

JULIANA LEVINO PEREIRA

**PRÁTICAS DE RECONCILIAÇÃO EM UM DEPÓSITO DE OURO
COM ALTA VARIABILIDADE**

São Paulo
2008

JULIANA LEVINO PEREIRA

**PRÁTICAS DE RECONCILIAÇÃO EM UM DEPÓSITO DE OURO
COM ALTA VARIABILIDADE**

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Minas do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas e
de Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Carolina
Chieregati

São Paulo
2008

EPMi

TF-2008

P414p

lyeno 17327-96

M2008c

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700004233

Aos meus pais e irmão por todo incentivo, apoio e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Yamana Gold Inc., em especial ao Engenheiro Luiz Eduardo Campos Pignatari e toda a equipe da Serra da Borda Mineração e Metalurgia, pelo apoio recebido durante a realização deste trabalho.

À minha orientadora Prof. Dra. Ana Carolina Cheiregati pelo carinho, apoio e ensinamentos que levarei por toda a vida.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pela contribuição para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus colegas de curso, por partilharem esses longos anos de estudo, tornando-os menos árduos e mais proveitosos.

Aos meus amigos pela paciência nas horas difíceis e por partilhar minha felicidade nas alegres.

Ao meu irmão, Fernando, por sempre estar presente quando precisei.

Aos meus pais, Nadir e Antonio, por guiarem meus passos e servirem como exemplo de perseverança e dedicação.

Resumo

Reconciliação é uma atividade comum realizada na maioria dos empreendimentos mineiros, além de se apresentar como uma ferramenta útil para avaliar a acurácia da amostragem em processos de controle de teor. A amostragem é parte do processo de controle de teor e deve ser realizada a fim de minimizar erros e assegurar a qualidade dos resultados. Uma boa estimativa durante os processos de controle de teor requer uma boa amostragem, e deveria resultar em uma boa reconciliação. Este trabalho analisa as práticas de amostragem realizadas em uma mina de ouro no estado do Mato Grosso, na qual o ouro está associado a veios de quartzo erraticamente distribuídos ao longo do depósito, e sugere um novo protocolo de amostragem com o intuito de eliminar os erros significativos da amostragem e melhorar a reconciliação. O presente estudo compara também os resultados obtidos a partir da utilização de três diferentes perfuratrizes para a amostragem e discute os problemas gerados pela utilização de amostras de furos de desmonte para os processos de controle de teor, particularmente no que diz respeito a metais preciosos.

Palavras-chave: Ouro. Amostragem. Reconciliação.

Abstract

Reconciliation is a common activity carried out at most mines around the world and can be a useful tool to evaluate sampling accuracy in mining grade control processes. Sampling is part of the grade control process and must be performed in order to minimize errors and assure the quality of the results. Good estimation during mining grade control requires good sampling, and should result in good reconciliation. This paper analyses the sampling practices performed at a gold mine in Mato Grosso state, where gold is associated to quartz veins erratically distributed throughout the deposit, and suggests a new sampling protocol in order to eliminate significant sampling biases and improve reconciliation. This study compares also the results of three different drillers used for sampling and discusses the problems of using blast holes samples for grade control processes, specially dealing with precious metals.

Keywords: Gold. Sampling. Reconciliation.

Sumário

Resumo	4
Abstract	4
1 Introdução	6
2 Objetivos	6
3 Revisão Bibliográfica	7
3.1 Conceitos de Amostragem	7
3.1.1 Acurácia e Precisão da Amostragem	7
3.1.2 Os Erros de Amostragem	8
3.1.3 Amostragem de Metais Preciosos	9
3.1.4 Amostragem de Ouro	10
3.1.5 O Efeito Pepita	10
3.2 Conceitos de Reconciliação	11
4 Descrição das Operações	11
4.1 Serra da Borda Mineração e Metalurgia (SBMM) – Mina de São Francisco	11
4.2 História	13
4.3 Geologia Local	13
4.4 Amostragem	13
4.4.1 Coleta das Amostras	13
4.4.2 Preparação de Amostras no Laboratório	15
4.4.3 Usina Piloto	17
4.5 Reconciliação	17
5 Trabalhos Experimentais	18
5.1 Campanha de Amostragem	18
5.2 Protocolos de Preparação de Amostras	21
6 Resultados	24
6.1 Perfuratrizes e Protocolos de Amostragem	24
6.2 Reconciliação	26
7 Discussão dos Resultados	26
8 Conclusões	28
9 Referências Bibliográficas	29

1 Introdução

A busca por depósitos de ouro sempre motivou profissionais e estudiosos das áreas de geologia e mineração, visto que, além do grande valor agregado deste metal, a amostragem de ouro é vista como um dos maiores desafios da indústria mineral.

Os especialistas têm dado uma enorme atenção aos problemas teóricos e, principalmente, práticos da amostragem de materiais contendo metais preciosos, uma vez que quantidades relativamente pequenas destes materiais podem envolver grandes quantidades de dinheiro.

O termo 'reconciliação' é definido como uma comparação entre as quantidades e os teores de minério produzidos na usina de beneficiamento e as quantidades e os teores de minério estimados pelos modelos da jazida (longo prazo ou curto prazo). Raramente os valores estimados coincidem com os valores registrados, e isto pode ser solucionado multiplicando-se a produção estimada por um número constante. Este número, expresso em porcentagem, é chamado de *mine call factor*, ou MCF, e expressa a diferença entre a produção prevista pelos modelos e a produção registrada na usina.

A qualidade dos resultados de reconciliação depende da qualidade e da confiabilidade dos dados de entrada, ou seja, das estimativas e das medições. As estimativas dos modelos são, por si só, dependentes da qualidade das amostras coletadas e do processo utilizado para gerar as estimativas. As medições realizadas na mina e na usina, por sua vez, são dependentes da acurácia dos equipamentos de medição, tais como balanças e medidores de fluxo, e também da qualidade das amostras coletadas. Todas essas medições contêm um erro associado, que deve ser identificado e, quando possível, minimizado.

Portanto, uma prática confiável de reconciliação requer uma boa estratégia de amostragem, visando a seleção de amostras representativas. Podemos dizer que, quando uma amostra é coletada por um método de seleção que seja tanto acurado quanto preciso, ela é considerada representativa. Uma prática de reconciliação eficiente traz benefícios a curto e longo prazos, garantindo o sucesso de qualquer empreendimento mineiro.

2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um novo protocolo de amostragem de ouro visando práticas de reconciliação mineira, baseado na análise e comparação dos dados gerados por três diferentes perfuratrizes e dois protocolos de preparação de amostras utilizados no laboratório.

O trabalho objetiva, também, comparar os resultados obtidos para cada perfuratriz e discutir os problemas de amostragem de furos de desmonte visando o planejamento de curto prazo.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Conceitos de Amostragem

O termo amostragem pode ser entendido como o processo de avaliação de um todo a partir de uma fração deste. Segundo Pierre Gy (1998), o único objetivo da amostragem é reduzir a massa de um lote sem inserir mudanças significativas em suas propriedades.

Estimativas qualitativas e quantitativas são baseadas na amostragem. Após uma série de procedimentos para redução de massa, são realizadas análises químicas e físicas das amostras. Um estudo dos erros de amostragem deve ser bastante rigoroso para poder avaliar a representatividade e confiabilidade dos resultados.

A Teoria da Amostragem, desenvolvida por Pierre Gy, é construída com base no conceito de que, se um número suficiente de unidades representativas de uma população é selecionado sem enviesamento, o valor médio das unidades irá se aproximar daquele da população total (Yamamoto, 1992).

O processo de amostragem em prospecção, pesquisa e planejamento mineiro pode ser dividido em três estágios: coleta, preparação e análise das amostras. Cada estágio possui seus erros associados, os quais são independentes entre si.

Quando uma amostra é coletada a partir de um lote de material, surge um erro de amostragem entre o teor da amostra e o teor do lote selecionado. Este erro pode ser entendido como a diferença entre o número que deve representar o teor do lote e o teor real (e desconhecido) do lote de material. Toda amostra possui erros associados, que podem ser minimizados, mas nunca eliminados por completo. Cada erro individual vai contribuir para um erro total e conseqüente redução na precisão das estimativas.

Os erros de amostragem podem ser classificados em aleatórios ou sistemáticos. Os erros sistemáticos, ou enviesamentos, são constantes e não intencionais, enquanto os aleatórios resultam de práticas imprecisas e são estatisticamente independentes de uma observação para outra. Além desses erros, erros de procedimento e conduta indevida de pessoas envolvidas do processo, invalidam qualquer tipo de amostragem.

Alguns erros aleatórios são inevitáveis em qualquer coleta de dados e consistem na maior parte dos erros experimentais. No entanto, o enviesamento é uma tendência direcionada que é diferente do valor verdadeiro, podendo resultar em super ou subestimação. Erros sistemáticos podem ser introduzidos por atos físicos da amostragem como, por exemplo, falhas em equipamentos.

3.1.1 Acurácia e Precisão da Amostragem

Coletar dados válidos e acurados é tão importante quanto identificar os dados não acurados, de modo que os problemas com a coleta destes últimos possam ser registrados, analisados e reparados. Dados não são informações até que eles sejam apresentados de maneira útil.

