



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E MATERIAIS
CURSO DE ENGENHARIA METALÚRGICA

**“DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE MATÉRIAS-PRIMAS -
FUNDENTES, MINÉRIO DE FERRO E RESÍDUOS.”**

Fortaleza

2014

REINALDO CERQUEIRA AZEVEDO JÚNIOR

**“DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE MATÉRIAS-PRIMAS -
FUNDENTES, MINÉRIO DE FERRO E RESÍDUOS.”**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Metalúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Emílio F. Quevedo Nogueira

Fortaleza

2014

REINALDO CERQUEIRA AZEVEDO JÚNIOR

**“DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE MATÉRIAS-PRIMAS -
FUNDENTES, MINÉRIO DE FERRO E RESÍDUOS.”**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Metalúrgica.

Aprovada em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Emílio F. Quevedo Nogueira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo Ferreira Motta
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo José Gomes da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Fortaleza

2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a deus pois sem ele nada seria possível.

Meus agradecimentos especiais são a minha família, meus pais Avany e Reinaldo e meu irmão Rafael por estarem sempre ao meu lado durante essa trajetória me apoiando em todos os momentos e sempre me incentivando a conquistar meus objetivos.

A minha namorada Lívia Almeida por todo carinho, companheirismo e apoio na minha vida.

Um agradecimento especial aos meus amigos do período de estágio na CSN, futuros engenheiros metalúrgicos, Carlos Filipe, Delaney, Francisco Diego, Francisco Leonardo, José Raphael, Marcos Paulo e Tomaz pela enriquecedora passagem em Volta Redonda –RJ.

Aos futuros colegas de profissão que fiz durante o meu período de estágio na CSN, Maxwell Pereira Cagani, Sidiney Nascimento Thiago Nicolau e Gustavo por todo suporte que me deram na realização deste projeto e amizade.

Ao Professor Ricardo Emílio pelo apoio nessa monografia.

Aos amigos que fiz durante a graduação no Brasil e na França; Rodrigo Ramos, Márcio Gazelli, Lucas Lopes, Úrsula Cid, Henrique Alencar, Emanuel Seixas, Boris Raos, Lalo Jimenez, Giuseppe Trovato, Didisz Grusnov, Sandra Bonilla e Abbey Lugo e muitos outros não citados.

Um agradecimento especial a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Votorantim Cimentos, aos professores e alunos da Universidade Federal do Ceará pelo convívio e ensinamentos ao longo da minha trajetória universitária.

“O homem que morre rico, morre em
desgraça” (Andrew Carnegie)

RESUMO

Nas siderúrgicas integradas, para uma melhor execução dos processos de redução, toda matéria prima utilizada é estocada em pátios. Devido ao alto volume de produção, as pilhas de matérias possuem grandes dimensões fazendo com que o controle de material estocado seja difícil de ser controlado. Uma das formas de controle de estoque no pátio, por exemplo, é feito pelo que sai da mina em direção a siderúrgica, porem devido a influência de fatores externos, como chuvas, exposição ao sol, o volume medido inicialmente não é necessariamente o mesmo com o que se encontra no pátio. Para averiguação do estoque, são realizados alguns procedimentos que com o auxílio da densidade aparente nos fornecem um valor mais preciso do volume de estoque. Na contabilização dos estoques de matérias primas fundentes e resíduos o estoque contábil das pilhas é ajustado por meio da medição do estoque físico. O estoque físico é estimado realizando uma medição topográfica e convertendo-se os valores de volume obtidos em massa utilizando-se a densidade aparente da pilha. Este estudo tem como objetivo a obtenção dos valores normatizados de densidade aparente passando uma maior confiabilidade nos dados e buscando uma maior assertividade na medição das pilhas no estoque e também, descrever as principais variáveis que influenciam a determinação da densidade aparente das pilhas como por exemplo, porosidade, empacotamento de partículas e morfologia das partículas. Após a execução do trabalho obtivemos os valores de densidade de densidade aparente a seco, com 5% e 10% de umidade, estes 3 casos foram escolhidos por possuírem as características dos materiais expostos a períodos de chuvas e secas nos pátios.

PALAVRAS-CHAVE

Estoque físico, estoque contábil, densidade aparente, pilhas de minério.

ABSTRACT

In accounting for inventories of raw materials and waste fluxes the book inventory of cells is adjusted by measuring the physical stock. The physical inventory is estimated by performing a topographic measurement and converting the volume mass values obtained using the density of the stack. This study aims to obtain the normalized values of apparent density passing a more reliable data and seeking greater assertiveness in the measurement of batteries in stock. This work also aims to describe the principal variables influencing the determination of the density of cells such as porosity, morphology, and particle packing of the particles.

KEYWORDS

Physical inventory, book inventory, bulk density, ore heaps.

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Estoque Contábil versus Estoque Físico.....	10
Figura 2-Pátio Matérias Primas CSN	12
Figura 3- Densidade composta para uma mistura de mesma quantidade das duas substâncias.....	16
Figura 4 Quarteador de amostras.....	24
Figura 5 - Peneiras.....	25
Figura 6 - Sinter Feed.....	32
Figura 7 – Gráfico de análise granulométrica do sinter feed	32
Figura 8 - Calcário.....	33
Figura 9 – Gráfico de análise granulométrica do calcário.....	33
Figura 10 - Dolomito 5% umidade.....	34
Figura 11 - Fino de sinter degradado (FSD).....	37
Figura 12 – Gráfico de análise granulométrica FSD.....	37
Figura 13- Resultado densidade aparente sinter feed.....	38
Figura 14 - Resultado densidade aparente calcário	39
Figura 15 - Resultado densidade aparente dolomito	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise granulométrica Sinter Feed	32
Tabela 2 - Análise granulométrica Calcário.....	33
Tabela 3 - Análise granulométrica dolomito	34
Tabela 4 - Análise granulométrica pó coletor	35
Tabela 5 - Análise granulométrica carepa.....	36
Tabela 6 - Análise granulométrica FSD	37
Tabela 7 - Massa aferida sinter feed.....	38
Tabela 8 - Análise química Sinter Feed	38
Tabela 9 - Massa aferida calcário.....	39
Tabela 10 - Análise química Calcário	39
Tabela 11 - Massa aferida dolomito.....	40
Tabela 12 - Análise química Dolomito	40
Tabela 13 - Massa aferida pó coletor	41
Tabela 14 - Massa aferida pó carepa.....	42
Tabela 15 - Análise química Carepa	42
Tabela 16 - Massa aferida FSD	43
Tabela 17 - Análise química Fino de Sinter Degradado	43

Sumário

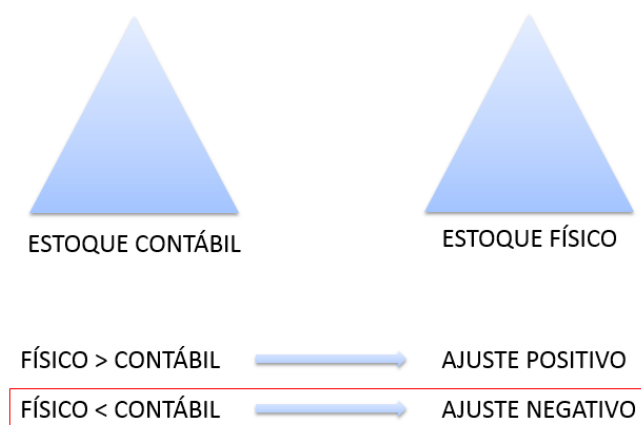
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Pátio de matérias – primas (Estoques de produtos)	13
2.2 Topografia	14
2.3 Densidade	14
2.3.1 Densidade Relativa	14
2.3.2 Densidade Substância Composta	14
2.3.3 Densidade Aparente	14
2.4 Empacotamento de partículas	14
2.4.1 Fatores que afetam o empacotamento de partículas	14
2.5 Análise granulométrica	14
3. METODOLOGIA	25
3.1 Processo para execução do projeto	26
3.2 Desenvolvimento do Projeto	27
3.2.1 Procedimento Análise granulométrica	28
3.3 Determinação da Densidade Aparente	31
3.3.1 Exemplo Cálculo da Densidade Aparente	32
3.3.2 Cálculo da densidade aparente	32
4. RESULTADOS	33
4.1 Resultado análise granulométrica	33
4.2 Resultado densidade aparente	39
5. DISCUSSÃO RESULTADOS	45
6. PROPOSTA DE NOVO TRABALHO	45
7. CONCLUSÃO	45
8. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	46

1. INTRODUÇÃO

Na planta de redução na indústria siderúrgica as matérias primas a serem utilizadas no processo são estocadas em pátios para facilitar seu escoamento na produção. Os materiais são transportados por esteiras que a partir de uma determinada altura fazem a deposição dos materiais formando diversas pilhas organizadas de forma estratégica para alimentar cada processo do qual ela é destinada. Elas são constituídas pelo minério de ferro, fundentes (calcário e dolomito), carepa reaproveitada da laminação e pó-coletor reaproveitados dos altos-fornos.

Todo o material, que constitui as pilhas de produto, é pesado antes de ser estocado e pesado quando carregado para ser entregue aos clientes. Este material somado ao estoque do já existente oferece um indicativo do estoque físico atual. Porém, devido a diversos fatores como umidade, erros de pesagem das balanças, compactação, arraste de material, entre outros podem ocasionar um desvio no valor indicado no controle do estoque na saída do material da mina. Na chegada ao destino, ao realizar uma nova pesagem obtém-se o valor do controle de estoque contábil que, muitas vezes, não corresponde ao estoque físico existente nos pátios de produto. A fim de controlar a massa real de material estocado e visando uma correta contabilização dos seus ativos, utiliza-se a medição topográfica para determinação volumétrica dos seus estoques. Atualmente, esta é a metodologia aceita pelos órgãos que auditam e certificam as empresas para garantir a veracidade de suas reservas. Entretanto, para realizar a conciliação entre o estoque físico e o contábil é necessário transformar o volume medido topograficamente em massa, considerando a densidade do material na pilha.

