



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Vítor Enéas Ferreira

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA DIVERGÊNCIA ENTRE OS
RESULTADOS ANALÍTICOS OBTIDOS NA PRODUÇÃO E NO LABORATÓRIO
EM RELAÇÃO AOS CHAMOTES**

João Pessoa

2021

VÍTOR ENÉAS FERREIRA

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA DIVERGÊNCIA ENTRE OS
RESULTADOS ANALÍTICOS OBTIDOS NA PRODUÇÃO E NO LABORATÓRIO
EM RELAÇÃO AOS CHAMOTES**

Trabalho Final de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador (a): Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

João Pessoa

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F383e Ferreira, Vitor Eneas.

ESTUDO DA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA DIVERGÊNCIA ENTRE OS
RESULTADOS ANALÍTICOS OBTIDOS NA PRODUÇÃO E NO
LABORATÓRIO EM RELAÇÃO AOS CHAMOTES / Vitor Eneas
Ferreira. - João Pessoa, 2021.

55 f. : il.

Orientação: Flávio Luiz Honorato da Silva Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. CHAMOTE. I. Silva, Flávio Luiz Honorato da Silva.
II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 541.13

VÍTOR ENÉAS FERREIRA

**ESTUDO DA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA DIVERGÊNCIA ENTRE OS
RESULTADOS ANALÍTICOS OBTIDOS NA PRODUÇÃO E NO LABORATÓRIO
EM RELAÇÃO AOS CHAMOTES**

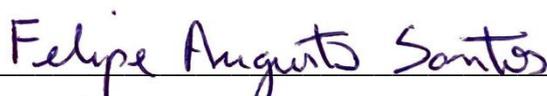
Trabalho Final de Curso, apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: 16 de junho de 2021.

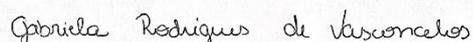
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva – DEQ/CT/UFPB
(Orientador)



Engenheiro Felipe Augusto Santos
(Examinador)



Engenheira Gabriela Rodrigues Vasconcelos
(Examinador)

João Pessoa – PB

2021

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais, Walter e Silvia, pelos ensinamentos e incentivos nos estudos e a minha irmã, Mariana, pelo carinho e apoio.

A minha esposa, Thais, pelo amor e companheirismo em todas as etapas da minha vida.

Ao professor Flávio, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Ao engenheiro Nestor, do Planejamento e Controle de Processos, que colaborou e direcionou o estudo.

A todos os alunos do meu curso, pelo ambiente amistoso no qual convivemos e solidificamos os nossos conhecimentos.

A todos os colegas de trabalho que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Os materiais refratários são utilizados em diversos setores industriais devido ao fato de suportarem condições operacionais extremas. Os setores vidreiro, siderúrgico e cimenteiro, por exemplo, exigem o uso de refratários devido as altas temperaturas que envolvem o processo. Sendo assim, os refratários são utilizados para revestir os equipamentos como caldeiras, fornos, carros-torpedos, entre outros. Atualmente, existe uma preocupação muito grande com a qualidade desse tipo de material, onde materiais mais qualificados tendem a ter uma durabilidade maior, trazendo economia para as indústrias. Com isso, são realizadas várias análises de diversas propriedades em diferentes partes do processo de produção dos refratários, garantindo um produto de qualidade para o cliente. Este trabalho teve como foco a resolução de um problema analítico em relação à determinação da densidade, porosidade e absorção de água dos chamotes de uma indústria refratária, onde existe uma divergência dos resultados determinados na produção e no laboratório da empresa. Foi realizada a revisão bibliográfica sobre materiais refratários, com sua definição, classificação, propriedades e fluxograma do processo. Além disso, o processo de calcinação foi detalhado e o seu produto também, o chamote. Na metodologia, foram estudadas as etapas de preparação das amostras, de preparação do ensaio e de execução do ensaio, observando os fatores que sofriam divergência entre os diferentes setores da empresa. Sendo assim, foi feita uma comparação entre os resultados analíticos da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água em relação as variáveis estudadas. Com isso, foi quantificado o impacto de cada uma sobre a divergência dos resultados. Em seguida, baseada na observação dos resultados, foi feita a padronização do procedimento analítico para os diferentes setores da empresa, detalhando as etapas do processo que mais influenciavam na divergência. Por fim, foi feita a validação do novo padrão do procedimento criado, aproximando o valor dos resultados analíticos e diminuindo em 80% a divergência. Os funcionários foram treinados para o novo procedimento ser aplicado de forma correta.

Palavras-chave: chamote, refratário, densidade aparente, porosidade aparente, absorção de água, divergência.

ABSTRACT

Refractory materials are used in several industrial sectors due to the fact that they withstand extreme conditions. The glass, steel and cement sectors, for example, focus on the use of refractories due to the high temperatures involved in the process. Therefore, refractories are used to cover equipment such as boilers, ovens, torpedo cars, etc. Currently, there is a great concern with the quality of this type of material, where the materials most need to have a longer durability, bringing savings to industrialists. With this, there are several analyzes of various properties in different parts of the refractory production process, guaranteeing a quality product for the customer. This work focuses on solving an analytical problem in relation to the determination of density, porosity and water absorption of the refractory industry. Where there is a difference in the results determined in the company's production and laboratory. A bibliographic review on refractory materials was carried out, with its definition, classification, properties and process flow chart. In addition, the calcination process was detailed and so was your product, the chamotte. In the methodology, the stages of sample preparation, test preparation and test execution were studied, observing the factors that suffered divergence between the different sectors of the company. Therefore, a comparison was made between the analytical results of apparent density, apparent porosity and water absorption in relation to the variables studied. Thus, the impact of each one on the divergence of results was quantified. Then, based on the observation of the results, the standardization of the analytical procedure was made for the different sectors of the company, detailing the stages of the process that most influenced the divergence. Finally, the new standard of the created procedure was validated, approximating the value of the analytical results and decreasing the divergence by 80%. Employees were trained to apply the new procedure correctly.

Keywords: chamotte, refractory, apparent density, apparent porosity, water absorption, divergence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formatos de tijolos refratários	11
Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo de materiais refratários	13
Figura 3 – Metodologia para determinação das propriedades de materiais refratários densos granulados	17
Figura 4 – Balança hidrostática equipada com cesto	18
Figura 5 – Ferramentas para a preparação das amostras	18
Figura 6 – Sistema para fervura da amostra	19
Figura 7 – Estufa elétrica	19
Figura 8 – Materiais refratários	20
Figura 9 – Gráfico da DMA referente a preparação da amostra	24
Figura 10 – Gráfico da PA referente a preparação da amostra	25
Figura 11 – Gráfico da AA referente a preparação da amostra	25
Figura 12 – Gráfico da DMA para as diferentes quantidades de amostras analisadas	27
Figura 13 – Gráfico da PA para as diferentes quantidades de amostras analisadas	27
Figura 14 – Gráfico da AA para as diferentes quantidades de amostras analisadas	28
Figura 15 – Gráfico da DMA obtido em relação a qualidade da água	29
Figura 16 – Gráfico da PA obtido em relação a qualidade da água	29
Figura 17 – Gráfico da AA obtido em relação a qualidade da água	30
Figura 18 – Resultados da DMA para os diferentes tipos de resfriamento	31
Figura 19 – Resultados da PA para os diferentes tipos de resfriamento	31
Figura 20 – Resultados da AA para os diferentes tipos de resfriamento	32
Figura 21 – Gráfico da média de variação para a DMA	33
Figura 22 – Gráfico da média de variação para a PA	33
Figura 23 – Gráfico da média de variação para a AA	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis estudadas	21
Tabela 2 – Grupos relacionados ao estudo da preparação da amostra	21
Tabela 3 – Impacto de cada variável estudada sobre os resultados analíticos	36
Tabela 4 – Diferenças analíticas entre os diferentes setores	38
Tabela 5 – Diferenças analíticas no mesmo setor	39
Tabela 6 – Comparação geral entre todas as diferenças calculadas	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Justificativa	9
1.2	Objetivo geral	9
1.3	Objetivos específicos	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Materiais refratários	10
2.1.1	Classificação	10
2.1.2	Propriedades	12
2.1.3	Fluxograma do processo	12
2.2	Matérias-primas	14
2.3	Calcinação	15
2.4	Chamotes	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Materiais e equipamentos	17
3.2	Procedimento metodológico do estudo	20
3.2.1	Método para determinação da densidade de massa aparente, da absorção e da porosidade aparente para materiais refratários densos granulados	22
3.3	Cálculo das propriedades	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Preparação da amostra	24
4.2	Preparação do ensaio	26
4.3	Execução do ensaio	30
4.4	Outros fatores	35
4.5	Padronização	36
4.6	Validação do novo padrão	38
5	CONCLUSÃO	41
6	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE	45

1 INTRODUÇÃO

O segmento refratário tem grande importância na indústria pois seus produtos são utilizados em diversos processos que atingem altas temperaturas. Os refratários são materiais capazes de suportar elevadas temperaturas em condições extremas sem que ocorra deformação ou variação nas suas propriedades. Sendo assim, segmentos industriais como siderúrgicas, cimenteiras e metalúrgicas utilizam materiais refratários em grande escala, sempre renovando suas peças quando desgastadas ao máximo (FERRARI e RODRIGUES, 2000; LOBATO, 2009).

Cada processo produtivo industrial tem sua peculiaridade e especificidade devido à sua complexidade e diversidade de matérias-primas, volume e especificações de produtos. Além disso, toda indústria busca se desenvolver e aperfeiçoar seus processos, utilizando materiais de alta tecnologia e melhor eficiência. Com isso, para atender as necessidades de seus clientes, a indústria refratária produz uma grande diversidade de peças, com inúmeros formatos, formulações e tamanhos diferentes.

O Brasil tem um grande mercado consumidor e uma alta disponibilidade de matéria-prima para as indústrias refratárias. Portanto, o país tem um ótimo potencial nesse segmento e deve ser incentivado o seu desenvolvimento tecnológico (LOBATO, 2009).

As empresas refratárias têm uma grande preocupação com a qualidade de seus produtos, uma vez que eles são expostos a condições extremas e necessitam de uma elevada durabilidade e boa eficiência. Sendo assim, diversas análises químicas e físicas são realizadas durante e após a produção, tanto nos produtos como nas matérias-primas. Várias propriedades são avaliadas nesses procedimentos e são determinadas suas especificações para uma possível aprovação ou reprovação.

A densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água são propriedades importantes para atestar a qualidade dos chamotes, material usado em grande escala nas formulações de produtos refratários. Os chamotes são produtos oriundos da calcinação de uma mistura de argila, alumina e sílica.

Uma certa empresa refratária está com um problema na determinação da densidade, porosidade e absorção de água em seus chamotes produzidos, ocorrendo uma divergência entre os resultados obtidos durante a produção e os resultados obtidos no laboratório após a produção. Além disso, os resultados determinados pela produção sempre são maiores que os resultados determinados pelo laboratório, gerando uma confusão na aprovação do material. Nesse

contexto, este trabalho teve o propósito de identificar a causa dessa divergência de resultados e padronizar uma metodologia para determinação dessas propriedades, unificando os resultados obtidos.

1.1 Justificativa

Este trabalho foi motivado pela necessidade de resolver uma problemática na análise da densidade aparente, porosidade e absorção de água dos chamotes de uma empresa refratária, onde existe uma divergência dos resultados determinados no chão de fábrica e nos resultados determinados no laboratório após a produção.

A determinação dessas propriedades é muito importante pois atesta a qualidade do chamote, sendo um referencial para a aprovação ou reprovação do material. Com isso, a divergência entre os resultados analíticos proporciona uma confusão para atestar a qualidade.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi unificar os resultados da análise de densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água dos chamotes, obtidos na produção e no laboratório.

1.3 Objetivos específicos

1. Observação das análises feitas na produção e no laboratório para definir os parâmetros a serem avaliados;
2. Realização dos experimentos para cada parâmetro a ser avaliado;
3. Padronização da metodologia;
4. Validação do novo método;
5. Treinamento dos operários e técnicos para unificar os resultados analíticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Materiais refratários

Os refratários são materiais manufaturados ou naturais, capazes de suportar elevadas temperaturas em condições extremas sem ocorrência de deformação, decomposição ou fusão de sua estrutura (MOTA, 2010). A Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) considera como refratário os produtos que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais que, em geral, envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações.

Além disso, esses materiais são sólidos, inorgânico, policristalinos e polifásicos. Quando são expostos a condições extremas, permanecem inertes, sem reatividade e podem promover isolamento térmico (CALLISTER JR., 2008) (LOBATO, 2009).

Os refratários são utilizados por diversos segmentos industriais que utilizam altas temperaturas em seus processos, podendo ser aplicados na fabricação de vidrarias, em revestimentos de fornos, na geração de energia e em tratamentos térmicos (CALLISTER JR., 2008).

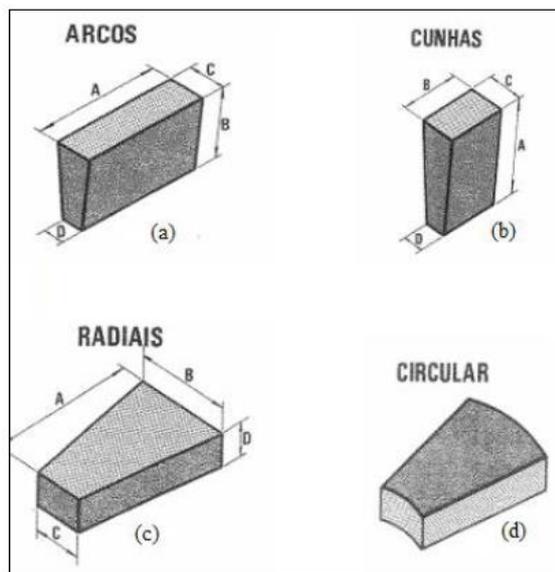
2.1.1 Classificação

Os materiais refratários podem ser classificados de diversas formas. Eles podem ser classificados em relação à composição, ao tipo de processamento, à densidade, entre outras maneiras.

A classificação em relação à composição leva em consideração as matérias-primas ou o componente químico principal, como sílica, alumina, mulita, espinélio, grafita, carbono, zircônia e outros (ABCERAM, 2013). Sendo assim, os refratários aluminosos apresentam de 50% a 99% de alumina e são muito utilizados em fornos devido à sua pureza e alta temperatura de fusão. Os refratários silício-aluminosos apresentam de 20% a 40% de alumina em sua composição e podem ter mulita e outras substâncias em sua estrutura, proporcionando maior versatilidade na sua aplicação. Além disso, existem os refratários silicosos ou ácidos, onde a sílica é o principal componente químico, apresentando ótima resistência mecânica e alta refratariedade (SMITH e HASHEMI, 2010).

A classificação em relação ao tipo de processamento resulta em refratários conformados e refratários não-conformados. Os materiais conformados, também chamados de moldados, são produtos com formas definidas e que passaram por um processo de prensagem em moldes para sua conformação, como tijolos e placas por exemplo. Eles podem ser fabricados em diversas formas, dependendo da aplicação que o processo exige, podendo ser retangular, arco, cunha etc. Na Figura 1 pode-se ver os formatos mais comuns. Já os materiais não-conformados, também chamados de monolíticos, são produtos sem forma definida e que passaram por um processo de mistura, mas não passaram por um processo de conformação, como argamassas e concretos, por exemplo (TOGNI, 2011).

Figura 1 – Formatos de tijolos refratários.



(a) arcos; (b) cunhas; (c) radiais; (d) circular.

Fonte: DUARTE (2000) apud FERREIRA (2010).

A classificação em relação à densidade divide os refratários em dois grupos, materiais densos e materiais não-densos ou isolantes. Os refratários densos apresentam baixa porosidade e alta densidade, sendo altamente resistentes, mas sem uma alta eficiência para conter a perda de calor nos equipamentos. Já os refratários isolantes apresentam alta porosidade e uma alta eficiência para conter a perda de calor.