Uma amostra dificilmente apresentará características idênticas àsquelas do material de onde foi retirada. Isto se deve aos erros de amostragem que surgem no decorrer das operações e que resultam, unicamente, da existência de heterogeneidade no lote de material. O objetivo da Teoria da Amostragem é controlar esses erros, analisando suas propriedades em função do processo de coleta de amostras e do material amostrado, e indicando os equipamentos e procedimentos que possibilitem eliminá-los ou, ao menos, minimizá-los.

Uma amostra é correta quando qualquer fragmento do lote possui a mesma probabilidade de seleção que qualquer outro. Esta condição garante o não-enviesamento da amostra, ou sua acurácia. Quando uma amostra é coletada por um método de seleção que seja tanto acurado quanto preciso (reproduzível), ela é considerada representativa. O conceito de representatividade pode ser expresso, então, pela união de precisão e acurácia, no entanto precisão não deve ser confundida com acurácia.

Precisão se refere a medir a variabilidade de uma amostra ao redor da média do lote do qual ela foi retirada. Esta medida é geralmente expressa como a variância do erro de amostragem. Uma amostra é dita precisa quando o erro de amostragem é pouco disperso ao redor de sua média.

A acurácia é independente da precisão. Acurácia indica o quão perto do objetivo (teor real do lote) se está. Uma amostra é dita acurada quando o erro de amostragem possui sua média próxima de zero. Este valor representa o enviesamento da amostragem.

Esses conceitos são apresentados na Figura 1.

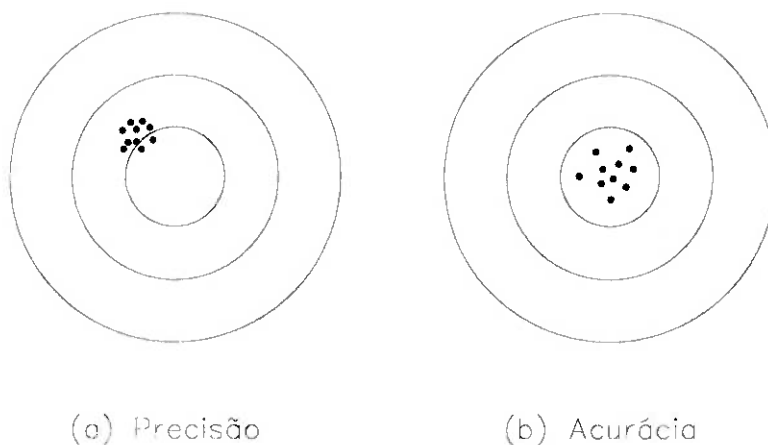


Figura 1: Conceitos de precisão e acurácia.

Provavelmente não existe outro material para o qual a precisão e a acurácia da amostragem sejam tão críticas quanto para os metais preciosos. E é por isto que eles merecem uma atenção especial no que diz respeito à correção ou acurácia da amostragem.

3.1.2 Os Erros de Amostragem

Os erros de amostragem apresentam, basicamente, duas naturezas. Uma delas está relacionada ao erro sistemático, que faz com que o valor médio de uma série de resultados seja persistentemente mais elevado ou persistentemente mais baixo que os resultados obtidos

através de um método de referência. Estes erros incluem o erro de delimitação da amostra (DE), o erro de extração da amostra (EE) e o erro de preparação da amostra (PE).

Os outros tipos estão associados à variabilidade ou heterogeneidade do material estudado e compreendem o erro fundamental (FE), o erro de integração (IE) e o erro de segregação e grupamento (GE).

Existem também os erros relacionados às análises químicas. O erro analítico (AE) não faz parte do erro total de amostragem, entretanto, não devemos esquecer que ele sempre fará parte do erro global de estimativa, pois tanto a amostragem quando as etapas de análise são processos geradores de erro.

Os erros de preparação são gerados durante as operações que sucedem a extração da amostra e que antecedem a análise química. Todas essas operações são potencialmente geradoras de erros e podem adulterar o teor do lote que está sendo analisado.

Os erros de delimitação e extração da amostra influenciam a média (acurácia) e a variância do erro de amostragem (precisão ou reprodutibilidade). Os amostradores incorretos são os responsáveis por estes tipos de erro e, portanto, a única estratégia eficiente para a solução deste problema é a eliminação prévia destes erros através do dimensionamento, fabricação, manutenção e utilização de amostradores que garantam a correta delimitação e extração de amostras. Se todas as condições acima forem satisfeitas, o único erro restante é o erro fundamental.

O erro fundamental é gerado em cada etapa de amostragem e é devido à existência de heterogeneidade entre as partículas do material amostrado. O erro fundamental é o menor erro existente para uma amostra coletada em condições ideais e geralmente apresenta uma média insignificante, sendo caracterizado por sua variância.

Os erros sistemáticos e de análise podem ser eliminados utilizando-se equipamentos e protocolos adequados de amostragem. O erro fundamental é o único erro que não pode ser eliminado, pois está relacionado unicamente à heterogeneidade constitucional do material.

Uma boa estratégia de amostragem deve considerar a seguinte cronologia:

- Estudo da heterogeneidade do material de um dado lote;
- Otimização dos protocolos de amostragem de modo a minimizar os erros que não podem ser eliminados, tais como o erro fundamental.
- Controle da correção ou acurácia da amostragem de modo a eliminar os erros que podem ser eliminados, tais como o erro de delimitação, o erro de extração e o erro de preparação.

3.1.3 Amostragem de Metais Preciosos

Por muito tempo os especialistas têm dado uma enorme atenção aos problemas teóricos e, principalmente, práticos da amostragem de materiais contendo metais preciosos.

Quantidades relativamente pequenas de material podem envolver grandes quantidades de dinheiro, assim, os problemas de precisão e acurácia logo se tornam a preocupação principal.

Uma das principais diferenças entre os metais preciosos e os outros metais é o fato de que os metais preciosos são econômicos a teores muito baixos. Os metais básicos, por exemplo, são sempre estimados em porcentagem, enquanto os metais preciosos, tais como o ouro e a platina, são estimados em partes por milhão.

A discussão a seguir está focada no ouro, entretanto, ela pode ser estendida a todos os demais metais preciosos.

3.1.4 Amostragem de Ouro

A amostragem do ouro gera diversas dificuldades:

- O conteúdo de ouro de uma sub-amostra analítica pode ser completamente diferente do conteúdo de ouro da amostra inicial.
- A densidade do ouro é elevadíssima ($15,5-19,3 \text{ g/cm}^3$), promovendo uma forte segregação assim que as partículas de ouro são liberadas.
- As partículas de ouro não cominuem bem, podendo criar um fino filme metálico que cobre a superfície dos amostradores.

Todos esses problemas são ampliados quanto menor o teor de ouro, quanto mais marginal o depósito, e quanto mais irregular a distribuição do ouro na rocha.

Os metais preciosos, e especialmente o ouro, que ocorre na natureza de diferentes maneiras, apresentam dificuldades de amostragem que devem ser resolvidas de um modo particular para cada caso.

3.1.5 O Efeito Pepita

O efeito pepita descreve quão bem os resultados de uma amostragem são reproduzidos repetindo-se a amostragem no mesmo ponto, e assim, quanto maior a reprodutibilidade amostral, menor o efeito pepita. Este efeito inclui tanto a variabilidade natural inerente ao material (heterogeneidade constitucional) quanto a variabilidade devida ao tamanho, preparação e análise das amostras.

Em ambientes onde existe um efeito pepita elevado, como é o caso do depósito de ouro em estudo, a dificuldade de se definirem os limites entre minério e estéril é muito grande, devido à baixa reprodutibilidade das amostras (Elliott, 2001 e Snowden et al., 1994). Portanto, depósitos de metais preciosos e mineralizações heterogêneas são muito sensíveis aos métodos de amostragem, os quais devem ser o mais acurado possível, de modo a evitar que valores incorretos de efeito pepita sejam considerados nos modelos de reservas e de controle de teor.

3.2 Conceitos de Reconciliação

O termo ‘reconciliação’ é definido como uma comparação entre as quantidades e os teores de minério produzidos na usina de beneficiamento e as quantidades e os teores de minério estimados pelos modelos da jazida (longo prazo ou curto prazo). Segundo Morley (2003), os principais objetivos da reconciliação são:

1. Medir o desempenho da operação com base nas metas iniciais.
2. Garantir uma avaliação acurada dos ativos minerais.
3. Confirmar a eficiência das estimativas de massa e teor.
4. Fornecer indicadores de desempenho (em especial para o controle de teor).

Portanto, a reconciliação pode ser vista como um método de validação das estimativas dos modelos de reservas e de controle de teor, permitindo o replanejamento das práticas inadequadas de amostragem, modelagem, planejamento e lavra, e o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a eficiência das operações (Omega Geo-Consulting, 2005).

A reconciliação pode ser vista como uma medida da acurácia das estimativas dos modelos, contanto que se possa confiar no valor de referência, representado pelo nominador da equação de reconciliação. Esta equação é definida pelo *mine call factor* (MCF), que expressa, em porcentagem, a relação entre a produção registrada na usina e produção prevista pelos modelos. Apesar de ambos os valores – o previsto e o registrado – serem calculados a partir de amostras, os valores registrados na usina em geral são considerados mais acurados, e é por isto que o MCF é aplicado às estimativas do modelo e não aos valores registrados na usina.

