avanços, apresentavam aterros ou problemas de edições.

. “**Boolean**” - gera sólidos entre duas superfícies e permite algumas operações que não são possíveis no “*Pit Topography*”. Fornece boa precisão, pois também utiliza o conceito de “*Proportional Cell Evaluation*”.

. “**Extract Cells**” - extrai os blocos do modelo entre duas superfícies. Sua precisão é um pouco inferior aos dois métodos anteriores, porque trabalha com “*Full Cell Evaluation*”, ou seja, considera ou não os blocos pelo centróide, conceito de acordo com o qual, se o centro do bloco está entre as superfícies ele é extraído, se está fora, não. Pode sofrer desvios significativos nos casos em que as irregularidades das formas, das dimensões ou tipo do avanço estimado sejam relativamente pequenas em relação ao tamanho do bloco. Em casos normais, os desvios tendem a se compensar. Esta ferramenta, apesar de não ter a mesma precisão de outros métodos, mostrou-se adequada para os tipos de topografias em estudo. A empresa Maptek, fornecedora deste software, informou que a está implementando para que passe a operar com o conceito de “*Proportional Cell Evaluation*” e, consequentemente melhore sua precisão.

Testes similares foram feitos no software Datamine, visando checar os resultados obtidos, por processo semelhante ao utilizado no conceito de “*Extract Cells*”. Não foram fornecidas maiores informações sobre os resultados desta etapa. Após vários testes e análises, decidiram pela utilização do conceito “*Extract Cells*” no Datamine. Ainda visando eliminar possíveis desvios em função de erros de topografia, aterros, pilhas de estéril etc., após a extração dos blocos entre as topografias, fazem uma segunda extração entre um sólido gerado a partir do contorno das áreas de lavra”.

Numa Segunda etapa, foi gerado um sólido através da interseção das duas superfícies e cubado pelo processo EVW, que usa o conceito “*Proportional Cell Evaluation*” ou seja, corta o bloco no contato do sólido ponderando somente o percentual da massa que está no seu interior. Ainda visando eliminar possíveis desvios em função de erros de topografia, aterros, pilhas de estéril etc., após a extração dos blocos entre as topografias, fez-se uma segunda extração dos blocos localizados efetivamente fora da área de lavra. Os resultados não foram os mesmos obtidos no Vulcan. A massa total cubada pelo Datamine foi 2,92 pontos percentuais menor que a alcançada no Vulcan, ficando então com valores mais próximos do medido pelas balanças de caminhão.

Por sua vez, a PROMINAS, Projetos e Serviços de Mineração Ltda, contratada em 2002, para fazer um estudo de Reconciliação de Reservas na Mina de Gongo Soco, apresentou no seu Relatório Final, uma das mais completas abordagens em língua portuguesa, sobre o tema. Além disto, esta empresa de Engenharia cedeu para consulta, uma apresentação na qual também aborda com muita propriedade o referido assunto. Conforme já comentado, está previsto utilizar em trabalho de estimativa e classificação de reservas, que se encontra em desenvolvimento na Mina de Manganês do Azul, os recursos do software *MineSight*, sob exigência contratual, de que a Reconciliação do novo modelo seja melhor do que a do anterior, que está sendo revisto. Veja mais detalhes no item 5.3.

De acordo com informações fornecidas pela Prominas, que representa o *MineSight* no Brasil, este software possui ferramentas de controle de Reconciliação, como o “*IP – Interactive Planner e MineSight Operations*”, que permitem ao usuário atuar preventivamente no controle de seus parâmetros e efetuar customizações, adequando assim seus boletins, relatórios e medições aos padrões de sua empresa. Permitem também controlar a produção “*on-line*” atuando de forma corretiva e manipulando tempos e movimentos dentro do sistema produtivo. Não foi explicado como.