Figura 1- Estoque Contábil versus Estoque Físico



Para o cálculo de densidade da pilha, foi utilizada a densidade aparente, porque diferentemente da densidade real, ela nos dá o valor de densidade levando em consideração os vazios gerados entre os grãos e a porosidade do material. Para o cálculo das densidades serem aceitos, os ensaios foram feitos obedecendo todos os procedimentos contidos em normas internacionais. Para um melhor entendimento dos fenômenos responsáveis pelos valores de densidades encontrados, foram realizadas também a análise química e granulométrica dos materiais estudados. Este projeto tem como objetivo determinar os valores de densidade aparente normatizados a fim de que os mesmos possam ser utilizados para controles de estoque nos pátios de materiais primas.

Os processos para execução do projeto foram:

- Análise granulométrica:

O procedimento de análise granulométrica foi executado para obter uma justificativa dos valores de densidade aparente encontrados, visto que a distribuição granulométrica é um dos fatores determinantes no cálculo da densidade.

- Pesagem

O procedimento de pesagem foi realizado com o intuito de obter os valores utilizados para o cálculo da densidade aparente e distribuição granulométrica.

- Determinação de umidade

A determinação da umidade se faz necessária para reproduzir as condições nas quais os materiais se encontram no pátio, expostos as todas as intemperes climáticas.

- Densidade aparente.

De acordo com a norma ISO 3852 foram feitos todos os procedimentos para o cálculo da densidade aparente a fim de se obter valores confiáveis que possam ser utilizados para controle de estoque nos pátios de matérias primas.

Os materiais estudados foram: Minério de ferro, calcário, dolomito, pó coletor, fino de sínter degradado e carepa de laminação. Esses materiais foram escolhidos para o estudo devido a sua grande importância para os processos de redução nas plantas de sinterização

e alto-forno. Na figura 1 uma vista aérea do pátio de matérias primas da UPV-CSN (Usina Presidente Vargas, Companhia Siderúrgica Nacional)

Figura 2-Pátio Matérias Primas CSN



Fonte - Acervo CSN

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pátios de matéria – prima (Estoques de produtos)

Define-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 (Moreira 2001).

De acordo com 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 um produto mineral é uma reserva que se encontra em poder da empresa, num determinado tempo para fazer o fornecimento ao mercado através da venda ou para abastecer outros setores da própria empresa (REIS.F.S, 2011)

Na mineração existe o estoque apontado, o estoque físico 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 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. (REIS.F.S, 2011)

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.

2.1.1 Matérias primas:

- Minério de ferro

Associação ou agregado da qual se pode extrair com proveito econômico uma ou mais substâncias. O minério é constituído de:

Útil: é o mineral ou substância que contém o elemento a ser extraído.

Ganga: é o material que acompanha a substância útil do minério, porém sem valor econômico.

Estéril: é a rocha onde se encaixa o corpo do minério.

Principais tipos: Ferrita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), Limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e Siderita (FeCO_3)

Classificação do minério de ferro:

Granulado/Bitolado: é o minério com uma granulometria mais grosseira, situada majoritariamente entre 6,35mm e 50mm – usado em alto-forno.

Sínter Feed: possui uma granulometria na faixa de 0,105mm a 6,35mm – usado no processo de fabricação do sínter e alvo do estudo.

Pellet Feed: é o minério encontrado na faixa granulométrica de menor dimensão, situado abaixo dos 0,105mm – usado no processo de pelotização.

- Fundentes

São materiais com baixo ponto de fusão e cuja composição química seja tal que, quando adicionados à carga de um aparelho metalúrgico, reagem com seus constituintes indesejáveis, formando compostos estáveis que se separarão do banho metálico para constituírem a escória do processo em questão.

Classificação dos fundentes:

Ácidos: são a base de sílica, usados nos processos de sinterização de minérios carbonatados.

Básicos: são a base de CaO e/ou MgO. São os mais utilizados. Por exemplo: CaO – calcário; MgO- dolomita.

- Finos

O fino de sínter degradado (FSD) é o sínter passante nas peneiras da stock house e do sínter de estoque. Isso ocorre porque material não possui a granulometria mínima necessária para o processo de redução, sendo re-estocada no pátio e voltando para o processo de sinterização.

- Resíduos

O pó coletor e carepa de laminação constituem os resíduos utilizados no processo de sinterização. O pó coletor vem dos gases oriundos do alto-forno que passam por um filtro onde fica retido o pó que é estocado no pátio para ser aproveitado na sinterização.

A carepa de laminação, como o próprio nome diz, vem do processo de laminação a quente onde a superfície das chapas oxida e soltam as carepas que são ricas em FeO. Toda a carepa é coletada e estocada no pátio servindo de matéria-prima para a sinterização.

2.2 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.

2.3 Densidade

A densidade é uma propriedade da matéria que relaciona massa e volume. Em outras palavras, ela define a quantidade de massa de uma substância contida por unidade de volume.

$$Densidade = \frac{massa}{volume}$$

O conceito de densidade pode ser facilmente entendido na prática comparando objetos feitos a partir de diferentes substâncias, mas de mesmo volume. Portanto, sólidos com o mesmo volume – porém feitos de diferentes materiais - terão massas distintas, ou seja, materiais diferentes têm densidades diferentes.

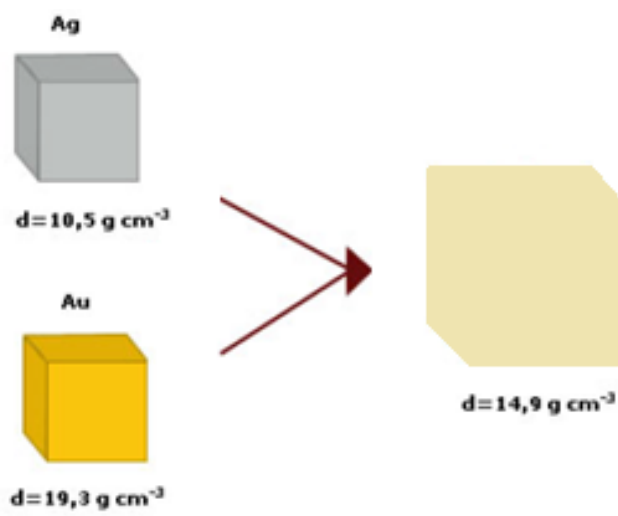
Então, conclui-se que a relação entre massa e volume de uma substância é a sua densidade. Quando se refere a uma substância pura, maciça e homogênea, como

elementos ou compostos químicos, a densidade é chamada de densidade absoluta ou massa específica. Caso contrário, é chamada somente densidade e representa a densidade média de um corpo ou de uma substância não homogênea. A tabela periódica esquematizada abaixo mostra como as densidades dos elementos químicos variam nos grupos e nos períodos. (CASTRO,2001)

2.3.2 Densidades de substâncias compostas

A densidade de uma substância composta ou de uma mistura é a média ponderada das densidades dos seus componentes, calculada a partir das porcentagens em massa de cada componente. Assim, a bola de borracha boia porque a sua densidade é a média da densidade da borracha e da densidade do ar que está dentro dela, considerando suas quantidades. Na figura 4 temos um exemplo do cálculo da densidade de substâncias compostas

Figura 3- Densidade composta para uma mistura de mesma quantidade das duas substâncias



2.3.3 Densidades aparente

A densidade aparente, é a razão entre a massa de um amostra e seu volume, incluindo a contribuição do volume vazio entre partículas. Assim, a densidade depende da densidade das partículas e do arranjo espacial das partículas no do sistema . A densidade é expressa em gramas por mililitro $\frac{g}{ml}$, embora a unidade internacional seja quilogramas por metro

cúbico ($1 \frac{g}{ml} = 1000 \frac{kg}{m^3}$). Ela também pode ser expressa em gramas por centímetro cúbico ($\frac{g}{cm^3}$). As propriedades de volume de uma substância dependem da preparação, tratamento e armazenamento da amostra, ou seja, como foi manuseado. As partículas podem ser empacotadas de forma que possuam diferentes densidades e, além disso, a menor perturbação na forma com que são manuseadas pode resultar em um valor de densidade modificado. Deste modo, é muito difícil medir com boa reprodutibilidade a densidade de uma partícula e, na apresentação dos resultados, é essencial que se especifique como a determinação foi feita.

2.4 Empacotamento de partículas

Diversas propriedades que os materiais possuem podem ser explicadas através do fenômeno do empacotamento de partículas que os constituem. Como exemplo, o empacotamento mais denso é de interesse na produção de concreto, cerâmicas estruturais, eletrônicas entre outros exemplos. Já empacotamentos de baixa densidade são mais aconselhados para produção de revestimentos e isolantes térmicos.

A terminologia utilizada no estudo do empacotamento de partículas é padronizada. Abaixo seguem as descrições sobre os diferentes tipos de empacotamento.

Monodispersão: Partículas de mesma granulometria, não se leva em consideração sua morfologia. É praticamente impossível a obtenção de uma monodispersão real.