O MCF é aplicado a estimativas futuras na tentativa de melhorar a previsão do desempenho de uma operação. Por exemplo, se historicamente a usina produziu 10% a mais de ouro do que o previsto pelo modelo, a prática comum é aplicar um MCF de 110% à quantidade de ouro prevista pelo modelo, de modo a estimar qual deverá ser a quantidade de ouro total produzida.

Portanto, o cálculo desse fator pode indicar o desempenho de uma operação, porém, admitindo-se um cenário ideal, não deveria haver fatores: a estimativa da quantidade de metal de um modelo de recursos deveria ser igual à quantidade de metal produzida mais a quantidade de metal nos rejeitos.

4 Descrição das Operações

4.1 Serra da Borda Mineração e Metalurgia (SBMM) – Mina de São Francisco

Os trabalhos experimentais para o desenvolvimento deste estudo foram realizados no depósito aurífero de São Francisco (Figura 2), situado no extremo oeste do Estado de Mato Grosso próximo à fronteira do Brasil com a Bolívia.



Figura 2: Mina de São Francisco

A propriedade está localizada a aproximadamente 560 km de Cuiabá e 70 km da cidade de Pontes e Lacerda (Figura 3). As coordenadas do projeto são: latitude $14^{\circ}50'W$ e longitude $59^{\circ}37'S$. A altitude é aproximadamente 800 m.

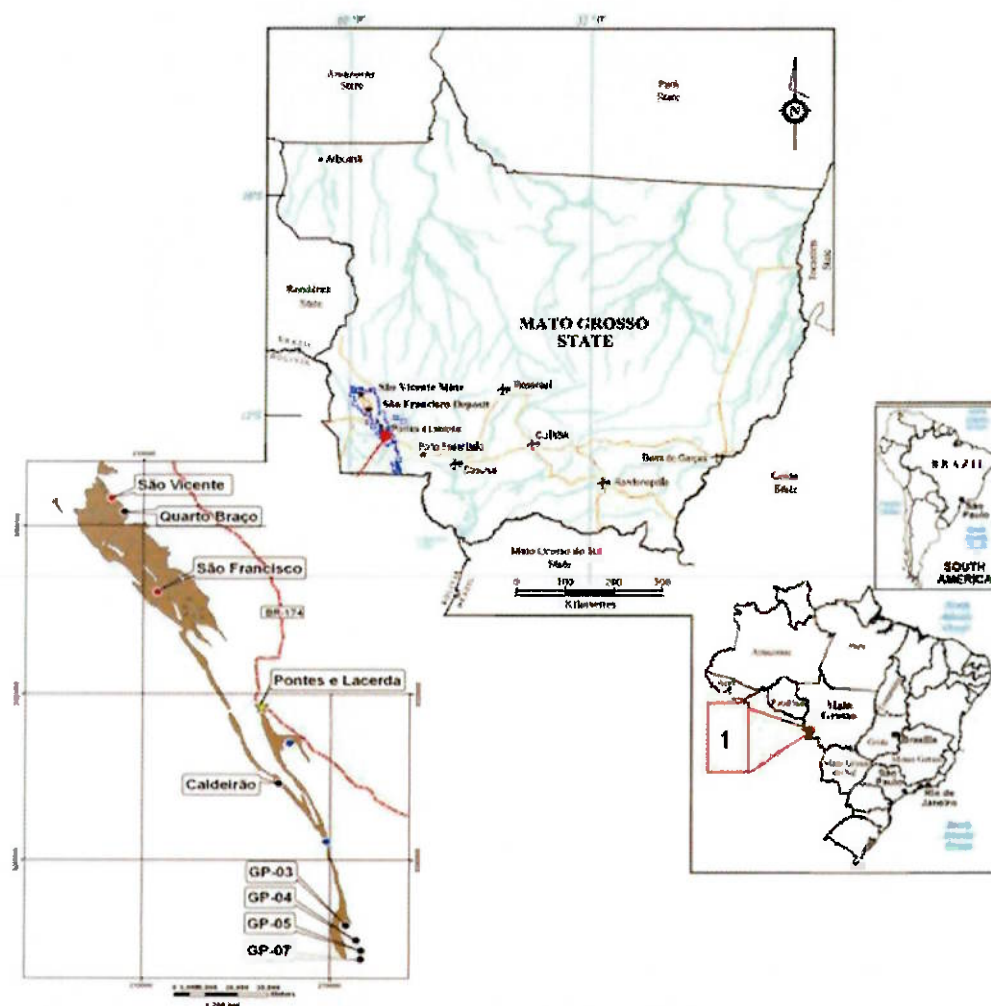


Figura 3: Localização da Mina de São Francisco

O direito de exploração pertence à empresa Yamana Gold Inc., que doravante será tratada como Yamana.

4.2 História

A mineração na mina de São Francisco começou no início do século XVII, época em que o ouro foi descoberto na região. Entre 1720 e 1830 cerca de 60 a 70 toneladas de ouro foram produzidas.

Garimpeiros iniciaram a exploração da área em meados de 1970. A Santa Elina Desenvolvimento Mineral adquiriu uma concessão mineral em 1977. Em 2003 a Yamana adquiriu a propriedade.

4.3 Geologia Local

A mineralização aurífera está confinada a um pacote de metassedimentos clásticos da Formação Fortuna (Proterozóico Médio/Superior), unidade basal do Grupo Aguapeí, bem como cobertura laterítica e colúvio. Os sedimentos foram submetidos a metamorfismo regional de baixo grau, preservando estruturas sedimentares primárias. Toda a sequência sedimentar encontra-se dobrada em um anticlinal assimétrico. A mineralização encontra-se no núcleo do anticlinal.

O minério com baixo teor, com teores entre 0,3 g/t e 0,6 g/t, denominado DLO (*Dump Leaching Ore*) é enviado diretamente da detonação para as pilhas de lixiviação. Já o minério com médio e alto teor (ORE), com mais que 0,6 g/t, é britado e concentrado em um circuito de concentração gravimétrica, e o rejeito deste circuito é enviado às pilhas de lixiviação.

Como citado anteriormente, por tratar-se de uma jazida de alta variabilidade, com baixo teor de ouro e distribuição irregular do ouro na rocha, os problemas de amostragem são demasiadamente ampliados. Além disto, os métodos de seleção de minério de baixo e de alto teor são dificultados pela distribuição errática de ouro grosso e de ouro fino na jazida, o que dificulta, também, a exploração e a lavra. O ouro grosso deveria ser enviado à gravimetria e o ouro fino às pilhas de lixiviação. Entretanto, grande parte do ouro grosso é enviada às pilhas, o que dificulta a ação do cianeto e, conseqüentemente, diminui o desempenho da operação.

4.4 Amostragem

4.4.1 Coleta das Amostras

Até meados de julho a perfuração para amostragem de curto prazo era feita com perfuratriz de circulação reversa, Maxidrill (Figura 4). Eram realizados furos de 5 polegadas de diâmetro, gerando aproximadamente 150 kg de material por furo, com um tempo de manobra de 30 a 45 minutos.



Figura 4: Perfuratriz utilizada na amostragem de curto prazo

A malha de amostragem utilizada para curto prazo era de 20×5 m, com a maior dimensão na direção de menor variabilidade do corpo de minério.

Apesar de a perfuratriz de circulação reversa em geral ser considerada mais adequada para a amostragem, uma quantidade relevante de finos era descartada pela parte superior do ciclone (Figura 5), o que gerava perdas de até 20% em massa.



Figura 5: Perda de finos pela parte superior do ciclone



Figura 6: Perfuratriz modelo Pantera

Todo material coletado era etiquetado e levado ao laboratório, situado na própria mina, para preparação e análise química.

4.4.2 Preparação de Amostras no Laboratório

As amostras são processadas no Laboratório Físico da Mina São Francisco da Serra da Borda Mineração e Metalurgia S.A., seguindo um protocolo padrão.

Todo o material proveniente dos furos é coletado em sacos plásticos e enviado ao laboratório. Além das amostras da perfuratriz, o laboratório também processa diariamente uma amostra do concentrado da planta piloto da gravimetria, que segue o mesmo procedimento das amostras de curto prazo provenientes dos furos de desmonte.

O protocolo padrão empregado no laboratório consiste em submeter a amostra de minério, geralmente com massas superiores a 100 kg, a uma classificação granulométrica, com cerca de 95% do material passante 2,0 mm, seguido de duas etapas de concentração do material em concentradores centrífugos do tipo Knelson, no intuito de minimizar o efeito pepita, bem como minimizar a massa de concentrado a ser fundida por completo nos ensaios de *fire assay*. Os rejeitos dos concentradores são coletados através de cortes em quarteadores de polpa e, após registro das respectivas massas, cominuídos a cerca de 95% passante em 150# e enviados ao *fire assay*. O ouro metálico obtido após a fusão/copelação do concentrado é pesado, e os rejeitos, após processo de partição, são quantificados através de leitura em espectrofotometria de absorção atômica. As amostras de rejeitos ficam no arquivo do laboratório por cerca de 30 dias. Após esse período, são descartadas no tanque de rejeito dos Knelsons. Um fluxograma do processo é mostrado na Figura 7.

