



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**



**ANALISE PROPOSITIVA DA DIVERGÊNCIA ENTRE O VOLUME FÍSICO E O  
VOLUME CONTÁBIL DE PILHA DE PRODUTO MINERAL**

**Autor: Roberto Márcio dos Santos**  
**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira**

**OURO PRETO**  
**Fevereiro de 2010**

**ROBERTO MÁRCIO DOS SANTOS**

**ANALISE PROPOSITIVA DA DIVERGÊNCIA ENTRE O VOLUME FÍSICO E O  
VOLUME CONTÁBIL DE PILHA DE PRODUTO MINERAL**

Monografia apresentada ao Curso de  
Pós Graduação em Beneficiamento  
Mineral do Departamento de  
Engenharia de Minas da  
Universidade Federal de Ouro Preto

Área de concentração: Planejamento de Lavra  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira

**OURO PRETO**  
**Fevereiro de 2010**

**A minha esposa Thais e aos meus filhos Henrique,  
Guilherme e Rachel pelo incentivo e confiança.**

## **Agradecimentos**

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, pela dedicação, disponibilidade, bem como pelo competente e valioso ensinamento.

Aos coordenadores pelo sucesso do curso.

Aos meus colegas pelo prazeroso convívio e pela troca de gratificantes experiências

Aos amigos Ademir Ferreira de Abreu, Laerte Cardoso Pires e Flávio Vieira Costa pelo apoio e incentivo ao trabalho.

À VALE, pelo apoio e oportunidade proporcionada.

A todos aqueles que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

A divergência entre o cálculo de volume físico ou medido (topográfico) com o volume apontado das pilhas de produto traz grande problema para as empresas de mineração, entretanto, este é um tema que vem sendo muito pouco discutido, apesar de sua relevância. Dessa forma, o presente trabalho apresenta a teoria acerca dos procedimentos que impactam direta ou indiretamente nos volumes dos produtos minerais, a saber: balança, topografia, determinação da densidade, dentre outros. Além disso, busca-se relacionar os fatores que de alguma forma podem interferir nos resultados das medições dos volumes, com vistas a possibilitar uma maior aproximação entre os volumes físicos e apontados.

## **ABSTRACT**

The divergence between the measured (topographic) or physical volume and the one appointed in product piles represents a great problem to mining companies. However, this is a topic which is little discussed, despite its relevance. Therefore, this work presents the theory of procedures which impact mineral products directly or indirectly, namely: scale, topography, density ascertainment, among others. Moreover, this work lists the factors which may somehow interfere in the results of volumes measurement, aiming to achieve a more accurate relation between the physical volumes and the appointed ones.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	13
3.1 Mineração.....	13
3.1.1 Recurso mineral do Brasil.....	14
3.1.2 Etapas de operações de mineração.....	15
3.2 Estoques de produtos.....	17
3.3 Estoques apontados.....	19
3.3.1 Método de determinação e influencia na quantidade dos estoques apontados.....	19
3.3.2 Fontes de incerteza passíveis de provocar diferenças nos estoques apontados:.....	23
3.3.3 Procedimentos para se reduzir as diferenças nos estoques apontados:.....	28
3.4 Estoques físicos ou medidos.....	34
3.4.1 Método de determinação e influencia na quantidade dos estoques físicos ou medidos..	34
3.4.2 Fontes de incerteza passíveis de provocar diferenças nos estoques físicos ou medidos:	68
3.4.3 Procedimentos para se reduzir as diferenças nos estoques físicos ou medidos:.....	82
4. METODOLOGIA.....	85
5. ESTUDO DE CASO.....	86
6. CONCLUSÕES.....	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
8 APÊNDICE.....	95
Apêndice 1 - Questionário para a área da medição apontada.....	96
Apêndice 2 - Questionário para a área da medição física ou medida.....	98

## Lista de figuras

Figura 1 – Imagem do Quadrilátero Ferrífero (Satélite Landsat 7, 2009).....	15
Figura 2 – Usina de beneficiamento .....	16
Figura 3 – Fluxograma de um processo produtivo .....	17
Figura 4 – Balança com um cavalete (Toledo, 2009).....	20
Figura 5 – Balança com dois cavaletes (Siemens, 2009) .....	21
Figura 6 – Balança com quatro cavaletes (Magcon, 2009) .....	21
Figura 7 – Corrente de calibração (Engeletro, 2009) .....	22
Figura 8 – Desalinhamento de correias .....	23
Figura 9 – Desalinhamento de roletes na área de pesagem .....	24
Figura 10 – Área de pesagem dividida em mais de uma seção .....	24
Figura 11 – Sensor de velocidade mal instalado e desalinhado .....	25
Figura 12 – Sujeira em pontes de pesagem .....	26
Figura 13 – Acumulo de material em pontes de pesagem.....	26
Figura 14 – Roletes sujos e oxidados .....	27
Figura 15 – Localização recomendada da ponte de pesagem.....	29
Figura 16 – Área de pesagem .....	29
Figura 17 – Ângulo de inclinação dos roletes .....	30
Figura 18 – Posicionamento da correia sobre os roletes .....	30
Figura 19 – Gráfico com o momento de limpeza de uma balança .....	32
Figura 20 – Scanner a laser .....	35
Figura 21 – Detalhe da área levantada pelo scanner na fotografia.....	36
Figura 22 - Densidade global do planeta (Decifrando a terra, Teixeira, 2003).....	37
Figura 23 – SI e CGS e suas relações (colegioweb, 2009).....	38
Figura 24 – Nivelando o local .....	39
Figura 25 – Coletando o material .....	40
Figura 26 – Pesando o material .....	41
Figura 27 – Colocando a areia.....	42
Figura 28 – Nivelando o gabarito .....	43
Figura 29 – Gabarito instalado .....	44
Figura 30 – Cavando o poço.....	44
Figura 31 – Coletando o material .....	45
Figura 32 – Pesando o material .....	45
Figura 33 – Revestindo o poço .....	46

Figura 34 – Poço preenchido com água .....	47
Figura 35 – Preparando a área .....	48
Figura 36 – Área para se coletar a amostra .....	48
Figura 37 – Cilindro de amostra .....	49
Figura 38 – Coletando a amostra .....	49
Figura 39 – Recolhendo o material .....	50
Figura 40 – Escolhendo e marcando o local para o teste .....	50
Figura 41 – Cavando a vala .....	51
Figura 42 – Formato da vala .....	51
Figura 43 – Coletando o material nos caminhões .....	52
Figura 44 – Tíquete de balança .....	52
Figura 45 – Medindo a vala .....	52
Figura 46 – Imagens do exemplo do método de medição no carregamento .....	55
Figura 47 – Densímetro nuclear .....	57
Figura 48 – Balança hidrostática .....	58
Figura 49 – Deslocamento de volume .....	58
Figura 50 – Ultra picnômetro .....	59
Figura 51 – Os três tipos fundamentais de porosidade (Decifrando a Terra, Teixeira, 2003) .	62
Figura 52 – Correlação dos valores de densidade com a porosidade .....	63
Figura 53 – Volumes e pesos .....	64
Figura 54 - Estufa .....	65
Figura 55 - Fogareiro .....	65
Figura 56 - Picnômetro .....	66
Figura 57 – Método do álcool .....	67
Figura 58 - Speedy .....	67
Figura 59 – Formato de uma pilha típica .....	69
Figura 60 – Pilha 1 volume scanner .....	70
Figura 61 – Pilha 1 volume topografia convencional .....	70
Figura 62 – Pilha 2 volume scanner .....	72
Figura 63 – Pilha 2 volume topografia convencional .....	73
Figura 64 – Pilha 3 volume scanner .....	74
Figura 65 – Pilha 3 volume topografia convencional .....	75
Figura 66 – Variação da densidade na pilha .....	77
Figura 67 – Gráfico com o erro (%) da balança rodoviária .....	78

Figura 68 – Gráfico com o erro (%) da topografia por scanner .....	78
Figura 69 – Gráfico com o erro (%) da medição do volume com água .....	79
Figura 70 – Gráfico com o erro (%) da balança do laboratório.....	79
Figura 71 – Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de abertura de valas ou trincheiras .....	80
Figura 72 - Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de preenchimento com água .....	81
Figura 73 – Incertezas nas medições .....	83
Figura 74 – Produto retomável e lastro .....	84
Figura 75 – Dados levantados dos estoques medidos e apontados com suas diferenças no período de dez 07 a dez 09 .....	86
Figura 76 -= Gráfico com os estoques medidos das três minas no período .....	87
Figura 77 - Gráfico com os estoques apontados das três minas no período.....	87
Figura 78 - Gráfico com as diferenças em ton dos estoques medido pelo estoques apontados das três minas no período .....	88
Figura 79 - Gráfico com as diferenças em % dos estoques medido pelo estoques apontados das três minas no período .....	88

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Exemplo de cálculo de densidade.....	53
Tabela 2 – Exemplo do cálculo do método de medição no carregamento .....	56
Tabela 3 – Modelo de registro de amostra de densidade.....	60
Tabela 4 – Pilha 1 resultado .....	71
Tabela 5 – Pilha 2 resultado .....	74
Tabela 6 – Pilha 3 resultado .....	76

# 1 INTRODUÇÃO

O processo de fechamento de produção de uma mina é de extrema importância e deve ser feito da maneira mais precisa possível.

Por ser um processo relativamente complexo, passa por diversas fases antes de chegar ao final. Um grande número de incertezas pode ser encontrado durante a fase de coleta de dados, o que exige um controle mais rígido, para evitar problemas.

A medição ou inventário da produção na indústria extrativa de minério difere em muito em relação as demais indústrias de manufatura. Os processos de manufatura geram produtos que são controlados através da medição ou contagem dos produtos finais ou intermediários em unidades simples, de massa ou comprimento. Já os processos de mineração têm interferências desde a extração do mineral até a entrega ao cliente, com alterações das características intrínsecas do minério nos processos de beneficiamento e diversas movimentações. O produto final é medido em massa produzida, mas essa massa sofre alterações de variáveis como volume, umidade e densidade.

Geralmente ao se realizar o fechamento de dados de produção uma quantidade maior de minério que a medição física existente é apontada. Isto obriga a empresa tomar alguma atitude seja ela a produzir uma quantidade maior para pagar o déficit ou cortar essa massa do estoques. Podemos até dizer que com isso os índices de utilização e rendimentos das usinas e dos equipamentos usados na lavra podem perder a confiabilidade sendo maiores ou menores do que o informado.

Com isso o aprofundamento dessa discussão torna-se muito relevante com objetivo de se alcançar alternativas que no mínimo, minimizem este problema. Este é o propósito do presente trabalho, qual seja aprofundar a discussão da temática contribuindo com uma base teórica relevante e consistente.

## **2 OBJETIVOS**

Pretende-se analisar os dados do volume físico e apontado de um determinado período, tentar identificar as maiores fontes de incerteza do processo e propor possíveis procedimentos que permitam a maior aproximação entre o volume físico e apontado e conseqüente redução de ajustes contábeis dos estoques.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 *Mineração*

A exploração dos recursos minerais é exercida pelo homem desde a pré-história, conforme túneis e galerias encontrados por arqueólogos na Europa e que datam do período neolítico. Para períodos arqueológicos, as designações "idade do bronze" e "idade do ferro" indicam a exploração e o uso desses minerais em épocas remotas.

A Organização das Nações Unidas (ONU) classifica como indústria extrativa mineral um conjunto de atividades, entre elas a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural sólido, líquido ou gasosos. Aqui inclui a exploração com todas as atividades complementares para preparar e beneficiar minérios, trituração, lavagem, limpeza, classificação, granulação, fusão e demais etapas necessárias à comercialização dos produtos. Dependendo das características intrínsecas do depósito minerais as jazidas podem ser exploradas por lavra a céu aberto ou lavra subterrânea. A exploração dos recursos minerais é uma das bases do poder econômico, militar e político de uma nação, além de servir de base para o progresso industrial e comercial.

Um dos primeiros métodos de mineração documentado pelos romanos consistia em acender fogo sobre as rochas que, com o calor intenso, se expandiam e rachavam. Uma das melhores fontes de informação sobre antigas técnicas de mineração pode ser encontrada no livro "De Re Metallica" (1546), de Georgius Agricola.

Houve um progresso das técnicas utilizada em mineração com o uso da pólvora, principalmente a dinamite e depois com a evolução dos equipamentos utilizados ampliando a capacidade de produção na extração mineral.

Com a Revolução Industrial houve um desenvolvimento da indústria extrativa com o crescimento do setor siderúrgico e a evolução tecnológica.

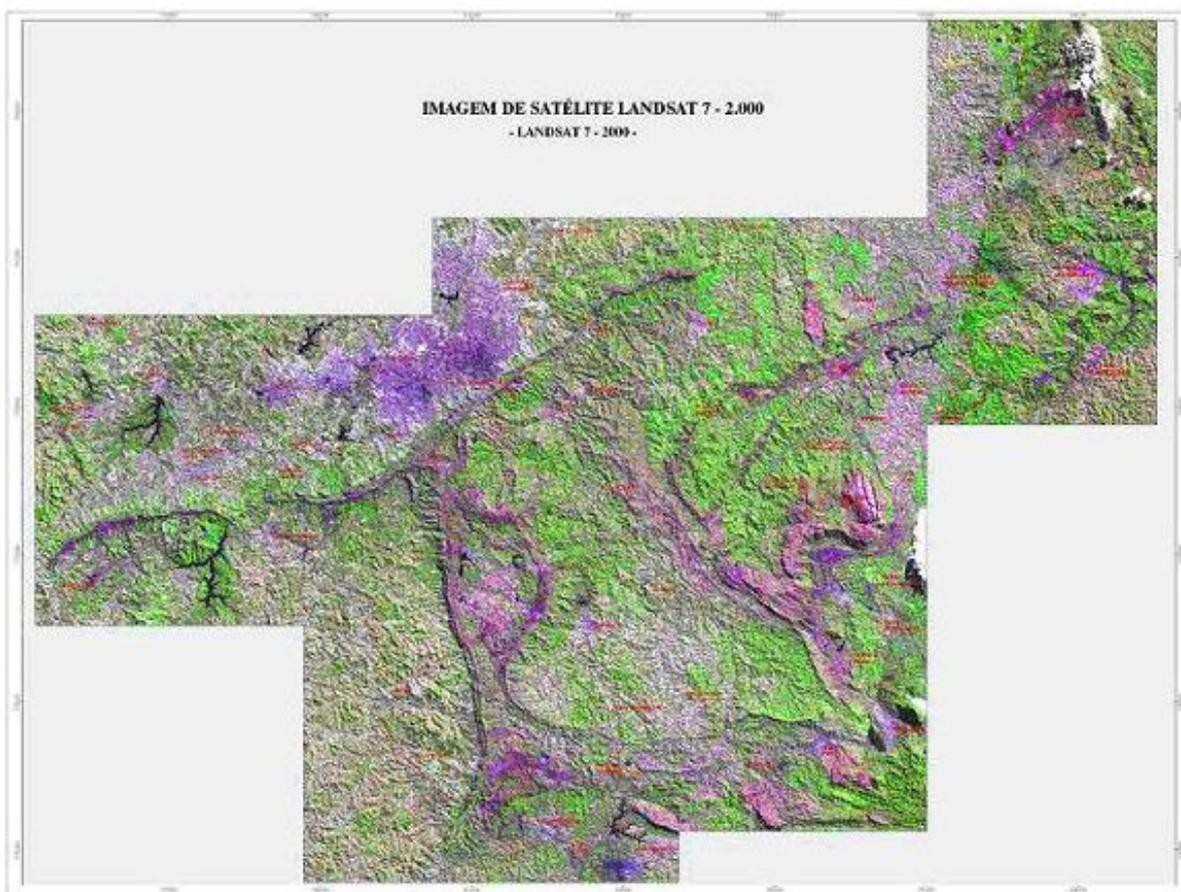
Geralmente a matéria-prima da mineração é chamada de minério. Os produtos das atividades de mineração que são comercializados recebem o nome de mineral commodities. O minério de ferro, por ser a matéria prima básica na

composição de aço é um elemento fundamental no processo de industrialização de qualquer País. O ferro é o segundo metal em abundância e o quarto elemento químico mais abundante na crosta terrestre, cerca de 4,2 % da litosfera são constituídos de ferro. As jazidas de minério de ferro são encontradas em todas as épocas geológicas, mas as grandes concentrações ocorrem em algumas áreas, geralmente, as pré-cambrianas.

### **3.1.1 Recurso mineral do Brasil**

O Brasil é muito rico em recursos minerais, com a exploração de mais de 55 minerais diferentes, possuindo algumas das maiores reservas de minerais do mundo. O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em jazidas ferríferas com aproximadamente 8% das reservas, ocupando lugar de destaque na produção e na exportação mundial desse minério. Cerca de 60 a 70% da produção brasileira é exportada.

As duas principais áreas produtoras do minério de ferro são o Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais), retratado na figura 1, e a Serra dos Carajás (Pará). Essas duas áreas são responsáveis por 99,0% da produção nacional. Do Quadrilátero Ferrífero saem cerca de 60% do ferro e 40% do ouro extraídos no Brasil, além do manganês. Já na área da Serra dos Carajás são encontrados, além de ferro, ouro, prata, níquel, cromo, manganês, cobre, bauxita, zinco, estanho e tungstênio.



**Figura 1 – Imagem do Quadrilátero Ferrífero (Satélite Landsat 7, 2009)**

### **3.1.2 Etapas de operações de mineração**

Hoje em dia a mineração é uma atividade complexa e com alto custo.

A primeira etapa é chamada de exploração que começa com a prospecção que é a procura de locais onde os minerais de interesse ocorrem localizando jazidas minerais cuja produção provável venha a compensar os custos de extração.

Através de amostras tipo sondagens, galerias, etc. calculando a quantidade de minério disponível, fazendo mapas geológicos o que permitirá conhecer os teores dos elementos e sua localização na jazida.

Conhecendo o local e o tamanho aproximado da jazida estuda-se a melhor maneira de realizar o processo de lavra mais adequado para o mineral a ser

explorado. Essa etapa chama-se de mineração que é a extração do minério através de operações como perfuração, detonação, carregamento, e transporte até a usina.

A próxima etapa é a do beneficiamento ou tratamento, que pode ser vista na figura 2, que é a separação do mineral-minério de outros minerais de ganga.



**Figura 2 – Usina de beneficiamento**

A última etapa, após achar compradores para o produto mineral, é de transportar-lo até o mercado

Todo esse processo produtivo está demonstrado no fluxograma constante da figura 3 abaixo.

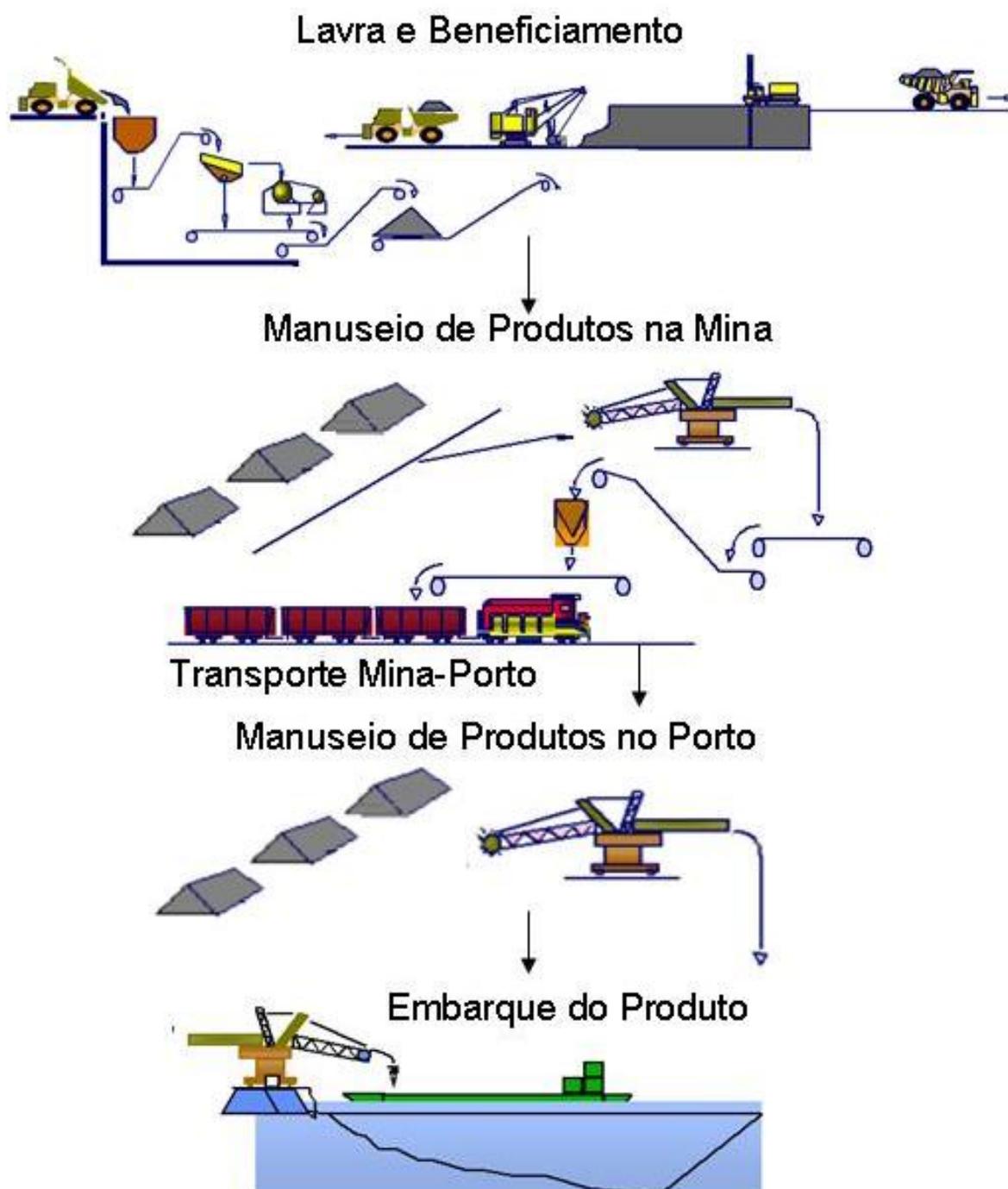


Figura 3 – Fluxograma de um processo produtivo

### 3.2 Estoques de produtos

De acordo com Moreira (2001) entende-se por estoque quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo. Constituem estoques tanto os produtos acabados que

aguardam venda ou despacho, como matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção.

Já segundo Ortolani (2002) estoques são todos os bens e materiais mantidos por uma organização para suprir demandas futuras, podendo ser encontrados na forma de (tipos de estoques): matéria-prima, produto em processo (em elaboração/produção), produto acabado, materiais e embalagens e produtos necessários para manutenção, reparo e suprimentos de operações.