Embora seu software já tivesse sido utilizado em outras minas, como as do CMFCj - Complexo de Minério de Ferro de Carajás e CMFFt - Complexo de Minério de Ferro da Ferteco, a GEMCOM foi consultada sobre o assunto, informou que dispõe, há bastante tempo, de ferramentas tais como “*partial cell*” e técnicas de integração volumétrica baseada em intersecções de blocos, entre superfícies e/ou escavações, e simultaneamente, com diversos tipos de materiais. Desde 1997, o Sistema Gemcom for Windows, (hoje GEMS), disponibiliza para seus usuários, metodologias muito avançadas para a análise volumétrica e cálculo de volumes entre superfícies. Esta metodologia aplicada, com sucesso em diversas empresas de mineração no mundo, está inclusive sendo objeto de um estudo de mestrado na Universidade Federal de Minas Gerais.

O Sistema GEMS, na sua versão 5.2, mais recente, no menu “*volumetrics*”, torna possível de se aumentar o grau de precisão no cálculo de volume de um avanço de lavra, ou entre duas superfícies levantadas, permitindo atuar na definição do comando “*needles pattern*”, ou seja, o nível de integração volumétrica. Adicionalmente está desenvolvendo, em parceria com uma grande mineradora estrangeira, uma solução chamada “*Mine Production Management Solution*”, cujo objetivo é integrar todas as atividades técnicas de uma empresa de mineração a um banco de dados, de forma a permitir uma integração total do processo produtivo e sua ligação aos sistemas comerciais desta empresa. Um benefício direto do programa será a rapidez nos estudos de Reconciliação, que no caso da inclusão de todos os setores produtivos ao Sistema, poderá ser feita com periodicidades, como por exemplo, para cada turno de produção. A primeira versão comercial deverá ser disponibilizada nos próximos seis meses. O diagrama abaixo representa o Sistema MPMS em desenvolvimento.