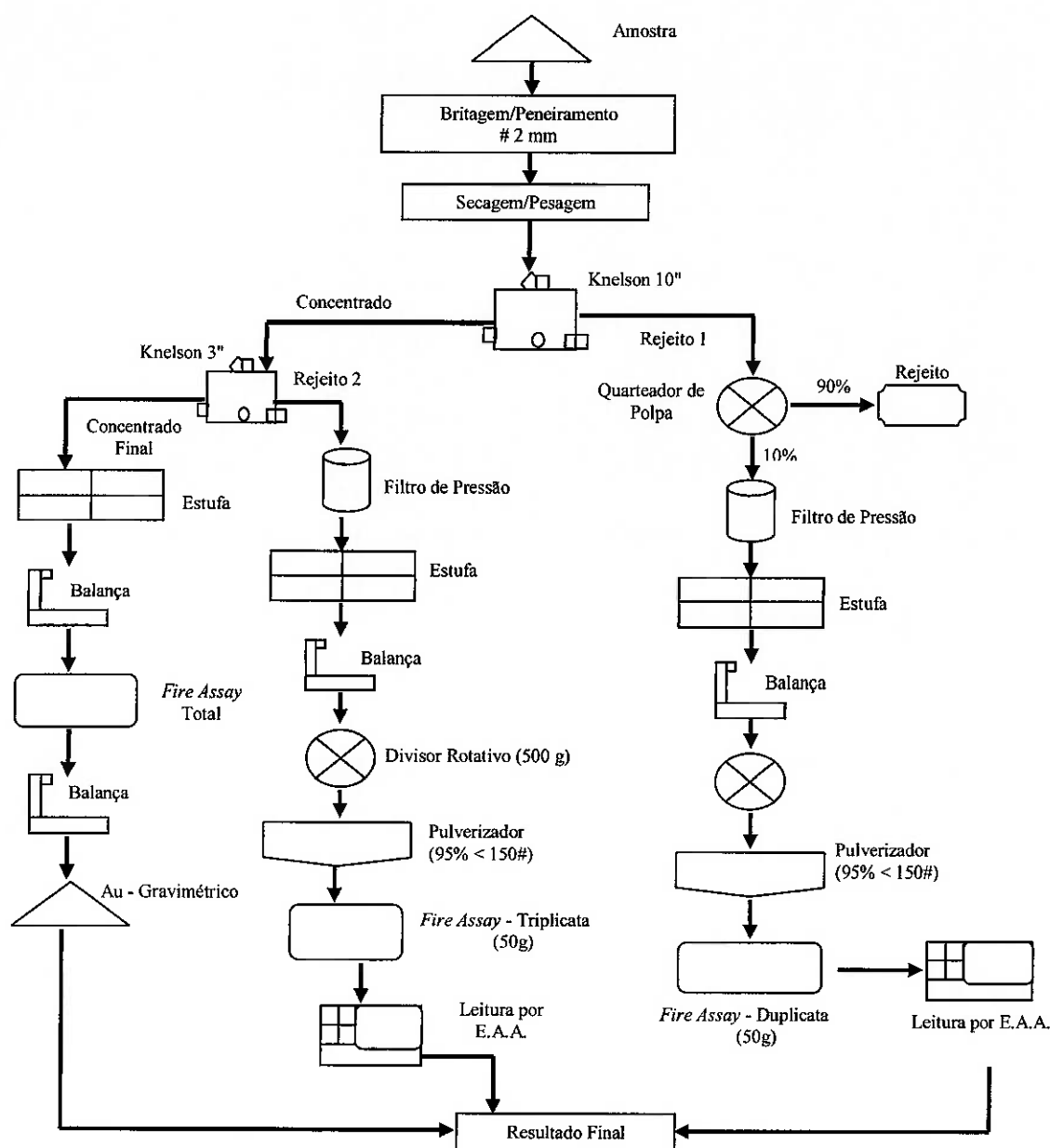


Figura 7: Protocolo atual de preparação de amostras e análise química

Para cada amostra enviada ao laboratório são realizados 15 ensaios de *fire assay*: 10 alíquotas de 50 g do concentrado Knelson 2 (todo o concentrado, de aproximadamente 500 g, é enviado ao *fire assay*), duas alíquotas do rejeito do Knelson 1 (duplicatas geradas por quarteamento) e três alíquotas do rejeito do Knelson 2 (triplicatas geradas por quarteamento). As amostras são quarteadas em quarteador rotativo de projeto correto no que diz respeito à representatividade das sub-amostras geradas.

O laboratório atualmente tem a capacidade de processar no máximo 10 amostras por dia, devido à elevada massa das amostras. Isto é um problema para a operação, pois os resultados das análises somente são disponibilizados após a lavra do bloco. Portanto, tais resultados são utilizados apenas para verificar os teores estimados e não para auxiliar o planejamento.

Vale ressaltar que atualmente somente os blocos de minério (ORE) são amostrados e, portanto, não há informação sobre os blocos de baixo teor (DLO), encaminhados à pilha de lixiviação. Considerando o atual protocolo de preparação de amostras, o laboratório não possui capacidade de processar uma quantidade de amostras maior, no caso de inclusão de amostragem do DLO e/ou intensificação da malha de amostragem do ORE.

4.4.3 Usina Piloto

O amostrador corta-fluxo da gravimetria foi projetado para coletar, na descarga do transportador de correia, amostras de 18 kg para cada tonelada alimentada. Estas amostras são processadas em uma usina piloto (Figura 8), projetada por Francis Pitard, especialista em amostragem mundialmente reconhecido. Como citado anteriormente, os teores obtidos na usina são considerados mais acurados e serão usados como valor de referência para os cálculos de reconciliação.



Figura 8: Usina Piloto

4.5 Reconciliação

O principal problema com a atual prática de reconciliação da empresa é que os valores de produção são comparados com a quantidade de blocos de minério cubados pelo modelo. Entretanto, os blocos de minério cubados pelo modelo não são iguais aos blocos realmente lavrados individualmente e, durante a lavra, parte de DLO é encaminhada juntamente com o minério, causando uma diluição do mesmo.

Além disto, não há informações sobre o material encaminhado às pilhas de lixiviação, pois amostra-se somente o material enviado à gravimetria. Portanto, o protocolo atual não permite a subdivisão da reconciliação em etapas, o que seria uma prática mais adequada. Para a operação em estudo, deveriam ser consideradas, pelo menos, três etapas de reconciliação:

- *Model to mine*: modelo de longo prazo $\times$ lavra (curto prazo).
- *Mine to mill*: lavra (curto prazo) $\times$ alimentação da usina + DLO.
- Alimentação da usina + DLO $\times$ produção.

O presente trabalho está focado na primeira e na segunda etapa de reconciliação. A primeira etapa, também chamada de *model to mine*, refere-se à comparação entre as estimativas de teor do modelo de longo prazo e as estimativas de teor provenientes das amostras coletadas na mina. A segunda etapa de reconciliação, também chamada de *mine to mill*, refere-se à comparação entre as estimativas de teor provenientes das amostras da mina e as estimativas de teor provenientes das amostras que alimentam a usina (e que em muitas operações alimentam a etapa de moagem).

Uma prática correta de reconciliação só é possível se existirem informações de desempenho de todas as operações de lavra e beneficiamento, informações estas que devem ser baseadas em dados de qualidade. Portanto, a otimização dos métodos e protocolos de amostragem é essencial para o desenvolvimento de um sistema confiável de reconciliação, pois de uma amostragem correta resultam dados de qualidade.

A subdivisão da reconciliação em etapas permite calcular os erros associados a cada etapa e diagnosticar a etapa crítica, de modo que se possam ser tomadas ações para melhorar as estimativas de produção e/ou para corrigir os procedimentos inadequados de amostragem.

5 Trabalhos Experimentais

5.1 Campanha de Amostragem

Após análise minuciosa dos dados existentes e dos procedimentos adotados na empresa, uma nova campanha de amostragem foi planejada e realizada entre os dias 06 a 13 de agosto de 2008 na mina de São Francisco, com efetiva participação da autora. Esta campanha visou alterar o protocolo atual de amostragem na mina e simplificar o protocolo de preparação de amostras no laboratório físico, que atualmente representa o gargalo do sistema de amostragem, devido ao tempo excessivo de preparação de cada amostra para o subsequente processamento nos concentradores Knelson.

Para determinar a melhor prática de amostragem na mina, inicialmente decidiu-se comparar as amostras coletadas pelas três perfuratrizes disponíveis para amostragem – Pantera, Maxidrill e ROC 642 –, sabendo-se que somente a Pantera é atualmente utilizada para realizar os furos de desmonte.

A perfuratriz modelo ROC 642 (Figura 9) realiza furos de 3,5 polegadas de diâmetro, com tempo de manobra de aproximadamente 20 minutos e geração de cerca de 50 kg de material por furo. Este material passa por um sistema de filtros antes da descarga e, portanto,

parte do material fino pode ficar retido nos filtros, causando possível enviesamento da amostra. Para tentar minimizar este efeito, os operadores golpeavam a caixa dos filtros para liberar parte da amostra retida.



Figura 9: Perfuratriz modelo ROC 642

A Figura 10 mostra as três perfuratrizes amostrando o mesmo bloco.