Pode-se dizer que estoque de produto mineral é uma reserva que se encontra em poder da empresa, num determinado tempo para fazer o fornecimento ao mercado através da venda.

Na mineração existe o estoque apontado, o estoque físico ou medido e o estoque contábil.

Estoque apontado é calculado pelo sistema de gestão de produção, com base nas produções e nas movimentações.

Estoque apontado = estoque físico do mês anterior = produção – expedição.

Estoque físico ou medido é a medição da quantidade (medição de volume) de minério ou produto obtido através de inventário por levantamento topográfico dos estoques e o cálculo da densidade.

Estoque físico ou medido = medido pela topografia.

Estoque contábil é calculado pelo sistema, com base nos dados de fechamento mensal, sendo ajustado de acordo com inventário obtido através do confronto do estoque físico com o estoque apontado. Geralmente o estoque contábil fechado a cada final de mês é o inicial do mês seguinte. No estoque contábil os valores das massas são convertidos em valores monetários.

A diferença entre o estoque físico e o estoque apontado resulta no valor absoluto do ajuste, que se positivo indica que estoque medido é maior do que o apontado e negativo indica que estoque medido é menor do que o apontado.

### **3.3 Estoques apontados**

#### **3.3.1 Método de determinação e influência na quantidade dos estoques apontados**

Nas grandes empresas, com processos diversificados, as correias transportadoras ganham importância, trazendo dinamismo à produção, diminuindo o tempo de produção e aumentando assim a lucratividade. As esteiras podem apenas transportar materiais de uma etapa para outra do processo, ou participar mais ativamente deste. Elas podem estar associadas a duas variáveis importantíssimas do processo: velocidade e peso. Quando estas duas variáveis estão associadas a uma correia transportadora, estamos falando em balanças como a integradora, por exemplo.

A balança integradora é usada em sistemas de pesagem em movimento. O sinal da indicação de peso é somado a todo instante. É designada para aferir a uma determinada demanda de produto que passa por ela por unidade de tempo.

#### **Balanças**

Historicamente falando, o atual sistema de pesagem é atribuído a Arquimedes (287~212 a.C.), que usava o princípio de alavancas. Ele definiu princípios matemáticos para o seu sistema, e isto levou os sistemas utilizados anteriormente na Índia e demais países orientais, chamado de Princípio de Trocas, baseado na variação volumétrica, serem relegado ao segundo plano. Dezesesseis séculos se passaram sem nenhuma novidade até Leonardo Da Vinci criar vários tipos de alavancas de pesagem.

Hooke desenvolveu a balança com molas que durante anos ficou sem que nenhuma grande inovação surgisse em relação aos sistemas anteriormente desenvolvidos. Isto até o advento da célula de carga onde ocorreram muitas mudanças nos sistemas de pesagem (CHRISTOV J, INSTEC, 1990).

Embora disponível desde o início do século passado, apenas após a 2ª Guerra Mundial o uso de células de carga como instrumento de pesagem se tornou viável do ponto de vista econômico e da engenharia.

As células de cargas podem ser classificadas em função do seu funcionamento em hidráulicas, pneumáticas e eletrônicas.

Existe no mercado uma grande quantidade de fabricantes de balanças. Modelos com uma, duas ou quatro células de carga são facilmente encontrados no mercado. As figuras 4, 5 e 6 apresentam esses modelos, respectivamente.

Um número maior de células de cargas e cavaletes garante maior exatidão e permite instalação em correias que apresentam condições de processos diferentes das que necessitam de apenas uma célula de carga.



**Figura 4 – Balança com um cavalete (Toledo, 2009)**



**Figura 5 – Balança com dois cavaletes (Siemens, 2009)**



**Figura 6 – Balança com quatro cavaletes (Magcon, 2009)**

O sistema de pesagem como um todo devem ser bem protegidas para ser o mínimo possível afetadas pelas condições ambientais mais diversas. Entre elas, variações extremas de temperatura, vibrações, ambiente corrosivo, vento, umidade, entre outros. O erro de medição é influenciado por esses fatores.

Um plano de calibração garante a confiabilidade das medidas das balanças.

#### **Exemplo de calibração**

- Calibração eletrônica (pré-calibração):

Já faz parte do integrador e simula um desequilíbrio conhecido na célula de carga, como se fosse material passando sobre a correia. É utilizada somente como uma verificação da repetibilidade do sistema aproximada.

- Calibração por pesos estáticos:

A empresa produz os pesos de calibração na quantidade e nos pesos necessários para cada caso, podendo ser aferidos com certificado IPEM/INMETRO.

Para facilitar o manuseio dos pesos, dispositivos de manuseio, armazenagem e travamento são incorporados à plataforma de pesagem, se for o caso.

- Calibração por corrente de calibração:

A Corrente de Calibração é uma cadeia de rolos de aço, em mancais com rolamentos com lubrificação selada, ligados com elos em barras de aço, com construção de precisão, aferida e certificada IPEM/INMETRO do seu valor de carregamento específico (C) em kg/m. Cada rolo e cada elo são aferidos com exatidão melhor que 0,1%. A corrente é montada de maneira a se obter uma uniformidade em seu carregamento específico (kg/m) melhor que 0,25%.

A Corrente de Calibração é utilizada para a aferição de uma balança dinâmica pela simulação de uma determinada vazão de material "transportada" pela correia determinando um ponto da escala da balança diferente do zero. O valor deste ponto da escala está situado tipicamente entre 50 e 100% do valor de fim de escala. A corrente de calibração apresentada na figura 7 é apoiada na correia ficando, porém estacionária. Os seus roletes giram evitando qualquer dano à correia.



Figura 7 – Corrente de calibração (Engeleto, 2009)

- Calibração utilizando o próprio material do processo:

Este método é o melhor, porém depende do fluxograma de processo existente, que permita a retirada de material que passou sobre a balança dinâmica para ser pesado em outra balança estática que será utilizada como referência. A quantidade de material a ser utilizada neste método de calibração é de acordo com o caso.

### 3.3.2 Fontes de incerteza passíveis de provocar diferenças nos estoques apontados:

As fontes de incerteza representam os agentes que podem gerar algum erro no processo de coleta de dados, levando ao não fechamento correto de produção.

Todas as fontes de incerteza devem ser eliminadas ou pelo menos sofrerem forte fiscalização para evitar futuros problemas.

#### Nas balanças

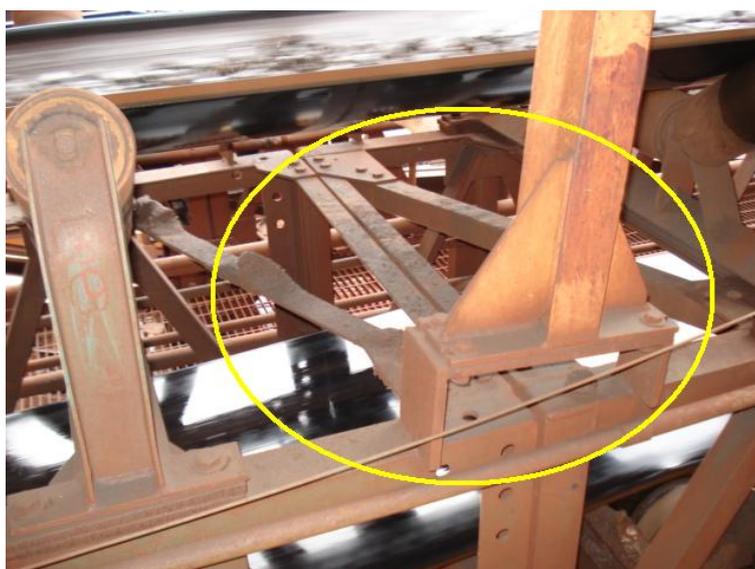
Problemas de instalação aumentam o erro de medição e são graves, pois atuam no valor medido durante todo funcionamento do processo. Cite-se a título de exemplos alguns problemas de instalação das balanças, a saber: desalinhamento de correias; desalinhamento de roletes na área de pesagem; área de pesagem dividida em mais de uma seção; sensor de velocidade mal instalado e desalinhado, os quais estão retratados nas figuras 8 a 11, respectivamente.



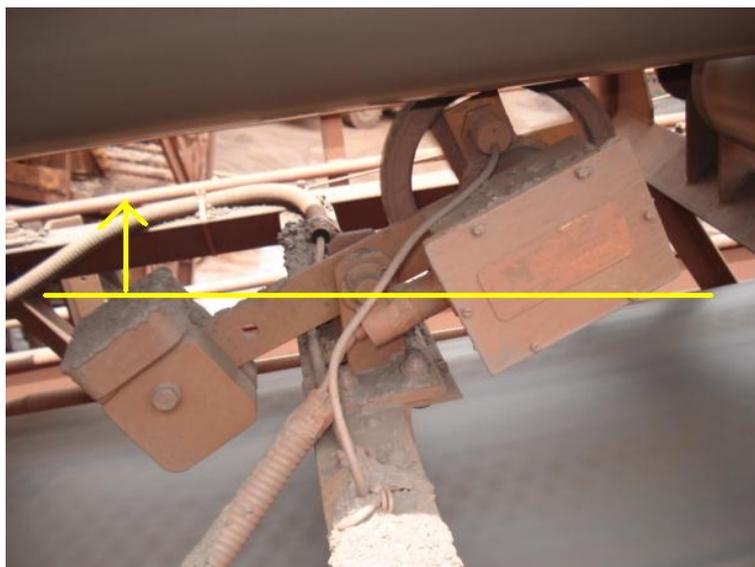
Figura 8 – Desalinhamento de correias



**Figura 9 – Desalinhamento de roletes na área de pesagem**



**Figura 10 – Área de pesagem dividida em mais de uma seção**



**Figura 11 – Sensor de velocidade mal instalado e desalinhado**

A exatidão das balanças cai muito em momentos de passagem de pouca carga na correia. Cada fabricante garante exatidão em determinada faixa de vazão nominal na correia transportadora. Quando a vazão está abaixo do limite mínimo a exatidão não é garantida.

Falta de um plano de calibração que garanta a confiabilidade das medidas e a flexibilidade para se adaptar à condição operacional.

Balanças de produção sem aferição ou sem o conhecimento da incerteza da medição das mesmas gerando acertos das pesagens das mesmas.

### **Nas usinas**

Perdas por vazamentos no circuito de beneficiamento, o que pode ter alguma influência na recuperação usada para o cálculo da produção.

Falta de balanças nos pontos de medições e transferências e conseqüentemente trabalhando com peso estimado.

Falta de procedimento de rotina para inspeção e limpeza nos subconjuntos que interferem na pesagem como, por exemplo, as balanças. Acumulo de sujeira na mesa da balança introduz uma tendência na medida gerando erro na medição causado por offsets nas pesagens. A grande maioria das balanças em uma usina estão expostas a poeira e particulados. As figuras de 12 a 14 permitem a visualização dessas sujeiras.



**Figura 12 – Sujeira em pontes de pesagem**



**Figura 13 – Acumulo de material em pontes de pesagem**



**Figura 14 – Roletes sujos e oxidados**

Falta de medidores e amostradores do sistema de produção em locais importantes no controle.

#### **No sistema de gestão da produção**

Falta de um sistema automatizado e integrado entre os sistemas gerenciais e contábeis que assegurem a neutralidade, independência, qualidade e confiabilidade das medições.

Sistema de gestão da produção com informações sobre produção e movimentação desatualizadas ou erradas e sem crítica sobre o balanço de estoques.

A não apuração das causas de desvios materiais nas produções, estoques ou movimentações de produtos.

Falta de treinamento dos empregados no uso dos sistemas de gestão da produção e prática de controle de estoques.

#### **Nos pátios das pilhas de produto**

Falta de acerto da praça que ira se formar uma pilha.

Falta de levantamento topográfico do local da base da pilha, chamada de primitiva.

Falta de identificação física dos estoques o que pode gerar apontamentos errôneos.

Carreamento de material por chuvas e ventos, principalmente em pilhas de grandes dimensões, devido a não existência de um sistema de drenagem.

Existência de muitos pátios de estocagem, gerando muitas transferências internas. Cada vez que uma pilha é transferida de um ponto para outro, há alguma perda na base da pilha, no transporte de caminhões, em diferenças de precisão das balanças e métodos de pesagem envolvidos, em sobras e outros fatores que somados podem influenciar nos estoques totais.

Manter estoque fora de área operacional e sem controle no sistema de gestão de produção.

Realizar carregamento com mistura de produtos gerando incertezas nos apontamentos.

Diferença de umidade entre produção e expedição e embarque.

Recuperação de minério perdido, por exemplo, quando há rebaixamento de piso ou limpeza do pátio às vezes é gerada uma massa de produto.

Falta de conhecimento dos limites dos equipamentos de medição utilizados.

Medição de massas movimentadas por carga média de caminhões, com pesagens aleatórias.

### **3.3.3 Procedimentos para se reduzir as diferenças nos estoques**

**apontados:**

#### **Nas balanças**

A instalação das balanças deve ser feita com muito critério e por pessoal treinados.

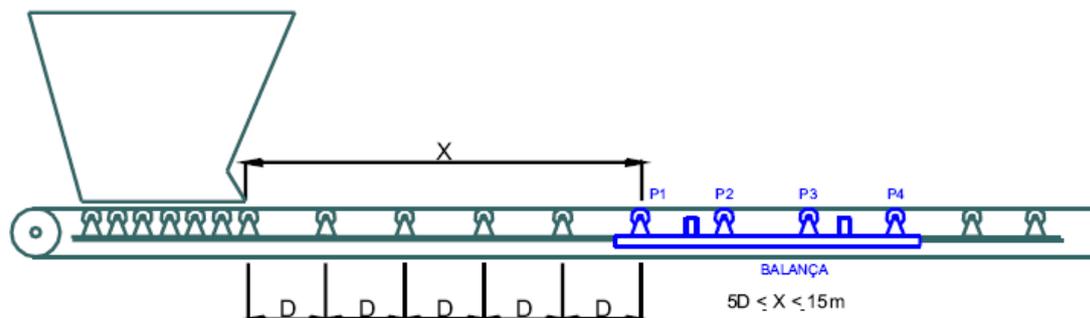
Recomendações na instalação de balanças:

- A ponte de pesagem deve estar em uma área em que haja pouca tensão e pouca variação de tensão da correia transportadora.

- Instalar a balança a uma distância tal, do ponto de carregamento, que o material já se encontre acomodado na correia.

- A perpendicularidade dos roletes de pesagem em relação à direção de deslocamento da correia deve estar dentro das especificações do fabricante.

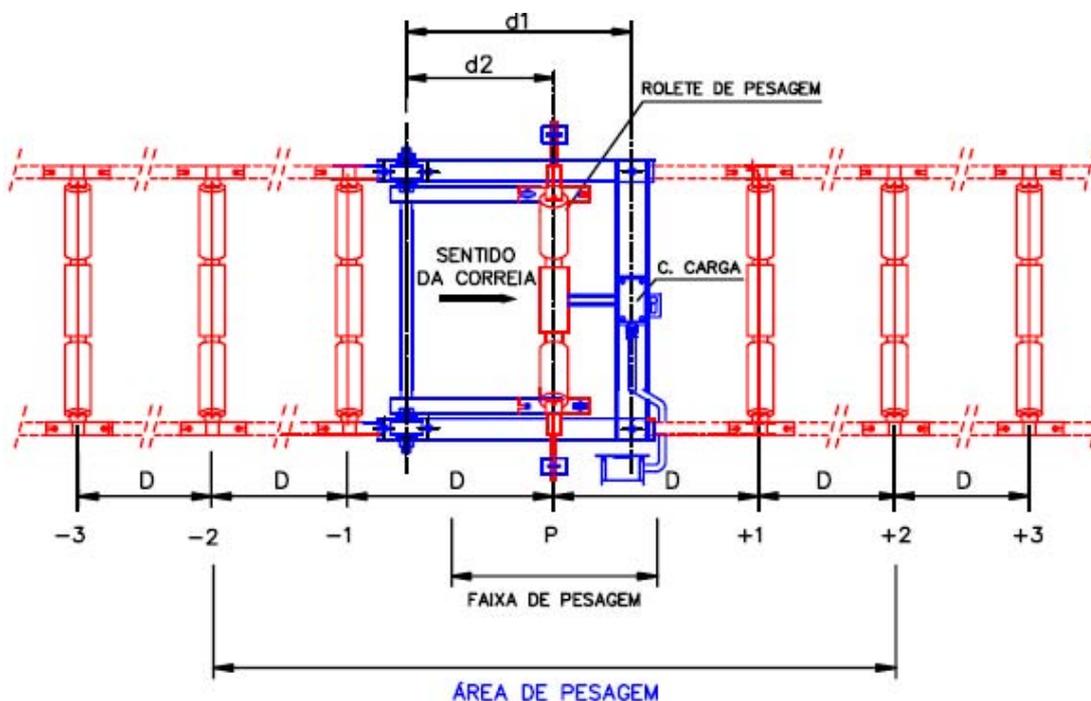
- A balança deve ser instalada a uma distância máxima de 15 metros do ponto de carregamento e distante ao menos cinco espaços entre roletes dos chutes de alimentação, conforme apresenta a figura 15 abaixo.



**Figura 15 – Localização recomendada da ponte de pesagem**

- É recomendada a instalação de comporta de regulagem de fluxo em chutes em que haja possibilidade. Um carregamento uniforme na correia garante maior exatidão na medição.

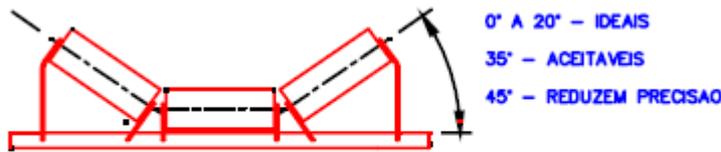
- Os roletes da área de pesagem apresentado na figura 16 influem diretamente na medição. Eles deve ser idênticos, auto-lubrificados e possuir sistema de vedação tipo labirinto.



**Figura 16 – Área de pesagem**

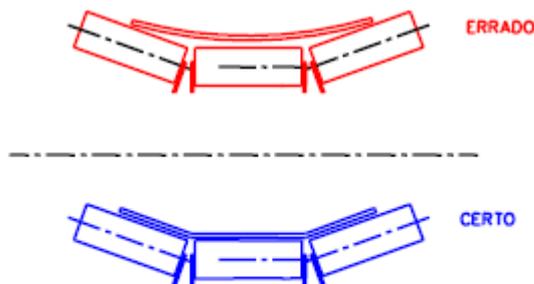
- Os roletes de pesagem devem possuir excentricidade menor que 2 mm, balanceamento dinâmico a 500 RPM e lubrificação permanente.

- Os roletes da área de pesagem devem possuir inclinação máxima de 35°, sendo o ideal de 0° a 20°, conforme ilustra a figura 17.



**Figura 17 – Ângulo de inclinação dos roletes**

- A correia deve possuir flexibilidade para entrar em contato com todos os roletes da área de pesagem mesmo quando rodando em vazio, ilustrada pela figura 18 abaixo.



**Figura 18 – Posicionamento da correia sobre os roletes**

- Em locais que apresentam escorregamento de material a balança deve ser instalada em um ponto longe do carregamento para permitir a acomodação total do material antes da pesagem.

- Em correias com mais de 12 metros é necessário um esticador que mantenha a tensão da correia constante.

- Na área de pesagem a estrutura do transportador deve ser livre de empenos e danos mecânicos.

- Os roletes da área de pesagem devem permanecer limpos e livres para rolagem.

- A área de pesagem deve estar totalmente nivelada e a correia deve passar alinhada.

- Os sensores de velocidade do tipo de polia de fricção devem ser instalados alinhados em um mesmo plano.

- A área de pesagem deve estar estruturada em apenas uma seção.

Para se ter resultados corretos e precisos, qualquer sistema de pesagem deve ter a capacidade de compensar a força gerada pelo movimento radial do rolete. Esta força é o resultado do movimento do material passando sobre a balança, não o próprio peso do material. Se isto não é compensado, este será interpretado pela balança como material adicional, resultando em erros nos relatórios de peso da balança.

Alguns fabricantes tentam minimizar os efeitos destas forças pela calibragem da balança enquanto a correia estiver em funcionamento, para que a força seja zerada no setup da balança. Entretanto, como existe o desgaste os componentes da correia, mudam-se as forças na balança, exigindo-se constante recalibragem.

Escolher balanças que sejam projetadas para operar em ambientes industriais pesados, com alta concentração de poeira, umidade, sujeitos a vibrações, altas temperaturas, em regime de trabalho contínuo de 24 horas por dia.

Para reduzir o erro advindo da exatidão da medição sugere-se o uso de balanças que sejam capazes de fornecer uma medida mais exata em uma faixa maior de percentagem de vazão nominal.

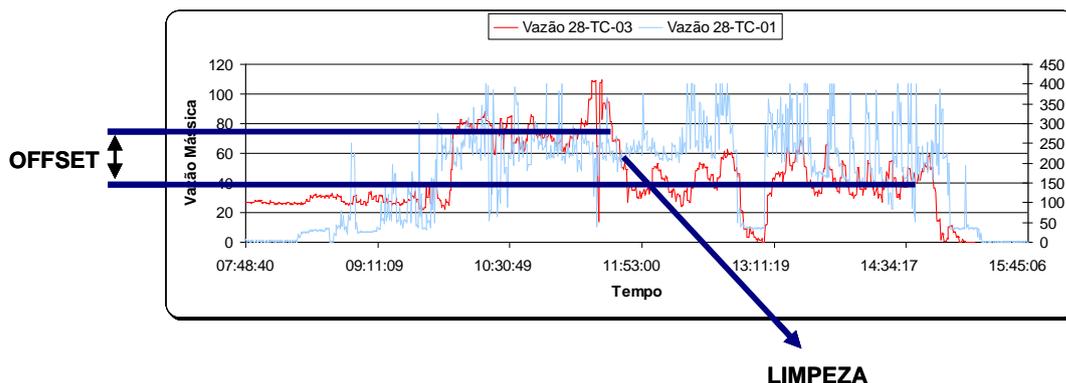
Implantar balanças nos pontos de medições e transferências para trabalhar com o peso real e não com estimativas.

Estabelecer plano de calibração e aferição, seguindo as recomendações das normas e dos fabricantes, com flexibilidade pré-definida, garantindo a confiabilidade das medidas e a flexibilidade para se adaptar à condição operacional, sem sacrificar a confiabilidade.

### **Nas usinas**

A usina deverá verificar mensalmente as perdas existentes por vazamentos no circuito de beneficiamento, reduzindo com isto a chance de existir alguma influência na recuperação usada para o cálculo da produção.