2.1.2 Propriedades

A indústria refratária tem uma grande preocupação com a qualidade de seus produtos e, para atestar essa qualidade, são feitos diversos tipos de análises de diferentes propriedades dos materiais refratários, como densidade, porosidade, refratariedade, resistência mecânica, absorção de água, entre outras. Essas análises são feitas durante o processo produtivo e após a produção.

A densidade é a relação entre a massa e o volume e é umas das principais propriedades analisadas na indústria, sendo verificada em diversas etapas de fabricação. Ela tem influência direta em outras propriedades, como porosidade, condutividade térmica, resistência mecânica etc.

A porosidade é a relação entre o volume dos poros abertos (espaços vazios) e o volume total do material. Quanto maior a densidade, menor a porosidade e vice-versa. Materiais isolantes tendem a ter uma alta porosidade, evidenciando sua função de conter a transferência de calor nos equipamentos.

A refratariedade é a capacidade do material resistir altas temperaturas sem que ocorra a fusão ou colapso do material (MOTA, 2010). Sua determinação ocorre através do ensaio do cone pirométrico equivalente (PCE).

A resistência mecânica é a capacidade do material de suportar uma determinada tensão mecânica e ela é muito importante para atestar a qualidade do produto, sendo sempre verificada nos produtos conformados (MOTA, 2010). Sua determinação ocorre através do teste de resistência de compressão (RCTA).

A absorção de água é a capacidade que o material tem de absorver água em seu interior, tendo uma relação direta com a porosidade. Em geral, quanto maior a porosidade, maior a absorção de água, pois a água vai preencher esses espaços vazios.

Neste trabalho, as propriedades dos materiais analisadas foram a densidade, a porosidade e a absorção de água. As análises foram feitas na produção e no laboratório.

2.1.3 Fluxograma do processo

Inicialmente, as matérias-primas são recebidas, estocadas e algumas delas recebem um tratamento específico para poder fazer parte da formulação do produto. Sendo assim, em alguns casos, a argila passa por um processo de beneficiamento, onde suas impurezas são retiradas e ocorre uma completa homogeneização. Depois, o material segue para a linha de extrusão, onde

ocorre a umidificação e densificação da mistura. Em seguida, o material entra no forno calcinador, onde ocorre a queima, dando origem ao chamote. Em outros casos, a matéria-prima é apenas secada, sem a necessidade de ser beneficiada.

Além disso, as matérias-primas passam por um processo de moagem, onde elas são divididas em quatro granulometrias, grosso, médio, fino e impalpável. A partir disso, é analisada a formulação do produto desejado e as matérias-primas são pesadas e dosadas. Em seguida, os materiais passam por um processo de mistura, podendo ser um processo à seco ou à úmido.

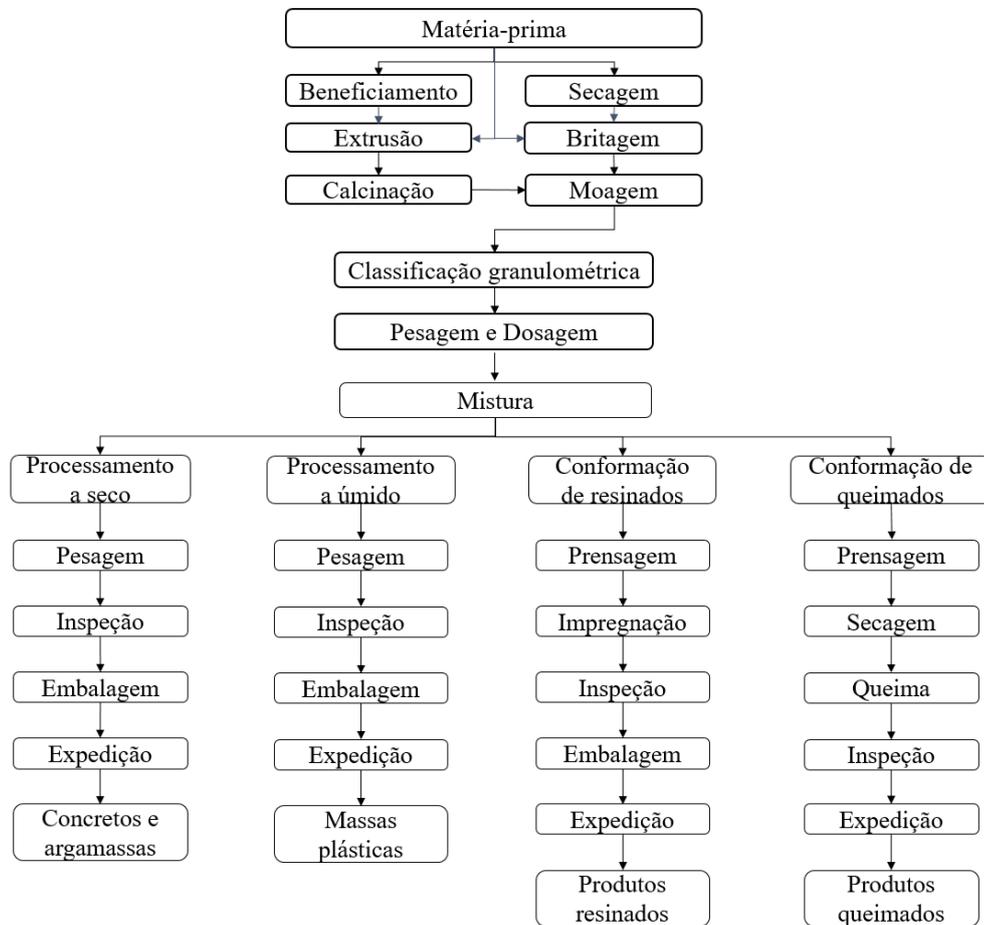
No processo produtivo de materiais refratários, são fabricados produtos monolíticos (não-conformados) e produtos conformados. Os produtos monolíticos podem sofrer um processo de mistura à seco, como concretos e argamassas ou podem sofrer um processo de mistura à úmido, como as massas plásticas. Já os produtos conformados podem sofrer um processo de cura (impregnação), como os produtos resinados ou podem sofrer um processo de queima, como os tijolos por exemplo.

Os materiais conformados passam por um processo de prensagem em moldes, dando forma ao produto final. Depois, as peças são secadas para perder a água de forma progressiva, evitando rachaduras e outros danos. Em seguida, elas sofrem um processo de queima em fornos, podendo atingir temperaturas de até 1700 °C, melhorando suas propriedades físico-químicas.

Em relação aos produtos resinados, as peças são impregnadas com piche. O piche é estocado em forma sólida e é utilizado em forma líquida para poder impregnar nas peças, sendo aquecido até seu ponto de fusão. Esse material fornece uma maior resistência as peças, sendo útil em alguns casos específicos.

A seguir, pode-se observar o fluxograma do processo em um diagrama na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo de materiais refratários.



2.2 Matérias-primas

Os materiais refratários têm uma grande diversidade devido à sua variabilidade de aplicações. Cada indústria tem um processo específico, com equipamentos específicos, utilizando certas matérias-primas e produzindo produtos diversos. Sendo assim, existem diferentes temperaturas ao longo do processo e isso faz com que cada indústria tenha uma aplicabilidade diferente dos refratários. Ou seja, cada cliente tem uma necessidade específica e um pedido específico.

Para atender essa demanda específica, os refratários têm diferentes composições e formulações. Isso justifica o grande investimento em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos pelo segmento refratário.

Os elementos utilizados apresentam elevados pontos de fusão e são encontrados em abundância na natureza. O cálcio, carbono, cromo, zircônio, alumínio, magnésio e silício são

os elementos mais usados nos produtos refratários. A maioria dos refratários é produzida a partir de argilas refratárias, com diferentes composições de alumina e sílica. De maneira geral, quanto maior o teor de alumina, maior a refratariedade do material e a presença de qualquer outro óxido é considerada impureza na sua formulação (MOTA, 2010).

A alumina, ou óxido de alumínio, é uma das matérias-primas mais utilizadas nas formulações dos refratários devido à sua excelente resistência a temperaturas elevadas, ótima dureza e inércia química. Entretanto, possui baixa tenacidade à fratura, podendo sofrer danos ao choque mecânico, e sua elasticidade pode ser afetada pela presença de poros (CASTRO, 2005). A alumina pode ser encontrada em de diversas formas no mercado, podendo ser hidratada, calcinada, tabular, eletrofundida, entre outras (ABCERAM, 2013).

A sílica, ou dióxido de silício, é um material muito utilizado nos refratários e é um componente muito abundante na crosta terrestre. Ele apresenta baixo coeficiente de expansão térmica, inércia química, resistência ao choque térmico e baixa condutividade térmica. Além disso, ele pode ser encontrado na forma de rochas, areia, esqueletos de esponjas e cristais de quartzo, a forma mais estável em temperatura ambiente (RICHERSON, 2006).

2.3 Calcinação

A calcinação é um processo de tratamento térmico de sólidos que promove transformações físico-químicas na matéria-prima. Na indústria refratária, a principal matéria-prima calcinada é a argila, dando origem aos chamotes. Ou seja, a calcinação é uma reação química de decomposição térmica, transformando a argila em chamote. Existem diversos tipos de argilas no mercado, com diferentes composições e purezas. Além disso, existem outras matérias-primas que passam pelo processo de calcinação no segmento refratário, como o agalmatolito, rocha rica em alumina.

Inicialmente, é feita uma mistura de argilas e outros componentes, como óxido de magnésio e alumina, por exemplo (chamado de sanduíche). Essa formulação da mistura está relacionada com o tipo de chamote que se deseja produzir, existindo diversos tipos.

Em seguida, o sanduíche passa por um processo de extrusão, onde a mistura vai ser tratada por misturadores e laminadores, podendo ser adicionada água nessa etapa do processo. Essa etapa de extrusão é importante para homogeneizar o material e deixá-lo com a umidade certa para ser queimado.

Após a extrusão, o material entra na câmara de fumaça em uma temperatura ente 400 °C e 700 °C e depois sofre o processo de queima dentro do forno calcinador, podendo atingir até 1700 °C, originando o chamote.

Por fim, o chamote passa por um processo de resfriamento e é coletado para serem feitas análises físico-químicas. Após sua aprovação, o chamote é estocado para poder seguir para o processo de moagem.

2.4 Chamotes

Os chamotes são oriundos da calcinação de uma mistura de argila com outras matérias-primas, como óxidos e alumina. Ele é o principal material utilizado nas formulações dos produtos refratários.

Além disso, após a calcinação, eles passam por um processo de moagem, onde são peneirados em quatro granulometrias: grosso, médio, fino e impalpável.

Existem diversos tipos de chamotes, com diferentes composições de alumina, sílica e outras substâncias. Cada empresa produz seus chamotes com suas formulações específicas e nomeia eles de acordo com sua preferência. Para produzir um certo material refratário, é feito o estudo do tipo de chamote ideal e as suas proporções granulométricas na formulação do produto. Essa formulação está relacionada com a qualidade do produto que se deseja vender, onde esse produto vai ser aplicado em um processo específico, em condições extremas específicas.

No caso da empresa referente a este trabalho, existem seis tipos de chamotes: CA, CB, CC, CD, CE e CF. Foram denominadas siglas diferentes das siglas originais para manter o sigilo. A sigla está relacionada com a proporção de alumina em sua estrutura, determinando a qualidade do chamote.

Alguns sanduíches passam por um processo de beneficiamento, onde parte das impurezas são eliminadas. Esse processo melhora a qualidade do chamote produzido e facilita a operação dos equipamentos.

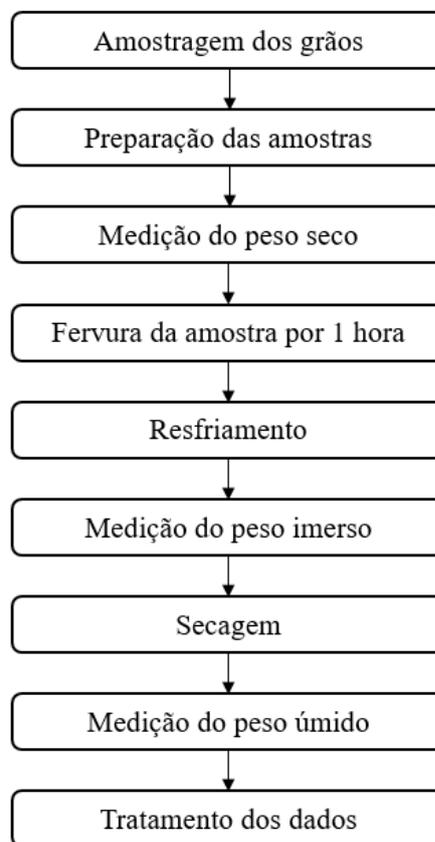
No processo de beneficiamento, o sanduíche é misturado com água e silicato de sódio alcalino (desfloculante), formando a barbotina bruta. Em seguida, a barbotina é direcionada para uma centrífuga, ocorrendo a separação das impurezas e da barbotina tratada, com 45% de sólidos em suspensão e 55% de água. Após essa etapa, a barbotina tratada passa por um secador, transformando-se em sólido novamente e assim podendo seguir para o processo de extrusão e posterior calcinação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada nesse trabalho foi baseada na norma ABNT NBR 8592 – Determinação da densidade de massa aparente, da absorção e da porosidade aparente para materiais refratários densos granulados.

A Figura 3 apresenta um fluxograma das etapas da metodologia aplicada para determinação das propriedades dos chamotes.

Figura 3 – Metodologia para determinação das propriedades de materiais refratários densos granulados.



3.1 Materiais e equipamentos

Para poder determinar as propriedades analisadas nesse estudo, deve-se registrar o peso seco, o peso imerso e o peso úmido das amostras. Para tal, foi necessário utilizar uma balança hidrostática com resolução de 0,01 g, equipada com cesto de pesagem em aço inox e recipiente de vidro. A Figura 4 apresenta o equipamento utilizado.

Figura 4 – Balança hidrostática equipada com cesto.



Além disso, para realizar o preparo da amostra, foram utilizadas Peneiras Standard ABNT 4,76 mm e 2,38 mm, um quarteador tipo Jones e um sistema de jato de ar comprimido. Todos podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 – Ferramentas para preparação das amostras.



Ademais, para realizar a fervura das amostras, foram usados recipientes inox e um bico de Bunsen, ambos apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Sistema para fervura da amostra.



Outro equipamento utilizado foi a estufa elétrica, para determinar o peso seco. A Figura 7 apresenta a estufa utilizada.

Figura 7 – Estufa elétrica.



Para realizar a medição do peso úmido através da secagem dos grãos, foi necessário utilizar um pano padronizado pela norma da empresa, um pano alvejado 100% algodão com dimensão 47 cm x 68 cm.

Em relação aos materiais utilizados nas análises desse trabalho, foram estudados os chamotes CE, CA, CF e alumina bruta. Na etapa de padronização da secagem, foram analisados todos esses materiais. Entretanto, no restante do trabalho, foram feitos todos os procedimentos com o chamote CE.

A sigla relacionada ao nome do chamote está vinculado ao teor de alumina nele presente. Sendo assim, ocorre um aumento progressivo de alumina entre o CA e o CF, ou seja, o CA apresenta um baixo teor de alumina enquanto o CF apresenta um alto teor de alumina, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Materiais refratários.



3.2 Procedimento metodológico do estudo

Inicialmente, foi observado o procedimento realizado na produção e no laboratório, registrando as diferenças entre eles. Em seguida, foram escolhidos os fatores a serem estudados com base nessa observação feita. Sendo assim, escolheu-se analisar o jato de ar comprimido, o quarteamento, o peneiramento, a quantidade da amostra, a qualidade da água, o resfriamento e a secagem.