Tamanhos discretos: São todas as partículas que pertencem a uma estreita faixa granulométrica, como por exemplo, aquela matéria que fica retida em uma peneira após o processo de peneiramento. Ou também, pertencem a uma classe única em um analisador de partículas. Como neste caso fala-se de um material que se encontra em uma mesma faixa granulométrica, conclui-se que ocorre um empacotamento de maior densidade se comparado com o que ocorre na monodispersão.

Polidispersão: É caracterizado pela mistura de mais de duas monodispersões. Neste caso podemos dizer que ocorre um empacotamento mais denso do que na monodispersão, porem, com menos densidade do que um com tamanho discreto.

Modalidade: Combinação das outras terminologias, por exemplo, uma mistura de duas monodispersões pode ser chamada de bimodal, com três, trimodal e com mais de três, polimodal.

Distribuição Granulométrica descontínua: A faixa de distribuição granulométrica possui um “gap”, onde não existe partícula com tamanho suficiente para preencher o espaço vazio.

Distribuição granulométrica contínua: Ocorre quando a faixa de distribuição granulométrica é contínua, não possui os “gaps” originados pela falta de material com granulometria adequada para preencher aquele espaço vazio.

Eficiência de empacotamento: Conteúdo de sólido presente em qualquer unidade de volume que contenha, ou seja, volume realmente ocupado pelas partículas em relação ao volume total do sistema (partículas mais porosidade), sendo o resultado apresentado em percentagem.

2.4.1 Fatores que afetam o empacotamento de partículas

Existem alguns fatores que podem afetar o a densidade de empacotamento.

Primeiramente considerar a distribuição granulométrica. Com uma maior distribuição granulométrica, pode se obter uma maior eficiência no empacotamento das partículas, como também, obtém-se uma menor distribuição onde as partículas vão terão características próximas a da monodispersão com baixa densidade de empacotamento. (Oliveira, 2000)

Empacotamentos com menor porosidade podem ser obtidos se os vazios existentes entre as partículas sejam preenchidos por partículas de menor granulometria que os mesmos. Porém, se forem introduzidas partículas ainda maiores que os vazios já existentes, essas provocarão o surgimento de novos vazios devido ao deslocamento das partículas maiores da sua posição original gerando um aumento na porosidade e uma diminuição da eficiência de empacotamento. (Pileggi,2000)

Um outro fator que pode alterar o empacotamento de partículas é a sua morfologia. Quanto mais afastada do formato esférico for a partícula, menor é a sua densidade de empacotamento da qual ele faz parte. Isso ocorre devido ao que se chama de fricção interparticular, que se origina no atrito entre as partículas de diferentes morfologias. Este efeito é diretamente relacionado ao tamanho da partícula, quanto menor for o tamanho da partícula irregular, maior esse efeito, em função da maior área superficial específica. Não há na literatura regras que definam quantitativamente o efeito da morfologia das partículas sobre a densidade de empacotamento com exatidão, sendo esse avaliado apenas qualitativamente. (Stuart,2000)

Pode-se notar que os picos de máxima densidade ocorrem aproximadamente com a mesma proporção entre partículas grossas e finas, não dependendo do formato das mesmas. Contudo, através da combinação de partículas não esféricas, pode se obter um efeito de aumento da densidade relativa, apesar de partículas esféricas proporcionarem valores superiores de densidade de empacotamento. (Pandolfelli,2000)

Misturar partículas com baixas concentrações de partículas não esféricas, não apresenta uma redução acentuada na densidade de empacotamento. Quanto mais se aumenta a concentração de partículas não esféricas, a estrutura de empacotamento é destruída e ocorre a diminuição da densidade resultando em maior porosidade, principalmente quando as partículas apresentam tamanhos similares. (Pandolfelli,2000)

Uma das formas de se otimizar o empacotamento em sistemas compostos por partículas não esféricas é através do controle da distribuição granulométrica. Geralmente a densidade se eleva com o valor do quociente entre os tamanhos (diâmetro) das partículas maiores e os das menores. (Pandolfelli,2000)

Graças a uma elevada quantidade possível de formatos de partículas e, por consequência, da infinidade de combinações possíveis, se torna muito difícil desenvolver um modelo que possa mostrar o comportamento de misturas que envolvam partículas não esféricas. Usualmente, os princípios ligados a misturas bimodais, são observados, mas, se na mistura de partículas conter combinações de formatos diferentes, acaba tornando-se impossível realizar considerações precisas sobre o sistema. O que pode ser levado em

consideração é a de que a medida que as partículas tornam-se menos esféricas, haverá um decréscimo na densidade de empacotamento e de outras propriedades relacionadas. (Pandolfelli,2000)

Além do efeito gerado pela fricção, as irregularidades na forma da partícula podem gerar estruturas que nunca alcançarão um máximo empacotamento, graças às suas considerações geométricas. (Pandolfelli,2000)

A porosidade interna das partículas é outro fator que atrapalha a obtenção de empacotamentos de alta densidade relativa. As partículas podem ser totalmente densas, com uma porosidade interna fechada, ou com porosidade aberta. Para um empacotamento de máxima densidade para uma dada distribuição granulométrica, se faz necessário o uso de partículas densas com a menor porosidade possível. Contudo partículas densas, não são das mais usuais. Se analisarmos a questão da distribuição granulométrica, partículas com porosidade fechada se comportam exatamente como partículas densas, mas com relação à densidade do empacotamento produzem uma mistura menos densa. As porosidades abertas nas partículas, provocam alteração no empacotamento das mesmas, uma vez que ao apresentarem o formato irregular também se leva em consideração a morfologia da partícula. Além desse efeito morfológico, partículas desse tipo também afetam as condições de processamento, pois possuem uma maior capacidade de absorção de fases líquidas através dos poros. Devido a esse fator, demandam maior teor de líquido na mistura. E por apresentarem porosidade, também resultam em misturas com menores densidades de empacotamento.

Com relação a densidade de partículas, se em uma distribuição granulométrica houver uma acentuada diferença de densidade entre seus componentes, o processo de compactação deve ser bastante cauteloso para evitar-se possíveis segregações. Este fenômeno pode gerar gradientes de densidade de empacotamento na mistura, o que, do ponto de vista de propriedades do material, pode levar a uma considerável diferença de desempenho. (Oliveira, 2000)

Efeito parede:

Um outro fator de extrema importância que deve ser levado em consideração na obtenção de misturas com elevadas densidades de empacotamento, é chamado de “efeito parede”. Nesse efeito, o empacotamento de partículas pequenas (finas) na superfície de partículas maiores (grossas), onde a relação entre o diâmetro efetivos de partículas permita que uma partícula fina, considere a superfície de contato com uma partícula grossa como praticamente plana (parede), a porosidade na região próxima à superfície das partículas grossas será maior que no restante do volume. O efeito parede é tal que, para se minimizar a perturbação do empacotamento de partículas finas próximas à superfície das grossas, o quociente de seus diâmetros deve ser de, pelo menos, dez vezes. (Pileggi,2000)

Técnicas de compactação:

Os fatores já apresentados que influenciam diretamente no empacotamento de partículas, levam em consideração, apenas, as características do sistema de partículas como por exemplo: distribuição granulométrica, morfologia, porosidade, etc. Contudo é de extrema importância que para obtermos um empacotamento com máxima eficiência é necessário considerar como as partículas são colocadas em suas devidas posições. (Pileggi,2000)

Para ilustrar esse conceito, imagina-se um sistema de partículas densas e esféricas distribuídas em dois recipientes de maneiras distintas: (a) no primeiro, as partículas estão divididas em suas monodispersões, as quais são depositadas em um recipiente, formando camadas sucessivas de mesmo diâmetro. No segundo (b), as partículas são depositadas de forma aleatória e o recipiente é submetido a uma vibração para que as partículas possam se movimentar umas em relação as outras, atingindo assim sua posição de equilíbrio no empacotamento. A mesma distribuição pode gerar empacotamentos distintos, dependendo da técnica de compactação empregada. No caso do empacotamento em camadas sucessivas, cada camada monodispersa possui o mesmo fator de empacotamento (0,60) e a mistura de diversos diâmetros não contribui para a ocupação dos vazios existentes entre as partículas. Assim, o empacotamento global, será o mesmo da monodispersão. Entretanto, quando partículas menores ocupam interstícios entre as maiores, o empacotamento é otimizado e a porosidade do sistema é diminuída.