Figura 10: Perfuratrizes trabalhando juntas

Para a nova campanha de amostragem foram selecionados dois blocos de minério, com teores altos estimados pelo modelo de longo prazo. Decidiu-se fazer um plano de amostragem igual à malha de desmonte ($3,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$), visto que a utilização da Pantera para amostragem era uma das alternativas. Para efeito de comparação, as três perfuratrizes realizaram furos nos mesmos pontos, distanciados de 50 cm entre si. A Figura 11 mostra a malha de amostragem para as três perfuratrizes, bem como a malha utilizada atualmente para amostragem de curto prazo.

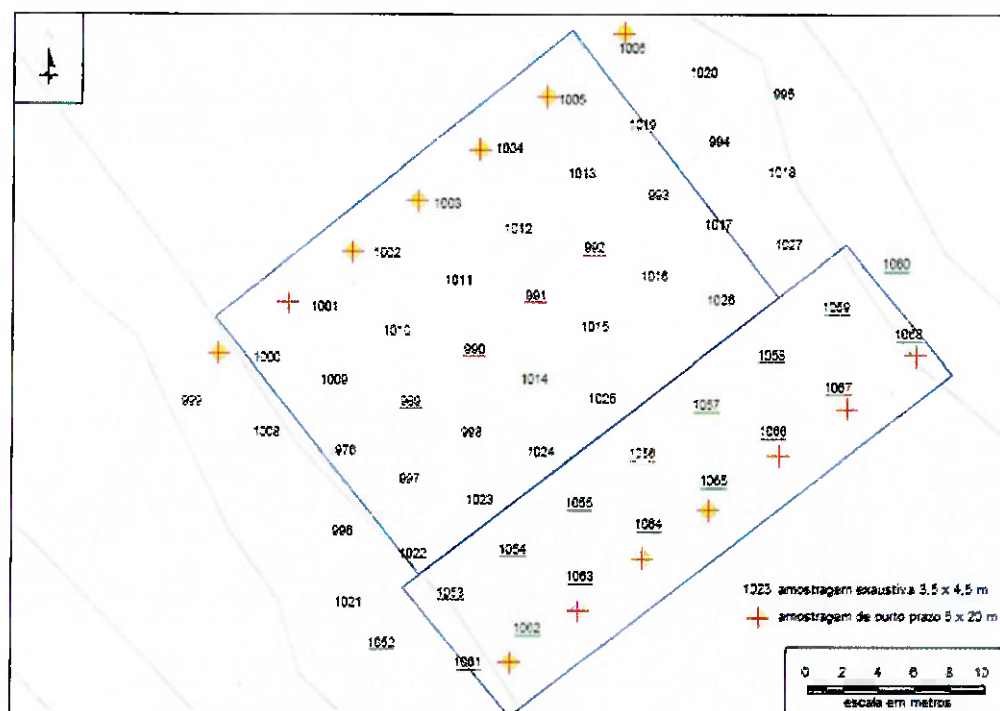


Figura 11: Croqui da campanha de amostragem para as 3 perfuratrizes

O bloco maior é o bloco número 67, e o menor o bloco 71. Os números sublinhados em vermelho representam os furos que foram realizados tanto pela ROC 642 quanto pela Maxidrill. Os números sublinhados em verde representam os furos que foram realizados tanto pela ROC 642 quanto pela Pantera. Os círculos amarelos representam a malha atual de amostragem de curto prazo para controle de teor.

Todo material coletado foi etiquetado e levado ao laboratório, situado na própria mina, para preparação e análise química. Cada furo gerou entre 5 e 25 sacos de amostras, pesando aproximadamente 10 kg cada. A identificação das amostras foi feita pelo número do furo e pelo número seqüencial da amostra (Figura 12). Isto é uma fonte de erro potencial, uma vez que é possível ocorrer troca da identificação em campo e conseqüente correlação incorreta da amostra com seu respectivo furo.

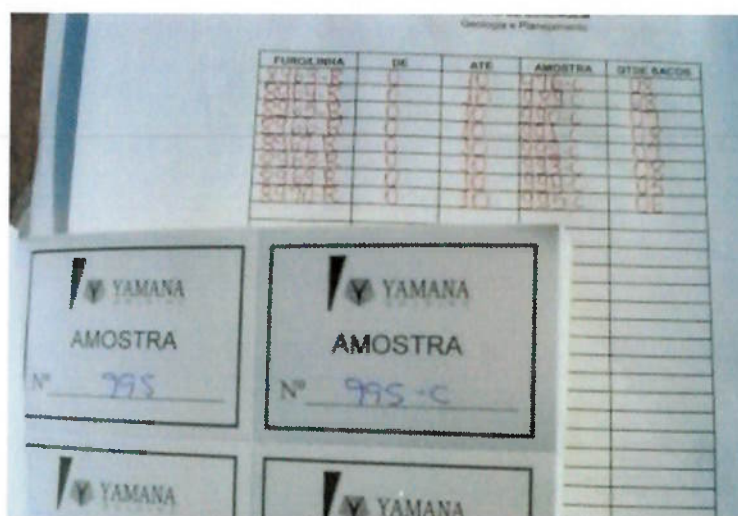


Figura 12: Maneira como é feita a identificação das amostras

A etiqueta foi então colocada em um saco plástico e amarrada à amostra (Figuras 13 e 14), não havendo nenhuma outra identificação dentro do saco de amostra.



Figura 13: Etiqueta de identificação da amostra



Figura 14: Identificação das amostras

5.2 Protocolos de Preparação de Amostras

Todas as amostras foram processadas no Laboratório Físico da Mina São Francisco da Serra da Borda Mineração e Metalurgia S.A.

O laboratório de preparação de amostras tratou as amostras provenientes das três perfuratrizes de diferentes modos. A metodologia A seguiu o protocolo padrão com utilização dos concentradores Knelson. As metodologias B e C seguiram o novo procedimento sugerido, sendo a metodologia C duplicata da B, utilizada somente para a Pantera.

O quarteamento das amostras seguiu os protocolos descritos nas Figura 15, Figura 16 e Figura 17.

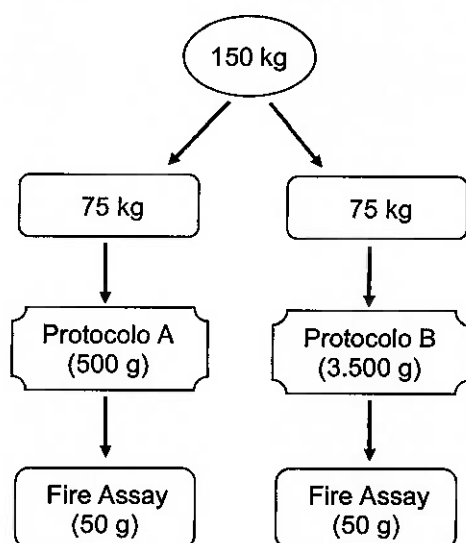


Figura 15: Quarteamento para Maxidrill

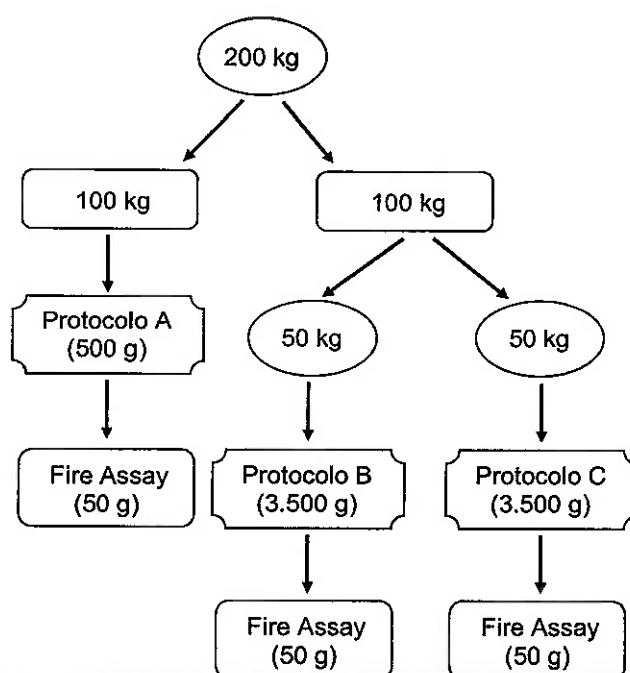


Figura 16: Quarteamento para Pantera

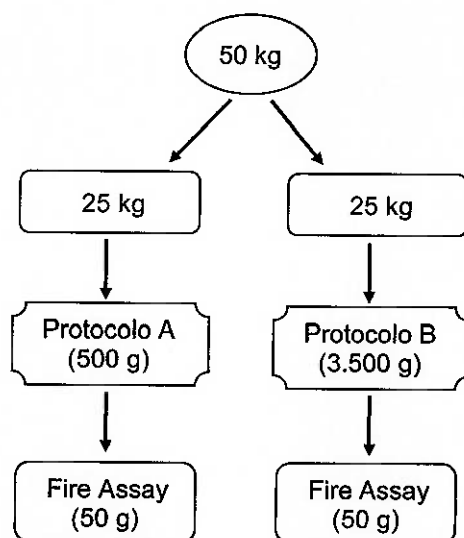


Figura 17: Quarteamento para ROC 642

O novo protocolo, aplicado às metodologias B e C, incluiu quarteamento de todo material proveniente das perfuratrizes até 3.500 g, seguindo-se uma etapa de britagem abaixo de 2 mm e posterior pulverização com 95% do material passante em 150# (Figura 18). Finalmente, o material foi enviado aos ensaios de *fire assay*, de onde resultaram os teores apresentados nas tabelas em anexo.