Esses parâmetros foram divididos em três grupos: preparação da amostra, preparação do ensaio e execução do ensaio. A preparação da amostra inclui o estudo do jato de ar comprimido, do quarteamento e do peneiramento. A preparação do ensaio inclui o estudo da quantidade de amostra e da qualidade da água. A execução do ensaio inclui o estudo do resfriamento e da secagem.

O jato de ar comprimido e o quarteamento são etapas aplicadas pelos técnicos do laboratório, mas não são aplicadas na produção. O peneiramento é feito de diversas formas e em diferentes tempos por cada pessoa, pois não tem o detalhamento dessa etapa na norma. A quantidade de amostra usada no procedimento é de 75 gramas em todos os setores, mas foi decidido estudar o uso de outras quantidades para certificar a melhor gramatura da amostra. A

água do recipiente de vidro sempre é trocada pelos técnicos do laboratório, enquanto que os operários na produção não têm essa preocupação (qualidade da água). Além disso, os técnicos do laboratório utilizam o resfriamento ao ar livre, em contrapartida, os operários utilizam o resfriamento forçado na produção. Em relação à secagem, ela é feita de diversas formas por cada pessoa devido à falta de detalhamento dessa etapa na norma. Sendo assim, foi decidido realizar 40 análises para cada variável, onde 20 análises indicam um certo comportamento da variável e outras 20 análises indicam um outro comportamento. A Tabela 1 apresenta as variáveis estudadas e seus comportamentos.

Tabela 1 – Variáveis estudadas.

Grupos	Variável	Comportamento
Preparação da amostra	Jato de ar comprimido	com/sem
	Quarteamento	com/sem
	Peneiramento	1 minuto manual/5 minutos no agitador
Preparação do ensaio	Quantidade de amostra	30g/75g/150g
	Qualidade da água	suja/limpa
Execução do ensaio	Resfriamento	forçado/ao ar livre
	Secagem	secagem semelhante/secagem livre

Além disso, paralelamente ao estudo das variáveis escolhidas, outros fatores foram verificados ao longo do trabalho, como a densidade da água, temperatura da água, temperatura ambiente, tremor na sala da calcinação, formação de bolhas de ar e perda de material no pano da secagem.

Após essa fase de observação e definição dos fatores a serem estudados, foi realizada a coleta dos chamotes no depósito do material na empresa. A amostragem foi feita com a preocupação de representar fielmente o lote do material, coletando o material em diferentes partes do montante.

Em seguida, foi analisada a etapa de preparação da amostra, onde foi feito um cruzamento entre os fatores estudados, originando 8 grupos distintos, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Grupos relacionados ao estudo da preparação da amostra.

Grupos	Descrição
1	Com jato de ar, com quarteamento, peneiramento 1 minuto
2	Sem jato de ar, com quarteamento, peneiramento 1 minuto
3	Com jato de ar, sem quarteamento, peneiramento 1 minuto
4	Sem jato de ar, sem quarteamento, peneiramento 1 minuto

5	Com jato de ar, com quarteamento, peneiramento 5 minuto
6	Sem jato de ar, com quarteamento, peneiramento 5 minuto
7	Com jato de ar, sem quarteamento, peneiramento 5 minuto
8	Sem jato de ar, sem quarteamento, peneiramento 5 minuto

Após o estudo dessa etapa, foi realizada a análise dos fatores referentes a preparação do ensaio, sendo estudada a quantidade de amostra e a qualidade da água. Por fim, foi feito o estudo dos fatores referentes à execução do ensaio, onde o resfriamento e a secagem foram analisadas.

3.2.1 Método para determinação da densidade de massa aparente, da absorção e da porosidade aparente para materiais refratários densos granulados

Para determinar as propriedades dos chamotes, foi utilizado o método 2 da norma ABNT NBR 8295 - Método para determinação da densidade de massa aparente, da absorção e da porosidade aparente para materiais refratários densos granulados.

Primeiramente, deve-se preparar a amostra aplicando o quarteamento com um quarteador tipo Jones para homogeneização. Na sequência, ocorre o peneiramento da amostra com as Peneiras Standard ABNT 4,76 mm e 2,38 mm, utilizando o material retido na peneira 2,38 mm. Depois, deve-se aplicar o jato de ar comprimido para retirar o pó aderido à superfície dos grãos.

Em seguida, a amostra deve ser secada na estufa elétrica a 110 °C até atingir peso constante e deixá-la esfriar a temperatura ambiente (na produção, essa etapa não ocorre devido ao fato do chamote sair do processo totalmente seco). Na sequência, realiza-se a pesagem de 75 gramas da amostra na balança (MS) e depois ferve-se por 1 hora no Bico de Bunsen.

Posteriormente, deve-se esfriar forçadamente a amostra com água corrente até atingir temperatura ambiente, mantendo a mesma coberta pelo líquido. Logo depois, determina-se o peso imerso, pesando a amostra no cesto metálico imerso em água acoplado a balança (MI).

Seguidamente, ocorre a secagem dos grãos com um pano úmido, com o objetivo de retirar o excesso de água superficial da amostra. Logo em seguida, realiza-se a pesagem desses grãos, sendo registrado como peso úmido (MU).

3.3 Cálculo das propriedades

No procedimento detalhado acima, pode-se observar que foram determinados a massa seca (MS), a massa imersa (MI) e a massa úmida (MU).

Inicialmente, deve-se determinar o volume aparente (VA) através da subtração da massa úmida pela massa imersa, dividido pela densidade do líquido. Neste caso, a água apresenta densidade muito próximo a 1. A Equação 1 apresenta o cálculo de VA.

$$VA \text{ (cm}^3\text{)} = (MU - MI) / D_i \quad (1)$$

Em seguida, calcula-se a densidade de massa aparente (DMA) através da divisão da massa seca pelo volume aparente. A Equação 2 apresenta o cálculo da DMA.

$$DMA \text{ (g/cm}^3\text{)} = MS / VA \quad (2)$$

Depois, calcula-se a porosidade aparente (PA), correspondente a porcentagem em volume de poros, através da subtração da massa úmida pela massa seca e uma posterior divisão pelo volume aparente, seguido de uma multiplicação por 100. Conforme demonstrado pela Equação 3.

$$PA \text{ (\%)} = [(MU - MS) / VA] \times 100 \quad (3)$$

Por fim, calcula-se a absorção de água (AA) em porcentagem através da subtração da massa úmida pela massa seca e uma posterior divisão pela própria massa seca, seguido de uma multiplicação por 100. A Equação 4 apresenta o cálculo da AA.

$$AA \text{ (\%)} = [(MU - MS) / MS] \times 100 \quad (4)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preparação da amostra

Inicialmente, foi feito o tratamento de dados dos fatores relacionados à preparação da amostra. Como mencionado na metodologia, foi necessário fazer um cruzamento desses fatores e originaram-se 8 grupos. No apêndice, pode-se observar as tabelas com os resultados referentes aos 8 grupos.

De acordo com os resultados apresentados, foram colocados em gráficos os dados das tabelas (apêndice) em forma de histograma para facilitar a visualização. Foi feito um gráfico para cada propriedade estudada, onde é possível observar a média das 20 análises feitas para cada grupo. Sendo assim, as Figuras 9, 10 e 11 apresentam esses gráficos.

Figura 9 – Gráfico da DMA referente à preparação da amostra.

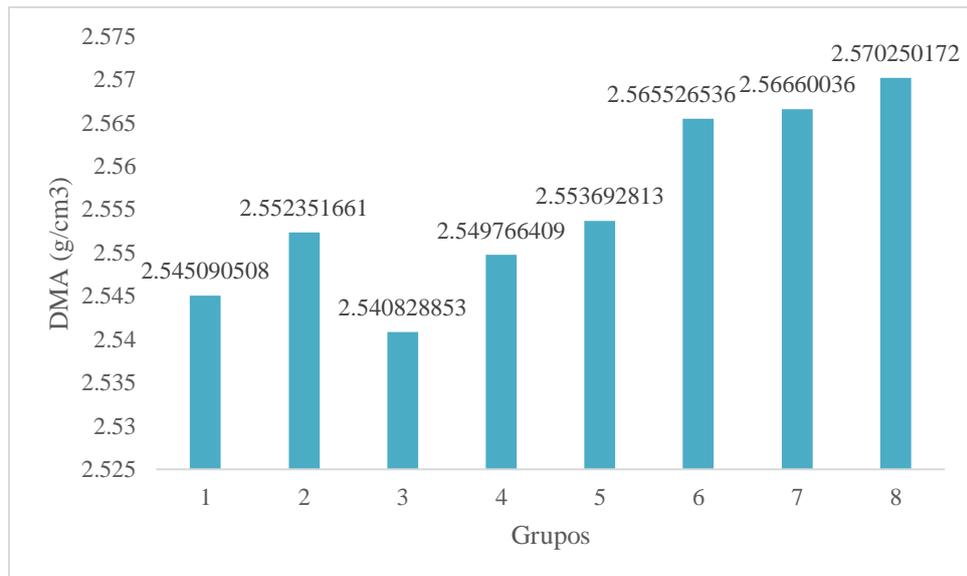


Figura 10 – Gráfico da PA referente à preparação da amostra.

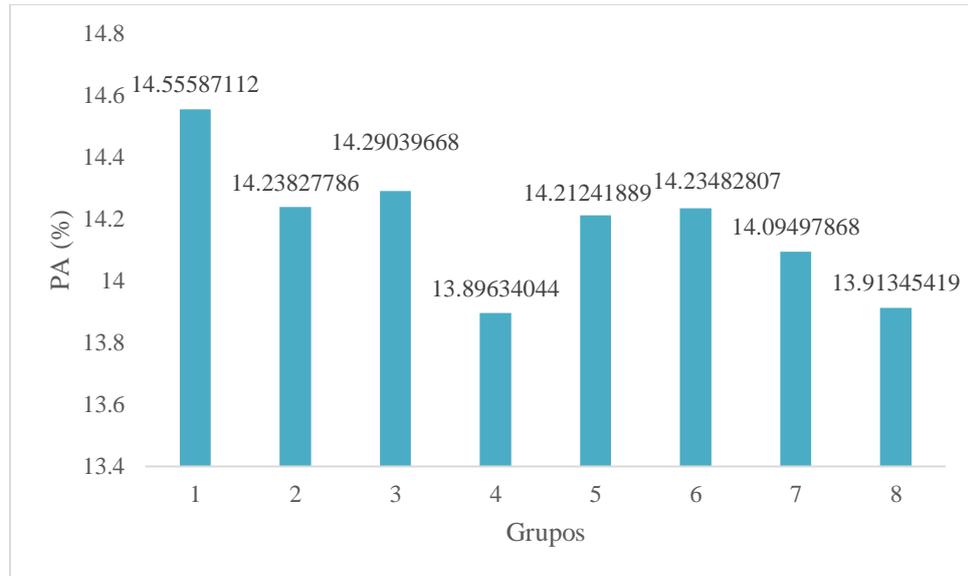
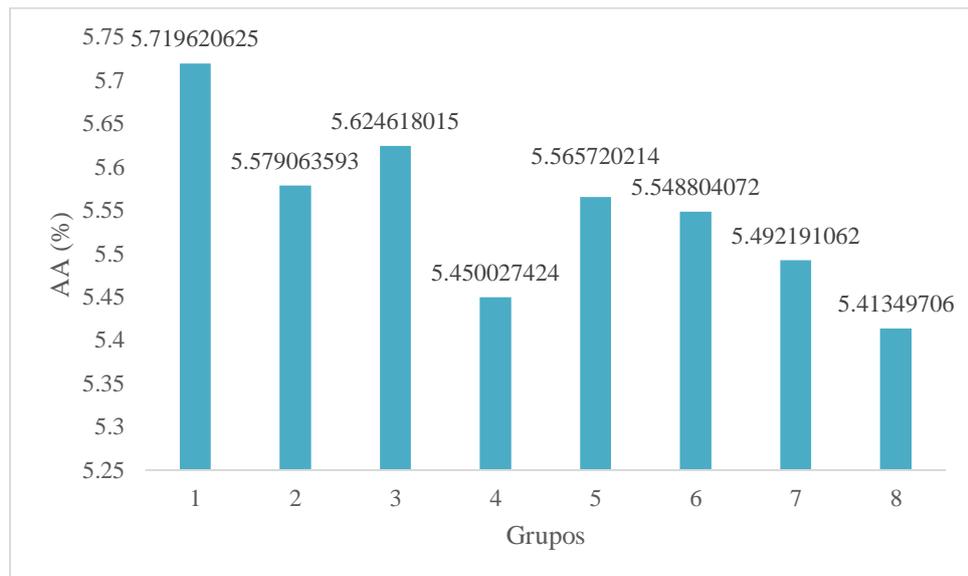


Figura 11 – Gráfico da AA referente à preparação da amostra.



Com isso, é possível analisar o impacto de cada variável nos resultados das propriedades.

Sendo assim, para analisar o impacto da aplicação do jato de ar comprimido nas amostras, deve-se comparar o grupo 1 com o grupo 2, o grupo 3 com o grupo 4, o grupo 5 com o grupo 6 e o grupo 7 com o grupo 8. Pois, nessas comparações, apenas o jato de ar comprimido varia e os demais fatores têm comportamentos iguais. Dessa forma, é possível observar que os valores de densidade aparente são superiores para os grupos sem aplicação do jato de ar. Isso pode ser justificado devido ao fato do jato de ar comprimido ser responsável por retirar o pó

aderido à superfície dos grãos e, com isso, esse pó retido na superfície pode ter elevado o valor da densidade aparente. Em relação à porosidade aparente e à absorção de água, os grupos com a aplicação do jato de ar tiveram valores superiores e isso ocorre devido ao fato dessas duas propriedades serem inversamente proporcionais a densidade, de forma geral.

Ao analisar o peneiramento, deve-se comparar o grupo 1 com o grupo 5, o grupo 2 com o grupo 6, o grupo 3 com o grupo 7 e o grupo 4 com o grupo 8, seguindo a mesma lógica anterior, onde apenas o fator peneiramento varia. Sendo assim, é possível observar que os grupos com peneiramento de 5 minutos no agitador de peneiras obtiveram resultados de densidades maiores que os grupos com peneiramento manual de 1 minuto. Em relação à porosidade aparente e à absorção de água, os grupos com peneiramento de 5 minutos no agitador de peneiras obtiveram os resultados inferiores aos resultados dos grupos com peneiramento manual de 1 minuto, na maioria das comparações. Ou então, ocorreu uma proximidade muito grande entre os resultados, comprovando a lógica da densidade ser inversamente proporcional a porosidade e absorção de água.

Ao analisar o quarteamento, deve-se comparar o grupo 1 com o grupo 3, o grupo 2 com o grupo 4, o grupo 5 com o grupo 7 e o grupo 6 com o grupo 8, respectivamente. Dessa maneira, nas duas primeiras comparações, a aplicação do quarteamento gerou resultados superiores, entretanto, quando são analisadas as últimas duas comparações, os resultados apresentaram comportamento antagônico. Isso pode ter acontecido por alguma peculiaridade das amostras ou pela interferência de algum outro fator. Em relação à porosidade e à absorção de água, os grupos com quarteamento apresentaram valores maiores em todas as comparações com os grupos sem quarteamento, comprovando o impacto desse fator nas análises. Em contrapartida, o quarteamento não tem sentido para as análises feitas na produção, pois os operadores coletam a amostra de forma pontual na saída do processo, tornando a homogeneização da amostra desnecessária.

4.2 Preparação do ensaio

Sequencialmente, foi analisado a quantidade de amostra e a qualidade da água, fatores relacionados a preparação do ensaio.

Sendo assim, pode-se observar as tabelas no apêndice com os resultados dos dados analisados em relação a preparação do ensaio. Com isso, foi possível construir um gráfico com a média das 20 análises feitas para cada propriedade determinada. Dessa forma, as Figuras 12, 13 e 14 representam esses gráficos.