A densidade de um sistema de partículas é conhecida como sendo a massa por unidade de volume das partículas e dos interstícios. A densidade da partícula é a relação massa/volume da partícula. Em um sistema de partículas, a densidade de partícula se

refere-se a densidade de todas as partículas que compõe o sistema, independentemente da sua faixa granulométrica. Quando as partículas são não porosas, pode-se dizer que sua densidade é referente a toda sua fase sólida, uma vez que no cálculo da densidade não é considerado a massa de ar que existe dentro das porosidades. Para partículas porosas, o cálculo da densidade é um caso mais particular. Partículas dispersas em um fluido, podem absorver moléculas desse fluido na superfície dos poros. (Stuart,2000)

2.5 Análises granulométrica

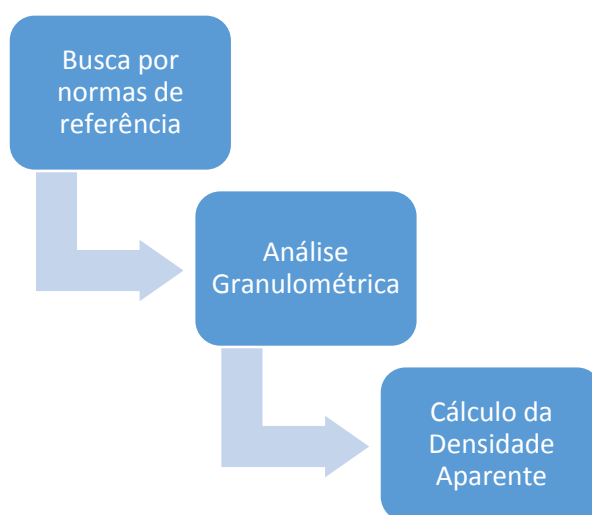
A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras (presumivelmente representativas dos sedimentos) e no tratamento estatístico dessa informação. Basicamente, o que é necessário fazer, é determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, quer pelo peso de cada classe dimensional considerada, quer pelo seu volume, quer ainda pelo número de partículas integradas em cada classe. Na realidade, estas três formas têm sido utilizadas. Assim, para efetuar a descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise pormenorizada, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude. Quanto menor for a amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento. Classicamente, a granulometria dos sedimentos muito grosseiros (cascalhos, seixos, balastros, etc.) é efetuada medindo (ou pesando) individualmente cada um dos elementos e contando-os. Contudo, para sedimentos menos grosseiros (cascalhos finos, areias), tal forma de mensuração não é prática, sendo nas areias muito difícil e extremamente morosa, e praticamente impossível nos siltes e argilas. Para estes sedimentos, a análise clássica recorre à separação mecânica em classes dimensionais e à determinação do seu peso. No que se refere aos sedimentos lutíticos (siltes e argilas), a forma de determinar a distribuição granulométrica de forma compatível com as das outras classes texturais é ainda mais difícil e problemática. Os problemas relacionados com a análise granulométrica começam logo com a escolha do método a utilizar. Por um lado, é questionável se se deve utilizar, para cada fracção granulométrica, o número de partículas aí presentes ou o peso dessas partículas. Existem várias tentativas de relacionar estas duas quantidades mas, como seria de esperar, a aplicação das expressões empíricas que têm sido propostas não funciona na realidade, ou cometem grandes erros. Basta considerar

que existe, nas partículas sedimentares, grande variabilidade de formas e de densidades, para se concluir que qualquer expressão relacionando número e peso está condenada ao fracasso. (Alveirinho Dias 2004)

3. METODOLOGIA

3.1 Processos para execução do projeto

Para execução do projeto, as atividades a serem realizadas foram divididas em etapas que aperfeiçoassem a obtenção dos resultados. Para controle das atividades já realizadas, foi utilizado um cronograma padrão para acompanhamento de projetos.



Primeiramente foram analisadas as normas de referência para execução dos ensaios, como por exemplo, as normas:

- ISO 3852 (Iron ores for blast furnace and direct reduction feedstocks — Determination of bulk density) – Determinação da densidade aparente
- ISO 4701 (Determination of size distribution by sieving) - Determinação da distribuição de tamanho por peneiração
- ISO 3082:2000 (Sampling and sample preparation procedures) – Preparação de amostras

Após a etapa de consulta das normas, todos os procedimentos de ensaio foram executados no laboratório de metalurgia da CSN.

Os procedimentos laboratoriais executados foram:

- Análise granulométrica
- Pesagem
- Determinação de umidade
- Determinação da densidade aparente.

3.2 Desenvolvimento do projeto

Foram escolhidos o Sinter feed (hematita), calcário, dolomito, fino de síter degradado (FSD), pó coletor e carepa.

Esses materiais foram escolhidos devido ao seu grau de importância para a produção de síter nas plantas de sinterização.

Separou-se aproximadamente 200kg de amostra de cada um dos materiais a serem estudados. Essas amostras foram retiradas diretamente do pátio de matérias primas e em pontos diferentes da pilha a fim de não se obter uma tendência no resultado caso ele fosse retirado de apenas uma região. Destes 200kg, foi retirado pelo processo de quarteamento (figura 4), 5 kg de material para análise granulométrica e análise química. O processo de quarteamento visa fazer a separação total do material para que nos 5kg separados, contenha material de todos os pontos que foram coletados na pilha anteriormente.

Figura 4 Quarteador de amostras



Figura 5 - Peneiras



3.2.1 Procedimento de análise granulométrica:

Para análise granulométrica foram utilizadas 10 peneiras (figura 5) para varrer todas as faixas granulométricas dos materiais estudados. Para obter uma maior fidelidade nos ensaios, todas as peneiras passaram por um banho ultrassônico de 20 minutos antes e após cada peneiramento para que não ocorresse nenhuma contaminação ou mascaramento do resultado. Para realização do ensaio, utilizou-se um peneirador ROTAP (figura 6) com capacidade de 5 peneiras por vez. O tempo de peneiramento foi de 5 min para cada ciclo de 5 peneiras. As malhas das peneiras utilizadas foram:

Sínter feed: 9,3mm; 6,3mm; 4,76mm; 2,36mm; 1mm; 710 μ m; 300 μ m; 150 μ m; 105 μ m; 45 μ m;
<45 μ m

Calcário: 3,36mm; 2,8mm; 2mm; 1,68mm; 1mm; 850 μ m; 600 μ m; 425 μ m; 212 μ m; 150 μ m;
<150 μ m

Dolomito: 3,36mm; 2,8mm ;2mm; 1,68mm; 1mm; 850 μ m; 600 μ m; 425 μ m; 212 μ m; 150 μ m;
<150 μ m

Pó coletor: 1,68 mm; 1 mm; 710 μ m; 425 μ m; 300 μ m; 250 μ m; 180 μ m; 150 μ m; 105 μ m; 45 μ m;
<45 μ m

Fino de Sinter Degradado: 7,1mm; 6,3mm; 5,6mm; 4,76mm; 3,36mm; 3,15mm; 2,36mm;
1,68mm; 1mm; 710 μ m; <710 μ m

Carepa: 9,5mm; 6,3mm; 4,76mm; 3,15mm; 2,36mm; 1,68mm; 1mm; 600 μ m; 300 μ m; 150 μ m;
<150 μ m

Figura 6 - Peneirador ROTAP



Antes de iniciar o peneiramento é feita a pesagem do material a fim de se obter, posteriormente, a fração de massa retida em cada peneira. As pesagens foram realizadas em uma balança com precisão de 0,001g (figura 7) para obtenção de um valor mais preciso da quantidade de massa retida.

Figura 7 - Balança



3.3 Determinação da densidade aparente:

Para determinação da densidade aparente, todo o material foi espalhado em uma bandeja (figura 8) e colocado na estufa (figura 9) por um período mínimo de 24h. Após a secagem completa, o material foi pesado e transferido diretamente para o misturador com o intuito de desagregar as partículas que ficaram coladas devido à secagem. O tempo dentro do misturador (figura 10) foi de 1 min. Ao término do processo o material foi descarregado em um carrinho e levado para preencher o recipiente (figura 11) normatizado de cálculo da densidade aparente. Para averiguação do volume e altura do recipiente, 3 medidas de altura (h_1, h_c, h_2) e diâmetro (d_1, d_c, d_2) foram realizadas.

Figura 8 - Material na bandeja pronto para ser secado na estufa



Para preencher o recipiente foi utilizada uma pá a uma altura máxima de 50 mm do topo da pilha do material já depositado para evitar a degradação das partículas. O preenchimento deve ocorrer até o transbordamento do material. Em seguida, deve-se nivelar o material na borda do recipiente com uma régua de 50 cm (figura 12) e realizar a pesagem (figura 13). Após a pesagem, o material deve retornar para o carrinho e depois para o misturador para realizar uma duplicata do ensaio.

Figura 9-Estufa de secagem



Figura 10 - Misturador intensivo



Figura 11- Recipiente normalizado para cálculo da densidade aparente

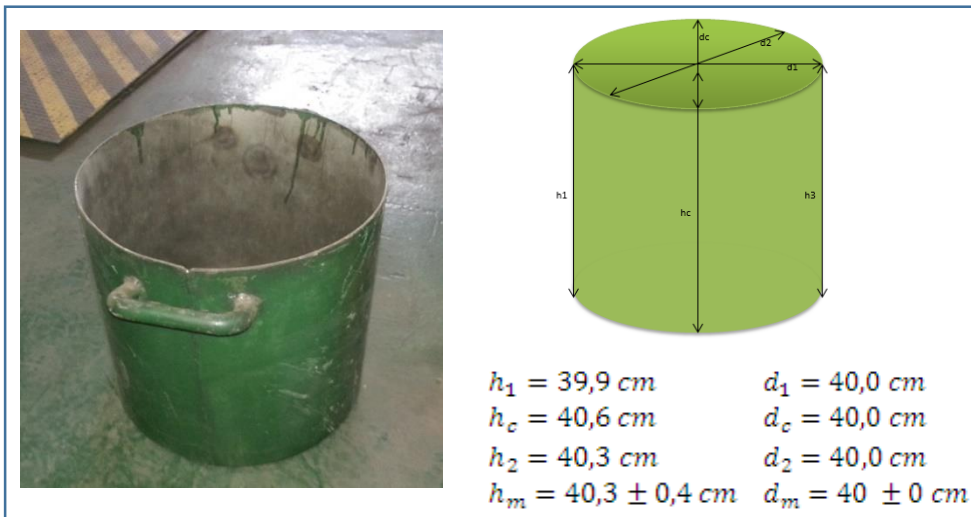


Figura 12- Recipiente preenchido e nivelado



Ao término do cálculo da densidade aparente a seco, inicia-se o processo do cálculo, para umidade de 5% e de 10% no material. Este teor de umidade foi escolhido, porque é um valor semelhante ao que se afere no material estocado no pátio durante os períodos de chuva. Na figura 13 tem-se a amostra de carepa com uma umidade de 10%.