Portanto, o novo protocolo excluiu a utilização dos concentradores Knelson, aumentando, assim, a produtividade do laboratório. A desvantagem deste procedimento reside no fato de que, como nem todo ouro é recuperado, o efeito pepita aumenta consideravelmente e surge um novo efeito: o aparecimento de *outliers*, ou valores extremos isolados.

Os valores de teor das amostras distribuem-se em torno da média de maneiras diferentes, entretanto, em gráficos característicos da dispersão dos valores ao longo da reta que representa a média das amostras, notam-se pontos que fogem da faixa delimitada por esta reta e seus desvios. Os pontos excessivamente fora desta faixa são chamados de *outliers*, ou pontos fora da curva e, em certos casos, podem representar os valores resultantes de algum tipo de erro, seja na etapa de amostragem, de preparação ou de análise química.

O ouro possui suas peculiaridades no que diz respeito à amostragem e, principalmente, aos processos de divisão de amostras. O conteúdo de ouro de uma sub-amostra analítica pode ser completamente diferente do conteúdo de ouro da amostra inicial, pois a densidade do ouro é elevadíssima, promovendo uma forte segregação entre as partículas. Este fato, por si só, pode fazer com que uma única pepita de ouro, contida na amostra inicial de 200 kg, seja enviada, durante o processo de quarteamento, a uma sub-amostra analítica de 50 g, fazendo com que o teor de ouro desta sub-amostra seja muito elevado. Portanto, uma verificação que deve ser feita é a dos valores das alíquotas enviadas à análise química. Sendo o teor de ouro de cada amostra uma média ponderada de três alíquotas, caso uma alíquota apresente um valor excepcionalmente maior que os das outras, a média das três pode não refletir a média da amostra.

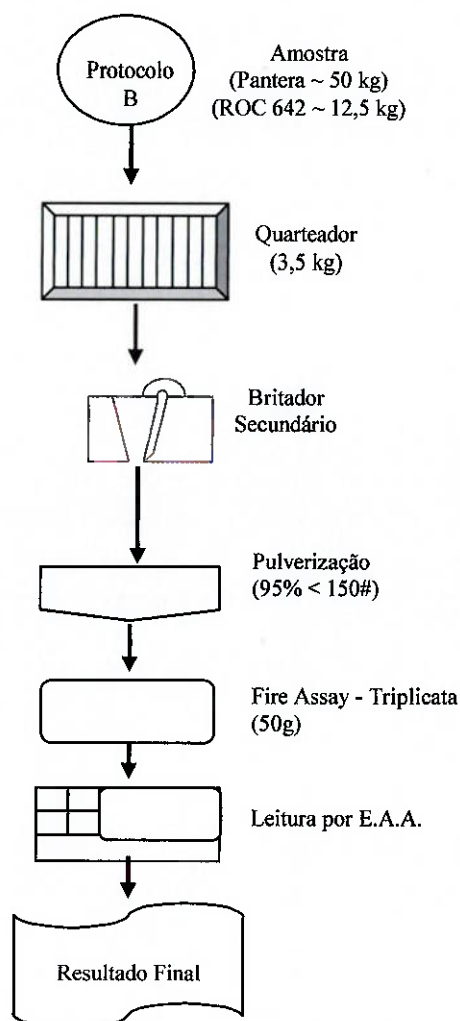


Figura 18: Novo protocolo de preparação de amostras e análise química.

6 Resultados

6.1 Perfuratrizes e Protocolos de Amostragem

Seguindo os protocolos acima descritos foram obtidos os resultados apresentados nas tabelas do Anexo A. A partir desses resultados foram calculados os teores médios (em g/t) com cada perfuratriz para os diferentes métodos de amostragem e de preparação de amostras (Tabela 1).

Tabela 1: Teores de Au referentes aos diferentes métodos de amostragem e preparação de amostras.

Bloco	Planta	ROC 642		MAXIDRILL		PANTERA				Modelo realizado	
		A	B	A	B	A	B	C	B/C	CP	LP
67	0,72	0,68	0,76	1,27	1,61					0,70	1,37
71	0,68	0,86	1,39			1,12	0,68	0,78	0,73	0,46	1,20
71 (ROC - OUTLIER)			0,69								

A última linha da tabela anterior representa o teor médio recalculado excluindo-se o único teor considerado *outlier* no bloco 71, referente à amostra número 1056 seguindo o protocolo B de preparação.

Nesta tabela também estão indicados os valores dos teores obtidos pelos modelos de blocos de curto e longo prazos. Vale salientar que o modelo de curto prazo atualmente realizado baseia-se em amostras coletadas por perfuratriz Maxidrill na malha 20×5 m.

Visando comparar o protocolo de amostragem proposto neste trabalho com o antigo protocolo realizado para curto prazo simulou-se a malha apresentada na Figura 19, com os dados da amostragem do bloco 67, retirando-se as os furos das três linhas centrais.

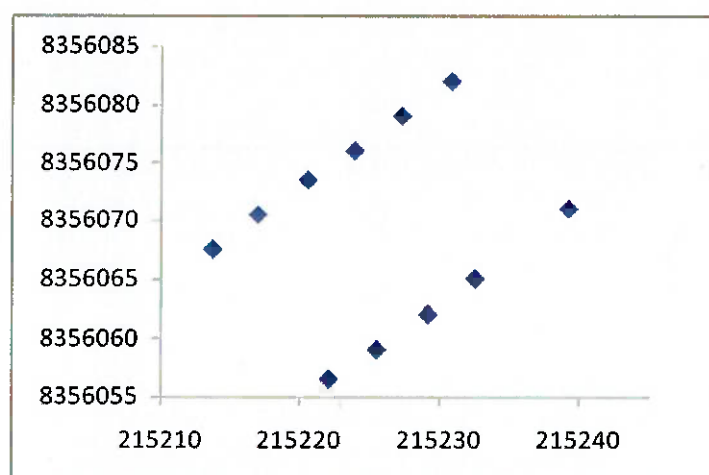


Figura 19: Simulação de malha de amostragem

Na tabela 2 são apresentados os valores de teor, média e variância das amostras da malha simulada. O valor de referência para os cálculos do *mine call factor* (MCF) foi o teor obtido na planta piloto (0,72 g/t) para este bloco.

Tabela 2: Teores (g/t) das amostras da malha simulada

Amostra	Protocolo	
	A	B
1026	1,78	0,31
1025	2,31	2,85
1024	0,50	0,68
1023	0,57	1,06
1022	0,69	0,80
1000	0,92	1,05
1001	1,77	1,54
1002	0,94	0,92
1003	0,34	0,26
1004	0,62	0,63
1005	0,68	0,84
m(SE)	1,01	0,99
s ² (SE)	0,42	0,50
MCF	0,71	0,72

Analisando-se a tabela 2 nota-se que o antigo protocolo de amostragem para curto prazo não é adequado para práticas de reconciliação, gerando amostras não representativas do teor real do bloco (diferenças de 71 e 72% entre os teores gerados na mina e na usina).

6.2 Reconciliação

Os teores médios obtidos com cada perfuratriz permitem que se faça uma comparação entre as mesmas. A comparação entre os resultados da planta piloto e das amostras coletadas na mina (Tabela) mostra que, usando a metodologia B no laboratório, tanto a ROC quanto a Pantera apresentaram bons resultados.

Vale ressaltar que o valor de referência para os cálculos do *mine call factor* (MCF) foi o teor obtido na planta piloto (0,68 g/t), ao qual pode ser atribuído o maior nível de confiança, como discutido anteriormente.

Se calcularmos o fator *model to mine* entre os modelos de longo e curto prazos chegaremos aos valores 0,51 para o bloco 67 e 0,38 para o bloco 71, mostrando a inconsistência entre os modelos.

Tabela 3: Valores de *mine call factor* para cada perfuratriz e protocolo de preparação.

Bloco	Planta Piloto	ROC 642		MAXIDRILL		PANTERA				Modelo realizado	
		A	B	A	B	A	B	C	B/C	CP	LP
67	0,72	0,95	1,07	1,77	2,25					0,98	1,91
71	0,68	1,27	2,04			1,64	1,00	1,15	1,07	0,68	1,77
71 (ROC - OUTLIER)			1,01								

A última linha da tabela anterior representa o MCF recalculado excluindo-se o único teor considerado como *outlier* no bloco 71, referente à amostra número 1056 seguindo o protocolo B de preparação. A quarta coluna referente aos resultados da Pantera representa a média entre as metodologias B e C, que seguiram o mesmo protocolo, processando amostras em duplicata.

7 Discussão dos Resultados

Durante os trabalhos experimentais realizados na mina de São Francisco, foram registrados, em caderneta de campo, todos os problemas identificados para cada amostra coletada. Esses problemas foram avaliados, visando definir a confiabilidade das amostras. Em seguida, foram excluídos das análises estatísticas os dados não-confiáveis, apresentados nas tabelas do Anexo A como ‘pontos fora do bloco’, ‘pouca massa’ e ‘muita massa’.