É necessário estabelecer um procedimento de rotina para inspeção e limpeza nas células de cargas e pontes de pesagem das balanças, com a instalação de pontos de ar comprimido próximo a todas as balanças, por exemplo. A figura 19 abaixo mostra o momento de limpeza de uma balança, que passou por dias de funcionamento sem nenhuma ação de limpeza.



**Figura 19 – Gráfico com o momento de limpeza de uma balança**

Instalar medidores e amostradores do sistema de produção, sempre que necessário e assegurar condições adequadas para funcionamento dos mesmos, conforme especificações.

Assegurar representatividade das amostragens para seu propósito nas análises de laboratório (ex. proximidade entre balanças e amostradores nos levantamentos de umidade).

Medir teor de umidade na saída da produção, na expedição e no embarque, para acompanhar a perda de umidade dos estoques da formação até a comercialização, favorecendo a programação de embarque e os controles de produção e estoque.

### **No sistema de gestão da produção**

Assegurar neutralidade, independência, qualidade e confiabilidade das medições, através da automação e integração de medidores com sistemas gerenciais e contábeis.

Manter atualizada e correta, no sistema de gestão da produção, as informações sobre produção, estoque e movimentação, com crítica sobre o balanço de estoques.

Estabelecer processos de apuração e controle das produções, estoques e movimentações de produtos.

Realizar estudo da incerteza da medição das balanças para conhecer a mesma padronizada combinada do processo de medição.

Criticar as umidades de produção e expedição seja ela saturada, natural ou seca.

Apurar causas de desvios materiais nas produções, estoques ou movimentações de produtos.

Treinar empregados no uso dos sistemas de gestão da produção e prática de controle de estoques.

Conhecer e minimizar as incertezas das medições, dentro dos limites dos equipamentos de medição utilizados, e disponibilizá-las internamente junto com os resultados.

Utilizar variáveis físicas estáveis no acompanhamento gerencial das produções, estoques e movimentações de produtos ao longo do sistema de produção.

Atenção no apontamento de uma recuperação de minério perdido. Tem que ter certeza de como apontar essa massa que foi agregada a um produto.

Na necessidade de alteração manual dos números de produção, o sistema de gestão deve prover funcionalidades para permitir rastreabilidade da alteração, mediante registro de responsável, data e hora da alteração, justificativa e valores alterados, além da definição de níveis de autorização e controle de acesso.

Controlar saídas de estoques devidas à contaminação de pilhas de produtos. Contaminação deve ser tratada como baixa e saída de estoque.

### **Nos pátios das pilhas de produto**

Fazer o acerto da praça por equipamento mecânico tais como tratores, pá carregadora ou motoniveladoras antes de se formar uma pilha.

Realizar o levantamento topográfico do local da base da pilha, chamada de primitiva.

Realizar um plano de drenagem nas pilhas principalmente nas de grandes dimensões evitando assim o carreamento de material por chuvas.

Trabalhar com poucos pátios de estocagem, evitando transferências internas de uma pilha de um ponto para outro.

Trabalhar preferencialmente com pilhas menores, que possam ser retomadas totalmente em curtos intervalos de tempo, evitando a permanência de uma mesma pilha por um grande período de tempo.

Fazer o empilhamento da pilha com formato mais regular possível, facilitando a medição topográfica. Quanto mais regular o formato da pilha, maior a confiabilidade da medição.

Constituir e retomar pilhas de produtos seguindo boas práticas para sua mensurabilidade.

Identificar fisicamente os estoques evitando apontamentos errôneos.

Manter todo o estoque dentro da área operacional e com controle no sistema de gestão de produção.

Controlar movimentações internas de produtos entre estoques.

Medir tara e peso bruto de caminhões rodoviários e vagão de uma composição para determinação da massa de produto transportada.

### **3.4 Estoques físicos ou medidos**

#### **3.4.1 Método de determinação e influencia na quantidade dos estoques físicos ou medidos**

##### **Topografia**

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” DOUBEK (1989).

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” ESPARTEL (1987).

O objetivo principal é efetuar o levantamento, executando medições de ângulos, distâncias e desníveis, que permita representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada.

##### **Equipamentos de topografia:**

- Estação Total é um instrumento eletrônico que podemos definir como a junção do teodolito eletrônico digital com o distanciômetro eletrônico, montados num só equipamento. A estação total é capaz de armazenar os dados recolhidos e executar alguns cálculos mesmo em campo.

- GPS (Sistema de Posicionamento Global) é um sistema de navegação que utiliza sinais emitidos por satélites geo-estacionários e que fornece leituras de posição a qualquer momento. O sistema GPS é capaz de fornecer posições

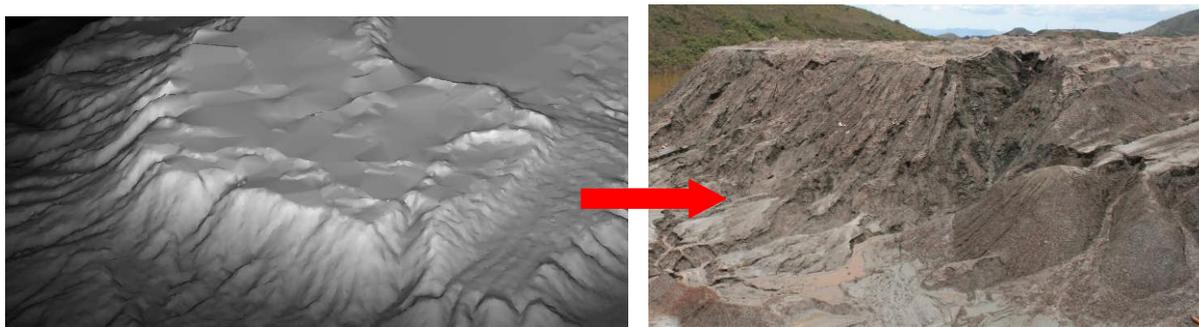
geográficas com diversos níveis de precisões desde baixas até precisões altíssimas dependendo do instrumental e das metodologias utilizadas na coleta e processamento dos sinais.

- Scanner a laser, retratado pela figura 20, representa uma nova era para levantamentos topográficos. Esta tecnologia inovadora alia grande quantidade de pontos e riqueza de detalhes obtidos em um curto intervalo de tempo. Permite medir a posição em três dimensões, cor natural e intensidade de reflexão de seis mil pontos por segundo sem a necessidade de refletores, utilizando um sistema de levantamento por pulsos laser, permitindo desse modo definições tridimensionais de superfícies, objetos e estruturas. Em geral o equipamento possui alcance de 700 metros e amplitude angular de 340 graus na horizontal e 80 graus na vertical. A precisão em cada ponto é de 8 a 25 milímetros. O sistema apresenta três alternativas de resolução: baixa, média e alta, permitindo capturar, respectivamente, cerca de 100.000, 500.000 e 2.000.000 de pontos em cada tomada. O erro do scanner a laser devido à grande nuvem de pontos levantados está em torno de 0,5%. Por ter um alto nível de detalhes consegue-se um valor bem próximo do real. A fonte do laser é de classe 1, aprovada para uso civil, não apresentando danos aos olhos. O scanner tira uma foto que depois pode ser usada para várias aplicações.



**Figura 20 – Scanner a laser**

Pelas análises das medições realizadas pelo scanner a laser pode-se notar que o fator preponderante é a riqueza de detalhes nos levantamentos topográficos, tais como rugosidades das superfícies, saliências, marcas de “erosões”, além de outras qualidades, tais como velocidade, precisão e segurança nos trabalhos. A figura 21 permite a visualização desses detalhes. Ressaltam também as qualidades do software para edição, manipulação e geração de resultados finais.



**Figura 21 – Detalhe da área levantada pelo scanner na fotografia**

### **Densidades**

Antigamente pesavam-se as coisas somente por comparações entre elementos, através da balança de pratos. Com o passar dos anos começaram a surgir os padrões de pesos e primeiro deles foi o sal, depois vieram outros como, por exemplo, a libra. Os romanos foram os primeiros a medir a quantidade de ouro através da densidade em relação à água e na Idade Moderna surgem padrões precisos para massa e com a necessidade de determinar conceitos bem definidos para tipos de densidades (SALVAGNINI W, EPUSP).

A densidade é a relação entre a massa de uma substância e o volume que ela ocupa. Muitas vezes se encontra o termo "densidade verdadeira ou absoluta", quando a medida é feita no vácuo, portanto eliminando o efeito do empuxo do ar, e "densidade aparente" quando é feita no ar. A diferença é pequena, mas existe.

Então se denomina densidade aparente de um determinado sólido granulado, a razão contida entre a massa (peso) de dado material (incluindo que em meio aos seus grãos contenha espaços vazios preenchidos por ar, mais comumente, ou outro fluido a depender do processo em questão, como água ou óleos minerais) e o volume, que toma conta dessa massa.

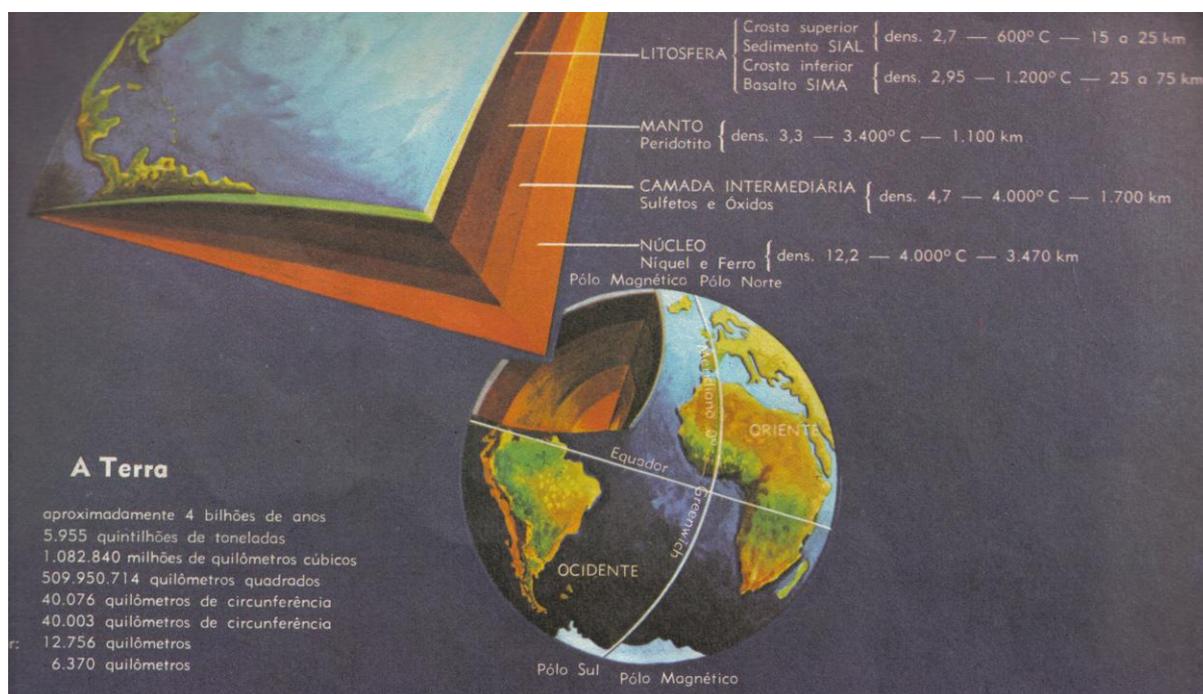
Pela densidade do ar, o mais comum dos fluidos gasosos a permear sólidos granulados, ser mais baixa que a densidade do sólido, a densidade aparente do sólido granulado tenderá a ser mais baixa que a densidade do sólido propriamente dito.

O conceito do termo densidade encontrado na literatura muitas vezes se confunde ao do peso específico. Na indústria mineral utiliza-se de várias terminologias referente à densidade: densidade absoluta, densidade relativa, densidade natural e densidade seca.

A densidade de uma dada substância (figura 22) costuma ser indicada pelo símbolo  $d_t$  onde  $t$  é a temperatura na qual a densidade foi determinada.

Embora a massa e o volume sejam propriedades extensivas, a razão dos seus valores é constante para um determinado material, para um certo valor de temperatura.

Podemos dizer então que a densidade é uma propriedade característica de uma substância, sendo usada como indicativo do grau de pureza da substância de que é feito um dado material.



**Figura 22 - Densidade global do planeta (Decifrando a terra, Teixeira, 2003)**

A densidade é importante, pois permite fazer a conversão de volume para tonelagem dos minérios. Sendo assim a densidade do minério estocado influencia diretamente no cálculo da massa estocada.

Estoque de minério no pátio (ton) = Volume (m<sup>3</sup>) x Densidade (ton / m<sup>3</sup>).

Entre as unidades de medida da densidade, citamos o SI = (International System) “Sistema Internacional de Unidades” adotado pelo Brasil em 1962 e o sistema CGS.

### 1- Sistema Internacional (SI)

$$\text{uni}(\mu) = \frac{\text{uni}(m)}{\text{uni}(v)} = \frac{Kg}{m^3} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

### 2- Sistema CGS

$$\text{uni}(\mu) = \frac{\text{uni}(m)}{\text{uni}(v)} = \frac{g}{\text{cm}^3} = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

### 3- Se pensarmos em relacionar as duas unidades, teremos:

Considerando 1 kg = 10<sup>3</sup>g e 1m<sup>3</sup> = 10<sup>6</sup>cm<sup>3</sup> temos:

$$1 \frac{kg}{m^3} = \frac{10^3 g}{10^6 \text{cm}^3} = 10^{-3} \frac{g}{\text{cm}^3}$$

**Portanto:**

$$1 \frac{g}{\text{cm}^3} = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

Já se considerarmos 10<sup>3</sup> kg = 1 tonelada, teremos:

$$1 \frac{g}{\text{cm}^3} = 1 \frac{t}{m^3}$$

**Figura 23 – SI e CGS e suas relações (colegioweb, 2009)**

A norma ISO 3852 “Minério de ferro para alimentação de alto-forno e para redução direta – Determinação de Densidade” especifica dois métodos para determinação da densidade a granel de minério de ferro.

O primeiro método é aplicável para minério de ferro natural ou processado, com *top size* nominal de 40 mm. Já o segundo método é aplicável para minério de ferro natural ou processado, independente da granulometria.

A norma serve para medir densidade de minério de ferro a granel, porém não garante necessariamente a densidade dos minérios a granel compactados ou em armazenados em pilhas.

Existem três normas correlatas, são elas:

ISO 3082:2000, Iron ores — *Sampling and sample preparation procedures*

ISO 3087:1998, Iron ores — *Determination of moisture content of a lot.*

ISO 4701, *Iron ores and direct reduced iron — Determination of size distribution by sieving.*

Como a norma não é conclusiva, vários são os procedimentos utilizados para determinação das densidades aparentes na mineração. São eles:

#### **a) Método do Frasco de Areia**

- Determinar os pontos de amostragem na pilha, observando e levantando o histórico da formação da pilha e suas características;
- Escolher o local para o teste;
- Retirar o material da superfície, nivelar e prender o prato, o que é ilustrado da figura 24 abaixo;



**Figura 24 – Nivelando o local**

- Cavar um orifício com as dimensões entre 15 a 20 cm de profundidade por um raio de 13 cm, conforme retratado na figura 25. As paredes dos orifícios devem ficar bem lisas e caso ocorra armamento deve ser abortado o teste do local;
- Coletar o material;



**Figura 25 – Coletando o material**

- Pesar o material coletado, conforme figura 26 abaixo, determinando a massa retirada do orifício;



**Figura 26 – Pesando o material**

- Pesar o frasco ainda cheio de areia antes do ensaio;
- Posicionar o frasco no orifício, conforme figura 27, para ser feito o preenchimento do mesmo com areia do frasco de densidade conhecida;



**Figura 27 – Colocando a areia**

- Realizar o ensaio. Colocar o frasco no orifício e depois de aproximadamente um (1) minuto abrir a torneira e acompanhar a descida da areia, depois de aproximadamente de um (1) minuto de estabilização da areia no frasco fechar a torneira. Não tocar no frasco após virá-lo no furo, isto é, enquanto areia estiver se acomodando no furo;

- Pesas o frasco novamente após o ensaio com a areia que sobrou;

- Registrar as informações no boletim de campo, informando o nome da pilha; nome do produto; data da amostra; condições de tempo no período da amostragem (chuvoso ou seco); Coordenadas topográficas (norte, leste e cota); Ponto de coleta (topo, face ou base da pilha); volume do frasco de areia antes do ensaio e após o mesmo;

- Calcular a densidade. Verificar se o valor de densidade obtida está dentro dos limites estabelecidos. Caso negativo conferir o valor da massa e do volume determinados. Se confirmar resultado fora do padrão, realizar nova amostragem, com uma distância máxima de 1,0 m;

- Separar massa após a realização dos testes de campo, e enviar ao laboratório para determinar a umidade para cada tipo de material.

Esta técnica é utilizada para materiais friáveis, sendo que as paredes do orifício devem ser bem definidas. Sua execução é rápida e utiliza-se equipamento de pequeno porte.

### **b) Método do Preenchimento com Água**

- Determinar os pontos de amostragem na pilha, observando e levantando o histórico da formação da pilha e suas características;

- Escolher o local para o teste;

- Retirar o material da superfície e nivelar o gabarito escolhido, conforme figuras 28 e 29 abaixo. O gabarito tem a função de limitar a área do poço e evitar perda de massa no início da coleta;



**Figura 28 – Nivelando o gabarito**



**Figura 29 – Gabarito instalado**

Para o produto fino, considerado com granulométrias menores que 12,5 mm, deve-se usar um gabarito com dimensões mínimas de 200 mm X 200 mm. Para o produto granulado, considerado com granulométrias igual ou maior que 12,5 mm, deve usar um gabarito com dimensões mínimas de 300 mm X 300 mm;

- Cavar o poço com paredes regulares, retratado na figura 30, até a coleta atingir 400 mm de profundidade;



**Figura 30 – Cavando o poço**

- Coletar o material e acondicionar no recipiente de coleta da amostra, conforme figura 31. O recipiente deve estar limpo para não haver erro da massa;



**Figura 31 – Coletando o material**

- Pesar o material coletado, retratado na figura 32 determinando a massa retirada do poço;



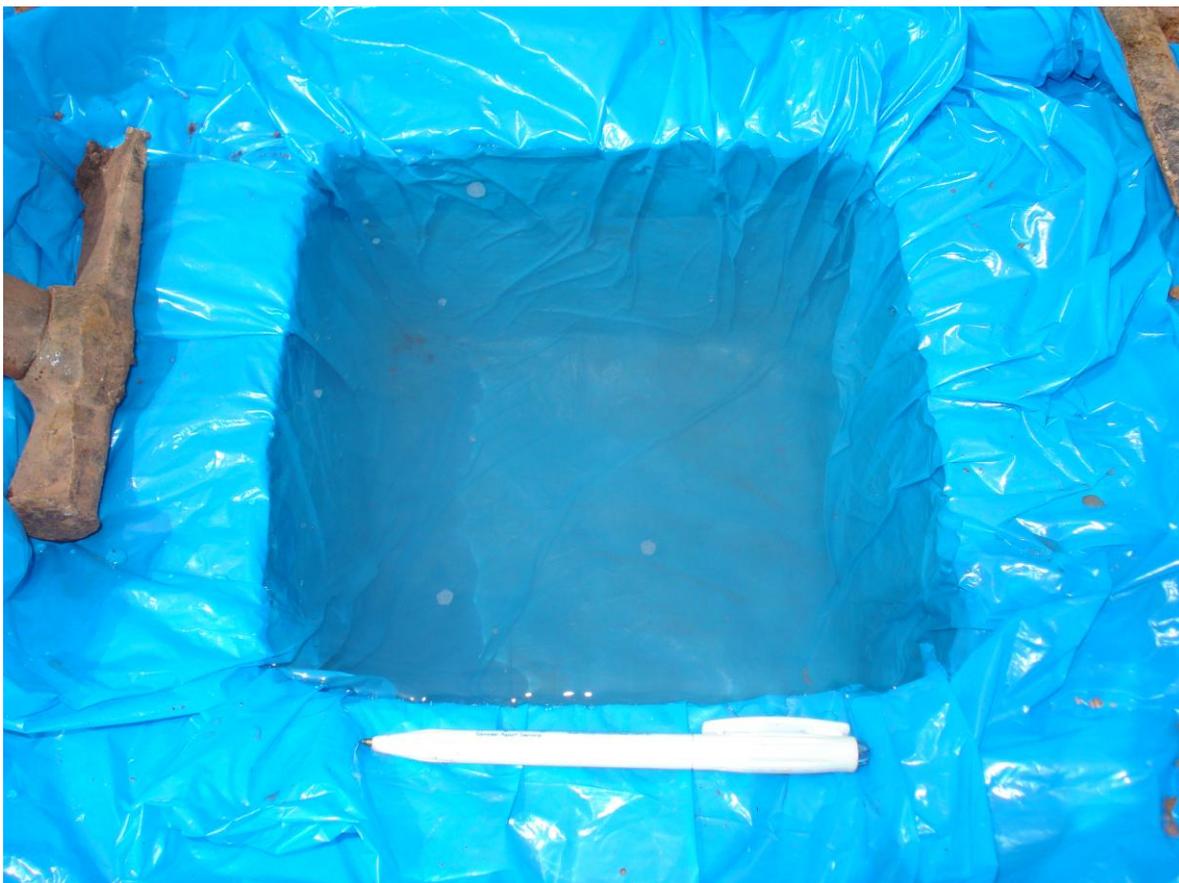
**Figura 32 – Pesando o material**

- Revestir o poço com película plástica fina, conforme figura 33 abaixo;



**Figura 33 – Revestindo o poço**

- Preencher o poço com água conforme figura 34 abaixo. Usar a tulipa para completar o preenchimento de forma a se ter todo cuidado para usar somente a quantidade necessária para preencher todo poço, sem vazamentos e perda de água. Medir a quantidade de água usada e determinar volume do poço;



**Figura 34 – Poço preenchido com água**

- Registrar as informações no boletim de campo, informando o nome da pilha; nome do produto; data da amostra; condições de tempo no período da amostragem (chuvoso ou seco); Coordenadas topográficas (norte, leste e cota); Ponto de coleta (topo, face ou base da pilha); volume de água utilizada para preenchimento do poço;

- Calcular a densidade aparente da amostra e também registrá-la no boletim de campo;

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Peso da material (kg)}}{\text{Volume preenchido no poço cavado (cm}^3\text{)}}$$

- Verificar se o valor de densidade obtida está dentro dos limites estabelecidos. Caso negativo conferir o valor da massa e do volume determinados. Se confirmar resultado fora do padrão, realizar nova amostragem, com uma distância máxima de 1,0 m.;

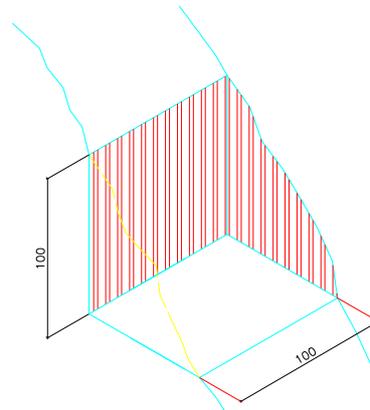
- Separar massa após a realização dos testes de campo, e enviar ao laboratório para determinar a umidade para cada tipo de material.