Figura 13 - Carepa com 10% de umidade



Para atingir essa umidade, pega-se o peso do material depois de retirado da estufa e adiciona-se primeiramente 5% do seu peso em água no misturador e realizamos o mesmo procedimento que foi realizado a seco para determinar a densidade aparente. Para comprovar se a umidade do material foi a umidade desejada, coleta-se 3 amostras, uma do topo e uma de cada extremidade da pilha de material formada logo após ela ser descarregada do misturador no carrinho. Essas amostras são colocadas em recipientes com peso conhecido, pesadas e colocadas na estufa por 24h para o cálculo real da umidade.

Após realizar os ensaios a seco e a úmido, os dados foram repassados para o pátio de matéria prima para a comparação com os dados já existentes e verificação de melhora no cálculo do estoque.

3.3.1 Cálculo da densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}) é expressa em kg/m^3 , é calculada pela seguinte fórmula:

$$\rho_{ap} = \frac{m_1 - m_0}{V}$$

Onde:

m₁: massa do recipiente com a amostra (kg)

m₀: massa do recipiente vazio (kg)

V: volume do recipiente (m^3)

Para calcular o volume do recipiente deve-se executar o seguinte procedimento:

$$m_{latão} = 16,8 \text{ kg}$$

$$m_{latão} + m_{água} = 67,4 \text{ kg}$$

$$m_{água} = 50,6 \text{ kg}$$

$$V_{água} = V_{recipiente} = 50,6 \text{ l} = \mathbf{0,0506 \text{ m}^3}$$

De acordo com a norma ISO 3852, para o valor da densidade ser aceito, deve-se executar um teste de aceitação:

Repetitividade (r)

Método	<i>r</i>
1	0,05 ρ_{ap}
ρ_{ap} : média das densidades aparente	

Legenda:

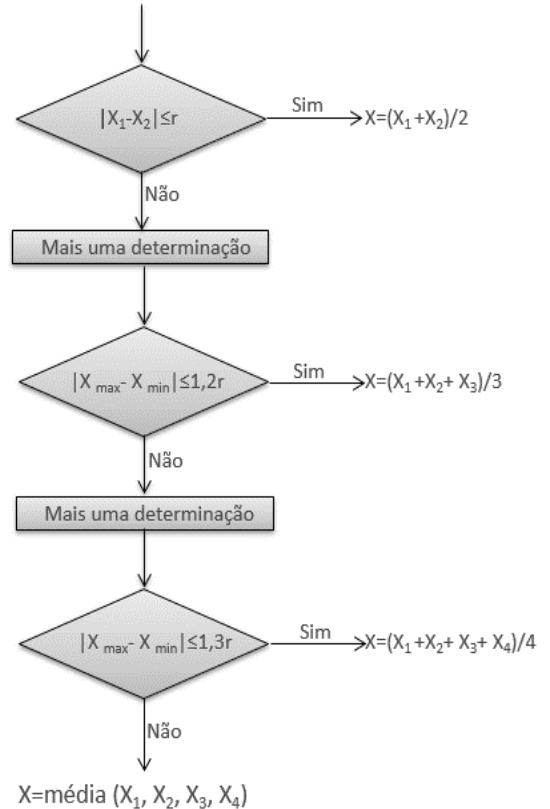
X_1 = primeira medição de densidade

X_2 = segunda medição de densidade

X_3 = terceira medição de densidade

X_4 = quarta medição de densidade

Começar com resultados duplicados independentes



3.3.2 Exemplo do cálculo da densidade aparente

Sinter Feed

Peso do recipiente: 16,8 kg

Peso 1ª medição: 156,8 Kg

Peso 2ª medição: 158,4 kg

$$\rho_1 = \frac{156,8 - 16,8}{0,0505} \cong 2772,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = \frac{158,4 - 16,8}{0,0505} \cong 2804 \text{ kg/m}^3$$

$$\bar{\rho} \cong 2788,1 \text{ kg/m}^3$$

$$\bar{\rho} \cong 2788,1 \text{ kg/m}^3$$

$$x = 0,05 \cdot (2788,1)$$

$$x = 139,4$$

$$|\rho_1 - \rho_2| \leq x$$

$$31,7 < 139,4 \text{ ok!}$$

$$D_{ap} = \frac{\bar{\rho}_{sinter\ feed}}{\bar{\rho}_{\acute{a}gua}} = \frac{2788,1}{1000} = 2,788$$

4. RESULTADOS

4.1 Resultado da análise granulométrica

Sínter feed:

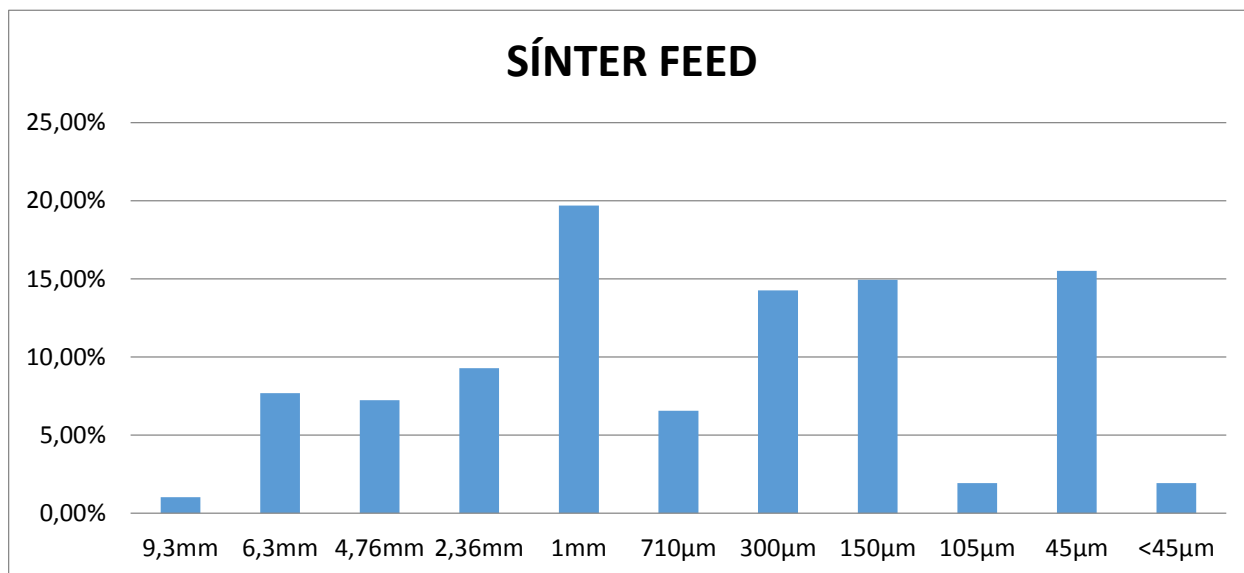
Tabela 1- Análise granulométrica Sinter Feed

Sinter Feed		
Total:	4,420Kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
9,3mm	0,045	1,02%
6,3mm	0,34	7,69%
4,76mm	0,32	7,24%
2,36mm	0,41	9,28%
1mm	0,87	19,68%
710µm	0,29	6,56%
300µm	0,63	14,25%
150µm	0,66	14,93%
105µm	0,085	1,92%
45µm	0,685	15,50%
<45µm	0,085	1,92%

Figura 6 - Sinter Feed



Figura 7 – Gráfico de análise granulométrica do sinter feed



Calcário:

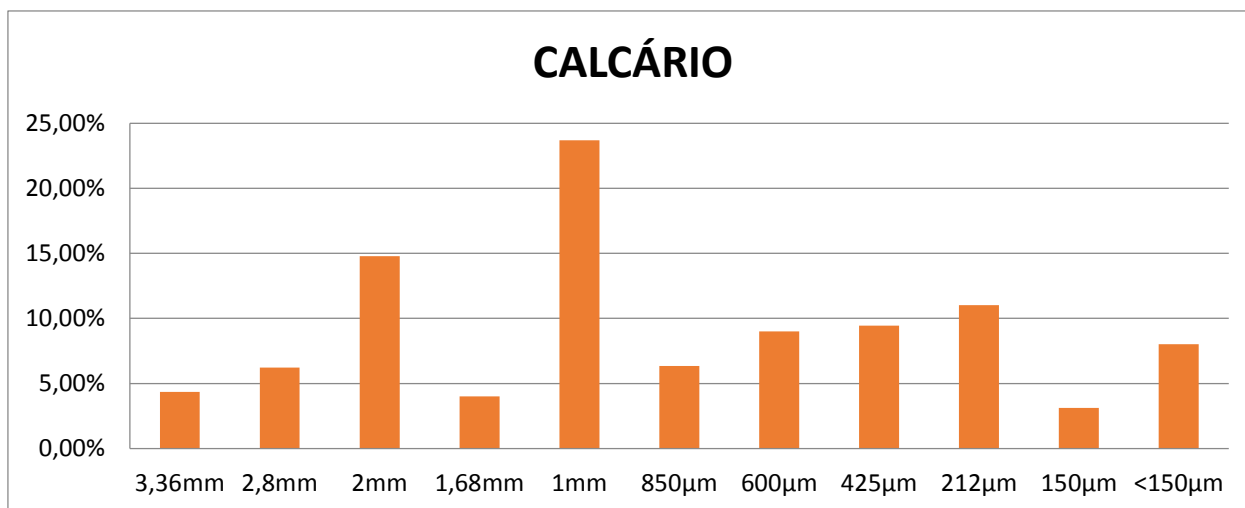
Tabela 2 - Análise granulométrica Calcário