Os pontos fora do bloco foram pontos amostrados em campo, mas que estavam locados fora dos limites do bloco de desmonte e, portanto, não compuseram o material enviado à planta piloto.

A Figura mostra o bloco 67 krigado (modelo de variograma linear), indicando as coordenadas norte e leste.

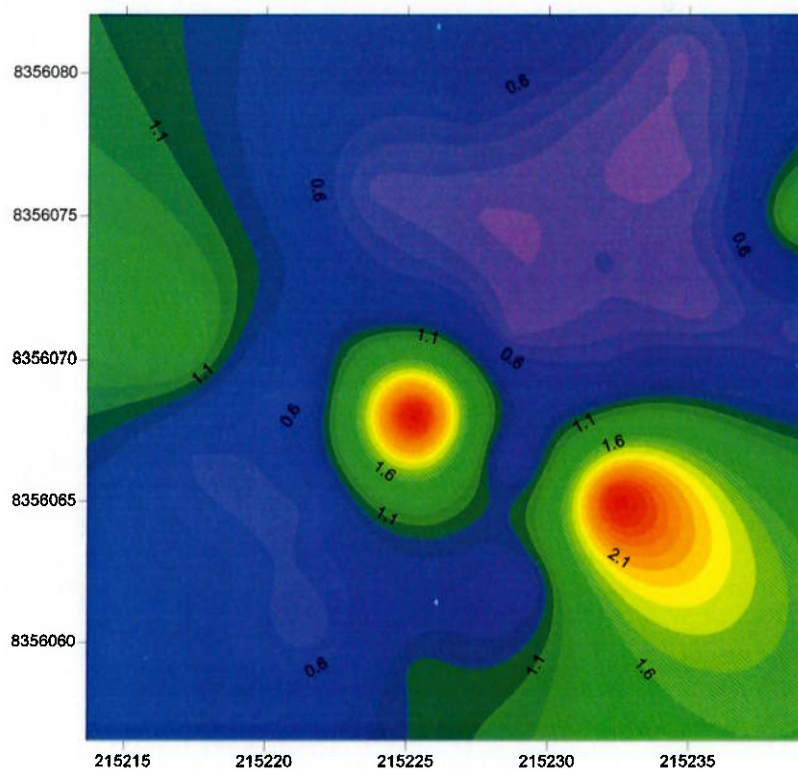


Figura 20: Bloco 67 krigado

As amostras com pouca massa foram provenientes dos furos que alcançaram o lençol freático e, portanto, não podem ser consideradas representativas do furo, pois apresentaram recuperação muito baixa. As amostras com muita massa provavelmente são provenientes de outra perfuratriz e não da ROC, provavelmente devido aos problemas do atual método de identificação das amostras, discutido no item 5.1. Outra possibilidade que não deve ser descartada seria o arrombamento do furo, no caso de material inconsistente ou fraturas. Como não se pode confiar na procedência dessas amostras, elas devem ser excluídas dos cálculos de teor médio e reconciliação.

Conforme observado nas Tabela 1 e Tabela , e admitindo que o teor obtido na planta piloto seja o mais próximo do teor real do bloco, tanto a Pantera quanto a ROC 642 apresentaram resultados semelhantes, apesar de se esperar que os resultados da Pantera fossem melhores, por combinar dois fatores importantes para a representatividade das amostras: (1) malha de amostragem com pequeno espaçamento ($3,5 \times 4,5$ m) e (2) amostras de grande volume (~200 kg por furo). Entretanto, a Pantera apresenta uma desvantagem em relação à ROC considerando o erro de delimitação (DE), pois perfura um metro abaixo dos limites do bloco, referente à subfuração do desmonte. O material referente a esse metro perfurado não é lavrado e, portanto, não alimenta a usina. Assim, perfuratrizes de produção não deveriam ser utilizadas para amostragem, pois inserem um erro a mais no erro total de amostragem.

As tabelas apresentadas anteriormente mostram também que os protocolos B e C de preparação de amostras geraram resultados mais próximos ao teor obtido na planta piloto, em parte devido à maior massa enviada aos ensaios de *fire assay* (3.500 g). O problema desses protocolos é o chamado 'efeito pepita', havendo a necessidade de análise dos resultados e exclusão de eventuais *outliers* antes de se proceder com o tratamento estatístico dos dados. Devido à dificuldade de cominuição e homogeneização do ouro, é possível que uma única

pepita contida em 50 kg de amostra seja encaminhada a uma sub-amostra analítica de 50 g. Apesar de um *outlier* indicar que existe ouro na amostra, o teor relativo muito elevado dessa sub-amostra irá mascarar o teor real do bloco. Este efeito pode ser minimizado utilizando-se concentradores Knelson e esse foi o motivo principal do desenvolvimento do atual protocolo de preparação de amostras. Analisando-se os dados obtidos na campanha de amostragem, foi considerado *outlier* um único valor proveniente da ROC, com teor de 10,47 g/t e referente à amostra número 1056 seguindo o protocolo B de preparação.

A Tabela 4 o Anexo A mostra os resultados da Maxidrill comparados com os da ROC, onde podemos perceber que o protocolo B gerou resultados semelhantes para as duas perfuratrizes. O mesmo não pode ser afirmado para o protocolo A. Em relação aos resultados da Maxidrill para fins de reconciliação (Tabela 3) pouco pode ser afirmado, devido à quantidade insuficiente de amostras analisadas. Isto se deve ao fato de o tempo de manobra da Maxidrill ser muito maior que o das outras perfuratrizes, o que dificultou o trabalho de amostragem. Além disso, apesar de a perfuratriz de circulação reversa ser considerada mais adequada para a amostragem, uma quantidade relevante de finos é descartada pela parte superior do ciclone, o que provavelmente é a causa do enviesamento das amostras. Portanto, esta perfuratriz não é a mais adequada para amostragem de curto prazo, a não ser que a ela seja acoplado um novo ciclone que possa recuperar os finos gerados.

8 Conclusões

Tanto as amostras provenientes da ROC 642 quanto as da Pantera, utilizando o protocolo desenvolvido no presente trabalho, geraram resultados muito próximos aos da planta piloto, indicando que ambas as perfuratrizes são adequadas para amostragem com fins de reconciliação e controle de teor. Recomenda-se a utilização da ROC 642 para amostragem de curto prazo, uma vez que esta gera menor massa de material amostrado para processamento no laboratório de preparação de amostras, que hoje não consegue processar a quantidade de amostras enviadas pela exploração e pela geologia.

A amostragem das Panteras pode ser realizada para a confirmação dos resultados da ROC, visando o controle de teor. A Pantera permite que os dois produtos sejam descarregados pela parte frontal do equipamento, sem a passagem pelos filtros. No caso de futura utilização desta perfuratriz para fins de amostragem, este procedimento é o mais correto, evitando que parte do material fino fique retido nos filtros, causando enviesamento da amostra. Recomenda-se, neste caso, a utilização de um amostrador setorial estacionário ou quarteador de rifle para quarteamento da amostra durante a perfuração, de modo a gerar uma quantidade menor de amostra a ser enviada ao laboratório de preparação.

O protocolo de amostragem para o material proveniente das perfuratrizes pode ser substituído pelo protocolo B, de maior rapidez, com a possível inclusão de ensaios de *screen fire assay*, que permitem a estimativa da quantidade de ouro grosso e de ouro fino da amostra.

Em relação aos valores de MCF apresentados na Tabela 3, pode-se observar que os resultados da Pantera e da ROC (excluindo-se um *outlier*) que seguiram o protocolo B de preparação foram os que mais se aproximaram do teor obtido na planta piloto, resultando em MCF igual a 1,00 e 1,01 respectivamente. Isto significa que a análise de *outliers* deve ser um procedimento padrão caso se opte em utilizar o protocolo B de preparação de amostras.

Analizando-se o bloco 71, para ambas as perfuratrizes o protocolo B foi o mais adequado. Não é possível afirmar que os valores de MCF da Maxidrill são corretos, visto que apenas 4 furos foram amostrados por esta perfuratriz e portanto, não há sentido em se calcular o MCF havendo um valor de referência pouco confiável. O bloco 67 mostra que ambos os protocolos A e B resultaram em valores semelhantes. Portanto, recomenda-se a utilização da ROC 642 para amostragem de curto prazo e do protocolo B de preparação de amostras no laboratório físico.

Com relação à utilização da Pantera para amostragens com fins de controle de teor, há vantagens e desvantagens. Na maioria dos casos, utiliza-se amostragem do pó de perfuratriz proveniente dos furos de desmonte por apresentar duas vantagens principais: (a) o espaçamento entre os furos é pequeno, resultando em uma densidade de amostragem relativamente alta, e (b) já que os furos têm que ser perfurados de qualquer maneira, não há custo adicional de perfuração.

Entretanto, conforme descrito anteriormente, a subfuração realizada para o desmonte insere um erro de delimitação na amostragem e, além disto, as práticas de amostragem de furos de desmonte prejudicam a produção, diminuindo a velocidade de perfuração e aumentando o tempo de manobra.

A amostragem correta do material proveniente de furos de desmonte, ou pó de perfuratriz, é um problema constante para o Engenheiro de Minas. Infelizmente, até hoje não se encontrou uma solução que satisfaça tanto a produção quanto a amostragem. No entanto, existem técnicas que procuram minimizar o erro de delimitação, sem tentar resolver todos os problemas da amostragem.