### c) Método do Cilindro de Amostra

- Determinar os pontos de amostragem na pilha, observando e levantando o histórico da formação da pilha e suas características;

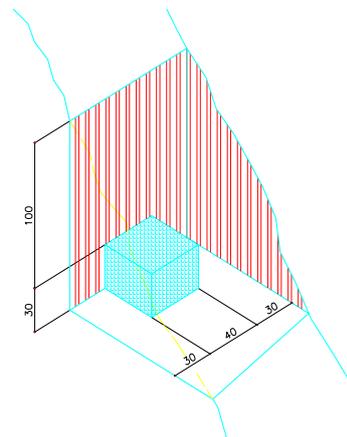
- Escolher o local do teste;

- Retirar o material da superfície, conforme figura 35 ;



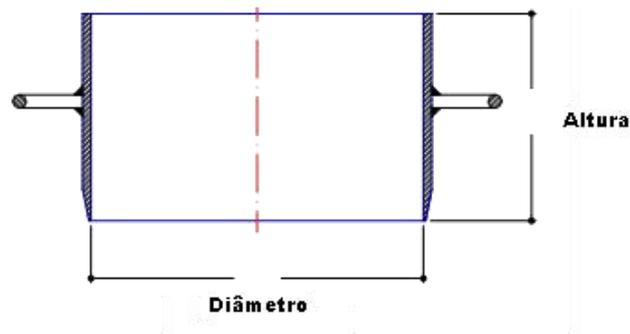
**Figura 35 – Preparando a área**

- Preparar área de coleta, de acordo com figura 36 abaixo ;



**Figura 36 – Área para se coletar a amostra**

- Inserir o cilindro de amostra ilustrado na figura 37. Este cilindro tem superfície interna totalmente lisa, dotado de alças laterais e com a borda inferior levemente afiada para facilitar o corte do minério;



**Figura 37 – Cilindro de amostra**

- As medidas do raio e da altura do cilindro a ser utilizado devem ser realizadas com paquímetro;

- São coletadas amostras, de acordo com figura 38, na superfície da pilha utilizando um cilindro vazado, buscando preservar as condições de compactação da pilha e garantir sua representatividade;



**Figura 38 – Coletando a amostra**

- Recolher o material , conforme figura 39 abaixo. Como auxiliar para o corte do minério na parte inferior do cilindro, usar duas lâminas de aço com dimensões aproximadas de 20 cm X 20 cm com suporte lateral e borda levemente afiada;



**Figura 39 – Recolhendo o material**

- Pesar o material;
- Calcular o volume do cilindro;
- Calcular a densidade.

#### **d) Método da abertura de valas ou trincheiras**

Este método consiste em cavar uma vala com paredes regulares, através de uma retro-escavadeira, sendo que as dimensões da vala devem ser medidas e o material retirado pesado posteriormente. Neste método, os volumes e massas são mais significativos, reduzindo a margem de erro.

- Escolher o local para teste conforme figura 40 abaixo;



**Figura 40 – Escolhendo e marcando o local para o teste**

- Cavar a vala de dimensões aproximadas de 4 m de lado por 2 m de profundidade, com as paredes bem regulares, conforme figuras 41 e 42. Caso ocorra armamento deve ser abortado o teste do local;



**Figura 41 – Cavando a vala**



**Figura 42 – Formato da vala**

- Colocar o material em caminhões, visualizado pela figura 43, com tara pré-estabelecida;



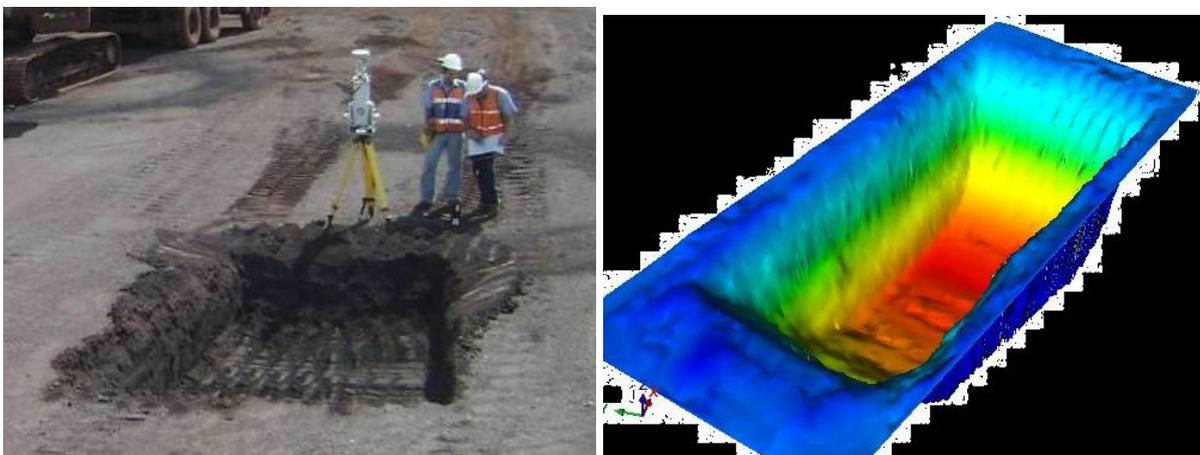
**Figura 43 – Coletando o material nos caminhões**

- Pesar o caminhão em balanças rodoviárias calibradas. A figura 44 abaixo mostra um tíquete de balança;

Nº DE CONTROLE DO FORMULÁRIO: 666258		1ª VIA CONTABILIDADE	
<b>TÍQUETE DE BALANÇA</b>			
TRANSPORTADORA VITO			
NOME: X - BR - MS		60000	
ENDEREÇO: 17182742002121		CÓD:	
C.N.P.J.: 12678	INSC. EST.: 020-6421	13:34:22	12/08/08
TÍQUETE	PLACA	HORA	DATA
19340	11610	11610	11610
BRUTO	TARA	LIQUIDO	
UNICA			
TRANSPORTADOR: GRANULADO ALTO FORNO		MEFA	
MATERIAL:		CÓDIGO	
ASSINATURA DO MOTORISTA		TENSÃO DE CALIBRAÇÃO	

**Figura 44 – Tíquete de balança**

- Medir as dimensões da vala, utilizando técnicas de topografia, conforme figura 45 abaixo ;



**Figura 45 – Medindo a vala**

- Calcular a densidade.

Exemplo

**Tabela 1 – Exemplo de cálculo de densidade.**

<b>Buraco 1</b>				
<b>Profundidade</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Densidade no nível</b>	<b>Densidade média</b>
1	4,072	17,380	4,268	4,268
2	10,527	24,990	3,871	4,025
3	16,057	20,690	3,741	3,927

<b>Buraco 2</b>				
<b>Profundidade</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Densidade no nível</b>	<b>Densidade média</b>
1	5,465	21,570	3,947	3,947
2	12,664	26,000	3,612	3,756
3	19,651	24,810	3,551	3,683

<b>Buraco 3</b>				
<b>Profundidade</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Densidade no nível</b>	<b>Densidade média</b>
1	5,879	23,880	4,062	4,062
2	13,579	27,958	3,631	3,818
3	20,975	26,030	3,519	3,712

**Tabela 1 – Exemplo de cálculo de densidade****e) Método de medição no empilhamento**

O método consiste em formar uma pilha de minério e medir a massa estocada na pilha através da balança de produção e o volume final da pilha após sua formação. As balanças de produção devem estar previamente aferidas.

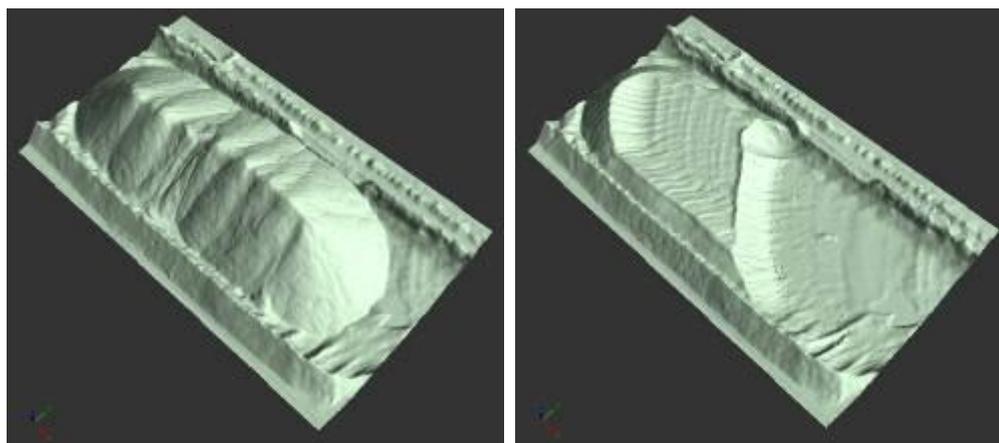
- Programar, com a operação de pátio, a formação da pilha;
- Fazer volumetria inicial do local de formação da pilha;
- Iniciar a formação da pilha;
- Anotar o peso obtido nas balanças de produção;
- Fazer volumetria da pilha, calculando o volume empilhado;

- Calcular a densidade.

#### **f) Método de medição no carregamento**

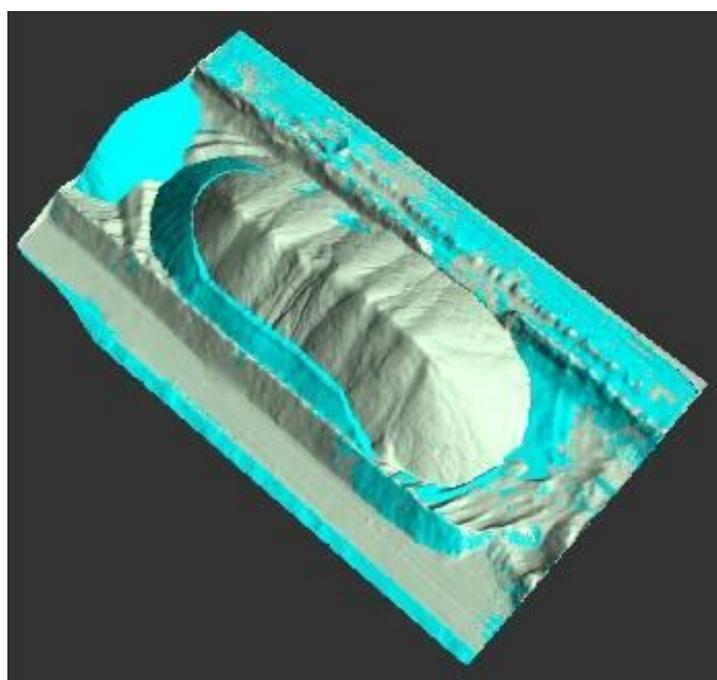
O método consiste em determinar a variação de volume em uma determinada pilha ao ser retomada e expedida, seja por via ferroviária, seja por via rodoviária. A figura 46 mostra esse método. Os valores de massa do material serão obtidos na correia de transporte do material, balança ferroviária ou balança rodoviária, quando for o caso. Providenciar a aferição prévia da balança (medidor de massa) que será utilizada para medir o peso do minério retomado na pilha;

- Prever quando e onde será iniciada a retomada de uma pilha de minério ou produto;
- Providenciar o levantamento topográfico da área onde a pilha está formada;
- Acompanhar a amostragem na retomada da pilha de forma a garantir a integridade das características das amostras;
- Depois de retomada da pilha, providenciar o levantamento do volume remanescente e anotar o peso expedido;
- Calcular a densidade.



Pilha antes da retomada

Pilha após retomada



Volume retomado

**Figura 466 – Imagens do exemplo do método de medição no carregamento**

Exemplo

**Tabela 2 – Exemplo do cálculo do método de medição no carregamento.**

<b>Seq.</b>	<b>Fonte</b>	<b>Valor</b>	<b>Unid.</b>	<b>Observação</b>
A	Peso Origem + Peso Médio	58,232	ton	Estoque contábil da pilha antes da retomada
B	Medição topografia antes ret.	18,978	m <sup>3</sup>	Volume total da pilha
D	Medição topografia após ret.	3,106	m <sup>3</sup>	Volume da sobra da pilha
E	B - D	15,872	ton	Volume correspondente à parcela efetivamente
F	Arqueação	47,650		Massa da carga embarcada
G	F / E	3,00		Densidade da parcela recuperada da pilha
H	A / B	3,07		Densidade "contábil" da pilha
I	Obtida de ensaio anterior	2,82		Densidade utilizada para calcular a massa da sobra
J	D x I	8,759	ton	Sobra da pilha, calculada com base na topografia
K	A - F	10,582	ton	Sobra contábil da pilha (esperada)
L	J - K	-1,823	ton	Ajuste no estoque
M	$ (L / A) \times 100 $	3,13	%	% do ajuste em relação ao estoque contábil
N	Altura Máxima	16,81	m	Altura máxima da pilha

**Tabela 2 – Exemplo do cálculo do método de medição no carregamento**

### **g) Método da medição em tambor compactado**

- Medir o volume exato do tambor a ser utilizado no ensaio, utilizando becker ou proveta graduada;
- Pesar o tambor vazio;
- Colocar o tambor sobre um piso forrado com borracha, para ajudar na compactação;
- Encher todo o tambor com a amostra. Para densidade compactada colocar, por vez, apenas 1/3 do volume do tambor, bater o tambor contra a borracha do piso 20 vezes, sendo 10 vezes de cada lado. Após repetir esse passo as três vezes, completar o volume do tambor com o restante da amostra;
- Colocar o tambor sobre a balança e registrar o peso;
- Calcular a densidade.

### **h) Método do densímetro Nuclear**

Utilizam-se duas fontes radioativas, conforme figura 47 : uma para medir a densidade e outra o índice de umidade. A fonte de raios gama fica na ponta do metal que será introduzida na pilha. A gravidade específica é obtida pelo número de oscilações. Mais oscilações refletem densidade menor.



**Figura 47 – Densímetro nuclear**

### **i) Método da Balança Hidrostática**

A densidade é calculada a partir da relação entre o peso da amostra em condições atmosféricas dividida pela perda de peso imersa em água utilizando a balança de Jolly, relatada na figura 48.

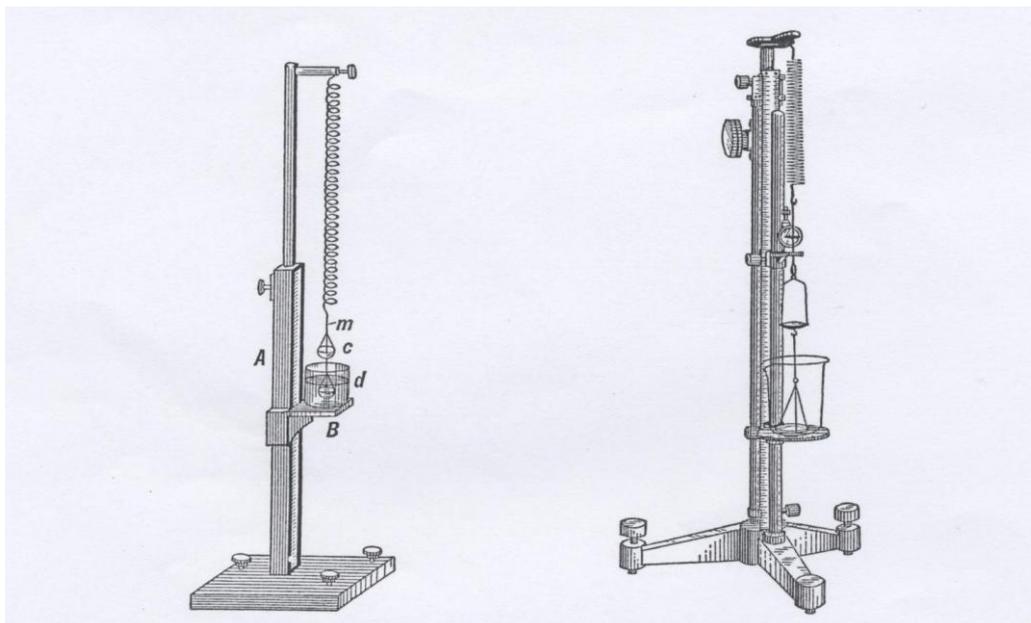


Figura 48 – Balança hidrostática

#### j) Método do Meio Denso por Deslocamento de Volume

A densidade é calculada a partir da relação entre a massa peso da amostra e o deslocamento de água provocado pelo mergulho da amostra em um recipiente graduado, conforme visualizado na figura 49.



Figura 49 – Deslocamento de volume

### k) Método do Picnômetro

A técnica consiste na utilização de um equipamento eletrônico (ultra-picnômetro), ilustrado na figura 50, para determinar a densidade através da injeção de gás hélio em um ambiente hermeticamente fechado contendo a amostra, considerando a massa da amostra, valores de volume e pressão antes da injeção do gás e após a retirada do gás.



**Figura 50 – Ultra picnômetro**

#### **Regras que servem para qualquer método utilizado.**

As amostras, após a realização dos testes de campo, devem ser enviadas ao laboratório para análise química e determinação da umidade para cada tipo de material.

Documentar todo o processo, registrando as informações no boletim de campo, informando o nome da pilha; nome do produto; data da amostra; condições de tempo no período da amostragem (chuvoso ou seco); Coordenadas topográficas (norte, leste e cota); Ponto de coleta (topo, face ou base da pilha); etc.

Verificar se o valor de densidade obtida está dentro dos limites estabelecidos. Caso negativo conferir os valores determinados. Se confirmar resultado fora do padrão, realizar nova amostragem.



### **Porosidade**

A porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material. Existem dois tipos fundamentais de porosidade nos materiais terrestres: primária e secundária.

A porosidade primária é gerada juntamente com o sedimento ou rocha, sendo caracterizada nas rochas sedimentares pelos espaços entre os clastos ou grãos. Na porosidade primária pode ser dividida em porosidade intergranular ou planos de estratificação: entre os cristais ou grãos dos minerais e em porosidade intragranular: porosidade do mineral (interior, dentro do mineral, intrínseca). A figura 51 e 52 abaixo, mostram os tipos de porosidades

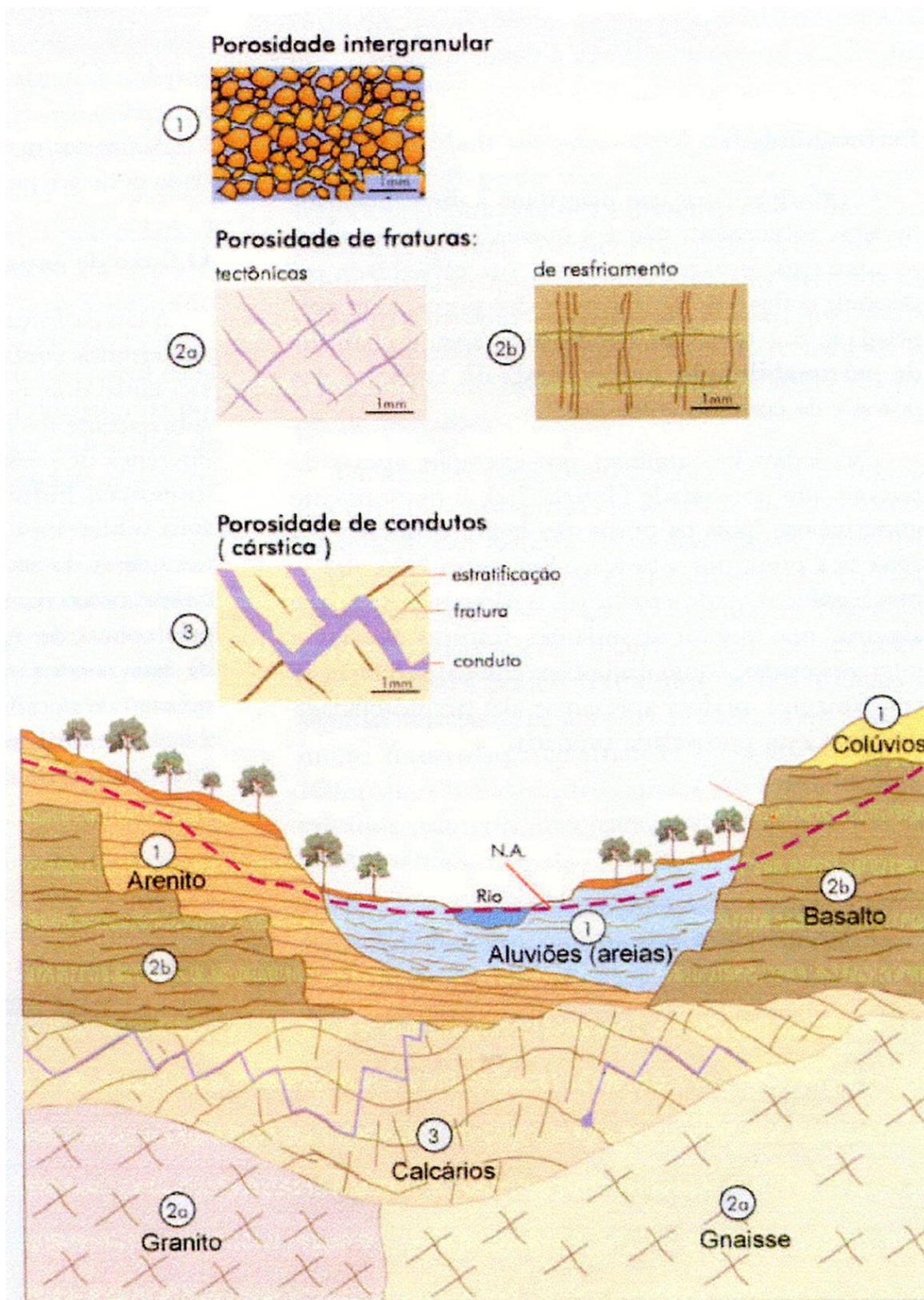
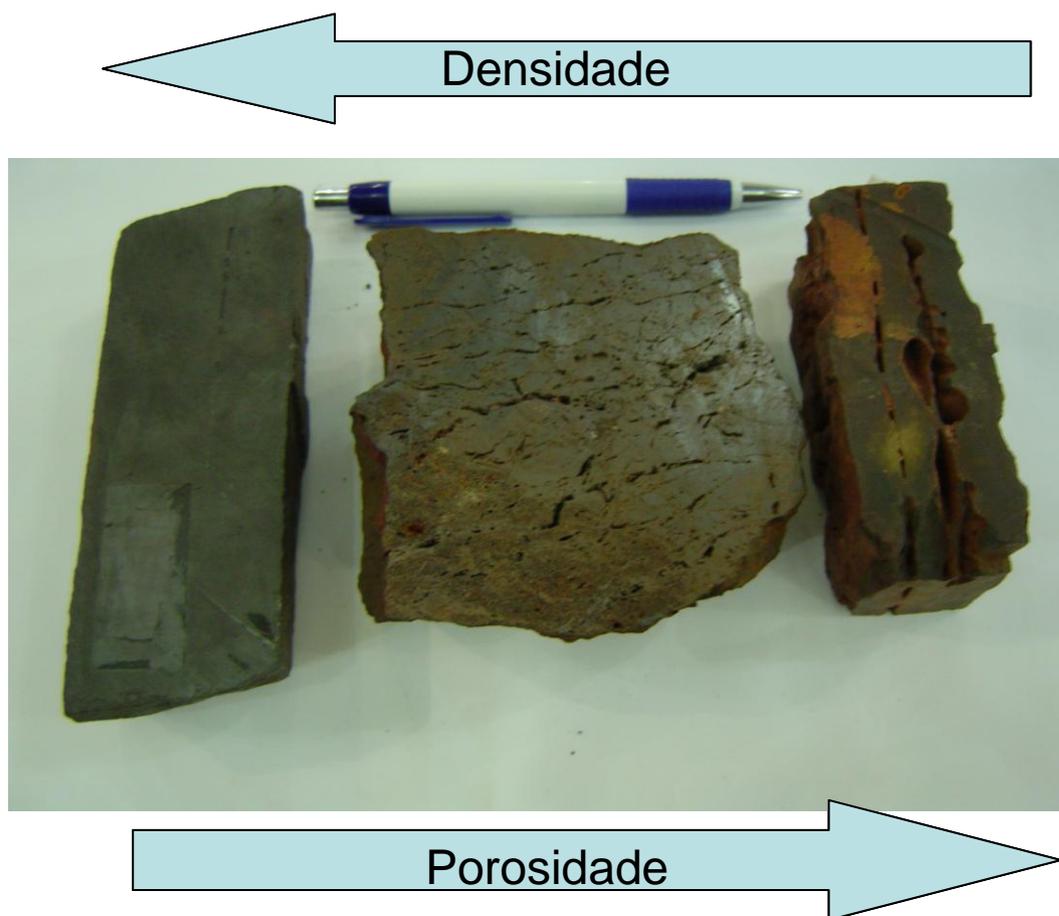