Calcário		
Total:	4,495Kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
3,36mm	0,195	4,34%
2,8mm	0,28	6,23%
2mm	0,665	14,79%
1,68mm	0,18	4,00%
1mm	1,065	23,69%
850µm	0,285	6,34%
600µm	0,405	9,01%
425µm	0,425	9,45%
212µm	0,495	11,01%
150µm	0,14	3,11%
<150µm	0,36	8,01%

Figura 8 - Calcário



Figura 9 – Gráfico de análise granulométrica do calcário



Dolomito:

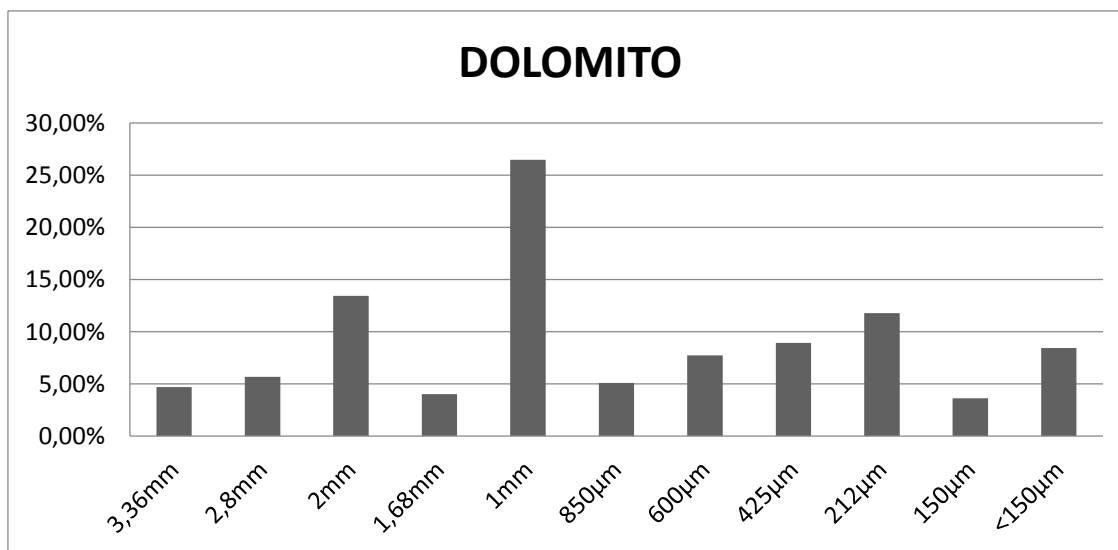
Tabela 3 - Análise granulométrica dolomito

Dolomito		
Total:	5,095kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
3,36mm	0,24	4,71%
2,8mm	0,29	5,69%
2mm	0,685	13,44%
1,68mm	0,205	4,02%
1mm	1,35	26,50%
850µm	0,26	5,10%
600µm	0,395	7,75%
425µm	0,455	8,93%
212µm	0,6	11,78%
150µm	0,185	3,63%
<150µm	0,43	8,44%

Figura 10 - Dolomito 5% umidade



Figura 19 – Gráfico de análise granulométrica dolomito



Pó coletor:

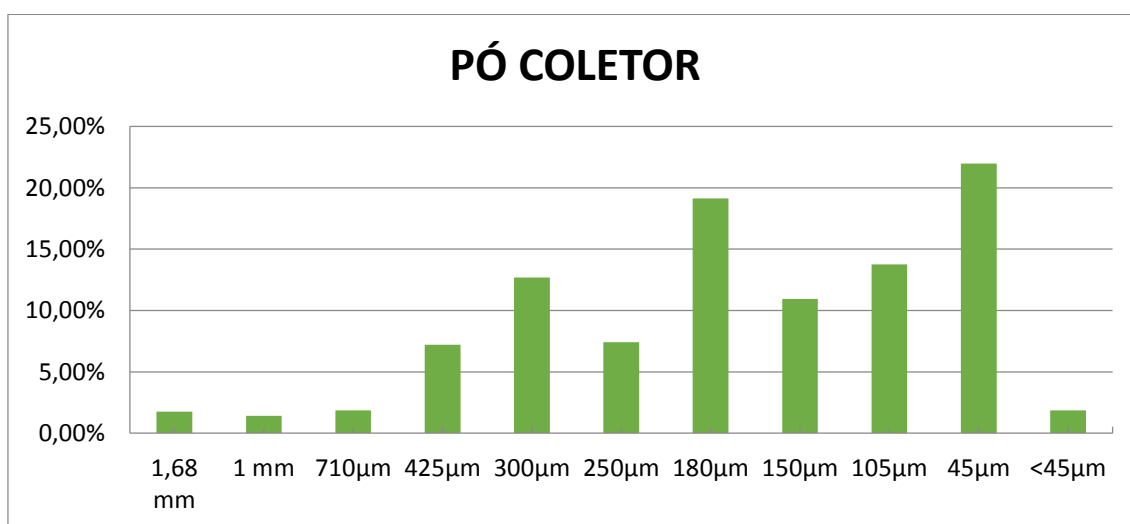
Tabela 4 - Análise granulométrica pó coletor

Pó coletor		
Total	4,575kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
1,68 mm	0,08	1,75%
1 mm	0,065	1,42%
710µm	0,085	1,86%
425µm	0,33	7,21%
300µm	0,58	12,68%
250µm	0,34	7,43%
180µm	0,875	19,13%
150µm	0,5	10,93%
105µm	0,63	13,77%
45µm	1,005	21,97%
<45µm	0,085	1,86%

Figura 20- Pó coletor 5% umidade



Figura 21 – Gráfico de análise granulométrica pó coletor



Carepa:

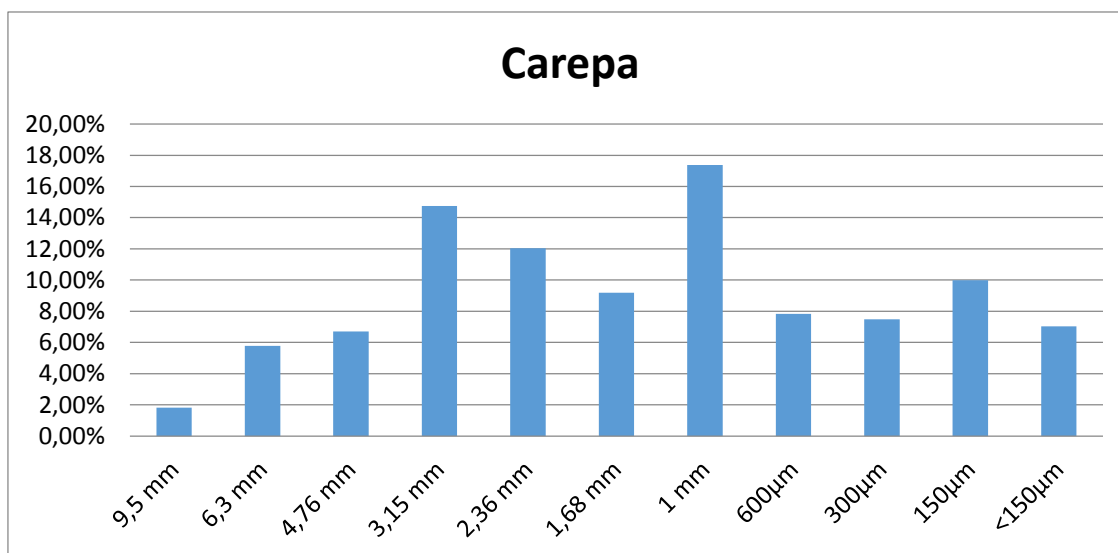
Tabela 5 - Análise granulométrica carepa

Carepa		
Total	4,405Kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
9,5 mm	0,08	1,82%
6,3 mm	0,255	5,79%
4,76 mm	0,295	6,70%
3,15 mm	0,65	14,76%
2,36 mm	0,53	12,03%
1,68 mm	0,405	9,19%
1 mm	0,765	17,37%
600µm	0,345	7,83%
300µm	0,33	7,49%
150µm	0,44	9,99%
<150µm	0,31	7,04%

Figura 22- Carepa 7% umidade



Figura 23 – Gráfico de análise granulométrica carepa



FSD (Fino de sínter degradado):

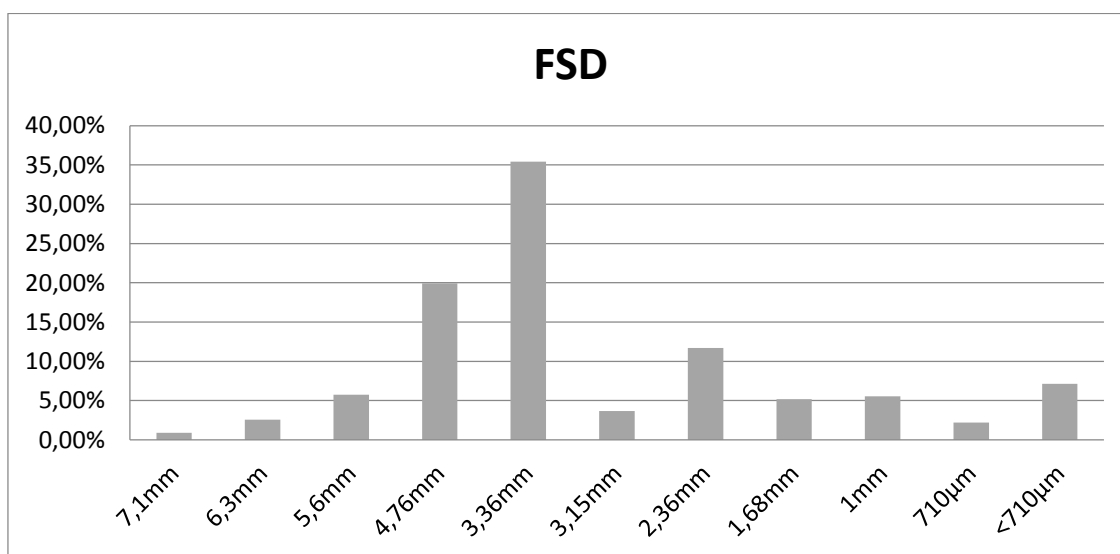
Tabela 6 - Análise granulométrica FSD

FSD		
Total:	5,040kg	
Peneira	Massa retida(kg)	%
7,1mm	0,045	0,89%
6,3mm	0,13	2,58%
5,6mm	0,29	5,75%
4,76mm	1,005	19,94%
3,36mm	1,785	35,42%
3,15mm	0,185	3,67%
2,36mm	0,59	11,71%
1,68mm	0,26	5,16%
1mm	0,28	5,56%
710µm	0,11	2,18%
<710µm	0,36	7,14%