Figura 12 – Gráfico da DMA para as diferentes quantidades de amostras analisadas.

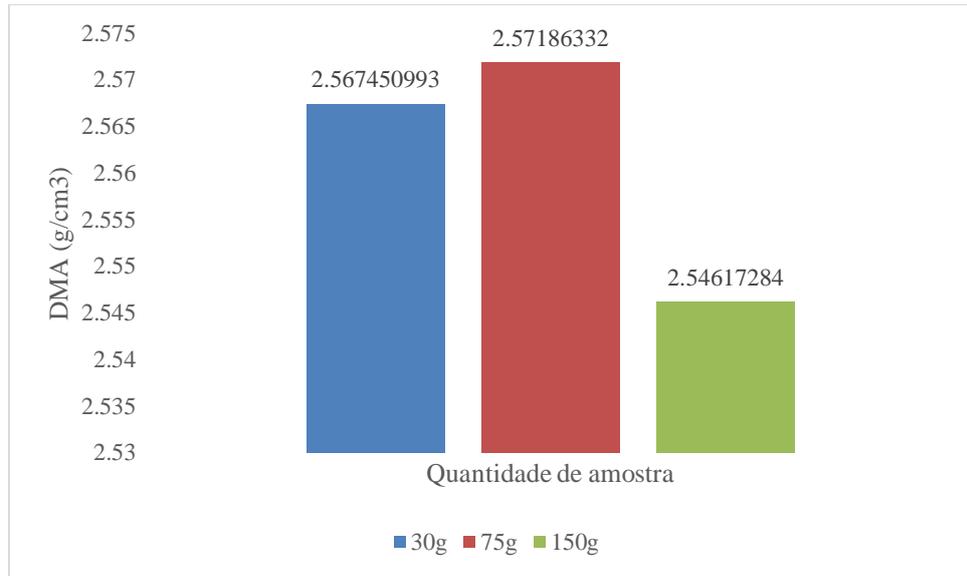


Figura 13 - Gráfico da PA para as diferentes quantidades de amostras analisadas.

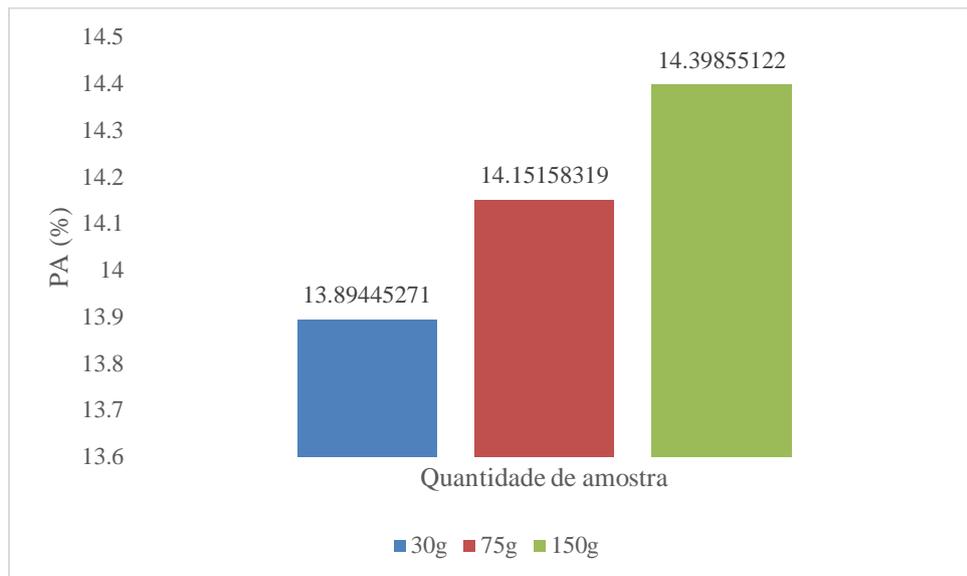
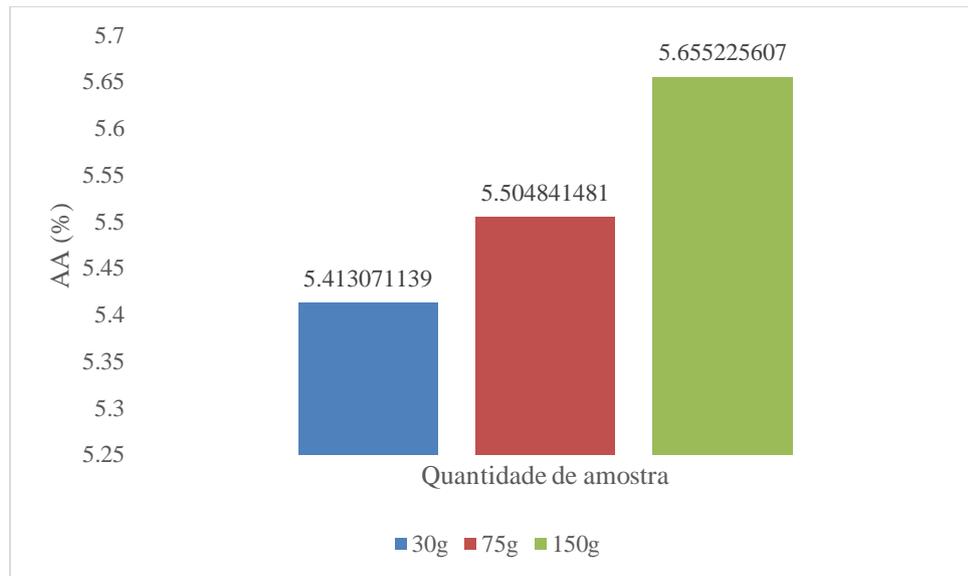


Figura 14 - Gráfico da AA para as diferentes quantidades de amostras analisadas.



Sendo assim, é possível comparar os resultados das propriedades para as diferentes quantidades de amostras analisadas. As amostras de 30 g e 75 g obtiveram resultados muito similares, entretanto, os resultados com 150 g de amostra obtiveram resultados bem distantes. Isso pode ser justificado pelo fato da dificuldade de manuseio de uma grande quantidade amostral, onde a secagem não ocorreu com a mesma eficiência das análises feitas com amostras menores, retirando menos água dos grãos. Esse fato ocasionou uma diminuição da densidade e, conseqüentemente, um aumento dos valores de porosidade e absorção de água.

Posteriormente, a qualidade da água foi estudada e os resultados podem ser observados nas tabelas do apêndice. Dessa maneira, para uma melhor visualização dos resultados, foi construído três gráficos referentes as propriedades estudadas. Com isso, as Figuras 15, 16 e 17 apresentam esses gráficos.

Figura 15 – Gráfico da DMA obtido em relação à qualidade da água.

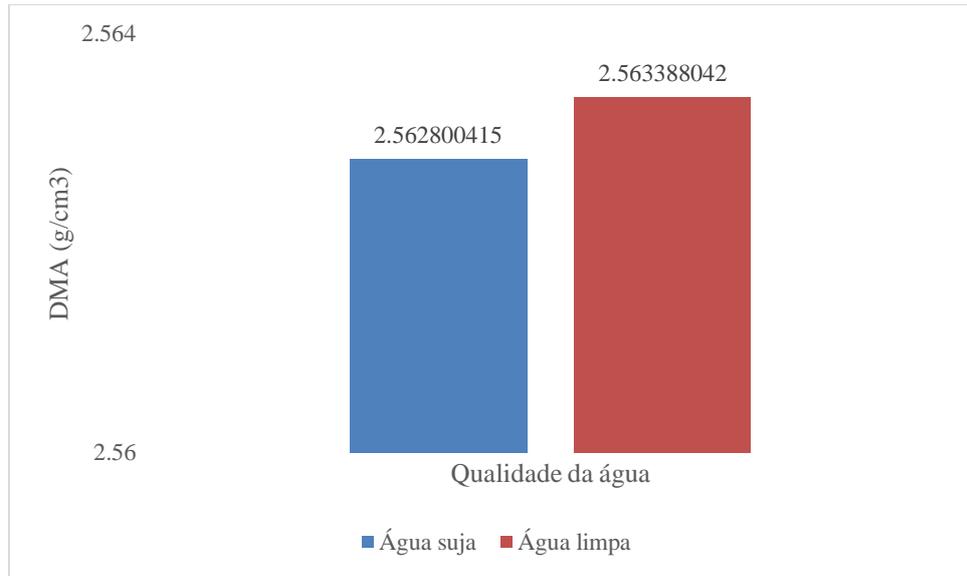
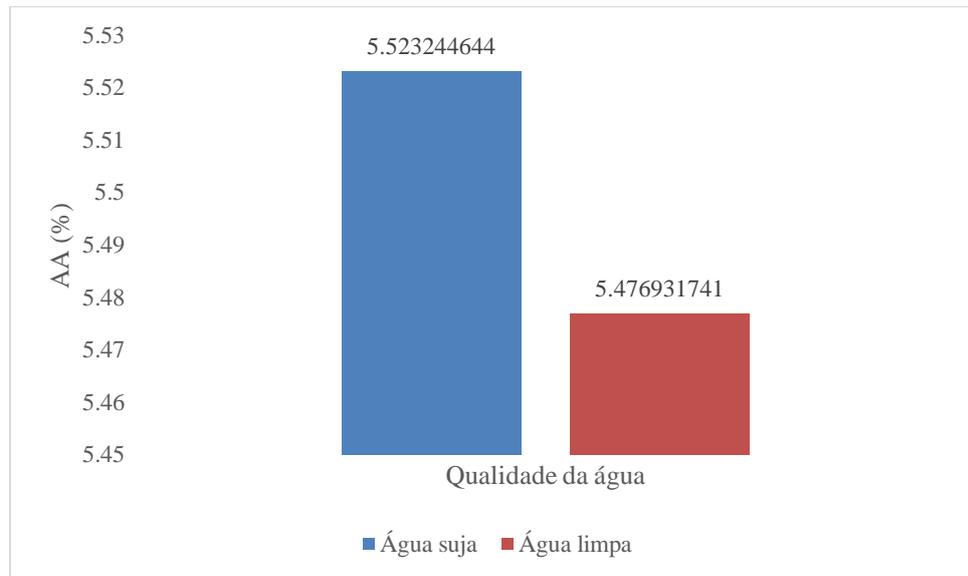


Figura 16 - Gráfico da PA obtido em relação à qualidade da água.



Figura 17 – Gráfico da AA obtido em relação à qualidade da água.



Observando os gráficos obtidos, observa-se que as diferenças entre os resultados das propriedades foram muito pequenas. Paralelamente, foram determinadas as densidades da água da torneira utilizada nos experimentos, da densidade da água suja e da densidade da água limpa. As medições foram feitas em diferentes horários e temperaturas. Os resultados dessas densidades foram praticamente iguais, muito próximas de 1, variando em alguns milésimos. Isso ocorre pois o chamote tem baixa solubilidade em água e apresenta uma densidade de duas a três vezes maior que a água. Sendo assim, o material não se mistura no fluido e acaba decantando muito rapidamente no fundo do recipiente. Com isso, a diferença da densidade da água limpa ou suja não interfere no empuxo sobre o cesto metálico.

4.3 Execução do ensaio

Em seguida, foram observados os resultados referentes à execução do ensaio, onde o resfriamento e a secagem foram analisados. Dessa forma, as tabelas no apêndice apresentam os resultados das análises com resfriamento forçado e com resfriamento ao ar livre. A partir desses resultados, foram gerados três gráficos para melhor analisar os dados. Sendo assim, as Figuras 18, 19 e 20 representam os valores da média das propriedades obtidas das análises feitas com resfriamento forçado e com resfriamento ao ar livre.

Figura 18 – Resultados da DMA para os diferentes tipos de resfriamento.

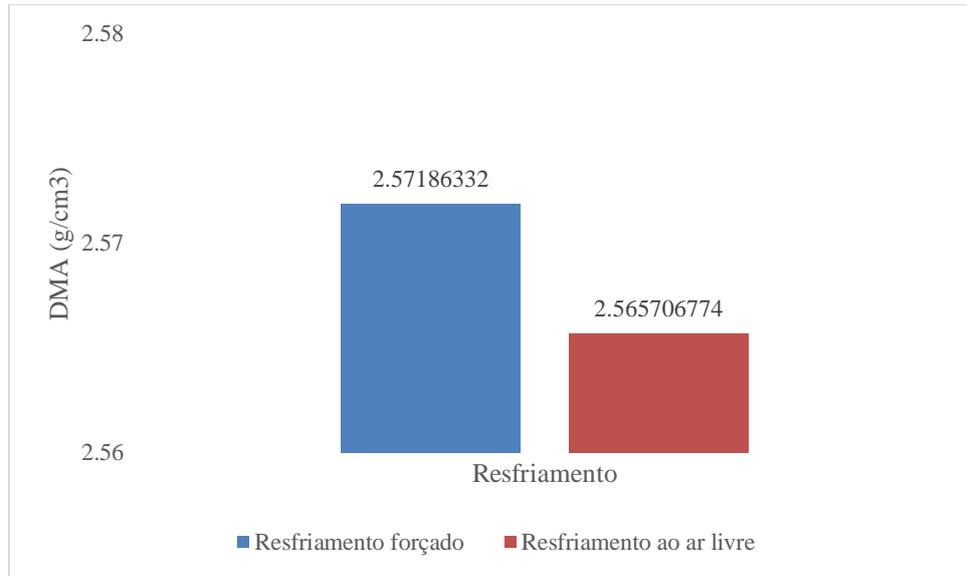


Figura 19 – Resultados da PA para os diferentes tipos de resfriamento.

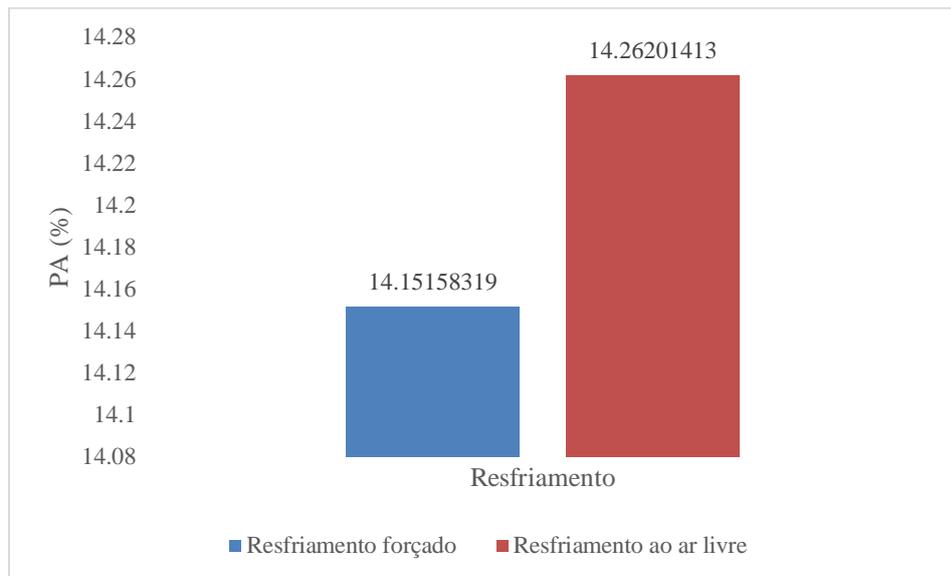
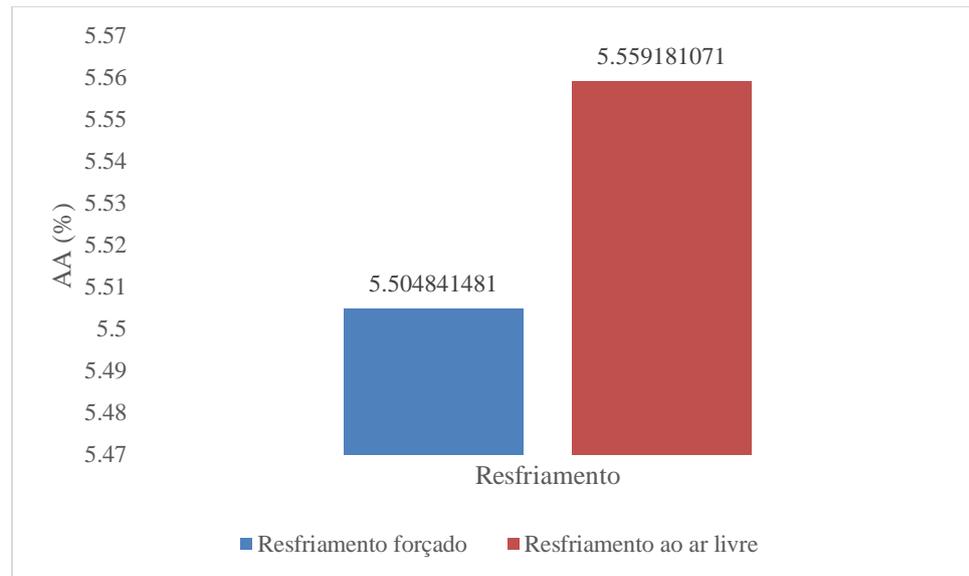


Figura 20 - Resultados da AA para os diferentes tipos de resfriamento.