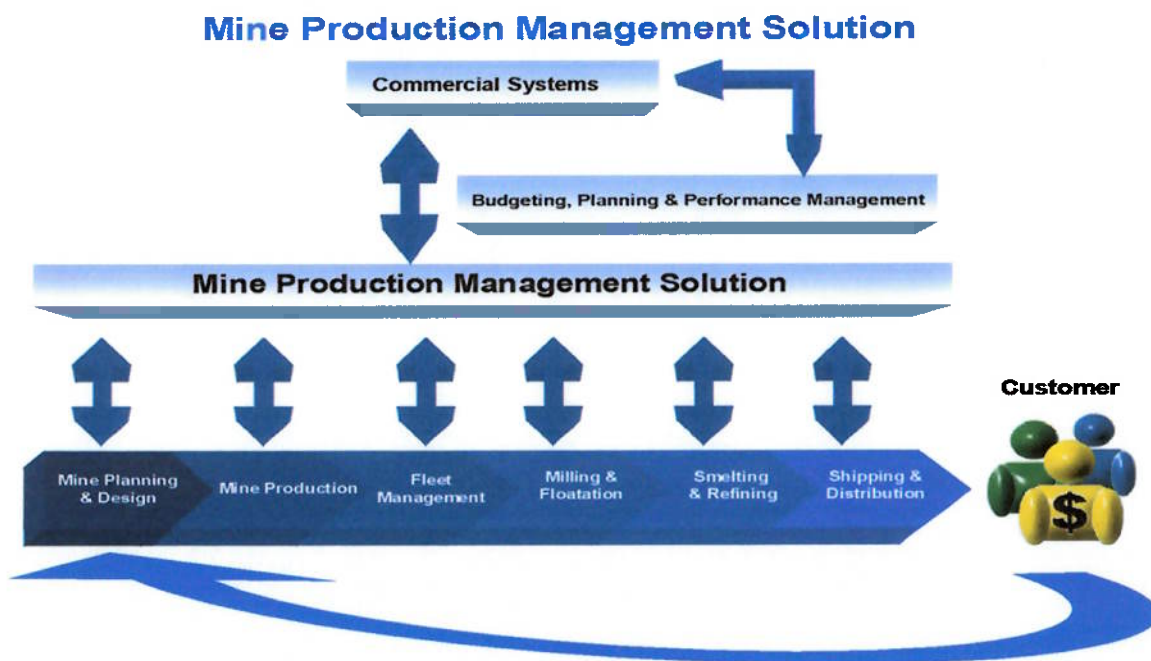


Figura 14 – Fluxograma de gerenciamento da produção e reconciliação

6 – OUTRAS APLICAÇÕES MENOS USUAIS DA RECO

Considerando a definição geral da RECO, Reconciliação Completa, ou seja, comparar o previsto com realizado, introduzir as correções necessárias visando refinar o modelo e adequar a precisão das previsões necessárias para as tomadas de decisão, serão discutidos a seguir, alguns casos que são praticados em empresa de mineração e que podem ser classificados como RECO.

6.1 - Acompanhamento de Desempenho Econômico de Projetos

Um fato observado, é que está se tornando cada vez mais comum nas empresas modernas, além do simples Programação e Controle da Produção (PCP), fazer um monitoramento da performance dos seus projetos, desde a abertura de novas minas, aquisições, investimentos em melhorias, focando inclusive no desempenho dos parâmetros econômicos, previstos e assumidos no fluxo de caixa que suportou a decisão em se implantar o projeto e realizar o investimento envolvido. Esta abordagem pode ser incluída também no conceito de RECO. Ou seja, no conceito da Reconciliação Completa, deve-se armazenar as informações em banco de dados, elaborar os estudos de comparação de qualquer parâmetro cuja previsão seja importante como suporte na tomada de decisões, na qualidade dos produtos ou que tenha importância no desempenho econômico do empreendimento mineiro, conferindo sua execução com os parâmetros que tinham sido prometidos para aprovação dos investimentos necessários.

Este tipo de Reconciliação permite de uma forma clara, que a alta gerência confira as estimativas, previsões e planejamento elaborado pelos seus especialistas, e, por sua vez, que a diretoria, presidência ou conselho de acionistas, acompanhem a produção, o desempenho real, e compare a performance da empresa em relação ao prometido na época de solicitar a liberação de preciosos investimentos.

6.2 - Análise e Validação de Novos Softwares

Como outra utilização prática, a Reconciliação que tem sido eficiente para clarear dúvidas de uma forma incontestável, economizando tempo e alongamento de discussões inglórias, na validação ou certificação de softwares. É muito difícil entrar a fundo nos detalhes de algoritmos, linguagem e programação de um novo software, a tal ponto de conseguir atestar a sua validade ou não para determinado fim. Até porque haverá uma certa resistência natural de seu criador em divulgar abertamente tais particularidades.

Na prática, o melhor caminho encontrado foi tomar programas já reconhecidos, de uso corrente no mercado, produzindo resultados já aceitos pela comunidade de especialistas sobre o assunto, efetuar-se um mesmo cálculo e comparar o produto do novo software a ser testado com os destes já testados. A comparação destes resultados poderá utilizar as mesmas ferramentas estatísticas e gráficas usadas na análise de RECO. Se houver alguma discrepância de resultados com os demais, recomenda-se uma reavaliação de algoritmos e de programação deste novo software, tarefa que seu criador poderá executar, até

que a RECO comprove a validade da sua habilitação. É importante, além dos resultados, comparar também o tempo de processamento, etapas intermediárias, facilidade de operação pelo usuário e facilidades de visualização gráfica.

6.3 - Análise de Previsões de Vendas e Orçamento

Embora não muito usual e pareça uma aplicação de menor importância, um acompanhamento das previsões de venda, ao longo dos anos poderá mostrar alguns aspectos interessantes. Por exemplo, pode indicar que compradores de produtos tendem a fazer estoques antes das negociações de preço, de forma a poder criar um falso efeito de desaquecimento de demanda, antes e durante estas negociações. Isto ocorre quando estas negociações são feitas em rodadas, em que se defrontam representantes do bloco de compradores e de fornecedores. Desta forma, para contratos com reajustes de preços anuais, normalmente no início do ano calendário, alguns clientes tendem a se preparar, aumentando previamente os níveis de estoques para poderem entrar neste período com demanda virtualmente mais baixa.