Figura 11 - Fino de sínter degradado (FSD)



Figura 12 – Gráfico de análise granulométrica FSD



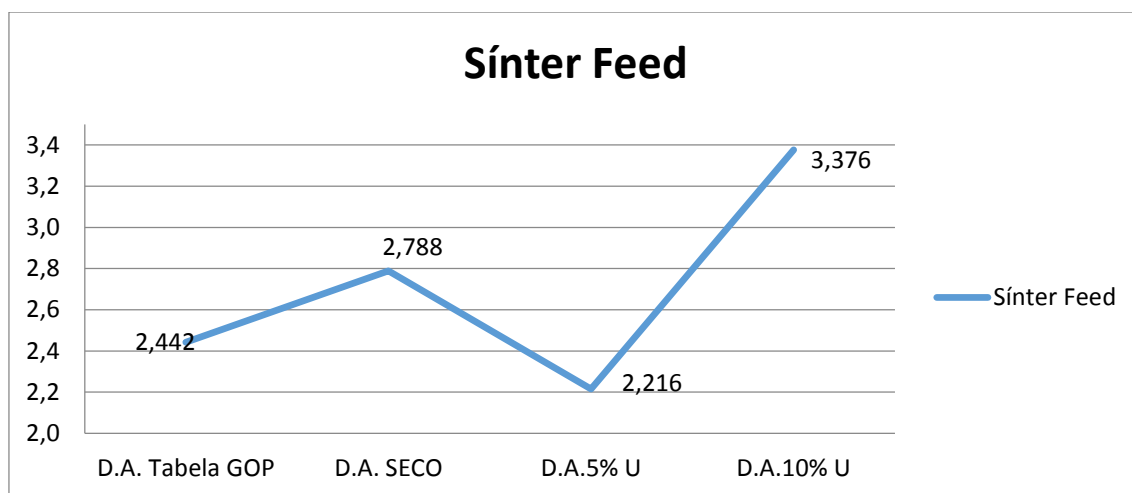
4.2 Resultados densidade aparente

Sínter feed:

Tabela 7 - Massa aferida sinter feed

	Kg	
Seco	140	141,6
5% Umidade	111,2	112,6
10% Umidade	170,4	170,6

Figura 13- Resultado densidade aparente sinter feed



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA SÍNTER FEED:

Tabela 8 - Análise química Sinter Feed

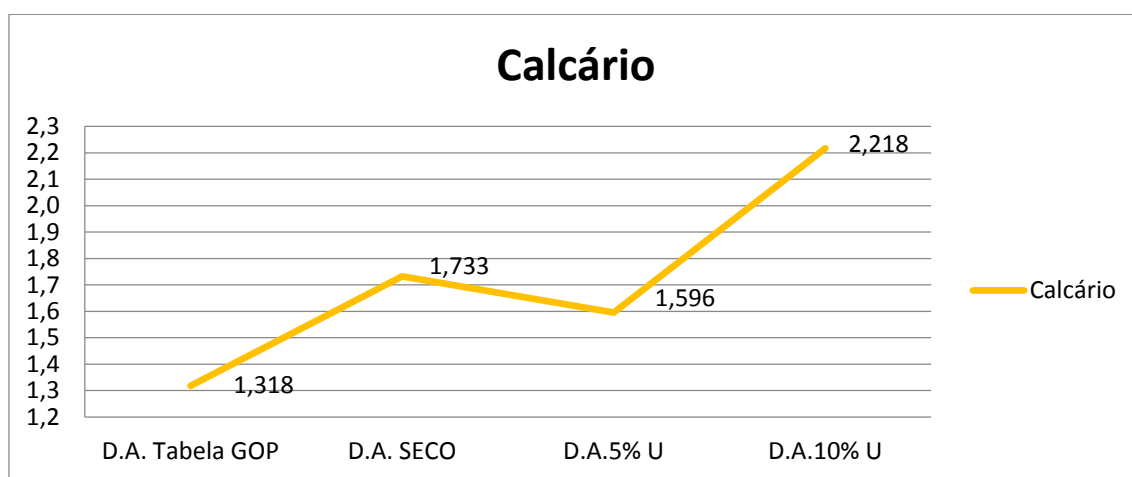
Análise	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn	P	Fe	PPC
%	1,34	6,54	0,59	0,050	62,39	1,83

Calcário:

Tabela 9 - Massa aferida calcário

	Kg	
Seco	87,4	87,6
5% Umidade	80,2	81
10% Umidade	111,4	112,6

Figura 14 - Resultado densidade aparente calcário



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA CALCÁRIO:

Tabela 10 - Análise química Calcário

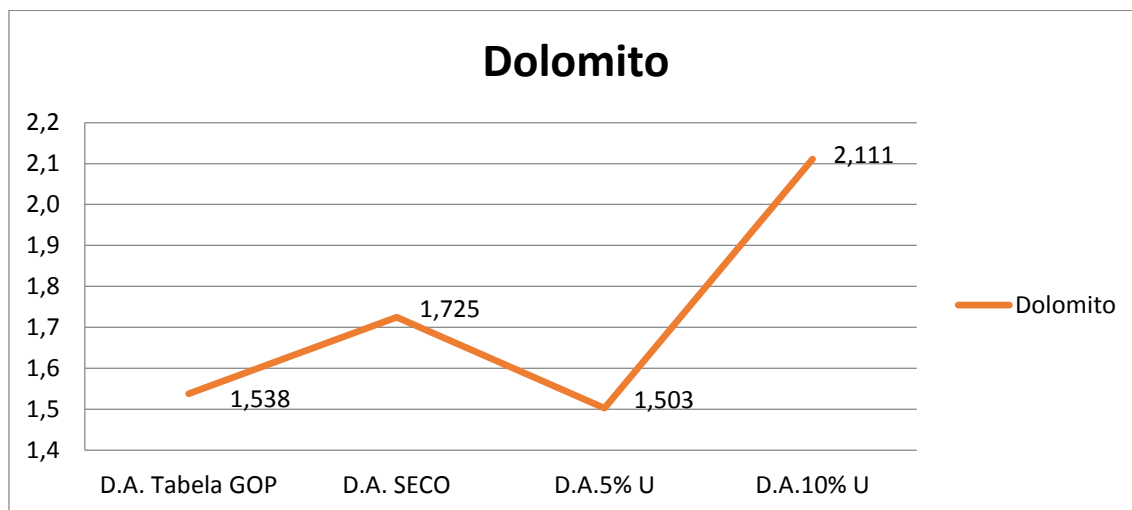
Análise	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe	PPC
%	1,56	0,22	1,02	53,06	0,10	42,96

Dolomito:

Tabela 11 - Massa aferida dolomito

	Kg	
Seco	86,8	87,4
5% Umidade	75,8	76
10% Umidade	106,4	106,8

Figura 15 - Resultado densidade aparente dolomito



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA DOLOMITO:

Tabela 12 - Análise química Dolomito

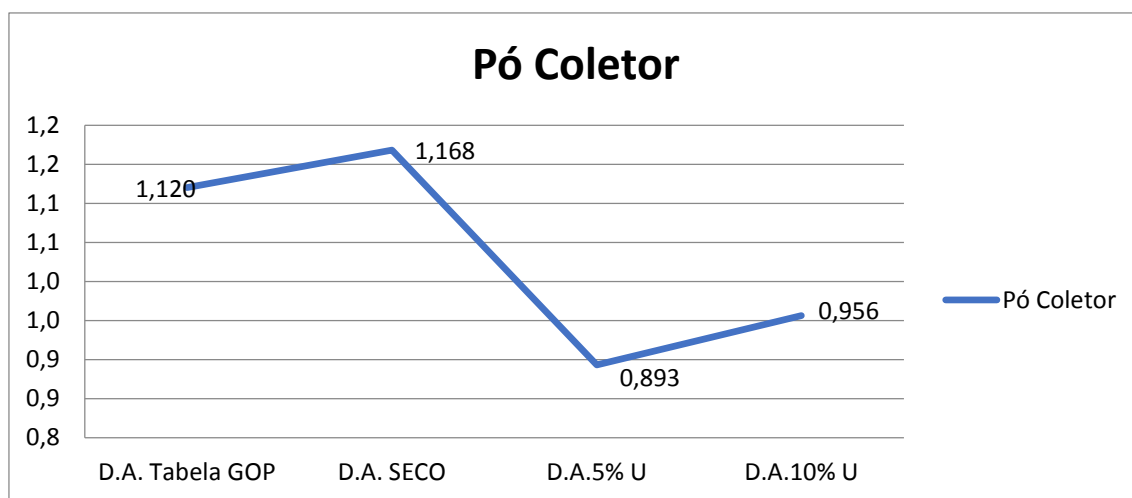
Análise	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe	PPC
%	16,98	0,39	1,29	32,17	0,34	44,51