Através da observação dos gráficos acima, é possível analisar o impacto do resfriamento sobre os resultados das propriedades. Com isso, observa-se que o resfriamento forçado resultou em um aumento na densidade aparente do chamote em relação ao resfriamento ao ar livre e, conseqüentemente, a porosidade e absorção de água foram menores com o resfriamento forçado.

O resfriamento ao ar livre leva cerca de 40 minutos para a amostra atingir a temperatura ambiente, enquanto que o resfriamento forçado é feito de forma instantânea, tornando o procedimento mais ágil e prático. Sendo assim, o resfriamento forçado é mais conveniente para a produção.

Por fim, foi analisada a etapa de secagem dos grãos, onde foram feitas análises comparativas entre o funcionário e o autor desse trabalho com amostras iguais. Em uma tabela, foram colocados os resultados analíticos onde o procedimento de secagem foi realizado de maneira equivalente, ou seja, os dois indivíduos secaram as amostras da mesma forma. Em outra tabela, foram colocados os resultados analíticos onde o procedimento de secagem foi realizado de forma livre, ou seja, cada pessoa realizou a secagem da sua maneira. Ambas tabelas podem ser observadas no apêndice.

A partir da obtenção desses resultados, foi construído um gráfico para cada propriedade estudada com a média da variação entre os resultados obtidos pelo funcionário e o autor. Sendo assim, as Figuras 21, 22 e 23 apresentam esses gráficos.

Figura 21 – Gráfico da média de variação para a DMA.

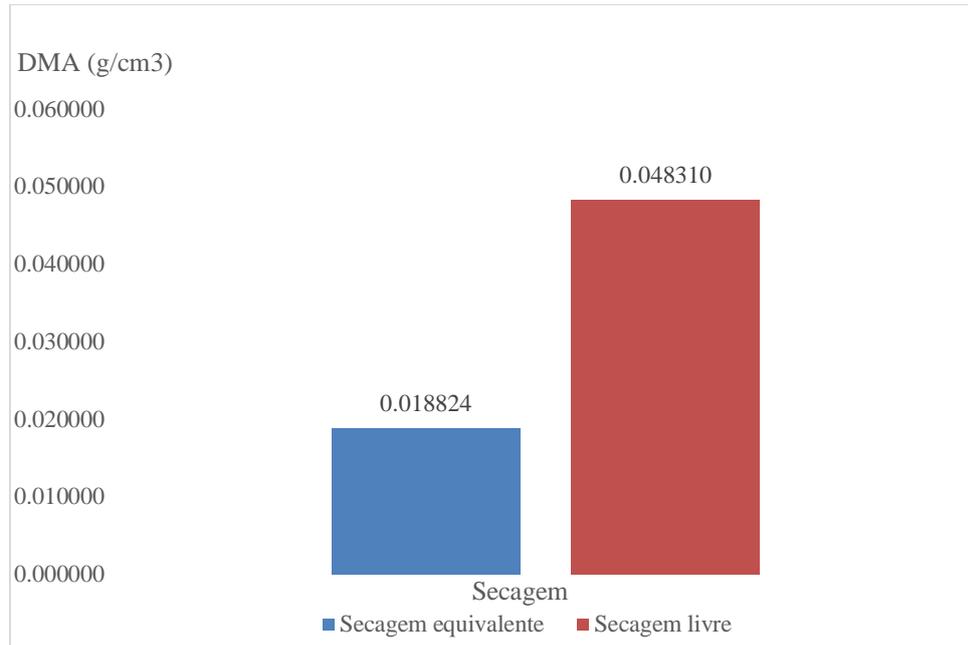


Figura 22 - Gráfico da média de variação para a PA.

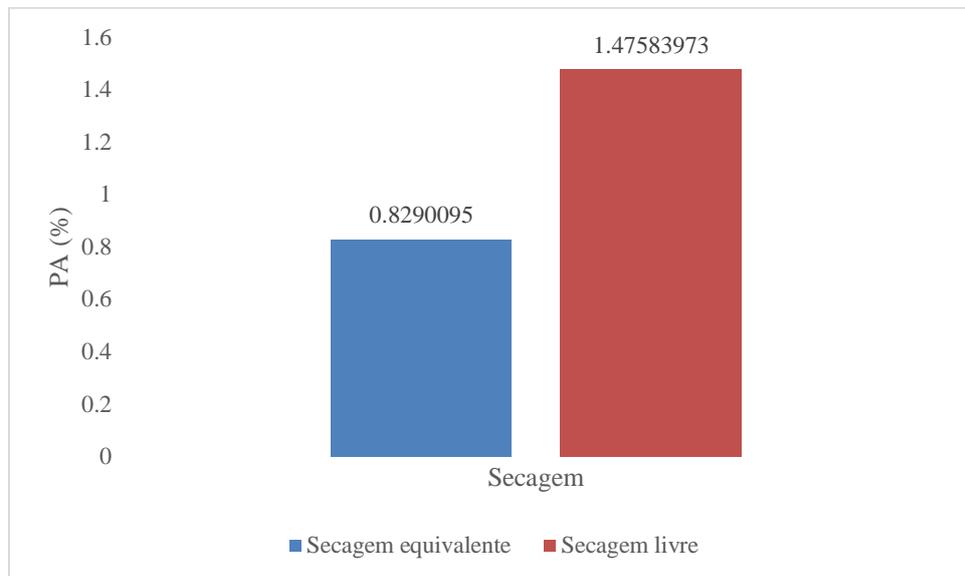
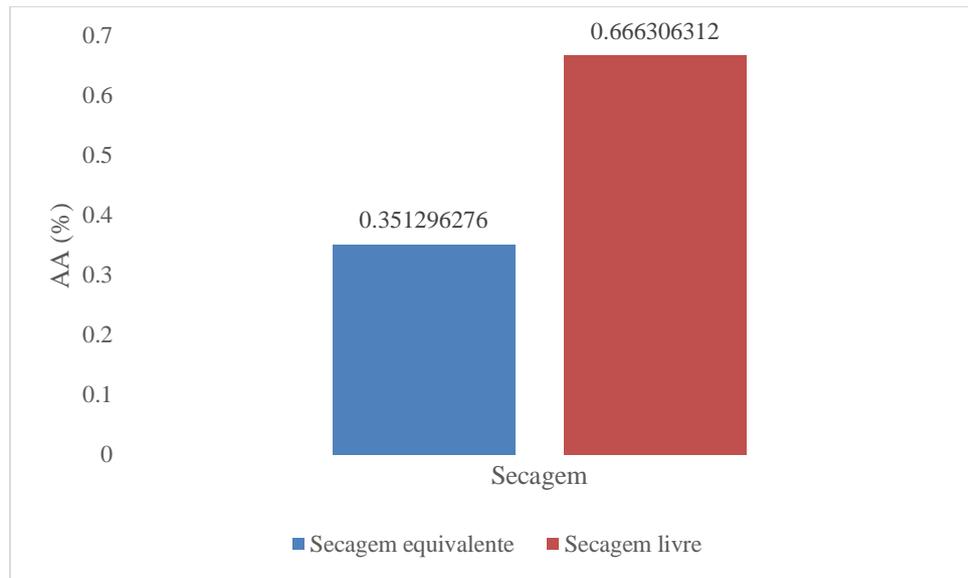


Figura 23 - Gráfico da média de variação para a AA.



Analisando os valores obtidos nos gráficos, deduz-se que as variações calculadas nas análises com secagem livre foram muito superiores em relação as variações calculadas nas análises com secagem equivalente, em todas as propriedades estudadas. Comprovando o grande impacto que a etapa de secagem ocasiona nos resultados.

Na folha de instrução do procedimento da empresa, não existe um detalhamento da etapa de secagem, permitindo o funcionário secar os grãos da maneira que achar mais conveniente. Com isso, cada funcionário realiza a secagem de uma certa forma e isso acaba tendo uma grande influência no resultado final obtido.

Além disso, se forem observados os dados das tabelas relacionadas a etapa de secagem, percebe-se que os valores de massa seca e massa imersa são bem próximos dentro da comparação autor-funcionário. Entretanto, os valores de massa úmida sofrem grande variação nas análises feitas com secagem livre. Ou seja, a etapa do procedimento que acontece entre a determinação da massa imersa e da determinação da massa úmida é a etapa de secagem, corroborando com a conclusão de que a forma de secar impacta no resultado.

Para exemplificar esse argumento, observando a segunda comparação feita na tabela relacionada a secagem livre, observa-se que a massa seca e massa imersa foram praticamente iguais, enquanto que a massa úmida sofreu uma variação de 0,9 g, resultando em uma variação de densidade de 0,08, aproximadamente. Supondo que o material CE tenha uma especificação de densidade superior a 2,60, o operador estaria aprovando o material e o autor estaria reprovando, tornando evidente o problema que a empresa enfrenta.

4.4 Outros fatores

Além do estudo dos fatores que sofriam divergência entre a produção e o laboratório, outros fatores foram verificados durante o trabalho, como a densidade da água, temperatura da água, temperatura ambiente, tremor na sala da calcinação, formação de bolhas de ar e perda e material no pano da secagem.

Em relação à densidade de água, foram feitas medições de densidade da água da torneira, utilizada para encher o recipiente de vidro, da densidade da água suja e da densidade da água limpa. As medições foram feitas na produção e no laboratório, em diferentes horários do dia e, conseqüentemente, em diferentes temperaturas. Como dito anteriormente, na análise dos dados relacionados a qualidade da água, os resultados de densidade de todos os líquidos foram muito próximos a 1, variando alguns milésimos apenas. A temperatura da água variou entre 25 °C e 33 °C e não houve influência nos resultados. Essa igualdade nos resultados de densidade da água pode ser explicada pela baixa solubilidade do material em água e pelo alto valor de densidade do material, sendo de duas a três vezes maior que a densidade do fluido. Com isso, o material decantava muito rápido no fundo do recipiente e não se misturava na água, conservando a densidade.

A temperatura ambiente foi medida diversas vezes em diferentes horários do dia, tanto na produção como no laboratório. Como o processo produtivo envolve altas temperaturas, o setor de calcinação apresenta uma temperatura ambiente mais elevada em relação ao laboratório, variando entre 25 °C e 36 °C. No laboratório, a temperatura variou entre 22 °C e 32 °C. Essa diferença de temperatura entre os setores não influenciou os resultados obtidos pois, como foi dito anteriormente, a densidade da água não variou.

No setor de calcinação, o forno calcinador tem formato cilíndrico, apresenta um longo comprimento e opera com uma determinada rotação. Com isso, o movimento de rotação do forno gera tremores na sala dos operadores. Em alguns momentos, os tremores são fortes, ocasionando uma instabilidade na balança, mas os tremores são muito rápidos e a balança estabiliza logo em seguida. Sendo assim, conclui-se que os tremores não geram impacto significativo nos resultados analíticos.

Em relação à formação de bolhas de ar e perda de material no pano, observou-se que alguns funcionários têm maior cuidado em relação a outros. Sendo assim, alguns tomam bastante cuidado na colocação e retirada do cesto metálico no recipiente de vidro com água, enquanto outros fazem isso de forma abrupta, ocasionando a formação de bolhas de ar embaixo do cesto e iludindo o valor do peso na balança. Outro aspecto observado, foi a perda de material

no pano, onde alguns tem um cuidado maior em relação à outros. Sendo assim, todos os funcionários vão ser orientados a observar esses detalhes com mais atenção e vão ser fiscalizados em relação a isso.

4.5 Padronização

Para quantificar o impacto de cada variável estudada no resultado final das propriedades, foi calculada a média de variação entre as comparações feitas para cada fator estudado em relação às propriedades determinadas. Dessa forma, a Tabela 3 apresenta os valores da média de variação e porcentagem de cada variável sobre os resultados de cada propriedade estudada.

Tabela 3 – Impacto de cada variável estudada sobre os resultados das propriedades.

Fatores	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
Jato de ar comprimido	0,00792 (9,9%)	0,22890 (11%)	0,10269 (10,7%)
Peneiramento	0,01701 (21,3%)	0,13986 (6,7%)	0,08828 (9,2%)
Qualidade da água	0,00059 (0,7%)	0,11649 (5,6%)	0,04631 (4,8%)
Resfriamento	0,00616 (7,7%)	0,11043 (5,4%)	0,05434 (5,7%)
Secagem	0,04831 (60,4%)	1,47584 (71,3%)	0,66631 (69,6%)
Total	0,079983	2,071517	0,957928

Sendo assim, conclui-se que a secagem foi o fator que maior contribuiu para a divergência dos resultados analíticos entre a produção e o laboratório. Por outro lado, a qualidade da água foi o fator que menos contribuiu para essa divergência. Em relação aos outros fatores, cada um contribuiu com uma certa parcela, variando entre as propriedades estudadas.

A partir dessas observações, foi proposto um novo padrão do procedimento de análise da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água, focando em um maior detalhamento da etapa de secagem.

A padronização da secagem foi realizada em duas etapas: a primeira está relacionada com a especificação de umidade do pano e a segunda está relacionada com a maneira de fazer a secagem.

Para especificar a umidade do pano, foi escolhido um padrão de pano único para todos os setores da empresa, onde foram detalhados a marca, o fornecedor, o material, as dimensões e o peso do pano seco, assegurando que o pano utilizado nas análises sempre será o mesmo. Além disso, foi especificada a quantidade de água utilizada para umidificar o pano, sendo medida em relação ao peso seco do pano. Essa quantidade de água foi decidida por um consenso entre os funcionários da empresa.

Para detalhar melhor a forma de secar os grãos, foi proposto uma maneira fácil, lógica e intuitiva, de modo a facilitar a realização da análise e evitar uma maior dificuldade de reprodutibilidade entre os funcionários da empresa.

A seguir, este procedimento está detalhado:

1. Britar a amostra quando necessário, e através de quarteamento, separar quantidade suficiente para realização do ensaio;
2. Peneirar a amostra quarteada de tal forma que se obtenham grãos que passem na peneira de 4,76 mm e fiquem retidos na peneira de 2,38 mm. O peneiramento deve ser feito de forma manual durante 1 minuto;
3. Remover a peneira 4,76 mm do conjunto, colocar outra de abertura menor sobre a peneira 2,38 mm e aplicar jatos de ar comprimido sobre a mesma para eliminar a poeira dos grãos;
4. Caso seja necessário, secar a amostra em estufa a 110 °C +/- 5 °C, por no mínimo 12 h ou até atingir peso constante. Retirar a amostra da estufa e deixar resfriar a temperatura ambiente;
5. Pesar aproximadamente 75 g da amostra na balança;
6. Colocar a amostra no recipiente metálico, cobrir totalmente com água e ferver no mínimo por 1 h, mantendo os grãos sempre cobertos com água;
7. Após a fervura, esfriar a amostra com água corrente até temperatura ambiente, mantendo a mesma sempre coberta pelo líquido;
8. Determinar a massa imersa (MI), pesando a amostra no cesto da balança hidrostática e tendo cuidado para não formar bolhas embaixo do cesto.