Este artifício pode confundir e levar o fornecedor a interpretações errôneas, sendo induzido a orçamentos sub-dimensionados e às consequências apontadas anteriormente. Havendo um acompanhamento com arquivo destas possíveis flutuações, comparando a evolução das previsões com a demanda efetivamente concretizada, é possível detectar estas nuances, e preparar o sistema produtivo para cumprir o real programa de produção, principalmente quanto aos aspectos de planejamento de lavra, desenvolvimento da mina e liberação de tipos de minério.

6.4- Amarração de Levantamentos Topográficos e Aerofotogramétricos

Reconciliação também é feita visando conferir a precisão de levantamentos topográficos, principalmente os realizados para reconhecimento de grandes áreas, por meio de aerofotogrametria, fotografia de satélites etc. A evolução tecnológica tem possibilitado o desenvolvimento de equipamentos mais precisos contribuindo para avanços expressivos nestas áreas. Levantamentos recentes, feitos em áreas extensas, mostraram a rapidez e praticidade destes métodos, mesmo em regiões com cobertura vegetal intensa, período prolongado de estação chuvosa, localização ínvia e de difícil acesso. A grande dúvida que restava quanto à sua aplicabilidade era quanto à relação custo precisão, quando comparado aos métodos topográficos tradicionais. Foi possível dirimir melhor esta questão com o uso de uma Reconciliação Especial.

Para conferir (reconciliar) um levantamento aerofotogramétrico realizado em grande jazida de minério de ferro, ainda intocada, na região do CMFCj, foram selecionados alguns pontos notáveis, em torno de 30, tais como pontes, bifurcação, afloramentos ou acidentes topográficos marcantes. Em seguida, técnicos agrimensores foram ao campo com um par de GPS de alta precisão, conectados por rádio, capazes de levantar pontos com margem de erro da ordem de 1cm na horizontal 2cm na vertical, para coletar as coordenadas destes pontos, visando entre outros objetivos acertar possíveis distorções de escala, introduzidas pelo método e conjunto de equipamentos, tais como avião, imprecisão do GPS

do próprio avião, movimentos de rotação ou translação nas tomadas de fotos causadas por oscilações no voo.

Complementando este procedimento, foram sorteados aleatoriamente outros tantos pontos. A análise estatística de comparação das amostras com pontos inferidos das curvas de nível da planta produzida mostraram um desvio médio de $\pm 1\text{m}$, aceitável para os objetivos propostos. Permitiu também a correção de escala, redução do tempo gasto, aceleração do cumprimento dos prazos sempre urgentes, economia com redução de gastos para um décimo do custo em relação ao processo clássico, com a precisão, que poderia ser o problema, confirmada pela Reconciliação. Equipamentos a laser já prometem dobrar precisão, porém a um preço ainda alto.

Este mesmo sistema foi aplicado no levantamento para atualização fotográfica e topográfica da província carbonífera da região de Criciúma, em Santa Catarina, onde foram produzidas plantas em diversas escalas, variando de 1:5000 até 1:50000. O resultado já foi testado com sucesso em diversas aplicações.

Este tipo de Reconciliação, também tem sido muito utilizada em trabalhos voltados para base de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Munido, por exemplo, com GPS de alta precisão, o técnico também vai ao campo levantar pontos notáveis, visíveis ou localizáveis na entidade que se quer checar. Utilizando um conjunto destes pontos estrategicamente distribuídos, se consegue aferir a confiabilidade ou até mesmo a precisão de determinada planta ou foto, seguindo metodologia descrita acima.