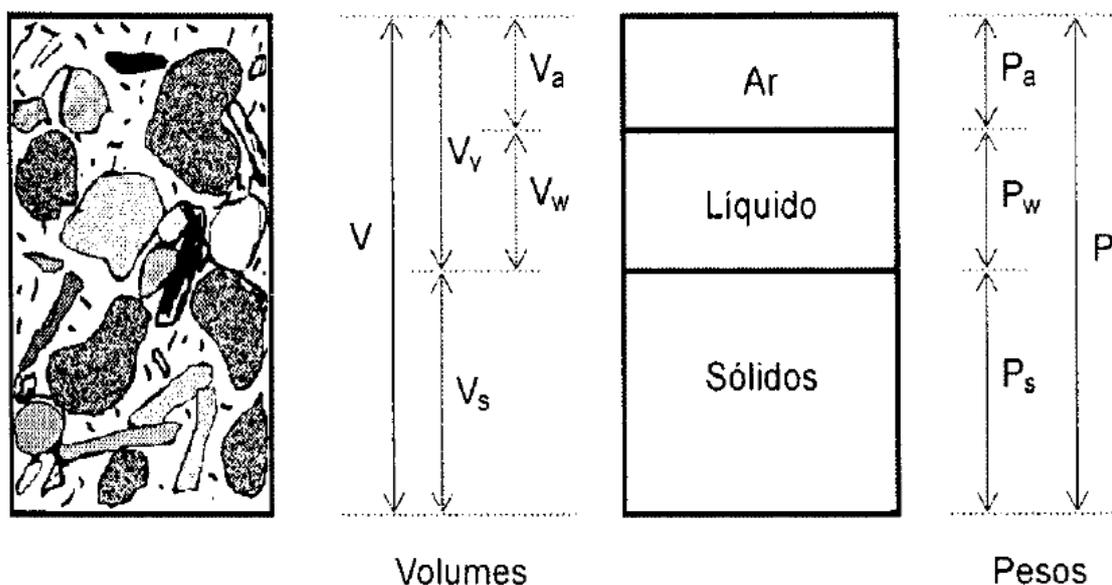
Figura 51 – Os três tipos fundamentais de porosidade (Decifrando a Terra, Teixeira, 2003)



**Figura 52 – Correlação dos valores de densidade com a porosidade**

### **Umidades**

Define-se teor de umidade ( $h$ ) de uma amostra, como a razão entre o peso da água ( $P_w$ ) contida em um certo volume de material e o peso da parte sólida ( $P_s$ ) existente nesse mesmo volume, expressa em porcentagem. A figura 53 mostra a relação entre volumes e pesos.



**Figura 53 – Volumes e pesos**

A oscilação do percentual de água no produto provoca a variação da densidade natural.

Fatores que influenciam a umidade:

- Função do clima;
- Porosidade de rocha.

O método mais utilizado para determinar a umidade consiste em:

- Determinar o peso total ( $P$ ) da amostra;
- Secar completamente a amostra;
- Determinar o peso da amostra seca ( $P_s$ );
- Por diferença, obter o peso original da água. ( $P_a = P - P_s$ ) na amostra;
- Calcular o teor de umidade:  $h = 100 P_a / P_s$ .

### **Processos práticos para a determinação do teor de umidade**

#### **a) Método da estufa**

A amostra é acondicionada de modo a conservar a umidade, sendo levada ao laboratório, onde é feita pesagem anterior e posterior a secagem em estufa, visualizada pela figura 54, à 105 – 110 °C. É considerado o método mais preciso.



**Figura 54 - Estufa**

### **b) Método do fogareiro**

Conceitualmente semelhante ao processo da estufa, utiliza a mesma ficha de ensaio, porém é um processo usado no campo. A falta de controle da temperatura desaconselha seu uso com solos orgânicos ou com argilas sensíveis à altas temperaturas, pois estas se decompõem pelo calor, diminuindo o peso do solo seco. A figura 55 abaixo mostra esse método.



**Figura 55 - Fogareiro**

### **c) Método do picnômetro**

É mais usado para determinar a umidade de solos de grãos grossos (areias e pedregulhos), não sendo usado para solos de grão fino (argilas) pela dificuldade de se removerem todas as bolhas de ar. Cada picnômetro, ilustrado na

figura 56, é fabricado para comportar um certo volume a uma determinada temperatura, pois o vidro sofre dilatação e retração, devendo então respeitar as especificações do aparelho; Bolhas de gases devem ser eliminadas, assim como gases dissolvidos no líquido, que tendem a causar diferença de densidade; Umidade externa ao picnômetro, assim como gordura da pele, podem alterar sensivelmente as medidas, daí a importância de limpá-lo com papel absorvente macio antes da pesagem.



**Figura 56 - Picnômetro**

#### **d) Método do álcool**

Este procedimento, apresentado na figura 57, pode ser usado no campo, quando autorizado. Restrições são devidas à falta de controle da temperatura, que causa queima de matéria orgânica e pode provocar “*cracking*” em partículas de argila por perda de água de constituição. Esse procedimento foi especificado pelo DNIT por meio da norma técnica ME 088/94. Nesse procedimento adiciona-se uma determinada quantidade de álcool em uma porção de solo úmido e ateia-se fogo. Após o término da 1ª queima deve-se verificar se há necessidade de se colocar mais uma porção de álcool, e assim sucessivamente até a secagem total da amostra. Segundo a citada norma esse procedimento deve ser realizado por 3 vezes. O calor da chama faz a água da amostra evaporar-se. O maior inconveniente desse processo está relacionado a qualidade do álcool, normalmente o álcool apresenta uma grande quantidade de água em sua constituição, assim sempre haverá um resíduo de água a cada queima, mascarando o resultado. Deve-se utilizar álcool isopropílico PA com 99,9% de pureza, entretanto, trata-se de um produto não muito fácil de encontrar no mercado. A umidade é determinada pela diferença de peso.

Esse método é utilizado pelo DNIT e alguns governo municipais e estaduais, quando da construção de estrada.



**Figura 57 – Método do álcool**

#### **e) Método Speedy**

A determinação do teor de umidade de solos e agregados miúdos com utilização do aparelho “Speedy”, apresentado na figura 58 tem base na reação química da água existente em uma amostra com o carbureto de cálcio, realizada em ambiente confinado.



(carbureto de cálcio + água » acetileno e hidróxido de cálcio)

O gás acetileno ao expandir-se gera pressão proporcional à quantidade de água existente no ambiente. A leitura dessa pressão em um manômetro permite a avaliação do teor de umidade de amostras.



**Figura 58 - Speedy**

#### **f) Método do Densímetro Nuclear**

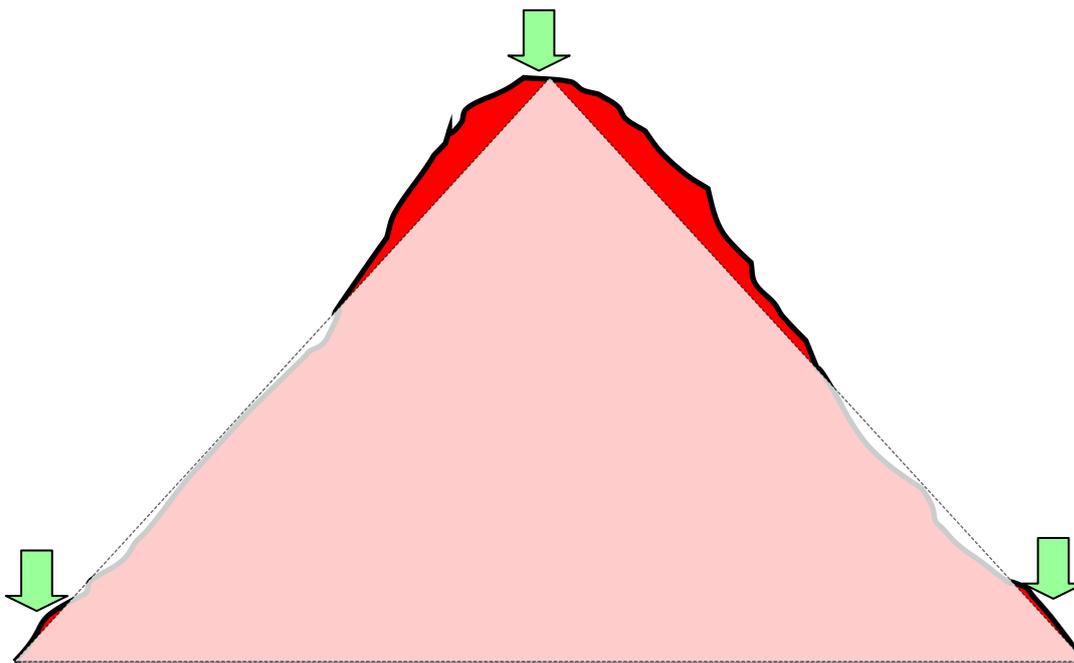
Já descrito anteriormente, baseia-se na propriedade da água de moderar a velocidade das emissões de nêutrons. Colocando um emissor de nêutrons rápidos em uma sonda e usando um contador de nêutrons lentos, este registrará valores diretamente proporcionais à umidade no espaço entre eles. O instrumento é aferido para a água pura e para areia seca. A variação da umidade é expressa em gráfico à leitura do contador Geiger.

### **3.4.2 Fontes de incerteza passíveis de provocar diferenças nos estoques físicos ou medidos:**

#### **Topografia**

Pilha com formato irregular prejudica a qualidade da medição topográfica.

Topografia convencional com poucas medições pode não representar fielmente a forma da pilha. Por exemplo, em uma pilha típica, no levantamento topográfico convencional, a área em vermelho não seria considerado no cálculo, gerando uma diferença de volume no resultado final, o que pode ser visto pela figura 59. As vezes essa escassez de medições pode ser provocada por falta de acesso aos pontos de medição.



**Figura 59 – Formato de uma pilha típica**

### **Teste mostrando o confronto do levantamento de pilha de produto pela topografia convencional e pelo scanner**

Uma empresa realizou um teste para verificação de possível interferência de erros de topografia convencional no fechamento físico dos estoques de produtos.

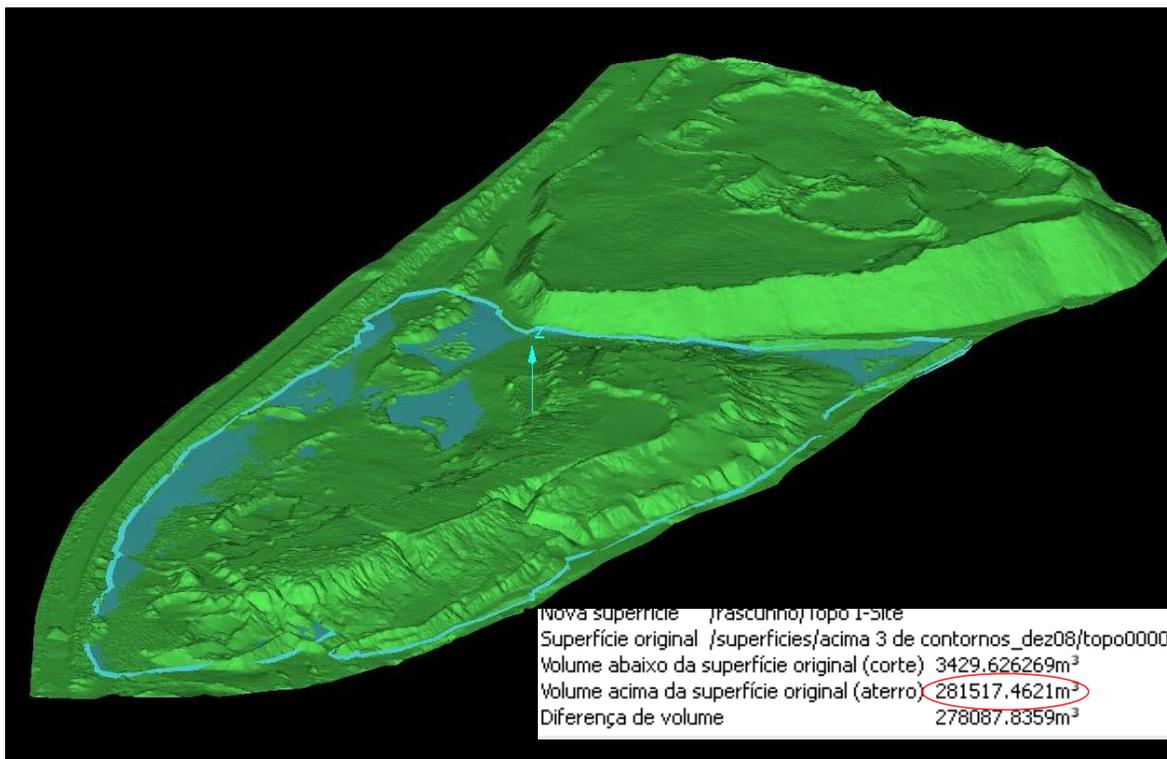
Equipamentos utilizados nos testes:

Topografia pelo scanner a laser. Modelo Sistema I-Site 4400 LR com 700 m de alcance, 50 mm de precisão, 4400 pontos por segundo.

Topografia convencional. Estação Total TOPCON modelo GTS 236W, precisão linear 2 mm+2ppm e alcance de 3.000 m (01 prisma).

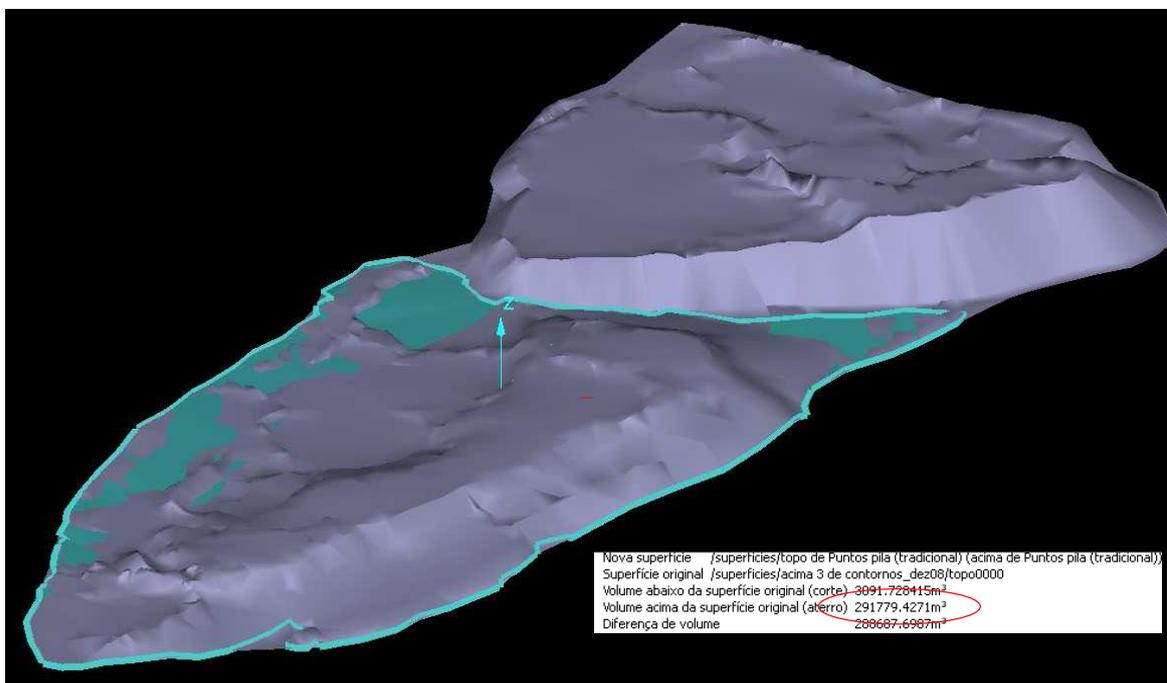
No teste foram levantados os volumes de três pilhas, pelo scanner e pela topografia convencional, e os resultados foram os seguintes:

#### **Pilha 1**



Volume medido pelo scanner na pilha 1 foi de 281.517,46 m<sup>3</sup>

**Figura 60 – Pilha 1 volume scanner**



Volume medido pela topografia convencional foi de 291.779,43 m<sup>3</sup>

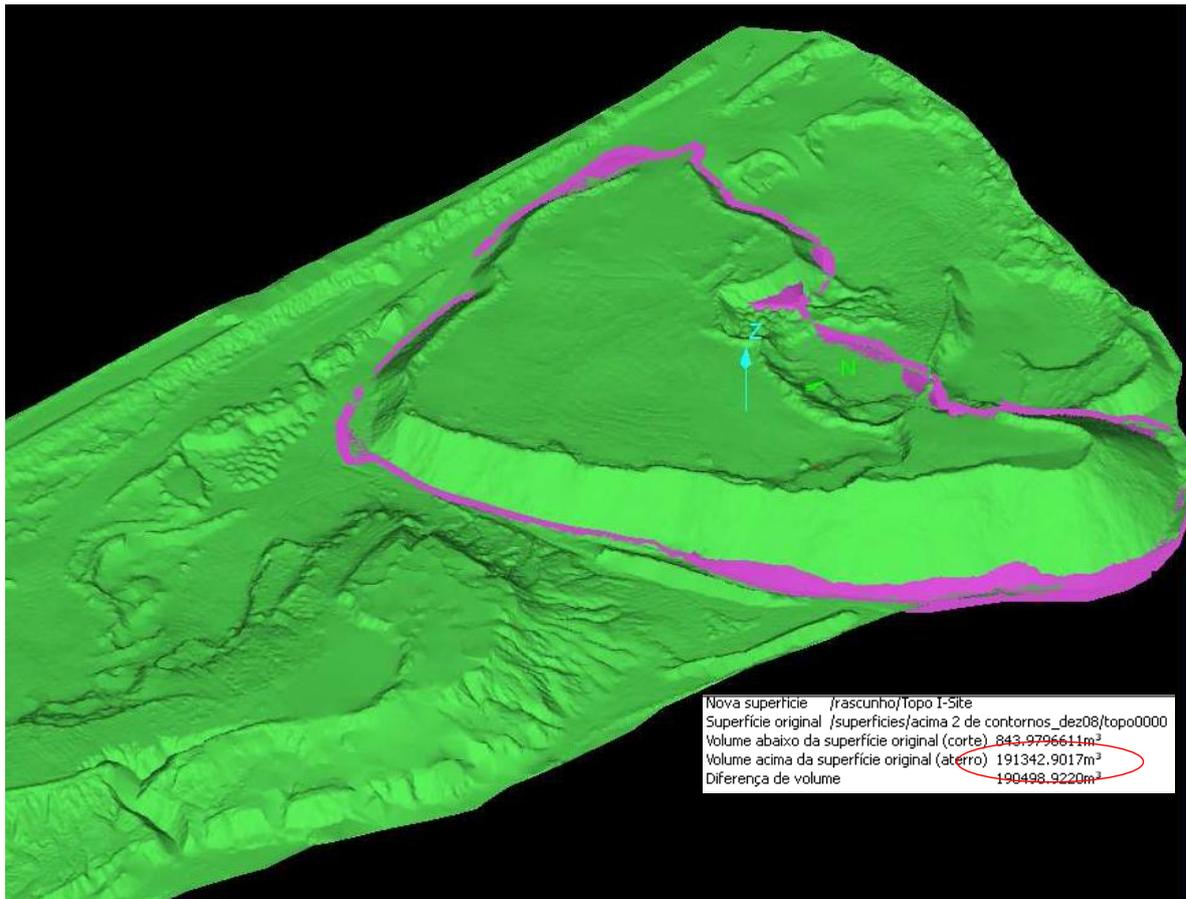
**Figura 61 – Pilha 1 volume topografia convencional**