Nota: A água do recipiente de vidro deverá ser trocada na entrada do turno do funcionário, sendo necessário enchê-lo com água suficiente para cobrir a amostra. Não é indicado encher de água até a borda, entretanto, não deixar a amostra descoberta pelo líquido.

9. Realizar a secagem dos grãos:
 - a) Umidificar o pano, torcê-lo e pesá-lo com 117% a 120% de água em relação ao seu peso seco.
$$\text{Peso seco} \times 1,2 = \text{Quantidade de água} \rightarrow \text{Peso seco} + \text{Quantidade de água} = \text{Peso úmido}$$
 - b) Em seguida, colocar os grãos no lado direito do pano e espalhar os grãos sobre essa região. Depois, secar os grãos com a parte esquerda do pano, no sentido

horizontal, com 20 batidas curtas e constantes. Na sequência, deslocar os grãos para o lado esquerdo e secá-los com a parte direita do pano, da mesma maneira feita anteriormente.

- c) Pesar os grãos, anotando este peso como massa úmida (MU).

Nota: A cada ensaio realizado deverá ser retirado o excesso de líquido do pano e feita uma nova pesagem, atendendo o intervalo de gramatura correto. Além disso, o pano deve ser trocado a cada 300 análises ou a cada 3 meses ou quando for danificado.

10. Realizar os cálculos das propriedades.

4.6 Validação do novo padrão

Com o novo padrão do método criado, a próxima etapa foi validar esse padrão, analisando as diferenças entre as análises feitas nos diferentes setores da empresa.

Sendo assim, uma mesma amostra foi coletada do material CE e foi feita a análise do material pelos diferentes funcionários da empresa, nos diferentes setores. As análises foram feitas pelos operadores na produção, pelos técnicos no laboratório e pelo autor na produção e no laboratório. Foram coletadas 7 amostras diferentes e foram comparados os resultados analíticos entre os diferentes funcionários. No apêndice, pode-se observar os analíticos encontrados na validação do novo padrão.

A partir desses resultados, foi observada a diferença entre os valores. Foram comparados os resultados obtidos pelo autor no laboratório e na produção e foram comparados os resultados entre os operadores e os técnicos. A Tabela 4 apresenta a comparação realizada entre os diferentes setores.

Tabela 4 – Diferenças analíticas entre os diferentes setores.

Amostra	Diferenças entre setores	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
1	Autor-Calcinação/Laboratório	0,01165943	1,037402	0,41269
1	Operador/Técnico	0,022336178	0,568684	0,252108
2	Autor-Calcinação/Laboratório	0,01049357	0,141367	0,068148
2	Operador/Técnico	0,031067136	0,69868	0,305021
3	Autor-Calcinação/Laboratório	0,008273987	0,752444	0,294221
3	Operador/Técnico	0,047517064	1,479733	0,627154

4	Autor-Calcinação/Laboratório	0,016224867	0,698087	0,280747
4	Operador/Técnico	0,004704026	0,204707	0,082478
5	Autor-Calcinação/Laboratório	0,005065284	0,30086	0,120505
5	Operador/Técnico	0,018630047	0,345249	0,158363
	Média	0,017597159	0,622721	0,260143
	Variância	0,000177552	0,169406	0,02888
	Desvio padrão	0,013324869	0,411589	0,16994

Além disso, foram comparados os resultados obtidos no mesmo setor, entre o autor e o operador ou técnico, sendo observado a diferença entre os valores determinados na análise. A Tabela 5 apresenta a comparação feita.

Tabela 5 – Diferenças analíticas no mesmo setor.

Amostra	Diferenças no mesmo setor	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
1	Autor-Calcinação/Operador	0,00220937	0,253821	0,092775
1	Autor-Laboratório/Técnico	0,008467379	0,214898	0,067807
2	Autor-Calcinação/Operador	0,013203229	0,660212	0,265053
2	Autor-Laboratório/Técnico	0,007370337	0,102899	0,02818
3	Autor-Calcinação/Operador	0,016106284	0,133828	0,028113
3	Autor-Laboratório/Técnico	0,023136793	0,861116	0,361045
4	Autor-Calcinação/Operador	0,011259708	0,759591	0,296603
4	Autor-Laboratório/Técnico	0,009669185	0,143202	0,066622
5	Autor-Calcinação/Operador	0,00058938	0,393923	0,147171
5	Autor-Laboratório/Técnico	0,012975382	0,438313	0,18503
6	Autor-Calcinação/Operador	0,013598215	0,618542	0,251305
7	Autor-Calcinação/Operador	0,021287157	0,444156	0,186242
	Média	0,011656035	0,418708	0,164662
	Variância	4,51479E-05	0,067032	0,01238
	Desvio padrão	0,006719221	0,258905	0,111265

Ademais, foi feita a média geral, variância geral e desvio padrão geral em relação a todas as diferenças calculadas no estudo. A Tabela 6 apresenta os valores desses parâmetros.

Tabela 6 – Comparação geral entre todas as diferenças calculadas.

	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
Média geral das diferenças	0,014356546	0,511441474	0,208063
Variância geral das diferenças	0,000108911	0,118525132	0,02123
Desvio padrão geral das diferenças	0,01043603	0,344274791	0,145704

Com isso, observa-se uma diferença média da densidade aparente entre 0,01 e 0,02 comparando os resultados, onde a maior diferença foi de 0,0475 e a menor diferença foi de 0,000589. Em relação à porosidade aparente, observa-se uma diferença média de 0,5% aproximadamente. Para a absorção de água, a variação média foi de 0,2%. Além disso, a variância e desvio padrão foram baixos em todas as comparações, onde a variância das comparações entre setores diferentes foi maior que a variância das comparações no mesmo setor, como esperado.

Portanto, o novo padrão do método analítico foi eficiente, diminuindo a divergência média entre os resultados analíticos da produção e do laboratório. Com o padrão analítico antigo, a divergência da densidade aparente era de 0,1 g/cm³ e com o novo padrão analítico, a divergência passou a ser, aproximadamente, 0,02 g/cm³.

Consequentemente, houve uma diminuição na divergência média da porosidade e da absorção. Para a porosidade, com o padrão analítico antigo, a divergência era de 2,7% e com o novo padrão, a divergência passou a ser de 0,5%. Para a absorção de água, com o padrão analítico antigo, a divergência era de 1,2% e com o novo padrão, a divergência passou a ser de 0,2%.

Por fim, a última etapa do estudo foi treinar e acompanhar os funcionários da empresa na realização do novo procedimento, assegurando que todos realizassem as análises de forma igualitária e respeitando todas as etapas do procedimento. Sendo assim, todas as dúvidas foram sanadas e todos os funcionários estão cumprindo com a nova proposta de padronização de análise dos chamotes.

5 CONCLUSÃO

O estudo foi realizado com o intuito de eliminar a divergência entre os resultados analíticos do chamote entre a produção e o laboratório e essa divergência varia de acordo com o material analisado. A densidade aparente apresentava uma diferença de $0,1 \text{ g/cm}^3$. A porosidade aparente chegou a ter uma divergência de 2,7%. E foi observada uma diferença de 1,2% em relação à absorção de água. Além disso, os valores obtidos na produção sempre são superiores aos valores obtidos no laboratório.

Esse problema acaba gerando uma confusão para aprovar/reprovar o material, pois, em alguns casos, a produção aprova o material dentro da especificação exigida e quando os resultados são comparados com os valores obtidos no laboratório, o resultado fica fora da especificação.

Para resolver isso, aplicou-se uma metodologia que estudou detalhadamente as diferenças do procedimento realizado em cada setor. Sendo assim, a aplicação do jato de ar comprimido, o quarteamento, o peneiramento, a quantidade de amostra, a qualidade da água, o resfriamento e a secagem foram analisadas e quantificadas suas parcelas de contribuição para essa divergência.

Os resultados obtidos evidenciaram que a maior interferência ocorria devido à etapa de secagem, onde cada pessoa realizava a secagem de uma forma, pois não existia um detalhamento dessa etapa na folha de instrução. Enquanto que a qualidade da água pouco interferiu nessa divergência. Os demais fatores influenciaram em diferentes proporções nos resultados analíticos.

A partir dessa observação, foi proposto um novo padrão para o procedimento de análise com foco na etapa de secagem, onde ela foi detalhada em duas etapas. A primeira relacionada à especificação de umidade do pano e a segunda relacionada à maneira de realizar a secagem. Esse novo padrão foi testado e sua eficiência foi comprovada, diminuindo a diferença dos resultados analíticos obtidos na produção e no laboratório, onde a densidade passou a ter uma variação média de $0,02 \text{ g/cm}^3$, a porosidade passou a ter uma variação média de 0,5% e a absorção de água passou a ter uma variação de 0,2%. Sendo assim, houve uma queda de, aproximadamente, 80% na divergência entre as propriedades analisadas.

Por fim, os funcionários foram treinados e foi feito um acompanhamento com eles, assegurando que o novo padrão do procedimento fosse cumprido na prática.

Dessa forma, pode-se dizer que a metodologia aplicada teve êxito em identificar os fatores que influenciavam nessa divergência e, a partir disso, pensou-se em uma solução prática para resolver o problema. Essa solução foi aplicada e aproximou os resultados obtidos entre os diferentes setores da empresa.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABCERAM). Disponível em: <https://abceram.org.br/>. Acesso em: 10 abril de 2021.

CALLISTER JR, W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2008.

CASTRO, R. H. R. **Estudo da influência de aditivos na transformação de fase gama-alfa da alumina**. São Paulo, 2005. 92 p. Tese (Doutorado em engenharia de materiais). Departamento de engenharia metalúrgica e de materiais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DUARTE, A. K. **Mecanismos gerais de desgaste em refratários**. Seminário ABM Refratários para siderurgia, Belo Horizonte. p. 77-96. mar. 2000.

FERRARI, C. R.; RODRIGUES, J. A. Refratários de alumina contendo agregado de mullita-zircônia: aspectos microestruturais. **Cerâmica**, São Paulo, v. 46, n. 298, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132000000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 Mar. 2021

FERREIRA, J. P. **Estudo dos desgastes de refratários dolomíticos aplicados em painéis de aço na produção de aços de carbono**. Porto Alegre, 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em engenharia). Programa de pós-graduação em engenharia de minas, metalurgia e materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LOBATO, E. **Cadeia de refratários**. Projeto de assistência técnica ao setor de energia. n.71. ago. 2009. (Relatório apresentado ao Ministério de Minas e Energia).

MOTA, R. C. **Influência da adição de cargas inorgânicas no desempenho de produtos refratários obtidos a partir de borras de alumínio**. Fortaleza, 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em engenharia e ciências de materiais). Programa de pós-graduação. Universidade Federal do Ceará.

REFRATORIES manual. 169 p. 2 ed. Illinois: American Foundrymen's Society, 1994.

RICHERSON. D. W. **Modern ceramic engineering:** properties, processing and use in design. 3 ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

SMITH, W. F; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciências dos materiais.** Porto Alegre: AMGH, 2010.

TOGNI S/A Materiais Refratários. **Produtos.** Disponível em:
<<http://www.togni.com.br/2011/index.php>>. Acesso em: 02 abril. 2021.

APÊNDICE

Tabela 1 – Resultados do grupo 1.

Com jato de ar, com quarteamento e peneiramento 1 minuto - Grupo 1							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,04	49,52	78,9	29,38	2,554118	13,13819	5,143923
B	75,01	49,68	79,23	29,55	2,538409	14,28088	5,625917
C	75,08	49,73	79,23	29,5	2,545085	14,0678	5,527437
A	75,05	49,96	79,45	29,49	2,54493	14,92031	5,862758
C	75,05	49,52	79,12	29,6	2,535473	13,75	5,423051
B	75,03	49,83	79,28	29,45	2,547708	14,43124	5,664401
A	75,07	49,76	79,05	29,29	2,562991	13,58826	5,301718
B	75,03	49,85	79,32	29,47	2,545979	14,55718	5,717713
C	75,09	50,13	79,65	29,52	2,543699	15,44715	6,072713
A	75,01	49,88	79,13	29,25	2,564444	14,08547	5,492601
B	75	49,96	79,42	29,46	2,545825	15,00339	5,893333
C	75,03	49,92	79,42	29,5	2,54339	14,88136	5,850993
A	75,08	49,75	79,32	29,57	2,53906	14,33886	5,64731
C	75,02	49,91	79,52	29,61	2,533604	15,19757	5,9984
B	75,03	50,01	79,48	29,47	2,545979	15,1001	5,930961
A	75,05	49,82	79,24	29,42	2,550986	14,24201	5,582945
B	75,01	49,92	79,44	29,52	2,540989	15,00678	5,905879
C	75,04	50,02	79,53	29,51	2,542867	15,21518	5,983475
A	75,08	50,03	79,62	29,59	2,537344	15,34302	6,046883
B	75	49,75	79,29	29,54	2,53893	14,52268	5,72
			Média	29,4845	2,545091	14,55587	5,719621
			Variância	0,008879	6,58E-05	0,394309	0,065507
			Desvio Padrão	0,094227	0,008112	0,62794	0,255943

Tabela 2 – Resultados do grupo 2.

Sem jato de ar, com quarteamento e peneiramento 1 minuto - Grupo 2							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,04	49,82	79,4	29,58	2,536849	14,73969	5,810235
C	75,05	49,71	79,27	29,56	2,538904	14,27605	5,622918
B	75,02	50,06	79,59	29,53	2,540467	15,47579	6,091709
A	75,07	49,87	79,11	29,24	2,567373	13,81669	5,381644
B	75,06	50,02	79,43	29,41	2,552193	14,85889	5,822009
C	75,05	49,85	79,25	29,4	2,552721	14,28571	5,596269
A	75,02	49,81	79,08	29,27	2,563034	13,87086	5,41189
C	75,03	49,67	79,06	29,39	2,552909	13,71215	5,371185
B	75,02	50,05	79,44	29,39	2,552569	15,03913	5,891762
A	75,01	49,99	79,34	29,35	2,555707	14,75298	5,772564

C	75,05	49,65	79,03	29,38	2,554459	13,54663	5,303131
B	75,03	49,93	79,41	29,48	2,545115	14,85753	5,837665
A	75,07	49,7	79,15	29,45	2,549066	13,85399	5,434927
B	75,08	50,07	79,56	29,49	2,545948	15,19159	5,966969
C	75,04	49,56	78,95	29,39	2,553249	13,30384	5,210554
A	75,04	49,89	79,2	29,31	2,560218	14,19311	5,54371
C	75,03	49,77	79,21	29,44	2,548573	14,19837	5,571105
B	75,02	49,68	79,16	29,48	2,544776	14,04342	5,518528
A	75,03	49,63	78,91	29,28	2,5625	13,25137	5,171265
C	75,03	49,78	78,97	29,19	2,570401	13,49777	5,251233
			Média	29,4005	2,552352	14,23828	5,579064
			Variância	0,011173	8,35E-05	0,422261	0,07114
			Desvio Padrão	0,105704	0,009135	0,649816	0,26672

Tabela 3 – Resultados do grupo 3.