6.5 - Conferência de Furos de Sonda

Está se tornando cada vez mais usual a utilização da Geometalurgia para previsão do comportamento de minério nas UBM, de forma a melhor definir rotas de processos para novos projetos, ou para ajustar ou otimizar a operação de plantas de tratamento de minérios já em funcionamento. Para melhorar a representatividade destes testes, chamados de Testes Padrão (TP), tornam-se necessário à utilização de massas maiores do que as fornecidas pelos testemunhos usuais de sondagem. Este problema vem sendo contornado pela sondagem chamada de grande diâmetro, acima de 100mm, que por sua vez ainda sofre de algumas restrições, como, por exemplo, alto custo e limitação de alcance em profundidades acima de 200m. Devido à demanda de massas maiores para estes TPs, em caso de diâmetros normais, às vezes torna-se inevitável a destruição de todo o testemunho com utilização completa da amostra produzida. Além da devida documentação, nos últimos anos, começou-se a utilizar o registro fotográfico, possibilitado com abundância de detalhes pelas modernas câmeras digitais.

Em caso de negociação da jazida ou do empreendimento mineiro, alguns profissionais da empresa compradora, costumam ainda exigir, como prova material da sondagem, os testemunhos, ou pelo menos parte deles. Em falta desses, casos existem em que se sorteia ou escolhe alguns furos estratégicos, perfurando-se ao lado, o mais próximo possível procurando-se manter os mesmos parâmetros do furo a ser checado e que consta da documentação do depósito mineral em negociação. De posse dos resultados, estes são reconciliados, utilizando-se processos estatísticos similares aos já descritos. Especialistas em cada item avaliam o grau de semelhança e de veracidade das informações apresentadas, e com

base nesta reconciliação decide-se pela necessidade de mais furos, ou até pela desistência da aquisição.

Processo similar pode ser adotado para verificar comportamentos não analisados em campanhas anteriores, ou com medidas deficientes executadas com metodologia inadequada ao caso, como por exemplo, furos profundos, acima de 300m, feitos sem a necessária medição de desvio. Analisam-se os desvios obtidos na campanha de furos novos, com utilização de metodologia apropriada, verifica se há um padrão de desvio e aplica-se este padrão aos furos antigos. Mesmo não sendo uma correção perfeita para substituir a ausência de medidas, há casos em que se consegue reduzir o erro envolvido ao aplicá-la.

7 - CONCLUSÃO

“A idéia de que planejar significa adivinhar o futuro é simplesmente absurda. Planejamento não é previsão. Qualquer tentativa de fazer isto é tolice. Os seres humanos não podem predizer o futuro. A melhor maneira de controlar o futuro é construí-lo” (Peter Drucker).

Pode-se interpretar a asserção de Peter Drucker como sendo uma recomendação de que a melhor forma de lidar com o futuro é ir construindo-o enquanto passa-se o tempo. O melhor jeito de começar esta construção é através de um bom Planejamento. E o que é este chamado bom Planejamento? Um dos meios mais eficientes de avaliá-lo, de verificar se ele está produzindo bons resultados, é através da Reconciliação. A RECO, conforme definida neste trabalho, oferece ferramentas para que este Planejamento possa ser calibrado, otimizado quanto à aplicação de recursos dispendidos, permitindo ajustar as previsões dentro de faixas de variações estabelecidas para cada um de seus parâmetros, de forma a se obter o melhor resultado, e fornecer as bases necessárias para esta almejada construção do futuro. Esta foi uma das conclusões alcançadas após anos de estudo, de aplicação e de acompanhamento dos trabalhos desenvolvidos por empresas e colegas da área mineral.

A Reconciliação permite dar uma olhada para os erros e acertos do passado, de uma forma, mais do que racional, estatística, permitindo ir ao busílis da questão, além do primeiro estágio que é simplesmente evitar a repetição destes erros, passando a utilizá-los como matéria prima, juntamente com os acertos, para a composição de um dos mais importantes passos, que é a correção e direcionamento para o caminho mais adequado. A RECO utiliza o conjunto como base para minimização destes erros cometidos e maximização dos acertos venturos.