**Tabela 4 - Resultado da pilha 1**

**Resultado da Pilha 1**

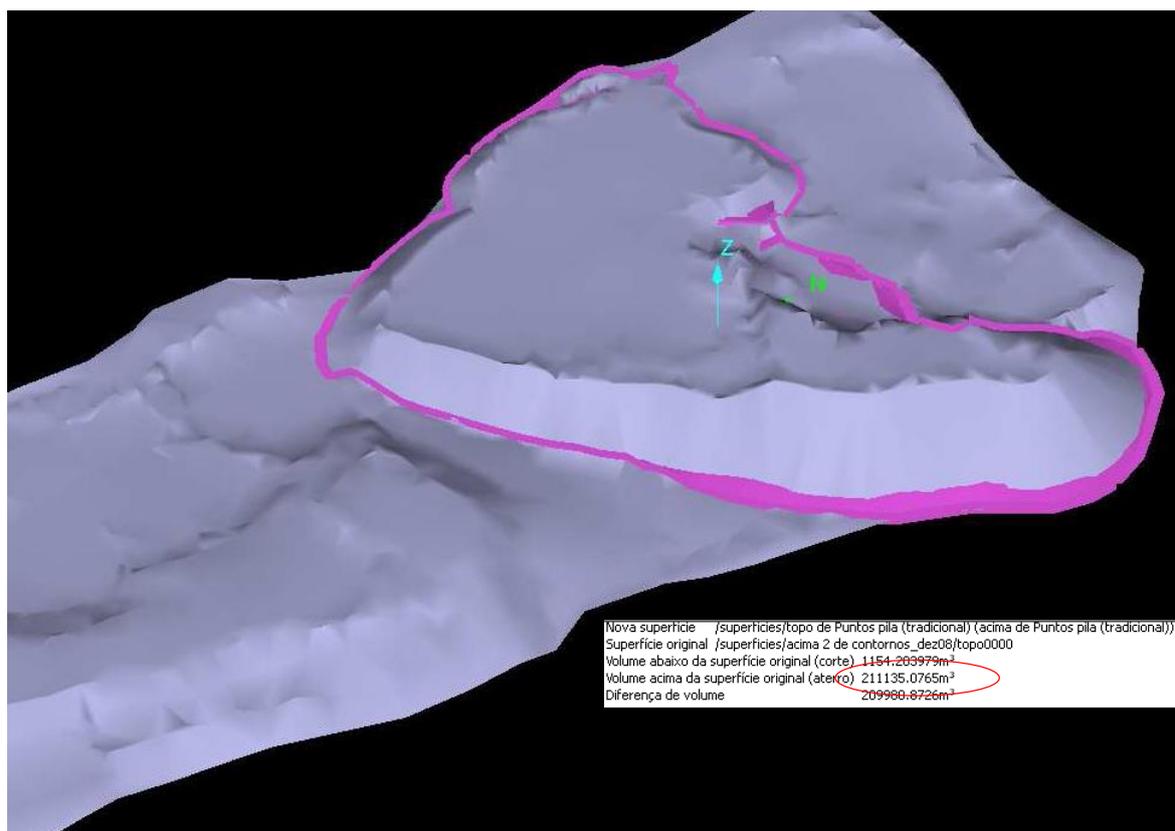
Método	Volume (m <sup>3</sup> )	Variação (%)
Scanner	281.517,43	
Topografia	291.779,43	
Diferença	10.261,97	3,51

**Tabela 4 – Pilha 1 resultado****Pilha 2**



Volume medido pelo scanner na pilha2 foi de 191.342,90 m<sup>3</sup>

**Figura 62 – Pilha 2 volume scanner**



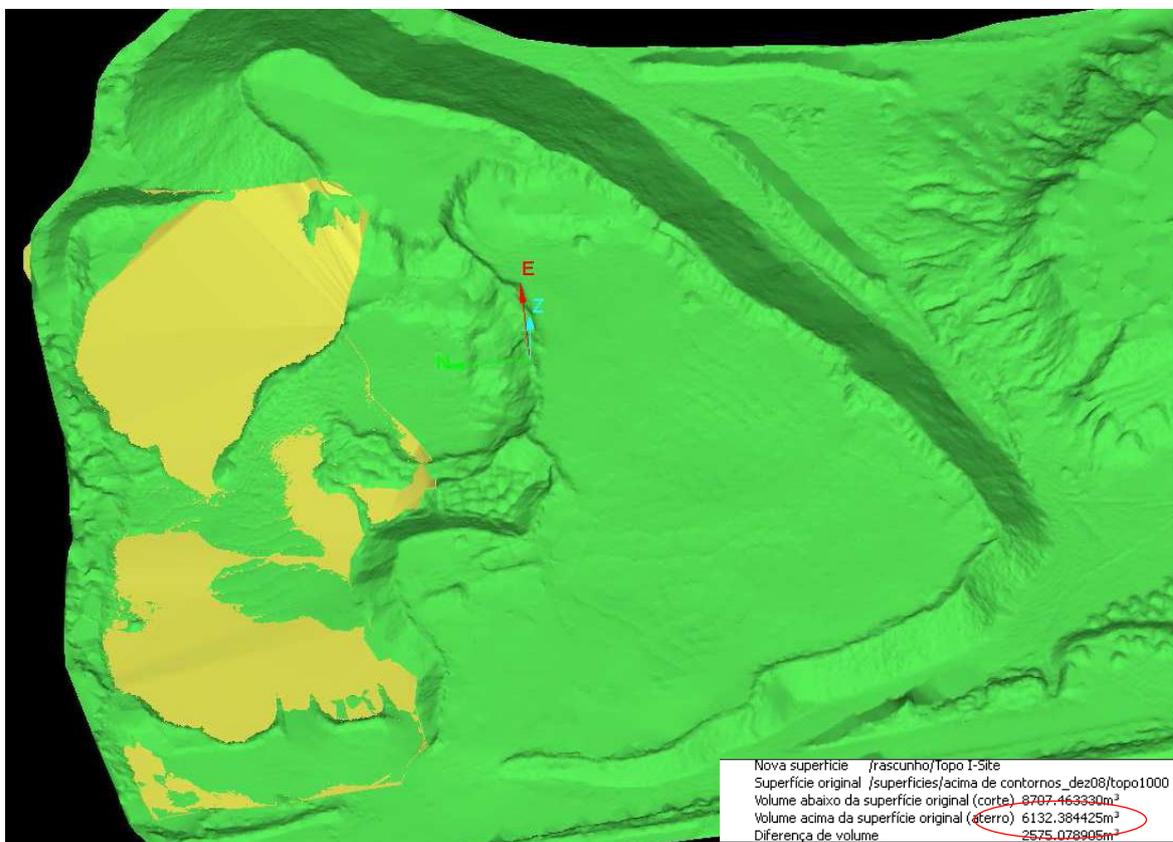
Volume medido pela Topografia convencional na pilha 2 foi de 211.135,08 m<sup>3</sup>

**Figura 63 – Pilha 2 volume topografia convencional**

**Tabela 5 - Resultado da pilha 2**

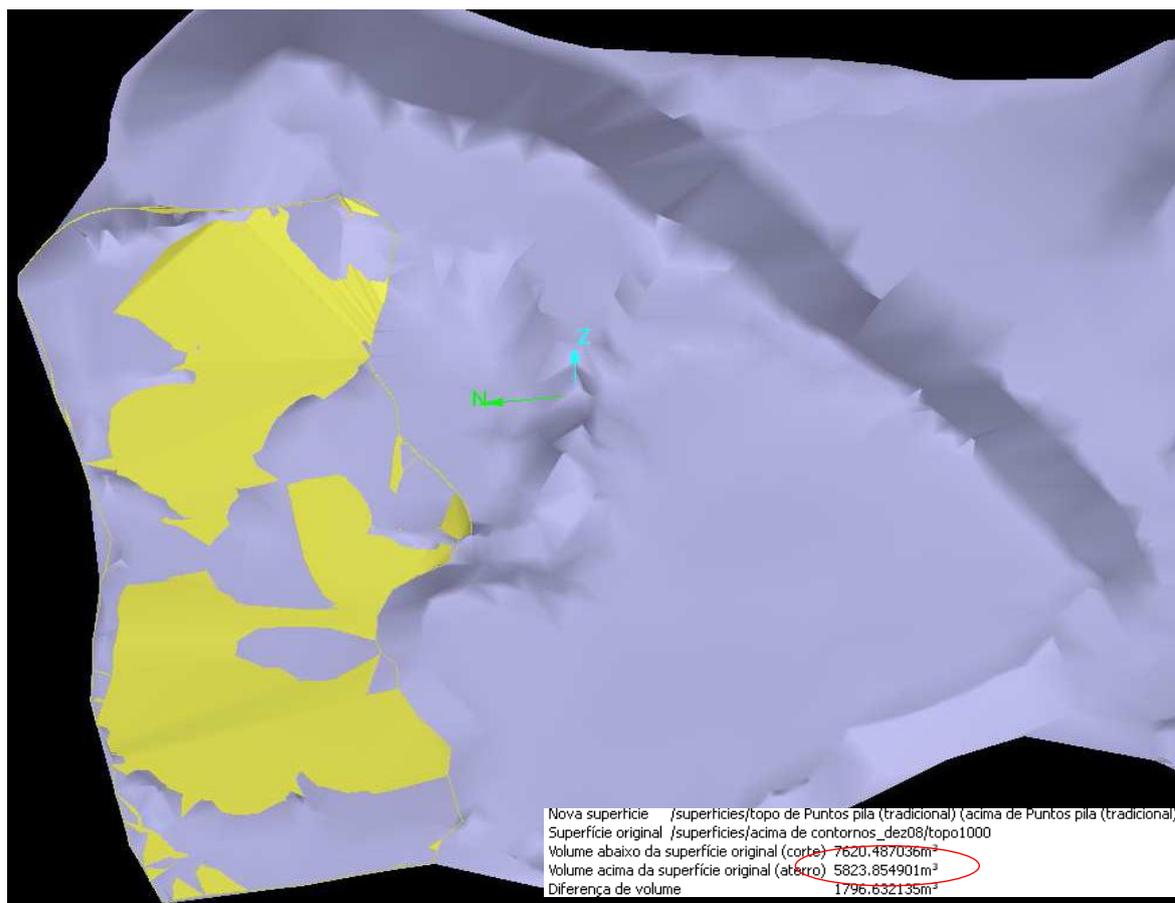
Resultado da Pilha 2

Método	Volume (m <sup>3</sup> )	Variação (%)
Scanner	191.342,90	
Topografia	211.135,08	
Diferença	19.792,18	9,37

**Tabela 5 – Pilha 2 resultado****Pilha 3**

Volume medido pelo scanner na pilha 3 foi de 6.132,38 m<sup>3</sup>

**Figura 64 – Pilha 3 volume scanner**



Volume medido pela topografia convencional na pilha 3 foi de 5.823,85 m<sup>3</sup>

**Figura 65 – Pilha 3 volume topografia convencional**

**Tabela 6 - Resultado da pilha 3**

### Resultado da Pilha 3

Método	Volume (m <sup>3</sup> )	Variação (%)
Scanner	6.132,38	
Topografia	5.823,85	
Diferença	308,53	5,30

**Tabela 6 – Pilha 3 resultado**

#### Discussão de resultados

O scanner tem maior capacidade de captação de pontos por m<sup>2</sup> que os equipamentos topográficos convencionais. Possibilitando uma maior cobertura de pontos por m<sup>2</sup> (100 a 300 vezes) em relação a topografia convencional e conseqüentemente um levantamento topográfico mais apurado das pilhas.

No scanner laser a medição é realizada a distância, com isso minimiza a interferência com a produção, reduz o risco de acidente e possibilita capturar informação topográfica em lugares inacessíveis aos operadores.

O scanner a laser aumenta a produtividade em relação ao método convencional (8 horas homem no scanner contra 37 horas homem na topografia convencional).

No levantamento da topografia convencional foram utilizadas cinco pessoas, já na do scanner apenas duas.

No serviço convencional foram levantados 5000 pontos e já no scanner foram 903000 pontos.

Pelas análises das medições realizadas pelo scanner pode-se notar que o fator preponderante é a riqueza de detalhes nos levantamentos das pilhas, tais como rugosidades das superfícies, saliências, marcas de “erosões” nas paredes das pilhas, etc. Isto implica em cálculos de volumes e densidades muito mais precisos.

### Densidades

Utilização de valores de densidade de pilhas inadequados devido a falta de campanhas regulares. Isto pode trazer uma diferença bastante significativa nas densidades utilizadas.

Existe variação da densidade em relação a profundidade das amostras nas pilhas, o que é representado pela figura 66.

Foi constatada, também, a influência da altura das pilhas na densidade do material estocado.

Existem outros fatores que influenciam no valor da densidade mesmo que amostrado na mesma pilha de produto. Entre eles o formato, o processo formador, o tempo de residência no pátio, o volume de vazios (empolamento e compactação) e sua constituição.

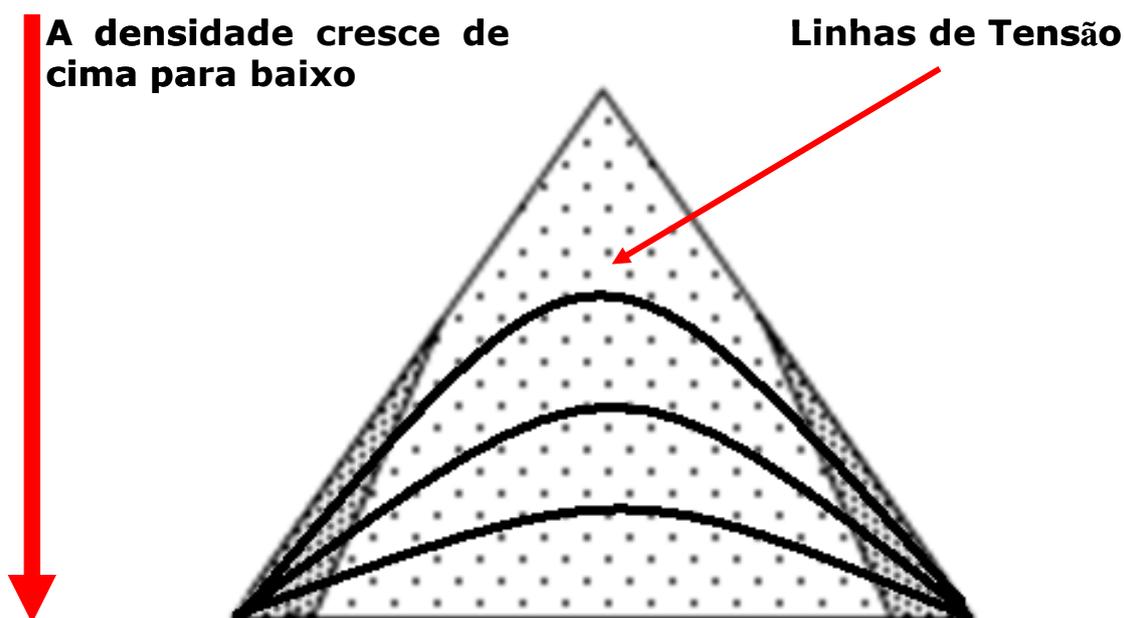


Figura 66 – Variação da densidade na pilha

### Estudo comparativo de métodos de determinação de densidade de pilhas de estoques

Uma empresa realizou um estudo comparativo entre o erro da densidade calculada considerando o método da abertura de valas ou trincheiras e o método do preenchimento com água.

Como premissa adotada o material amostrado foi homogêneo.

Gráfico com o erro (%) da balança rodoviária.

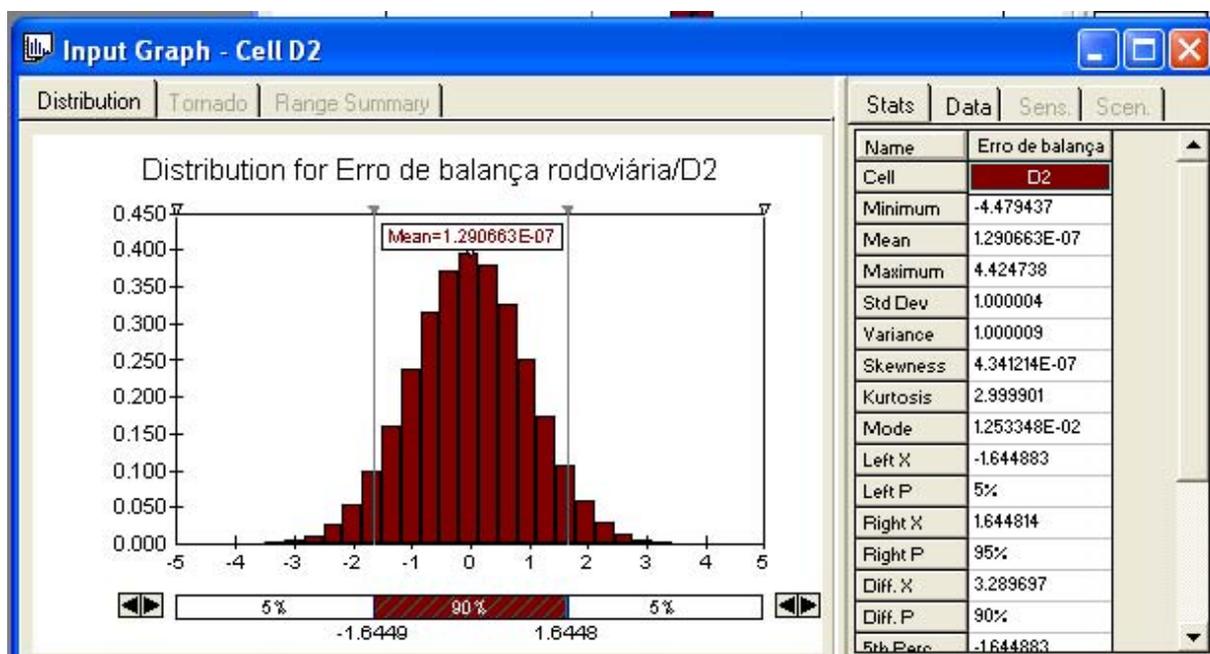


Figura 67 – Gráfico com o erro (%) da balança rodoviária

Gráfico com o erro (%) da topografia por scanner.

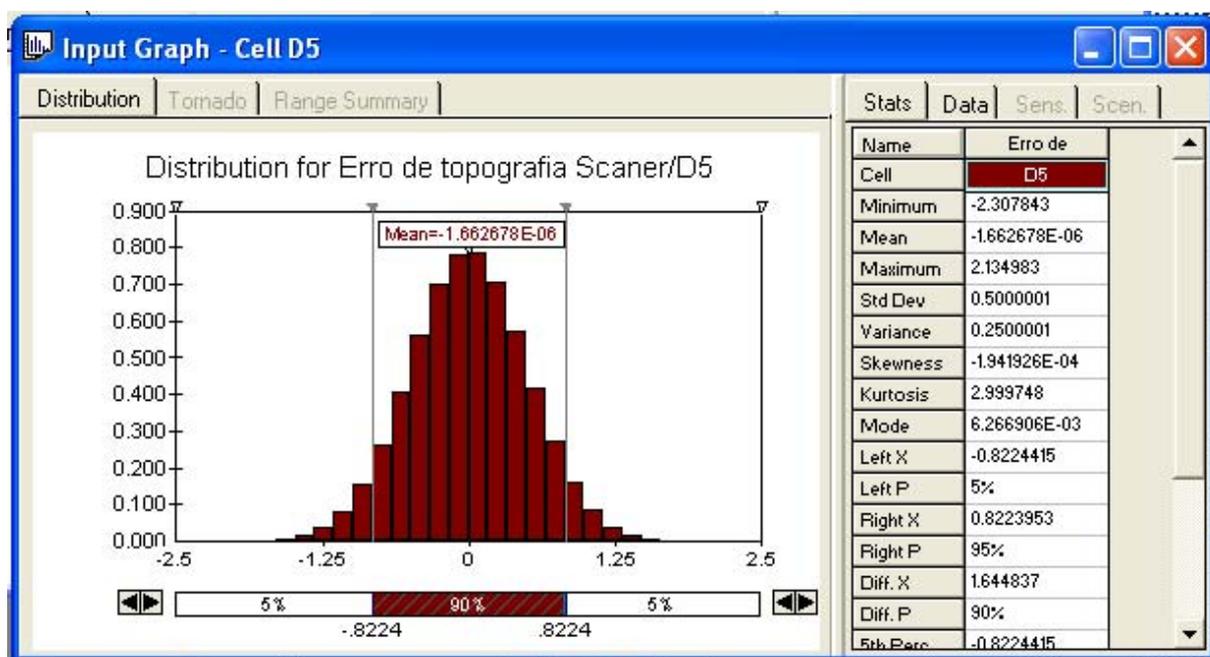


Figura 68 – Gráfico com o erro (%) da topografia por scanner

Gráfico com o erro (%) da medição do volume com água.

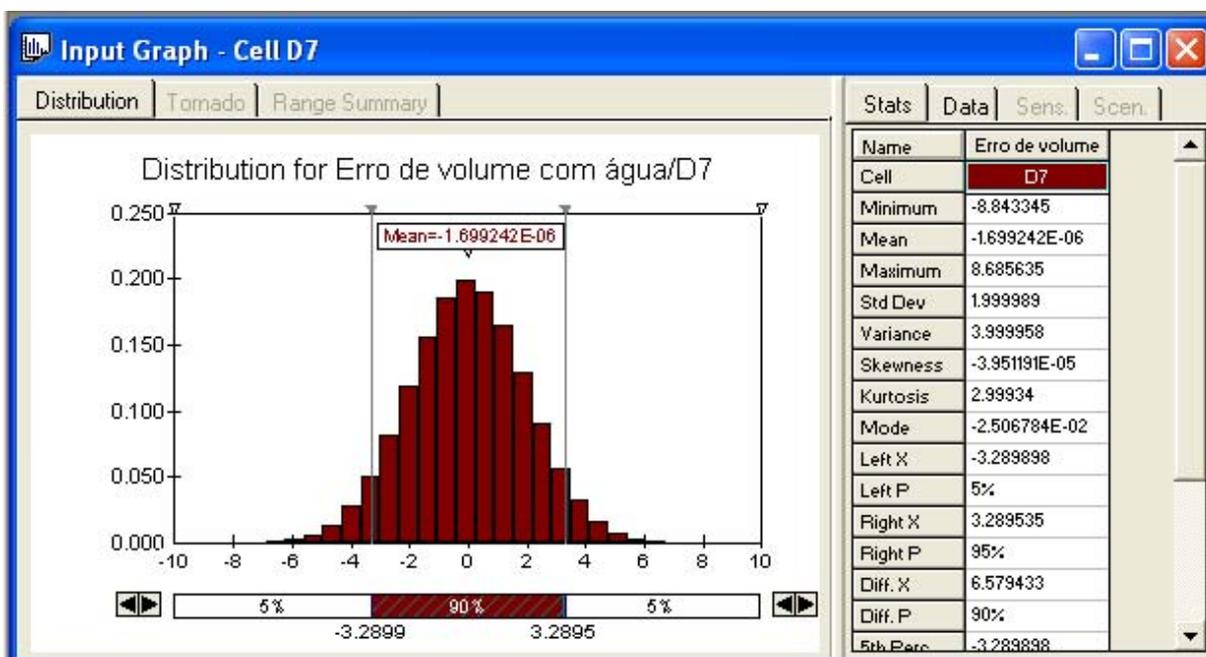


Figura 69 – Gráfico com o erro (%) da medição do volume com água

Gráfico com o erro (%) da balança do laboratório.