Com jato de ar, sem quarreamento e peneiramento 1 minuto - Grupo 3							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,06	49,61	78,94	29,33	2,559154449	13,22878	5,169198
B	75,05	49,88	79,5	29,62	2,533760972	15,02363	5,92938
C	75,01	49,57	78,96	29,39	2,552228649	13,43995	5,265965
B	75,09	49,87	79,3	29,43	2,551478084	14,30513	5,606605
C	75,03	49,71	79,06	29,35	2,556388416	13,73083	5,371185
A	75,07	49,97	79,49	29,52	2,54302168	14,9729	5,887838
B	75,04	49,96	79,48	29,52	2,54200542	15,04065	5,916844
A	75,08	49,59	79,2	29,61	2,535629855	13,91422	5,48748
B	75,04	49,57	79,2	29,63	2,532568343	14,03982	5,54371
C	75,07	49,92	79,51	29,59	2,537005745	15,00507	5,91448
B	75,03	49,65	79,29	29,64	2,531376518	14,37247	5,677729
A	75,07	49,37	79,05	29,68	2,529312668	13,4097	5,301718
C	75,07	49,66	79,32	29,66	2,531018206	14,32906	5,661383
B	75,04	49,55	79,09	29,54	2,54028436	13,71022	5,397122
A	75,05	49,82	79,37	29,55	2,539763113	14,61929	5,756163
C	75,07	49,76	79,39	29,63	2,53358083	14,57982	5,754629
A	75,08	49,46	79	29,54	2,541638456	13,27014	5,221097
B	75,04	49,81	79,3	29,49	2,544591387	14,44557	5,676972
C	75,01	49,97	79,52	29,55	2,538409475	15,26227	6,012532
A	75,08	50,02	79,54	29,52	2,543360434	15,1084	5,94033
			Média	29,5395	2,540828853	14,2904	5,624618
			Variância	0,010142	7,29777E-05	0,444003	0,071981
			Desvio Padrão	0,100707	0,0085427	0,666336	0,268293

Tabela 4 – Resultados do grupo 4.

Sem jato de ar, sem quarreamento e peneiramento 1 minuto - Grupo 4							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
B	75,04	49,67	79,1	29,43	2,549779137	13,79545	5,410448
C	75	49,59	79,02	29,43	2,54841998	13,65953	5,36

A	75,07	49,92	79,32	29,4	2,553401361	14,45578	5,661383
C	75,09	49,68	79,09	29,41	2,553213193	13,60082	5,326941
C	75,05	49,83	79,23	29,4	2,552721088	14,21769	5,56962
B	75,01	49,53	79,03	29,5	2,542711864	13,62712	5,359285
A	75	49,49	79	29,51	2,541511352	13,55473	5,333333
C	75,08	49,89	79,18	29,29	2,563332195	13,99795	5,460842
B	75,07	49,79	79,18	29,39	2,55427016	13,98435	5,47489
A	75,07	49,76	79,26	29,5	2,544745763	14,20339	5,581457
A	75,06	49,51	78,95	29,44	2,549592391	13,21332	5,182521
B	75,03	49,8	79,3	29,5	2,543389831	14,47458	5,691057
C	75,06	49,64	79,08	29,44	2,549592391	13,65489	5,355715
C	75,05	49,65	79,12	29,47	2,546657618	13,81065	5,423051
A	75,09	49,61	79,18	29,57	2,539398039	13,83159	5,446797
B	75,09	49,74	79,27	29,53	2,542837792	14,1551	5,566653
C	75,07	49,75	79,11	29,36	2,556880109	13,76022	5,381644
A	75,04	49,49	78,9	29,41	2,551513091	13,12479	5,143923
B	75,07	49,98	79,29	29,31	2,561241897	14,39782	5,62142
C	75,05	49,86	79,29	29,43	2,550118926	14,40707	5,649567
			Média	29,436	2,549766409	13,89634	5,450027
			Variância	0,004994	4,07596E-05	0,154483	0,023374
			Desvio Padrão	0,070666	0,006384321	0,393043	0,152887

Tabela 5 – Resultados do grupo 5.

Com jato de ar, com quartejamento e peneiramento 5 minuto - Grupo 5							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
C	75,01	49,67	79,01	29,34	2,55657805	13,63327	5,332622
B	75,05	50	79,23	29,23	2,567567568	14,30038	5,56962
A	75,02	49,7	79,09	29,39	2,552568901	13,84825	5,42522
C	75,09	50,02	79,34	29,32	2,561050477	14,49523	5,659875
B	75,03	49,82	79,22	29,4	2,552040816	14,2517	5,584433
A	75,03	50,03	79,41	29,38	2,55377808	14,9081	5,837665
C	75,06	49,72	79,19	29,47	2,546996946	14,01425	5,502265
B	75,05	49,98	79,26	29,28	2,56318306	14,37842	5,609594
A	75,06	49,81	79,15	29,34	2,558282209	13,94001	5,448974
C	75,02	49,64	78,99	29,35	2,5560477	13,52641	5,291922
B	75	49,78	79,18	29,4	2,551020408	14,21769	5,573333
A	75,02	49,58	78,87	29,29	2,561283715	13,14442	5,131965
B	75,04	49,7	79,26	29,56	2,538565629	14,27605	5,623667
C	75	49,74	79,26	29,52	2,540650407	14,43089	5,68
A	75,06	49,9	79,26	29,36	2,55653951	14,30518	5,595524
B	75,02	49,86	79,43	29,57	2,537030774	14,91376	5,878432
C	75,08	49,91	79,27	29,36	2,557220708	14,27112	5,580714
A	75,03	49,83	79,1	29,27	2,56337547	13,90502	5,424497
B	75,06	49,94	79,44	29,5	2,54440678	14,84746	5,835332
C	75,06	49,99	79,36	29,37	2,55566905	14,64079	5,72875
			Média	29,385	2,553692813	14,21242	5,56572
			Variância	0,009068	7,19073E-05	0,212134	0,035502
			Desvio Padrão	0,095228	0,008479816	0,46058	0,18842

Tabela 6 – Resultados do grupo 6.

Sem jato de ar, com quarreamento e peneiramento 5 minuto - Grupo 6							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,09	49,91	79,2	29,29	2,563673609	14,03209	5,473432
B	75,04	49,83	79,26	29,43	2,549779137	14,33911	5,623667
C	75,03	50,11	79,58	29,47	2,545978962	15,43943	6,064241
A	75,06	49,81	79,12	29,31	2,560900716	13,85193	5,409006
B	75,06	49,98	79,19	29,21	2,569667922	14,13899	5,502265
C	75,01	49,96	79,21	29,25	2,564444444	14,35897	5,599253
A	75,04	49,86	79,14	29,28	2,56284153	14,00273	5,463753
B	75,01	49,84	79,07	29,23	2,566199111	13,88984	5,412612
C	75,08	49,88	79,12	29,24	2,567715458	13,81669	5,380927
A	75,05	49,93	79,05	29,12	2,577266484	13,73626	5,32978
C	75,08	49,91	79,11	29,2	2,571232877	13,80137	5,367608
A	75,01	50,11	79,21	29,1	2,57766323	14,43299	5,599253
B	75,02	50,07	79,26	29,19	2,570058239	14,52552	5,651826
C	75,03	50,06	79,35	29,29	2,561625128	14,74906	5,757697
A	75,07	49,95	79,11	29,16	2,57441701	13,8546	5,381644
B	75,04	50,13	79,27	29,14	2,575154427	14,51613	5,636994
C	75,07	50,17	79,43	29,26	2,565618592	14,90089	5,807913
A	75,02	49,75	79,05	29,3	2,560409556	13,75427	5,371901
B	75,05	49,85	79,09	29,24	2,566689466	13,81669	5,383078
C	75,01	50,02	79,33	29,31	2,559194814	14,739	5,759232
			Média	29,251	2,565526536	14,23483	5,548804
			Variância	0,008557	6,72901E-05	0,219681	0,036772
			Desvio Padrão	0,092503	0,008203055	0,468702	0,191761

Tabela 7 – Resultados do grupo 7.

Com jato de ar, sem quarreamento e peneiramento 5 minuto - Grupo 7							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
B	75,02	49,89	79,18	29,29	2,561283715	14,2028	5,545188
C	75,07	49,75	79,22	29,47	2,547336274	14,08212	5,528174
A	75,05	49,71	78,96	29,25	2,565811966	13,36752	5,20986
B	75,02	50,02	79,36	29,34	2,556918882	14,79209	5,785124
C	75,05	50,08	79,47	29,39	2,553589656	15,03913	5,889407
A	75,01	49,84	78,92	29,08	2,579436039	13,44567	5,212638
B	75,03	49,94	78,98	29,04	2,583677686	13,60193	5,264561
C	75,07	50,07	79,26	29,19	2,571771155	14,35423	5,581457
A	75,01	49,92	79,1	29,18	2,570596299	14,01645	5,452606
B	75,08	49,98	79,08	29,1	2,580068729	13,7457	5,327651
C	75,05	50,07	79,41	29,34	2,557941377	14,86026	5,80946
B	75,06	50,14	79,29	29,15	2,574957118	14,51115	5,635492
C	75,04	49,99	79,36	29,37	2,554988083	14,70889	5,75693
A	75,01	49,75	78,88	29,13	2,575008582	13,28527	5,159312
B	75,01	49,77	79,09	29,32	2,558321965	13,91542	5,439275
C	75,01	49,81	79,01	29,2	2,568835616	13,69863	5,332622
A	75,02	49,99	79,21	29,22	2,567419576	14,33949	5,585177
B	75,03	49,75	79,04	29,29	2,561625128	13,69068	5,344529
C	75	49,76	78,91	29,15	2,572898799	13,41338	5,213333
A	75,03	50,16	79,36	29,2	2,569520548	14,82877	5,771025
			Média	29,235	2,56660036	14,09498	5,492191
			Variância	0,012974	9,68948E-05	0,315022	0,053173

Desvio Padrão	0,113902	0,009843514	0,561268	0,230593
---------------	----------	-------------	----------	----------

Tabela 8 – Resultados do grupo 8.

Sem jato de ar, sem quarteamento e peneiramento 5 minuto - Grupo 8							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,05	49,81	78,98	29,17	2,572848817	13,47275	5,236509
B	75,03	49,83	79,09	29,26	2,564251538	13,8756	5,411169
C	75,02	49,86	79,17	29,31	2,559535995	14,15899	5,531858
A	75,09	49,89	79,18	29,29	2,563673609	13,96381	5,446797
B	75	49,83	79,14	29,31	2,558853634	14,12487	5,52
C	75,01	49,83	79,23	29,4	2,551360544	14,35374	5,625917
A	75,02	50,1	79,21	29,11	2,577121264	14,39368	5,585177
B	75,04	50	79,05	29,05	2,58313253	13,80379	5,343817
C	75,05	49,87	79,11	29,24	2,566689466	13,88509	5,409727
A	75,07	50,09	79,2	29,11	2,578838887	14,18756	5,501532
A	75,05	49,89	79	29,11	2,578151838	13,56922	5,263158
B	75,06	50	79,2	29,2	2,570547945	14,17808	5,515588
C	75,07	49,96	79,03	29,07	2,582387341	13,62229	5,275077
A	75,05	50,01	79,12	29,11	2,578151838	13,98145	5,423051
B	75,07	50,01	79,12	29,11	2,578838887	13,91274	5,394965
C	75,05	50,02	79,29	29,27	2,564058763	14,48582	5,649567
A	75,03	49,69	78,86	29,17	2,572163181	13,12993	5,104625
B	75,04	49,85	79,03	29,18	2,5716244	13,67375	5,317164
C	75,07	49,77	79,13	29,36	2,556880109	13,82834	5,408286
A	75,01	49,87	78,99	29,12	2,575892857	13,66758	5,305959
			Média	29,1975	2,570250172	13,91345	5,413497
			Variância	0,010336	8,35584E-05	0,113695	0,019454
			Desvio Padrão	0,101664	0,009141031	0,337188	0,139478

Tabela 9 – Resultados das propriedades referentes as amostras com 30 g.

30 g de amostra							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	30,03	19,98	31,81	11,83	2,538461538	15,04649	5,927406
B	30,03	19,95	31,74	11,79	2,547073791	14,50382	5,694306
C	30,06	19,99	31,81	11,82	2,543147208	14,80541	5,82169
A	30,03	20,03	31,58	11,55	2,6	13,41991	5,161505
C	30,02	19,92	31,62	11,7	2,565811966	13,67521	5,32978
B	30,01	19,97	31,6	11,63	2,580395529	13,67154	5,298234
A	30,04	19,96	31,67	11,71	2,565328779	13,91973	5,426099
B	30,05	19,93	31,72	11,79	2,548770144	14,16455	5,557404
C	30,07	19,93	31,7	11,77	2,55480034	13,84877	5,420685
A	30,01	19,91	31,54	11,63	2,580395529	13,15563	5,098301
B	30,02	19,91	31,62	11,71	2,563620837	13,66354	5,32978
C	30	19,94	31,66	11,72	2,559726962	14,16382	5,533333
A	30,06	19,93	31,55	11,62	2,586919105	12,82272	4,956753
C	30	20	31,61	11,61	2,583979328	13,86736	5,366667
B	30	19,95	31,57	11,62	2,581755594	13,51119	5,233333
A	30,04	19,95	31,57	11,62	2,585197935	13,16695	5,093209
C	30,01	19,98	31,68	11,7	2,564957265	14,2735	5,564812
B	30,05	19,98	31,71	11,73	2,561807332	14,15175	5,524126

C	30,01	19,9	31,58	11,68	2,569349315	13,44178	5,231589
A	30,04	20,05	31,75	11,7	2,567521368	14,61538	5,69241
			Média	11,6965	2,567450993	13,89445	5,413071
			Variância	0,005982	0,000265518	0,334672	0,064572
			Desvio Padrão	0,077342	0,01629471	0,578508	0,254111

Tabela 10 – Resultados das propriedades referentes as amostras com 75 g.

75 g de amostra							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,01	50,01	78,83	28,82	2,602706	13,25468	5,092654
C	75,01	49,84	78,83	28,99	2,587444	13,17696	5,092654
A	75,01	49,97	79,03	29,06	2,581211	13,83345	5,359285
C	75	49,87	78,57	28,7	2,61324	12,43902	4,76
A	75,02	49,87	78,98	29,11	2,577121	13,60357	5,278592
C	75	50,03	79,32	29,29	2,560601	14,74906	5,76
C	75,04	50,01	79,41	29,4	2,552381	14,86395	5,823561
C	75,05	49,98	79,19	29,21	2,569326	14,17323	5,516322
C	75,05	50,1	79,32	29,22	2,568446	14,61328	5,68954
D	75,01	49,82	79,13	29,31	2,559195	14,05664	5,492601
A	75,03	50,1	79,46	29,36	2,555518	15,08856	5,904305
C	75,02	50,08	79,6	29,52	2,541328	15,51491	6,105039
A	75,02	49,83	79,22	29,39	2,552569	14,29058	5,598507
D	75,09	50,13	79,03	28,9	2,59827	13,63322	5,247037
C	75,09	50,01	79,1	29,09	2,581299	13,78481	5,340258
D	75,06	50,11	79,23	29,12	2,57761	14,32005	5,555556
C	75,03	50,16	79,44	29,28	2,5625	15,06148	5,877649
D	75,08	49,77	78,84	29,07	2,582731	12,9343	5,007991
C	75,04	50,14	79,63	29,49	2,544591	15,5646	6,116738
C	75,02	49,93	79,13	29,2	2,569178	14,07534	5,478539
			Média	29,1765	2,571863	14,15158	5,504841
			Variância	0,04715	0,000371	0,719758	0,134405
			Desvio Padrão	0,217141	0,019268	0,848385	0,366613

Tabela 11 – Resultados das propriedades referentes as amostras com 150 g.