Aplicada conforme conceituada, na indústria mineral, a RECO permite também evitar ou corrigir os cinco erros clássicos mais perversos da mineração, repassados a seguir:

1º - construção de estruturas permanentes ou a disposição de estéril sobre locais onde ocorre minério, que no futuro, poderia ser lavrado economicamente;

2º - remoção de estéril sem a correspondente liberação de minério, fora dos limites da cava definida como final;

3º - resulta da transvariação dos dois primeiros, ou seja, remover estéril fora dos limites da Cava Final e depositá-lo dentro destes limites, por falta do seu conhecimento a priori;

4º - alimentar estéril, material mineralizado abaixo do teor de corte econômico, na planta de beneficiamento e/ou depositar minério, material mineralizado acima do teor de corte, na pilha de estéril;

5º – impossibilidade de atender os contratos de venda firmados, de entregar os produtos nos prazos ou especificações requeridas, devido à falta de frentes de minério liberado suficientes e com qualidade.

Estes erros não poderiam ser encontrados em novas minas, abertas na última década, quando já dispunham de outras tecnologias e da Reconciliação, que se bem aplicadas eliminariam a possibilidade de cometê-los. A ocorrência deles é extremamente danosa e não é tão rara como deveria. A RECO permite também diagnosticá-los e corrigi-los, caso existam, em minas em operação há mais tempo, como é o caso do Morro da Mina, de manganês em Lafaiete, onde está se iniciando a aplicação destas técnicas este ano. Esta mina completou um século de atividades em 2002, e é uma das mais antigas do Brasil. Ou evitá-los, em novos projetos, como é o caso da mina de cobre do Sossego, em Carajás, que está entrando em produção este ano, já aplicando a Reconciliação.

Além disto, ficou claro também, os grandes benefícios da metodologia da Reconciliação Completa, na aferição do Planejamento de Longo, Médio e Curto Prazo, o ajuste das especificações e do investimento em informação, para que esta atinja os níveis suficientes para se elaborar o bom planejamento e gerenciamento do empreendimento e de suas operações. Para concluir é preciso ser lembrado que, embora índices bons de Reconciliação e FRs próximos da unidade (100%) seja um bom indicador da qualidade do modelo, principalmente para planejamento de curto prazo, não são suficientes para garantir sua precisão em previsões para longo prazo. A Reconciliação é mais um instrumento de análise, sendo assim, não pretende substituir ou menosprezar, mas complementar as ferramentas e metodologias já consagradas, para montagem de modelos, projetos, estudos de planejamento e previsões.

Referências Bibliográficas

Appleyard, G R, 2001. *An Overview and Outline*, in *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 3-12 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Campos, Antonio Claret A, 1983 - Relatório de Avaliação de Reservas da Mina de Águas Claras, Relatório Interno.

Gilfillan, J and Levy, IW, 2001. *Monitoring the Reserve in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 537-544 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Hill, J and Appleyard, G R, 1999. *Ore Reserve Estimation Practice and the Investment Decision. Presented at MRE21, Australian Mining Consultants.*

Pevely, S, 2001. *Ore Reserve, Grade Control and Mine/Mill Reconciliation Practices at Mc Arthur River Mine, NT*, in *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 567-578 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Pitard, FF, 2001. *A Strategy to Minimise Ore Grade Reconciliation Problems Between the Mine and the Mill*, in *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 557-566 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Schofield, NA, 1998. *The Myth of Mine Reconciliation*, in *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 601-610 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Stephenson, P R and Vann, J, 2001. *Common Sense and Good Communication in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* (Ed: A C Edwards), pág. 13-20 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).

Snowden, V, 1994. *Improving Predictions by Studying Reality – R. Dimitrakopoulos (ed.) Geostatistics for the Next Century*, pág. 330-337 (Kluwer Academic Publishers, Netherlands).

Storrar, C. D, 1977. *South African Mine Valuation*, Chamber of Mines of South Africa, (Johannesburg).