Pó coletor:

Tabela 13 - Massa aferida pó coletor

	Kg	
Seco	58,8	59,2
5% Umidade	44,2	46
10% Umidade	48	48,6

Figura 29 - Resultado densidade aparente pó coletor



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA PÓ COLETOR:

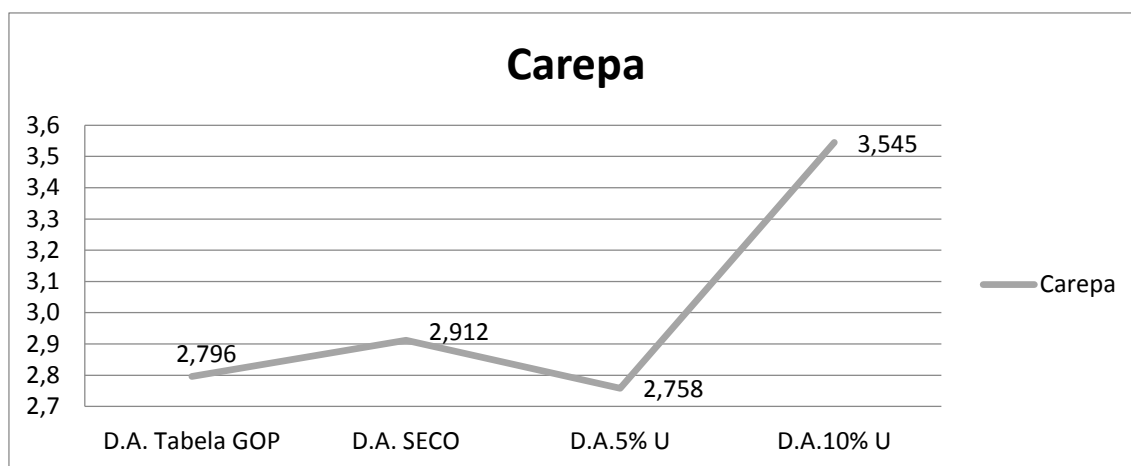
Análise	C	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	S	P	Na ₂ O	K ₂ O	Zn
%	30,26	39,28	1,44	0,59	0,39	3,66	0,23	0,011	0,092	0,161	0,094

Carepa:

Tabela 14 - Massa aferida pó carepa

	Kg	
Seco	144,8	149,3
5% Umidade	136,8	141,8
10% Umidade	178,8	179,2

Figura 30 - Resultado densidade aparente carepa



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA CAREPA:

Tabela 15 - Análise química Carepa

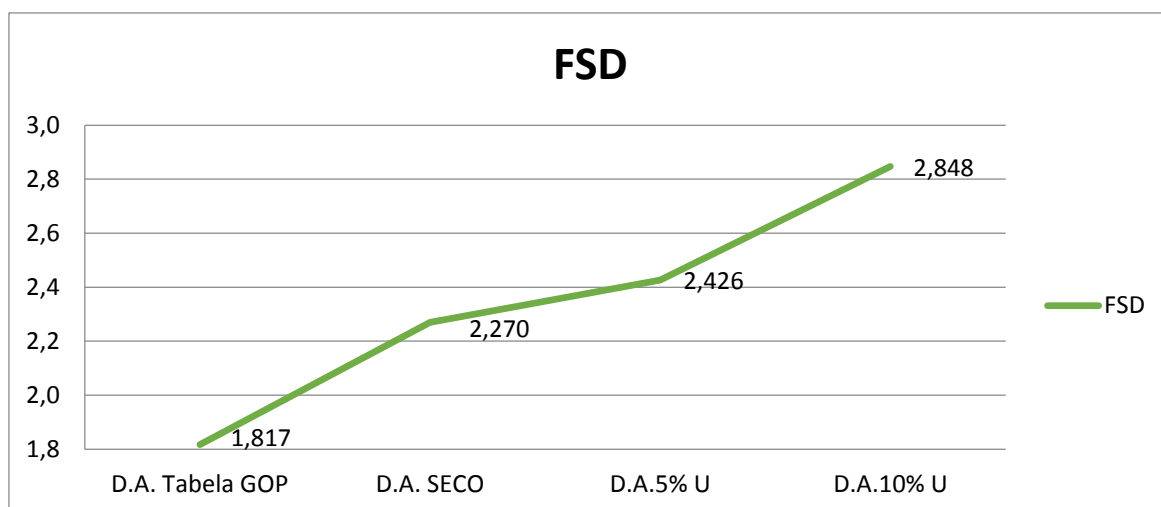
Análise	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	CaO	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅
%	0,08	0,10	0,25	0,04	0,10	0,01	0,38	0,03	0,33	98,7	0,01

Fino de sinter degradado (FSD):

Tabela 16 - Massa aferida FSD

	Kg	
Seco	111,9	117,4
5% Umidade	121,8	123,2
10% Umidade	142,2	145,4

Figura 31 - Resultado densidade aparente FSD



D.A: Densidade aparente

ANÁLISE QUÍMICA FINO DE SÍNTER DEGRADADO (FSD):

Tabela 17 - Análise química Fino de Sinter Degradado

Análise	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Mn	P	Na ₂ O	K ₂ O	Fe	FeO
%	1,51	1,43	6,19	10,99	0,47	0,047	0,04	0,02	55,84	8,70

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os valores das densidades encontrados, pode-se perceber que os fatores que afetam o empacotamento de partículas, sendo eles a morfologia, distribuição granulométrica e porosidade são determinantes nos valores de densidade.

Todos os materiais tiveram o mesmo comportamento ao serem submetidos aos ensaios com 10% de umidade, demonstrando que a elevada umidade foi capaz de alterar as características superficiais dos materiais fazendo com que eles se fragmentassem mais e pudessem obter uma maior eficiência no preenchimento dos vazios elevando a densidade. Esse mesmo comportamento notado para os materiais com 10% de umidade, ocorreu com 5% de umidade no Fino de Sínter Degradado (FSD). O FSD é um material extremamente poroso e com muitos finos em sua superfície, logo essas características foram determinantes para seu comportamento diferenciado com esse teor de umidade.

6. PROPOSTA DE NOVO TRABALHO:

De acordo com os resultados obtidos, pode-se notar uma semelhança no comportamento da densidade na maioria dos materiais estudados nesse trabalho. Contudo, para o Fino de Sínter Degradado, seu valor de densidade a 5% teve um comportamento diferente dos demais, o que pode ser enxergado como um possível tema para estudo.

7. CONCLUSÃO

Para o balanço contábil de uma empresa a apuração dos seus estoques é crucial, pois estes constituem parte importante dos seus ativos. Porém, devido ao fato da siderúrgica possuir seus estoques de material a granel, seu processo de contabilização é mais complexo. Neste processo, verifica-se que a conciliação entre o estoque físico e contábil é fundamental, pois, sem a medição do estoque físico é impossível garantir uma correta apuração do estoque contábil influenciando diretamente na programação no volume de produção de outros setores na empresa como por exemplo os altos-fornos e aciaria.

Os valores coletados podem ser utilizados no pátio para averiguação de confiabilidade de resultados na comparação do estoque físico e contábil. Esses valores passam uma maior garantia na sua veracidade pois todo o processo para sua obtenção foi seguindo normas internacionais de ensaio.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ISO 3852 -Iron ores for blast furnace and direct reduction feedstocks — Determination of bulk density.

ISO 4701- Determination of size distribution by sieving.

ISO 3082:2000 - Sampling and sample preparation procedures

OLIVEIRA R. I.; STUDART R. A.; PILEGGI G. R.; PANDOLFELLI C. V.; Dispersão e empacotamento de partículas – Princípios e aplicações em Processamento Cerâmico. 1 ed. São Paulo, 2000. 224p.

ABREU, A. PRO-002-GEPDL; Amostragem de densidade aparente em pilhas de produtos. Ouro Preto: Vale, 2009.11p. (Procedimento operacional, Mineração).

CASTRO, E. PRO-1199-GALBS; Analisar densidade em minério de ferro. Mariana: Vale, 2010.01p. (Procedimento operacional, Mineração).

GY, P. M. Sampling of particulate materials theory and practice. Amsterdam: Elsevier, 1982.

LEDIG A. S. A. Curso sobre sinterização: CSN, 2006

LUZ, A.B.; POSSA, M.V.; ALMEIDA, S.L. Tratamento de Minérios. 2 ed. Rio de Janeiro, 1998.

ROCHA, A. C. P. Aplicações do Scanner a Laser I-SITE para levantamentos topográficos. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 55, n.4, out/dez 2002.

Logística, Gestão de Estoques e Sistemas de Informação: Instrumentos Imprescindíveis para Eficiência.

MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da Produção e operações. São Paulo: Thomson Learning, 2001

WILLS, B.A. Mineral processing technology, 4. ed. (s.l.): Pergamon Press, 1988. Cap. 9, p. 335-375.

ANDERY P.A. - Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco - IFEP Recife, 1980

REIS.F.S- Propostas Metodológicas para Quantificação Mássica de Pilhas de Minério de Ferro –UFMG - Belo Horizonte, 2011

DIAS A. – A ANÁLISE SEDIMENTAR E O CONHECIMENTOS DOS SISTEMAS MARINHOS –UFAL-Maceió,2004