Conclui-se, finalmente, que o antigo protocolo de amostragem para curto prazo não é adequado para práticas de reconciliação, gerando amostras não representativas do teor real do bloco, com diferenças de 71 e 72% entre os teores gerados na mina e na usina (MCF de 0,71 e 0,72). O protocolo proposto no presente trabalho resultou em diferenças de apenas 1% (MCF igual a 1,01), mostrando que em depósitos de ouro de alta variabilidade há a necessidade de amostragem exaustiva para um controle de teor apropriado, gerando resultados de reconciliação confiáveis.

9 Referências Bibliográficas

- CHIEREGATI, A. C. **Reconciliação pró-ativa em empreendimentos mineiros**. São Paulo, 2007, 201 p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- GY, P. **Sampling for analytical purposes**. 1st ed, 1998. translated by A.G. Royle, John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- KAPPES, C. & A. **São Francisco Project – Feasibility Study**. November, 2004. Prepared for Yamana Desenvolvimento Mineral.
- MORLEY, C. **"Beyond Reconciliation - A Proactive Approach to Using Mining Data"**. 5th Large Open Pit Mining Conference, Kalgoorlie, WA, 3-5 November 2003, pp. 185-191.

NOPPÉ, M. **Reconciliation: importance of good sampling and data QA-QC**. Queensland, Australia, 2004. In: Mining and Resource Geology Symposium.

OMEGA GEO-CONSULTING. **On mine-to-mill reconciliation**. Australia, 2005. Omega Geo-Consulting Pty Ltd. Disponível em: <http://www.omegageo.com/pdfs/omegatp-10.pdf>>.

PITARD, F.F. **Pierre Gy's sampling theory and sampling practice: heterogeneity, sampling correctness, and statistical process control**. 2nd ed. 1993. CRC Press.

PITARD, F.F. **A strategy to minimize ore grade reconciliation problems between the mine and the mill**. 2001.

PITARD, F.F. **Review of Sampling Systems and Sampling Practices at Yamana Gold Inc. Operations in Brazil**. March, 2004. Prepared for Yamana Gold Inc.

SALVADOR, F. A. S. **Análise comparativa de métodos de amostragem de depósitos auríferos**, 1994, São Paulo, 167p, Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SNOWDEN, V. **Grade control and reconciliation**. 1990. Apostila de curso.

YAMAMOTO, J. K. **Geoestatística aplicada**, São Paulo, IG/USP, 1992, Apostila do curso.

ANEXO A

Tabela 4: Resultados da amostragem no bloco 67

Perfuratriz	Amostra	Massa úmida (kg)	Protocolo	
			A	B
ROC	976	59,00	0,87	0,68
ROC	989	61,00	0,87	0,54
MAXIDRILL	1028	124,00	1,42	0,59
ROC	990	58,50	0,52	2,98
MAXIDRILL	1029	125,50	0,43	2,44
ROC	991	49,50	0,27	0,26
MAXIDRILL	1030	140,50	1,71	0,48
ROC	992	49,50	0,37	0,32
MAXIDRILL	1031	155,50	1,50	2,95
ROC	993	57,00	0,27	0,22
ROC	994	38,00	0,79	0,33
ROC	995	48,00	0,06	0,07
ROC	996	67,00	0,74	0,68
ROC	997	67,00	0,68	0,42
ROC	998	69,00	1,07	0,96
ROC	999	68,50	0,76	0,48
ROC	1000	64,00	0,92	1,05
ROC	1001	56,00	1,77	1,54
ROC	1002	35,00	0,94	0,92
ROC	1003	54,50	0,34	0,26
ROC	1004	55,00	0,62	0,63
ROC	1005	53,00	0,68	0,84
ROC	1006	54,50	1,07	0,44
ROC	1007	48,50	0,17	0,12
ROC	1008	56,50	1,13	0,66
ROC	1009	45,50	0,43	0,48
ROC	1010	56,00	0,92	0,48
ROC	1011	53,50	0,56	0,66
ROC	1012	54,00	0,22	0,19
ROC	1013	48,00	0,25	0,27
ROC	1014	46,00	1,03	0,62
ROC	1015	56,00	0,35	0,58
ROC	1016	53,00	0,23	0,20
ROC	1017	16,50	0,74	1,48
ROC	1018	14,00	0,17	0,10
ROC	1019	60,50	0,18	0,17
ROC	1020	47,80	0,14	0,17
ROC	1021	49,50	0,45	0,49
ROC	1022	52,00	0,69	0,80
ROC	1023	44,00	0,57	1,06
ROC	1024	63,00	0,50	0,68
ROC	1025	60,00	2,31	2,85
ROC	1026	5,50	1,78	0,31
ROC	1027	126,00	0,61	0,34
MÉDIA ROC			0,68	0,76
MÉDIA MAXIDRILL			1,27	1,61

Tabela 5: Resultados da amostragem no bloco 71.

Perfuratriz	Amostra	Massa úmida (kg)	Protocolo		
			A	B	C
ROC	1052	48,50	0,71	0,66	
PANTERA	1043	176,5	0,69	0,39	0,55
ROC	1053	47,44	0,79	1,00	
PANTERA	1044	221,5	1,11	0,47	0,94
ROC	1054	52,18	3,01	0,59	
PANTERA	1045	224,5	3,18	0,67	0,63
ROC	1055	6,80	0,66	0,24	
PANTERA	1046	183,5	1,05	1,08	1,36
ROC	1056	33,67	1,25	10,47	
PANTERA	1047	210,0	1,28	0,54	2,05
ROC	1057	41,20	1,11	0,36	
PANTERA	1048	238,0	0,75	0,32	0,60
ROC	1058	155,50	2,65	0,40	
PANTERA	1049	191,0	1,33	0,36	0,42
ROC	1059	46,35	0,31	0,44	
PANTERA	1050	210,5	0,23	0,19	0,17
ROC	1060	47,60	2,60	1,57	
PANTERA	1051	210,0	0,76	0,11	0,18
ROC	1061	48,25	0,97	1,63	
PANTERA	1069	284,5	0,60	1,26	0,72
ROC	1062	61,63	0,74	1,00	
PANTERA	1070	222,5	0,41	0,41	0,60
ROC	1063	51,74	0,58	0,29	
PANTERA	1071	199,0	0,54	0,73	0,78
ROC	1064	61,69	0,49	0,58	
PANTERA	1072	168,5	1,16	0,40	1,41
ROC	1065	60,71	0,77	0,34	
PANTERA	1073	203,0	3,99	2,98	0,86
ROC	1066	58,11	0,33	0,34	
PANTERA	1074	201,5	0,36	0,41	0,84
ROC	1067	47,17	0,33	0,04	
PANTERA	1075	172,0	0,62	0,22	0,20
ROC	1068	50,65	0,73	2,13	
PANTERA	1076	199,5	0,14	0,19	0,12
MÉDIA ROC			0,86	1,39	
MÉDIA PANTERA			1,12	0,68	0,78

Legenda

OUTLIER
MUITA MASSA
POUCA MASSA
PONTO FORA DO BLOCO

ANEXO B

Tabela 6: Acurácia s^2 (SE) e precisão m(SE) da amostragem para o bloco 71.

Perfuratriz	Amostra	Protocolo			
		A	B	C	B/C
ROC	1052	0,03	0,02		
PANTERA	1043	0,01	0,29	0,13	0,21
ROC	1053	0,11	0,32		
PANTERA	1044	0,43	0,21	0,26	0,03
ROC	1054	2,33	0,09		
PANTERA	1045	2,50	0,01	0,05	0,03
ROC	1055	0,02	0,09		
PANTERA	1046	0,37	0,40	0,68	0,54
ROC	1056	0,57	9,79		
PANTERA	1047	0,60	0,14	1,37	0,62
ROC	1057	0,43	0,32		
PANTERA	1048	0,07	0,36	0,08	0,22
ROC	1058	1,97	0,28		
PANTERA	1049	0,65	0,32	0,26	0,29
ROC	1059	0,37	0,24		
PANTERA	1050	0,45	0,49	0,51	0,50
ROC	1060	1,92	0,89		
PANTERA	1051	0,08	0,57	0,50	0,53
ROC	1061	0,29	0,95		
PANTERA	1069	0,08	0,58	0,04	0,31
ROC	1062	0,06	0,32		
PANTERA	1070	0,27	0,27	0,08	0,17
ROC	1063	0,10	0,39		
PANTERA	1071	0,14	0,05	0,10	0,08
ROC	1064	0,19	0,10		
PANTERA	1072	0,48	0,28	0,73	0,23
ROC	1065	0,09	0,34		
PANTERA	1073	3,32	2,30	0,18	1,24
ROC	1066	0,35	0,34		
PANTERA	1074	0,32	0,27	0,16	0,05
ROC	1067	0,35	0,64		
PANTERA	1075	0,06	0,46	0,48	0,47
ROC	1068	0,05	1,45		
PANTERA	1076	0,54	0,49	0,56	0,53
PANTERA	m(SE)	0,63	0,44	0,37	0,35
	s^2 (SE)	0,92	0,29	0,13	0,10
ROC	m(SE)	0,65	1,11		
	s^2 (SE)	0,64	6,37		
ROC SEM OUTLIER	m(SE)		0,46		
	s^2 (SE)		0,14		