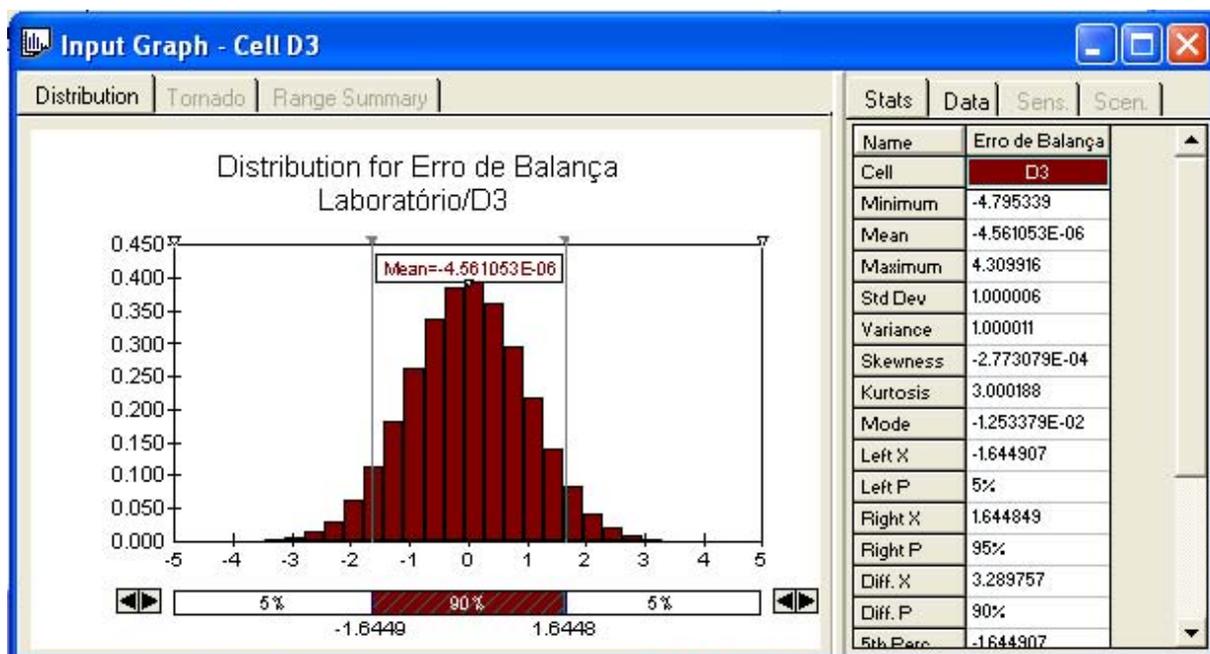


Figura 70 – Gráfico com o erro (%) da balança do laboratório

Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de abertura de valas ou trincheiras.

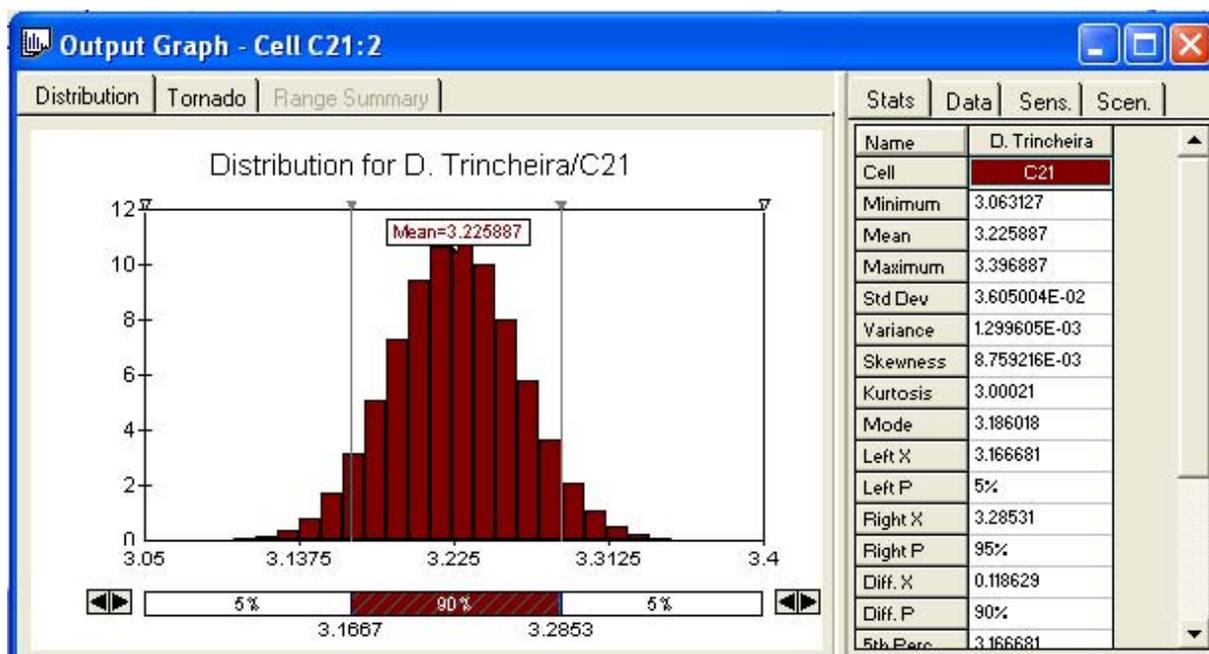
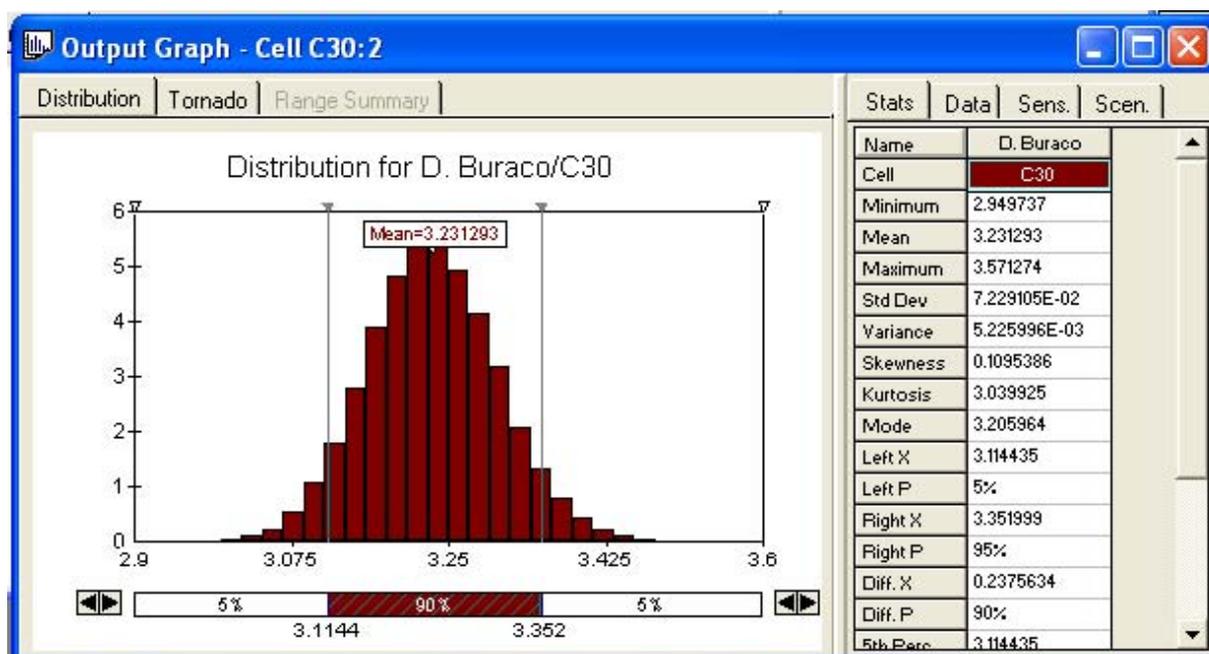


Figura 71 – Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de abertura de valas ou trincheiras

Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de preenchimento com água.



**Figura 72 - Gráfico com o erro acumulado (%) no cálculo da densidade pelo método de preenchimento com água**

Após os ensaios o trabalho apresenta as seguintes conclusões:

Com relação ao método da abertura de valas ou trincheiras: o processo não segue a teoria da amostragem quando mistura materiais de diferentes compactações, já que a teoria da amostragem manda amostrar apenas corpos “homogêneos”; existe a necessidade de grande dispêndio de recursos, tais como retro-escavadeira, caminhão, sistema de topografia com tecnologia de scaneamento, sistema de balança rodoviária, etc; há restrições na utilização do método em materiais granulados, porque não se consegue manter estáveis as paredes da trincheira, além de fazer uso de equipamentos com erros maiores que os de laboratórios.

Já com relação ao método de preenchimento com água: o processo segue a teoria de amostragem que manda amostrar apenas corpos homogêneos, como a amostra é puntual, de pequeno porte, não há mistura de matérias de diferentes compactações; a amostragem é extremamente simples com a utilização de equipamentos também simples; o método é aplicável em granulados porque consegue se estabilizar as paredes da cavidade de pequena dimensão (40x40x40cm), ou a utilização de gabarito metálico para auxiliar, além de utilizar equipamentos com erros iguais aos de laboratório.

Ressalte-se que o trabalho considerou o mesmo erro da balança rodoviária na de laboratório, afim de não comprometer o resultado comparativo.

Desta forma, o erro de volume com água de 2% é muito maior que a realidade, pois é medido com vidraria de laboratório com a possibilidade, se necessário, conferir o volume despejado e o recuperado.

O desvio padrão do erro com trincheira foi igual a 0.03605. Já o, desvio padrão do erro com água foi igual a 0.07229, o que demonstrou que os ganhos com desvios na determinação de densidade puntual são muito baixos ao considerarmos o custo dessas amostragens.

Por fim, conclui-se que o problema de densidade não é qual desses dois métodos será utilizado para a determinação de densidade puntual e sim aonde amostrar as diferentes zonas de compactação e como criar um ponderador para se obter a média desse estoque.

### **3.4.3 Procedimentos para se reduzir as diferenças nos estoques físicos**

#### **ou medidos:**

#### **Topografia**

O ideal para uma boa avaliação topográfica é estar medindo estoques conformados em sólidos regulares, ou seja, pilhas previamente preparadas antes de serem medidas. Quanto mais regular o formato da pilha, maior a confiabilidade da medição topográfica.

Estudar a utilização de medições topográficas por scanner, aumentando a confiabilidade da medição. A medição por scanner independe da sensibilidade do operador para determinar os pontos que melhor representam o formato da pilha.

Evitar medir as pilhas em movimentação.

Certificar-se do limite correto da pilha medida.

#### **Densidades**

Realizar campanhas regulares de determinação de densidade para cada tipo de produto estocado. Como forma de determinar a periodicidade mínima de determinação dos valores de referência de densidade.

Apuração mais assertiva dos valores de densidade, evitando erros de medição de estoques físicos.

Realizar estudos da variação da densidade. A densidade não é constante, varia em função da granulometria e com o grau de compactação (influenciado pela forma de empilhamento) e pela localização na pilha (base, topo, centro, borda, saia).

Criar um banco de dados dos levantamentos das densidades aparentes de pilha dos minérios, fazendo uma análise crítica dos dados.

Entre as boas práticas nos ensaios de densidades destacamos a organização, planejamento, controle, monitoramento, distribuição geográfica das amostras, documentação e a aferição e calibração dos equipamentos de medida.

### Outros conceitos

**Tonelada Base Natural ou Tonelada Base Úmida:** Unidade de medida de massa que considera toda a umidade presente em um determinado produto.

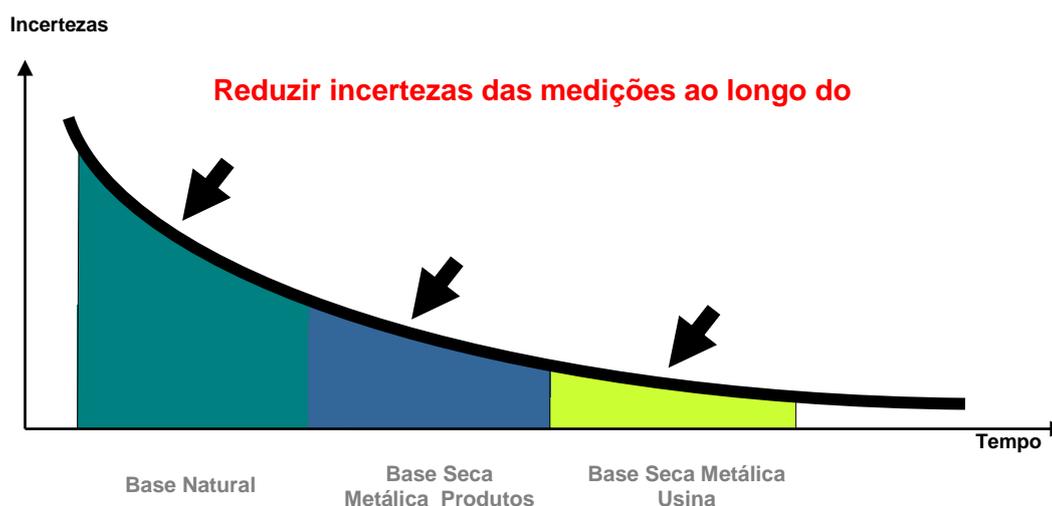
**Tonelada Base Seca:** Unidade de medida de massa que desconta a umidade presente em um determinado produto.

**Produção Base Natural** é a massa de produção na base seca corrigida pelo percentual de umidade. Geralmente é a utilizada na contabilização de estoques e vendas.

**Produção Base Saturada** é a massa de produção medida pela balança de cada correia de produto.

**Produção Base Seca** é a massa de produção saturada retirado o percentual de umidade de produção encontrado na amostra.

Na minha visão a utilização da base seca para o controle da produção, é a melhor já que se trata de uma base estável. Entretanto, os investimentos para atingir este objetivo são grandes e levam tempo. A umidade não é constante, determinados produtos perdem quantidade significativa de água ao longo do sistema de produção, o que pode gerar distorções de massa nos diversos pontos de controle utilizados para a apuração de produção, transferências e estoques e, conseqüentemente, o próprio fechamento de produção.



**Figura 73 – Incertezas nas medições**

Conceitos que encontramos quando lidamos com estoques:

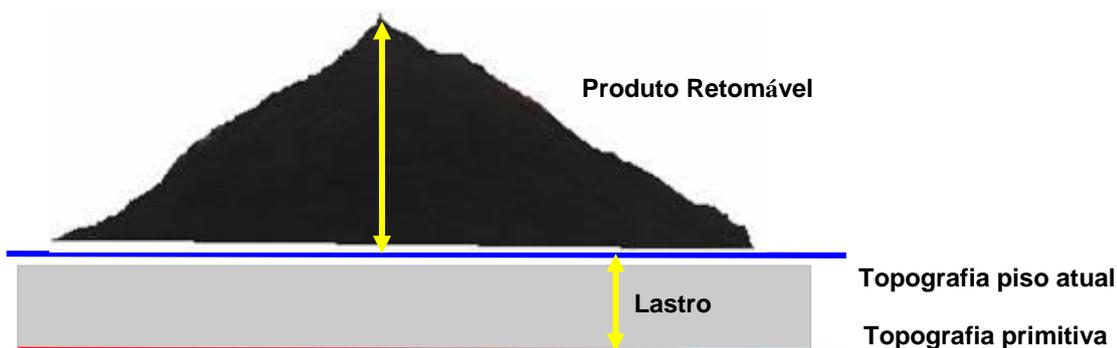
**Retomável** é o volume do estoque acima da base de pilha, ou do lastro, em condições de ser carregado ou movimentado sem necessidade do uso de trator.

**Lastro** é o minério existente entre a topografia primitiva e a topografia do piso atual da pilha, geralmente compactado. Pode ser gerado pelo abatimento do terreno onde o produto foi depositado ou pelo acúmulo de material movimentado sobre o piso, causado pela queda na movimentação ou carregamento. Nos terminais de carga é gerado pelo material de base de pilha que as retomadoras de caçamba não conseguem recuperar.

**Não Medido** é o estoque sem referência de medição topográfica.

**Inacessível** é o estoque sem condições de acesso para ser aferido por estar coberto por outra pilha, instalação/equipamento ou material qualquer.

**Contaminado** é o estoque com mistura de diferentes famílias de produtos (finos e granulados) ou presença de materiais estranhos.



**Figura 74 – Produto retomável e lastro**

## 4. METODOLOGIA

Considerando o objetivo do trabalho, utilizou-se uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório. Tal metodologia se dedica ao estudo em profundidade de um objeto visando adquirir um conhecimento abrangente que permita no futuro apontar soluções sobre o tema e será feita com base nos seguintes procedimentos:

- a) levantamento bibliográfico;
- b) revisão bibliográfica a fim de se identificar com segurança o arcabouço teórico que melhor forneceria subsídios para a pesquisa;
- c) coleta de dados, informações em documentos;
- d) questionários com profissionais envolvidos com a área pesquisada. Um questionário abordou a área da medição apontada (apêndice 1) e outro a área da medição física ou medida (apêndice 2).

## 5. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso foram levantados dados de três minas de uma mineração de grande porte durante o período de dezembro de 2007 a dezembro de 2009, conforme relacionado abaixo.

	dez/07				jan/08				fev/08			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	206.034	216.573	-10.539	-5,12%	176.964	52.669	124.295	70,24%	122.476	20.698	101.778	83,10%
MINA 2	3.991.072	4.036.413	-45.341	-1,14%	4.225.560	4.314.466	-88.907	-2,10%	4.460.557	4.728.318	-267.761	-6,00%
MINA 3	1.740.628	1.717.330	23.297	1,34%	1.508.963	1.502.712	6.251	0,41%	1.379.675	1.463.832	-84.157	-6,10%
<b>TOTAL</b>	<b>5.937.733</b>	<b>5.970.316</b>	<b>-32.583</b>	<b>-0,55%</b>	<b>5.911.487</b>	<b>5.869.847</b>	<b>41.639</b>	<b>0,70%</b>	<b>5.962.709</b>	<b>6.212.848</b>	<b>-250.140</b>	<b>-4,20%</b>

	mar/08				abr/08				mai/08			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	106.334	147.297	-40.963	-38,52%	85.260	86.495	-1.235	-1,45%	116.370	78.640	37.730	32,42%
MINA 2	4.632.263	4.778.001	-145.738	-3,15%	4.934.304	5.030.545	-96.241	-1,95%	5.308.207	5.321.884	-13.677	-0,26%
MINA 3	1.354.405	1.336.921	17.484	1,29%	1.327.212	1.367.344	-40.132	-3,02%	1.325.316	1.299.038	26.278	1,98%
<b>TOTAL</b>	<b>6.093.002</b>	<b>6.262.219</b>	<b>-169.217</b>	<b>-2,78%</b>	<b>6.346.776</b>	<b>6.484.384</b>	<b>-137.608</b>	<b>-2,17%</b>	<b>6.749.893</b>	<b>6.699.562</b>	<b>50.331</b>	<b>0,75%</b>

	jun/08				jul/08				ago/08			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	135.875	103.186	32.689	24,06%	149.485	325.765	-176.280	-117,92%	123.518	336.010	-212.492	-172,03%
MINA 2	5.415.084	5.461.271	-46.187	-0,85%	5.422.307	5.494.228	-71.921	-1,33%	5.367.220	5.589.767	-222.547	-4,15%
MINA 3	1.408.838	1.370.259	38.579	2,74%	1.469.361	1.576.018	-106.656	-7,26%	1.494.897	1.631.140	-136.243	-9,11%
<b>TOTAL</b>	<b>6.959.797</b>	<b>6.934.716</b>	<b>25.081</b>	<b>0,36%</b>	<b>7.041.154</b>	<b>7.396.011</b>	<b>-354.857</b>	<b>-5,04%</b>	<b>6.985.635</b>	<b>7.556.917</b>	<b>-571.282</b>	<b>-8,18%</b>

	set/08				out/08				nov/08			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	162.192	327.929	-165.737	-102,19%	163.121	303.638	-140.517	-86,14%	234.547	385.940	-151.393	-64,55%
MINA 2	5.530.038	5.567.824	-37.786	-0,68%	5.589.513	5.472.860	116.653	2,09%	5.718.387	5.599.486	118.900	2,08%
MINA 3	1.599.535	1.564.058	35.477	2,22%	1.617.511	1.619.382	-1.871	-0,12%	1.603.501	1.600.443	3.059	0,19%
<b>TOTAL</b>	<b>7.291.765</b>	<b>7.459.811</b>	<b>-168.046</b>	<b>-2,30%</b>	<b>7.370.145</b>	<b>7.395.880</b>	<b>-25.734</b>	<b>-0,35%</b>	<b>7.556.435</b>	<b>7.585.869</b>	<b>-29.434</b>	<b>-0,39%</b>

	dez/08				jan/09				fev/09			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	99.320	326.701	-227.381	-228,94%	298.932	280.267	18.665	6,24%	267.021	365.842	-98.822	-37,01%
MINA 2	5.580.890	5.422.547	158.343	2,84%	4.927.130	4.991.324	-64.194	-1,30%	4.972.652	4.989.271	-16.619	-0,33%
MINA 3	1.597.036	1.600.443	-3.407	-0,21%	1.597.036	1.603.501	-6.465	-0,40%	1.556.349	1.572.211	-15.863	-1,02%
<b>TOTAL</b>	<b>7.277.246</b>	<b>7.349.690</b>	<b>-72.444</b>	<b>-1,00%</b>	<b>6.823.098</b>	<b>6.875.093</b>	<b>-51.995</b>	<b>-0,76%</b>	<b>6.796.021</b>	<b>6.927.324</b>	<b>-131.303</b>	<b>-1,93%</b>

	mar/09				abr/09				mai/09			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
TOD	94.263	85.963	8.300	8,81%	162.003	118.803	43.200	26,67%	208.703	195.408	13.295	6,37%
MUT	4.885.608	4.999.956	-114.348	-2,34%	4.613.325	4.725.577	-112.251	-2,43%	4.083.244	4.220.636	-137.392	-3,36%
MAZ	1.547.221	1.521.305	25.916	1,68%	1.516.711	1.545.254	-28.543	-1,88%	1.514.388	1.543.148	-28.761	-1,90%
<b>TOTAL</b>	<b>6.527.092</b>	<b>6.607.224</b>	<b>-80.131</b>	<b>-1,23%</b>	<b>6.292.039</b>	<b>6.389.633</b>	<b>-97.594</b>	<b>-1,55%</b>	<b>5.806.335</b>	<b>5.959.192</b>	<b>-152.857</b>	<b>-2,63%</b>

	jun/09				jul/09				ago/09			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	272.673	282.896	-10.223	-3,75%	215.664	243.443	-27.779	-12,88%	253.161	256.153	-2.991	-1,18%
MINA 2	4.070.325	4.113.927	-43.601	-1,07%	3.874.803	3.986.321	-111.518	-2,88%	3.881.280	4.058.768	-177.489	-4,57%
MINA 3	1.494.185	1.499.671	-5.486	-0,37%	1.446.495	1.452.483	-5.988	-0,41%	1.479.124	1.481.019	-1.895	-0,13%
<b>TOTAL</b>	<b>5.837.184</b>	<b>5.896.494</b>	<b>-59.310</b>	<b>-1,02%</b>	<b>5.536.962</b>	<b>5.682.247</b>	<b>-145.286</b>	<b>-2,62%</b>	<b>5.613.565</b>	<b>5.795.940</b>	<b>-182.375</b>	<b>-3,25%</b>

	set/09				out/09				nov/09			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença		MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%			t	%			t	%
MINA 1	280.967	312.141	-31.174	-11,10%	175.464	174.204	1.260	0,72%	122.780	112.598	10.183	8,29%
MINA 2	3.555.350	3.544.231	11.119	0,31%	3.357.490	3.355.348	2.142	0,06%	3.692.073	3.703.762	-11.689	-0,32%
MINA 3	1.477.779	1.488.389	-10.610	-0,72%	1.504.584	1.479.083	25.501	1,69%	1.524.623	1.509.879	14.743	0,97%
<b>TOTAL</b>	<b>5.314.096</b>	<b>5.344.761</b>	<b>-30.665</b>	<b>-0,58%</b>	<b>5.037.538</b>	<b>5.008.636</b>	<b>28.903</b>	<b>0,57%</b>	<b>5.339.476</b>	<b>5.326.239</b>	<b>13.237</b>	<b>0,25%</b>

	dez/09			
	MEDIDO	APONTADO	Diferença	
			t	%
MINA 1	114.559	96.782	17.777	15,52%
MINA 2	3.561.529	3.625.530	-64.002	-1,80%
MINA 3	1.509.956	1.510.050	-94	-0,01%
<b>TOTAL</b>	<b>5.186.044</b>	<b>5.232.362</b>	<b>-46.318</b>	<b>-0,89%</b>

Figura 75 – Dados levantados dos estoques medidos e apontados com suas diferenças no período de dez 07 a dez 09

Gráfico com os estoques medidos das três minas no período.

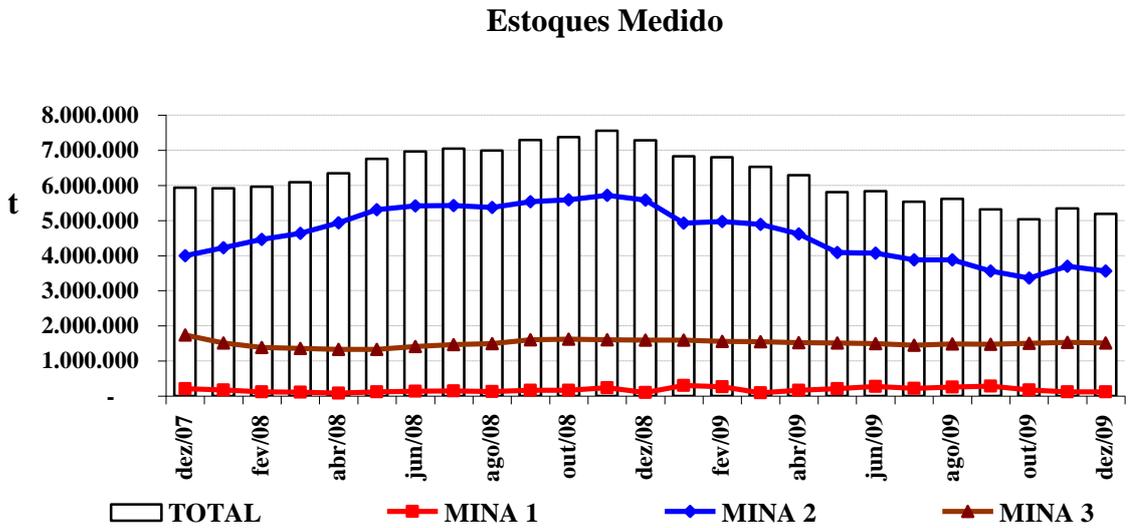


Figura 76 - Gráfico com os estoques medidos das três minas no período

Gráfico com os estoques apontados das três minas no período.

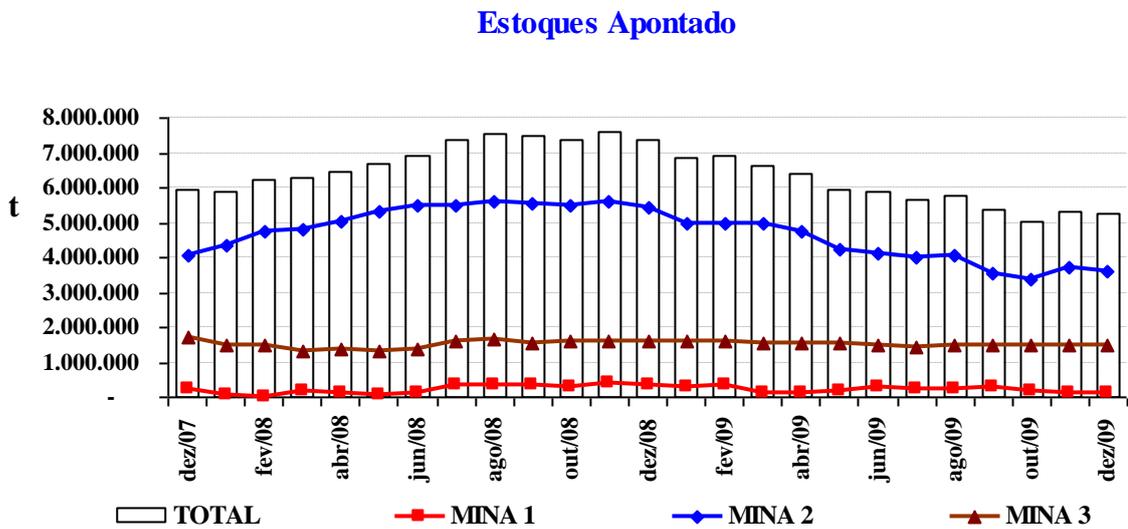


Figura 77 - Gráfico com os estoques apontados das três minas no período

Gráfico com as diferenças em toneladas, dos estoques medidos pelo estoques apontados das três minas no período.

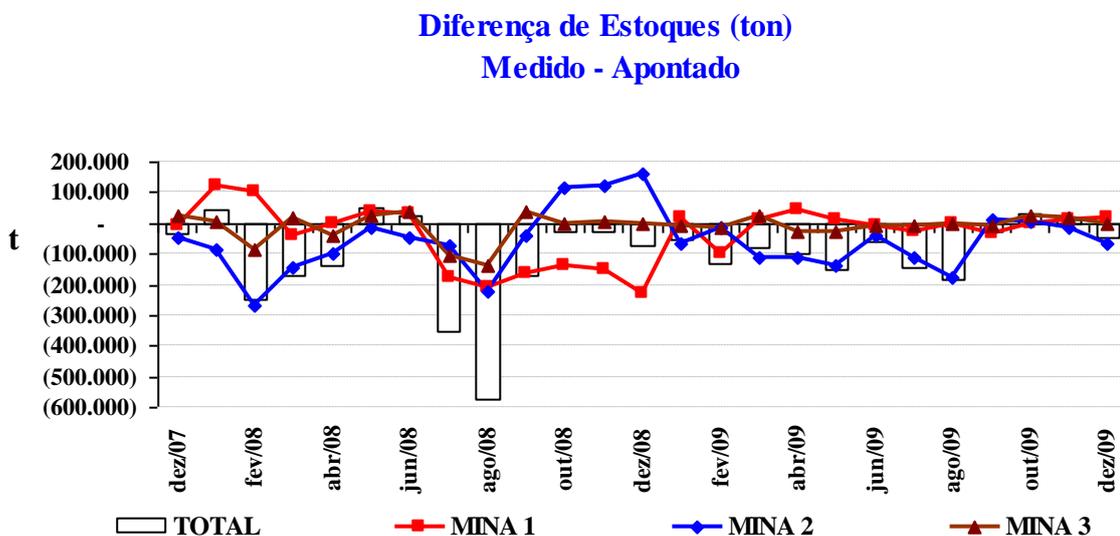


Figura 78 - Gráfico com as diferenças em ton dos estoques medido pelo estoques apontados das três minas no período

Gráfico com as diferenças em porcentagens, dos estoques medidos pelo estoques apontados das três minas no período.

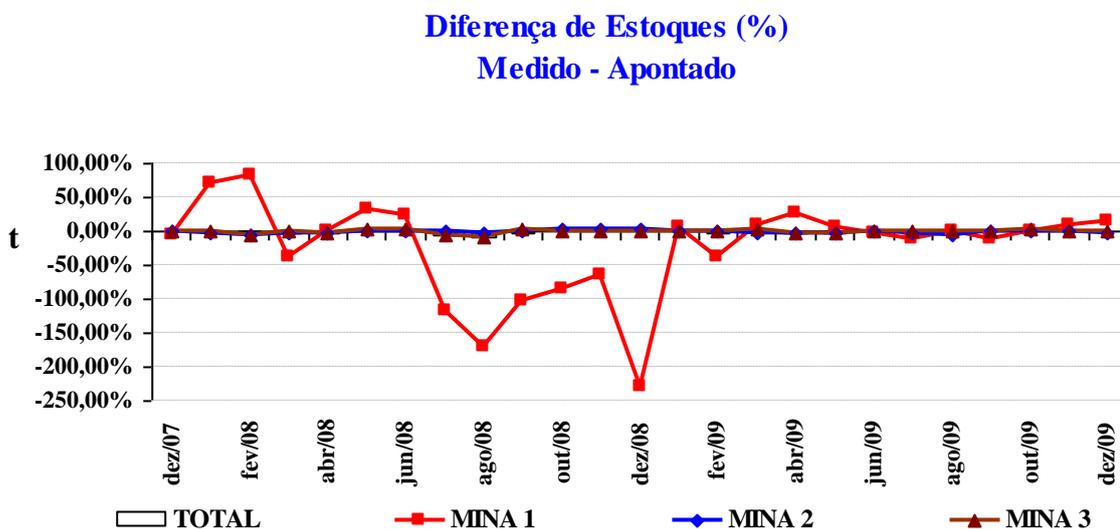


Figura 79 - Gráfico com as diferenças em % dos estoques medido pelo estoques apontados das três minas no período

A análise dos dados apresentados permite dizer que no final do período de dois anos, apesar de o índice percentual acumulado ser pequeno 1,67%, esse

representa uma massa grande, na ordem de 2.629.987 toneladas de diferença para menos, ou seja, 109.583 toneladas a menos por mês.

Olhando a magnitude do impacto financeiro dessa diferença, considerando o valor médio de venda do minério em US\$ 23,54 por tonelada, chegamos a um valor de US\$ 225.389.920,97 no período dos dois anos, o que representa uma diferença média mensal a menor de US\$ 9.391.246,71. Se considerarmos um preço médio de custo de US\$ 13,03 por tonelada (custo na unidade de beneficiamento, sem levar em conta frete ferroviário e custos no porto), chegamos a um valor US\$ 34.268.735,94 no período dos dois anos representando uma diferença média mensal a menor de US\$ 1.427.864,00.

Pelo preço médio de venda do minério, pode-se concluir que em função desse erro esse dinheiro não irá entrar na empresa, pois em que pese ele nunca ter existido efetivamente, com certeza a empresa contava com ele, gerando expectativas em relação a receita relativa a esse montante.

No que tange ao preço médio de custo pode-se inferir que os índices fornecidos pela empresa não foram fidedignos, isto é não retrataram de fato qual foi o custo, uma vez que para o cálculo desses índices não foi considerado a diminuição da tonelagem produzida na usina, a qual impactou na diminuição da produtividade e, por conseqüência, no aumento real dos custos.

## 6. CONCLUSÕES

A teoria apresentada neste trabalho, bem como o Estudo de Caso demonstram a relevância de se buscar na mineração uma maior precisão no desvio apurado entre os estoques apontado e o físico.

Para tal torna-se fundamental buscar um controle mais apurado dos diversos procedimentos que envolvem os cálculos desses volumes, o qual deve retratar uma maior confiabilidade nos dados dos estoques, além de possibilitar a rastreabilidade das informações.

Além disso, um mote para se buscar minimizar esse problema da diferença entre estoques é atenuar a desgaste gerado pela discussão das equipes técnicas envolvida nas diversas etapas do processo de medição.

Por fim, não menos importante, há de se considerar o desgaste dos gerentes com a diretoria na tentativa de justificar as diferenças a menor, frustrando as expectativas da empresa como um todo, bem como a imagem dessa com seus acionista.

Assim, procurou-se no presente trabalho dar uma modesta contribuição acadêmica a essa temática tão pouco discutida apesar de seu enorme impacto no cotidiano de uma empresa de mineração, conforme demonstrado no Estudo de Caso, inclusive.

Nesse contexto, ressalte-se, ainda, que os questionários aplicados corroboram com as conclusões aqui apresentada na medida em que a totalidade de pessoas que responderam o questionário sobre estoque apontado afirmaram que as balanças deveriam ter um maior número de células de cargas; compensação das forças geradas pelos movimentos; operação em condições severas, bem como localização adequada. Além disso, apontaram a necessidade de aferição mensal e consideraram que o melhor método de calibração é o da corrente. Também deveriam ocorrer inspeções a cada turno de trabalho

No que tange os apontamentos as respostas apontaram para a necessidade de que estes sejam automatizados, devendo ainda, haver uma avaliação crítica com base no balanço de massa da usina.

As respostas relativas ao tamanho e formato das pilhas consideraram esses uma fonte de erro, assim como a falta de treinamento das pessoas nos padrões de movimentações nos estoques.

Outro ponto relevante extraído do questionário sobre estoque apontado foi a necessidade de haver controle da umidade nos produtos.

Já do questionário sobre estoque medido sessenta por cento dos que responderam consideraram importante existir também uma avaliação crítica dos cálculos, assim como um preparo melhor das áreas de estoques. E cem por cento que o melhor método de levantamento topográfico é o do escaneamento a laser, com relação à densidade o melhor método deve levar em conta o formato e a forma de empilhamento e seus ensaios refeitos duas vezes por ano, uma no período seco e outro no chuvoso.

Sendo assim, pode-se afirmar que o presente trabalho alcançou seu objetivo por apresentar um conjunto de fatores que impactam diretamente nos resultados dos desvios medido / apontado dos estoques. Se houver um investimento por parte das empresas nesses fatores elas iram reduzir drasticamente esses desvios e seus conseqüentes impactos no controle contábil.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) PRESS, F. SIEVER, R. JORDAN, T. H. GROETZIONGER, J. Para entender a Terra. 4 edição. Artmed. 2006.
- 2) TEIXEIRA, W. TAIOLI, F. FAIRCHILD, T. TOLEDO, C. Decifrando a Terra. 1 edição. Ibec Nacional. 2008.
- 3) GEORGIUS, A. De Re Metallica. London. The Mining Magazin. 1912.
- 4) MARYADELE, J. O. N. The Merck index. Na encyclopedia of chemicals Drugs and biologicals. 15th United States. Ed. S. Budavari. 1996.
- 5) ABREU, S. F. Recursos Minerais do Brasil, vol. II. São Paulo. E Bluncher Ed. 1978.
- 6) Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (the JORC Code), Joint Ore Reserves Committee. Austrália. 1999.
- 7) ISO 3852. Iron Ores. Determination of bulk density. International Organization for Standardization. 2007.
- 8) ISO 3082:, Iron ores — Sampling and sample preparation procedures. International Organization for Standardization. 2000.
- 9) ISO 3087:, Iron ores — Determination of moisture content of a lot. International Organization for Standardization. 1998.
- 10) ISO 4701, Iron ores and direct reduced iron — Determination of size distribution by sieving. International Organization for Standardization. 2008.
- 11) Densidade absoluta. Disponível em:  
<<http://www.colegioweb.com.br/fisica/densidade-absoluta>>. Acessado em 11 jan 2010, 16:40.
- 12) Densidade relativa. Disponível em:  
<[http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Densidade\\_relativa](http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Densidade_relativa)>. Acessado em 29 dez 2009, 10:49.
- 13) Site <<http://www.riegl.com>>. Acessado em 03 fev 2010, 10:00.
- 14) Site <<http://www.maptek.com.br>>. Acessado em 02 fev 2010, 14:15.
- 15) Site <<http://www.engeleetro.ind.br>>. Acessado em 02 fev 2010, 14:00.
- 16) Site <<http://www.toledobrasil.com.br>>. Acessado em 02 fev 2010, 14:25.
- 17) Site <<http://www.arch.com.br>>. Acessado em 02 fev 2010, 14:50.
- 18) Site <<http://www.magcon.com.br>>. Acessado em 02 fev 2010, 15:00.

- 19) Mineração - A Indústria dos Minerais. Disponível em: <<http://www.emdiv.com.br/pt/mundo/tecnologia/2404-mineracao-a-industria-dos-minerais.html>>. Acessado em 07 jan 2010, 22:30.
- 20) Densidade relativa. In Infopédia [Em linha]. Porto. Porto Editora, 2003-2009. Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$densidade-relativa](http://www.infopedia.pt/$densidade-relativa)>. Acessado em 29 dez 2009, 10:55.
- 21) MAZALI, I. O. Determinação da densidade de sólidos pelo método de Arquimedes. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia\\_lqes\\_meprotec\\_densidade\\_arquimedes.pdf](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meprotec_densidade_arquimedes.pdf)>. Acessado em 21 jan 2010, 21:30.
- 22) Salvagnini, W. M. Densidade. (EPUSP-UNIP). Disponível em: <<http://www.hottopos.com.br/regeq3/densidad.htm>>. Acessado em 20 jan 2010, 20:30.
- 23) VARGAS, R. T. Sistema de pesagem em correia transportadora. Monografia. Vitória ES. 2006.
- 24) MBR. Procedimentos para cálculo da produção e ajuste de estoques. 2005. Relatório interno.
- 25) Vale. Norma de Controle da Produção e dos Estoques de Minérios e Produtos. 2006. Relatório interno.
- 26) Vale. Amostragens de densidades em pilhas de produtos. 2008. Relatório interno.
- 27) Vale. Análise do Procedimento de Totalização de Produção. 2007. Trabalho interno.
- 28) Vale. Apontamento de movimentação no sistema de gestão da produção. 2009. Relatório interno.
- 29) Vale. Apontamento de produção no sistema de gestão da produção. 2009. Relatório interno.
- 30) Vale. Caracterização Mineralógica. 2002. Trabalho interno.
- 31) Vale. Comparação entre o método de preenchimento de água (in situ) e o de compactação do material (laboratório). 2009. Trabalho interno.
- 32) Vale. Controle de processos. 2008. Relatório interno.
- 33) Vale. Estudo comparativo de métodos de determinação de densidade de pilhas de estoques. 2009. Trabalho interno.

- 34) Vale. Gestão de estoques. 2009. Relatório interno.
- 35) Vale. Monitoramento dos estoques de produtos. 2009. Trabalho interno.
- 36) Vale. Relatório de densidades das pilhas de produtos. 2006. Relatório interno
- 37) Vale. Teste de densidade em pilhas de produto. 2008. Trabalho interno.
- 38) Vale. Estudo comparativo de métodos de determinação de densidade de pilhas de estoques. 2009. Trabalho interno.

## 8 APÊNDICE

## **Apêndice 1 - Questionário para a área da medição apontada**

### **Quanto às balanças de produção.**

Qual o modelo mais adequado e por quê?

Qual a localização mais adequada e por quê?

Qual a metodologia de calibração mais adequada e por quê?

Qual o período em que deve ser feita uma aferição? Como e por quê?

Deve existir um programa de inspeção e monitoramento de seu funcionamento?

Como por quê?

As equipes devem ser orientadas quanto aos cuidados operacionais? Como e por quê?

### **Quanto aos apontamentos da produção.**

Como devem ser feitos os apontamentos? Por quê?

Os apontamentos devem ser automatizados? Por quê?

Deve existir avaliação crítica dos apontamentos? Como fazer e por quê?

A produção deve ser feita em que base – natural, saturada ou seca? Por que e como fazer?

A produção deve ser criticada e corrigida? Como e por quê?

### **Quanto ao processo.**

Deve ser feito o controle da umidade dos produtos? Como e por quê?

Os amostradores devem ter um programa de manutenção? Como e qual periodicidade?

A eficiência dos amostradores deve ser medida? Como?

Deve ser realizado balanço de massa da produção? Como?

O tamanho e formato do estoque são uma fonte de erro? Por quê?

### **Quanto à movimentação.**

Deve ser realizado o monitoramento diário dos cones de produção quanto ao balanço de massa com avaliações visuais do saldo diário?

Deve ser realizado ajuste por esgotamento das pilhas?

Deve ser realizado balanço de massa dos estoques com correções após medições físicas?

Devem ser controladas as remoções entre pilhas de estoques?

Como prevenir carreamentos e erosões?

**Quanto à medição física.**

Na sua visão, existem pontos falhos na medição física? Quais e como evitá-los?

## **Apêndice 2 - Questionário para a área da medição física ou medida**

### **Quanto ao levantamento de campo.**

Qual o melhor método de levantamento topográfico e por quê?

Como acha que deva ser feita o ensaio de densidade e por quê?

Qual a melhor periodicidade destes ensaios e por quê?

### **Quanto ao processo de cálculo.**

Como acha que deva ser feito os cálculos do volume e por quê?

Qual a melhor densidade (natural ou seca) a ser utilizada para conversão dos volumes e por quê?

Acha que deva existir avaliação crítica dos cálculos? Como fazer e por quê?

### **Quanto à medição apontada.**

Acha que existam pontos falhos na medição apontada? Quais e como evitá-los?

O que a área que controla os estoques poderiam fazer para melhorar o resultado da medição física?