150 g de amostra							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
B	150	99,88	158,94	59,06	2,539790044	15,13715	5,96
A	150	99,04	157,95	58,91	2,546257002	13,49516	5,3
B	150,04	100,09	158,92	58,83	2,550399456	15,09434	5,918422
C	150,01	99,57	158,64	59,07	2,539529372	14,60979	5,75295
A	150,02	99,66	158,5	58,84	2,549626105	14,41196	5,65258
C	150,02	98,78	157,95	59,17	2,535406456	13,40206	5,285962
A	150,03	99,98	158,84	58,86	2,548929664	14,96772	5,872159
C	150,02	99,29	158,5	59,21	2,533693633	14,32191	5,65258
B	150,06	99,22	158,07	58,85	2,549872557	13,61088	5,337865

A	150,1	99,46	158,39	58,93	2,547089768	14,06754	5,522985
C	150,01	100	159,33	59,33	2,528400472	15,70875	6,212919
A	150,02	99,82	158,83	59,01	2,542280969	14,92967	5,87255
C	150,03	99,53	158,28	58,75	2,553702128	14,04255	5,4989
B	150,02	99,53	158,25	58,72	2,554836512	14,01567	5,485935
A	150	99,45	158,35	58,9	2,546689304	14,17657	5,566667
C	150,06	99,97	158,83	58,86	2,549439348	14,89976	5,844329
A	150,02	99,51	158,26	58,75	2,553531915	14,02553	5,492601
B	150,03	100,02	158,77	58,75	2,553702128	14,8766	5,825502
A	150,02	99,39	158,15	58,76	2,553097345	13,83594	5,419277
C	150,08	99,61	158,53	58,92	2,547182621	14,34148	5,63033
			Média	58,924	2,54617284	14,39855	5,655226
			Variância	0,028636	5,48395E-05	0,379124	0,06138
			Desvio Padrão	0,169221	0,007405372	0,615731	0,247749

Tabela 12 – Resultados das propriedades analisadas com a água suja.

Água suja							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,02	49,77	79,16	29,39	2,552568901	14,08642	5,518528
B	75,03	49,71	79,19	29,48	2,545115332	14,11126	5,544449
C	75,02	49,77	79,12	29,35	2,5560477	13,96934	5,465209
A	75,03	49,9	79,19	29,29	2,561625128	14,2028	5,544449
A	75,01	50,07	79,13	29,06	2,581211287	14,17756	5,492601
A	75,07	49,85	79,08	29,23	2,568251796	13,71878	5,341681
C	75,01	50	79,24	29,24	2,565321477	14,46648	5,639248
B	75,01	50,02	79,42	29,4	2,551360544	15	5,879216
A	75,03	49,84	78,93	29,09	2,579236851	13,40667	5,197921
B	75,04	50,04	79,4	29,36	2,555858311	14,85014	5,810235
C	75,04	49,63	78,77	29,14	2,575154427	12,80027	4,970682
A	75,03	50,01	79,2	29,19	2,570400822	14,28571	5,557777
C	75,03	49,79	78,91	29,12	2,57657967	13,32418	5,171265
B	75,01	50,13	79,25	29,12	2,575892857	14,56044	5,65258
A	75	50,13	79,33	29,2	2,568493151	14,82877	5,773333
A	75,01	49,66	78,99	29,33	2,55744971	13,56972	5,305959
B	75,04	49,79	79,11	29,32	2,559345157	13,88131	5,423774
C	75,04	49,99	79,43	29,44	2,548913043	14,91168	5,850213
A	75,04	49,85	79,26	29,41	2,551513091	14,34886	5,623667
C	75,06	49,97	79,34	29,37	2,55566905	14,57269	5,702105
			Média	29,2765	2,562800415	14,15366	5,523245
			Variância	0,016119	0,000121286	0,33955	0,056965
			Desvio Padrão	0,126959	0,011013013	0,582709	0,238674

Tabela 13 - Resultados das propriedades analisadas com a água limpa.

Água limpa							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA(g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,07	50,01	79,33	29,32	2,560368349	14,52933	5,674704
B	75,07	49,85	79,18	29,33	2,559495397	14,01296	5,47489
C	75,03	50,03	79,39	29,36	2,555517711	14,85014	5,811009
A	75,02	49,92	79	29,08	2,579779917	13,68638	5,305252
C	75,03	50,06	79,41	29,35	2,556388416	14,92334	5,837665
A	75,03	49,54	78,55	29,01	2,586349535	12,13375	4,691457
B	75,05	49,74	78,77	29,03	2,585256631	12,81433	4,956696
C	75,02	49,68	79,08	29,4	2,55170068	13,80952	5,41189
A	75,03	49,76	79	29,24	2,566005472	13,57729	5,291217
B	75,05	49,87	79,05	29,18	2,571967101	13,70802	5,32978
C	75,07	49,8	79,07	29,27	2,564742057	13,66587	5,32836
A	75	49,67	79	29,33	2,557108762	13,63791	5,333333
B	75,03	49,93	79,16	29,23	2,566883339	14,12932	5,504465
C	75,05	49,8	79,2	29,4	2,552721088	14,11565	5,529647
A	75,06	49,96	79,28	29,32	2,560027285	14,39291	5,622169
C	75,09	50,01	79,39	29,38	2,555820286	14,63581	5,726462
B	75,04	49,79	79,14	29,35	2,556729131	13,96934	5,463753
A	75,08	50,01	79,22	29,21	2,570352619	14,17323	5,514118
C	75,01	49,98	79,36	29,38	2,553097345	14,80599	5,799227
B	75,01	50,13	79,46	29,33	2,55744971	15,17218	5,932542
			Média	29,275	2,563388042	14,03716	5,476932
			Variância	0,014195	0,000110329	0,526387	0,089522
			Desvio Padrão	0,119142	0,01050376	0,725525	0,299202

Tabela 14 – Resultados das propriedades com resfriamento forçado.

Resfriamento forçado							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
A	75,01	50,01	78,83	28,82	2,602706454	13,25468	5,092654
C	75,01	49,84	78,83	28,99	2,587443946	13,17696	5,092654
A	75,01	49,97	79,03	29,06	2,581211287	13,83345	5,359285
C	75	49,87	78,57	28,7	2,613240418	12,43902	4,76
A	75,02	49,87	78,98	29,11	2,577121264	13,60357	5,278592
C	75	50,03	79,32	29,29	2,560600888	14,74906	5,76
C	75,04	50,01	79,41	29,4	2,552380952	14,86395	5,823561
C	75,05	49,98	79,19	29,21	2,569325573	14,17323	5,516322
C	75,05	50,1	79,32	29,22	2,56844627	14,61328	5,68954
D	75,01	49,82	79,13	29,31	2,559194814	14,05664	5,492601
A	75,03	50,1	79,46	29,36	2,555517711	15,08856	5,904305
C	75,02	50,08	79,6	29,52	2,541327913	15,51491	6,105039
A	75,02	49,83	79,22	29,39	2,552568901	14,29058	5,598507
D	75,09	50,13	79,03	28,9	2,598269896	13,63322	5,247037
C	75,09	50,01	79,1	29,09	2,581299416	13,78481	5,340258

D	75,06	50,11	79,23	29,12	2,57760989	14,32005	5,555556
C	75,03	50,16	79,44	29,28	2,5625	15,06148	5,877649
D	75,08	49,77	78,84	29,07	2,582731338	12,9343	5,007991
C	75,04	50,14	79,63	29,49	2,544591387	15,5646	6,116738
C	75,02	49,93	79,13	29,2	2,569178082	14,07534	5,478539
			Média	29,1765	2,57186332	14,15158	5,504841
			Variância	0,04715	0,000371271	0,719758	0,134405
			Desvio Padrão	0,217141	0,019268397	0,848385	0,366613

Tabela 15 - Resultados das propriedades com resfriamento ao ar livre.

Resfriamento ao ar livre							
Recipiente	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
B	75,06	50,17	79,44	29,27	2,56440041	14,96413	5,835332
B	75,03	49,83	79,23	29,4	2,552040816	14,28571	5,597761
A	75,01	50,01	79,43	29,42	2,549626105	15,02379	5,892548
D	75,01	50,03	79,28	29,25	2,564444444	14,59829	5,692574
A	75,03	49,88	79,23	29,35	2,556388416	14,31005	5,597761
D	75,01	49,93	79,25	29,32	2,558321965	14,46112	5,65258
C	75,08	50,15	79,41	29,26	2,565960355	14,79836	5,767182
A	75,03	50,13	79,2	29,07	2,581011352	14,34469	5,557777
A	75,02	49,88	79,08	29,2	2,569178082	13,90411	5,41189
D	75,03	50,1	79,12	29,02	2,585458305	14,09373	5,451153
C	75	50,18	79,02	28,84	2,600554785	13,93897	5,36
A	75,08	50,13	79,38	29,25	2,566837607	14,70085	5,727224
A	75,01	49,69	79,19	29,5	2,542711864	14,16949	5,57259
D	75,05	49,61	79,02	29,41	2,551853111	13,49881	5,289807
D	75,03	49,69	78,93	29,24	2,566005472	13,33789	5,197921
A	75,08	49,81	79,01	29,2	2,571232877	13,4589	5,234417
C	75,1	49,77	79,21	29,44	2,550951087	13,9606	5,472703
D	75,02	50,07	78,98	28,91	2,594949844	13,69768	5,278592
A	75,06	50,18	79,42	29,24	2,567031464	14,91108	5,808686
D	75,02	50	79,36	29,36	2,555177112	14,78202	5,785124
			Média	29,2475	2,565706774	14,26201	5,559181
			Variância	0,030378	0,000230472	0,271987	0,045772
			Desvio Padrão	0,174292	0,015181319	0,521524	0,213943

Tabela 16 – Resultados analíticos com secagem equivalente.

Secagem equivalente								
Amostra	Chamote	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
1-autor	CE	75,01	50,16	78,42	28,26	2,65428167	12,06653	4,546061
1-operador	CE	75	50,08	78,13	28,05	2,673796791	11,15865	4,173333
2-autor	CE	75,02	49,93	78,22	28,29	2,651820431	11,31142	4,265529
2-operador	CE	75	49,96	78,46	28,5	2,631578947	12,14035	4,613333
3-autor	CE	75,05	49,91	77,97	28,06	2,674625802	10,40627	3,89074

3-operador	CE	75,01	49,88	78,12	28,24	2,656161473	11,01275	4,146114
4-autor	CE	75,07	50,07	78,36	28,29	2,65358784	11,62955	4,382576
4-operador	CE	75	50,03	78,08	28,05	2,673796791	10,98039	4,106667
5-autor	CE	75,09	49,96	78,68	28,72	2,614554318	12,5	4,78093
5-operador	CE	75,01	49,85	78,33	28,48	2,63377809	11,6573	4,426077
6-autor	CA	75,01	44,96	79,71	34,75	2,158561151	13,52518	6,265831
6-operador	CA	75	44,83	79,98	35,15	2,13371266	14,16785	6,64
7-autor	CA	75,03	45,14	79,41	34,27	2,189378465	12,78086	5,837665
7-operador	CA	75	45,26	79,75	34,49	2,174543346	13,77211	6,333333
8-autor	CF	75,01	51,57	77,18	25,61	2,92893401	8,473253	2,892948
8-tecnico	CF	75,08	51,6	77,49	25,89	2,899961375	9,308613	3,209909
9-autor	CF	75,03	51,49	77,05	25,56	2,935446009	7,902973	2,692256
9-tecnico	CF	75,02	51,67	77,44	25,77	2,911136981	9,390764	3,225806
10-autor	Alumina	75,02	53,28	76,77	23,49	3,193699447	7,449979	2,332711
10-tecnico	Alumina	75,04	53,15	76,93	23,78	3,155592935	7,947855	2,518657

Tabela 17 – Resultados analíticos com secagem livre.

Secagem livre								
Amostra	Chamote	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
1-autor	CE	75,01	49,83	78,99	29,16	2,572359396	13,64883	5,305959
1-operador	CE	75	49,95	78,54	28,59	2,623294858	12,38195	4,72
2-autor	CE	75,02	49,93	79,21	29,28	2,56215847	14,31011	5,585177
2-operador	CE	75	49,96	78,31	28,35	2,645502646	11,67549	4,413333
3-autor	CE	75,05	49,88	78,95	29,07	2,581699346	13,41589	5,196536
3-operador	CE	75	49,83	78,08	28,25	2,654867257	10,90265	4,106667
4-autor	CE	75,06	49,91	79,02	29,11	2,578495362	13,60357	5,275779
4-operador	CE	75	50,06	78,19	28,13	2,666192677	11,34021	4,253333
5-autor	CE	75,03	49,86	78,94	29,08	2,580123796	13,44567	5,211249
5-operador	CE	75,01	49,95	78,31	28,36	2,644922426	11,63611	4,399413
6-autor	CA	75,01	44,76	80,12	35,36	2,121323529	14,45136	6,812425
6-operador	CA	75	44,79	79,29	34,5	2,173913043	12,43478	5,72
7-autor	CA	75,03	44,94	79,87	34,93	2,148010306	13,85628	6,450753
7-operador	CA	75,02	45,06	79,69	34,63	2,166329772	13,48542	6,225007
8-autor	CF	75	51,58	77,24	25,66	2,922837101	8,72954	2,986667
8-tecnico	CF	75,06	51,68	77,46	25,78	2,911559348	9,309542	3,197442
9-autor	CF	75,03	51,62	77,18	25,56	2,935446009	8,411581	2,86552
9-tecnico	CF	75,09	51,47	77,29	25,82	2,908210689	8,520527	2,929818
10-autor	Alumina	75,01	53,34	77,06	23,72	3,162310287	8,642496	2,732969
10-tecnico	Alumina	75,05	53,18	76,81	23,63	3,176047397	7,448159	2,345103

Tabela 18 – Resultados analíticos determinados na validação do novo padrão.

Amostra	Funcionário	MS (g)	MI (g)	MU (g)	VA (cm ³)	DMA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
1	Autor-Calцинаção	75,01	49,58	78,01	28,43	2,63841013	10,55223	3,999467
1	Operador	75,02	49,68	78,09	28,41	2,6406195	10,80605	4,092242

1	Autor-Laboratório	75,02	49,77	78,33	28,56	2,6267507	11,58964	4,412157
1	Técnico	75,04	49,64	78,3	28,66	2,618283322	11,37474	4,34435
2	Autor-Calcinação	75,06	49,73	77,89	28,16	2,665482955	10,04972	3,770317
2	Operador	75,03	49,65	77,66	28,01	2,678686184	9,389504	3,505265
2	Autor-Laboratório	75,03	49,65	77,91	28,26	2,654989384	10,19108	3,838465
2	Técnico	75,06	49,57	77,92	28,35	2,647619048	10,08818	3,810285
3	Autor-Calcinação	75,04	49,63	77,76	28,13	2,667614646	9,669392	3,624733
3	Operador	75,01	49,8	77,75	27,95	2,68372093	9,80322	3,652846
3	Autor-Laboratório	75,02	49,75	77,96	28,21	2,659340659	10,42184	3,918955
3	Técnico	75	49,76	78,21	28,45	2,636203866	11,28295	4,28
4	Autor-Calcinação	75,07	49,95	77,7	27,75	2,705225225	9,477477	3,503397
4	Operador	75	50,01	77,85	27,84	2,693965517	10,23707	3,8
4	Autor-Laboratório	75,05	49,98	77,89	27,91	2,689000358	10,17556	3,784144
4	Técnico	75,05	50,03	77,84	27,81	2,698669543	10,03236	3,717522
5	Autor-Calcinação	75,01	49,66	77,85	28,19	2,66087265	10,07449	3,786162
5	Operador	75	49,77	77,95	28,18	2,66146203	10,46842	3,933333
5	Autor-Laboratório	75	49,69	77,93	28,24	2,655807365	10,37535	3,906667
5	Técnico	75,03	49,71	78,1	28,39	2,642831983	10,81367	4,091697
6	Autor-Calcinação	75,02	49,39	77,59	28,2	2,660283688	9,113475	3,425753
6	Operador	75,06	49,46	77,82	28,36	2,646685472	9,732017	3,677058
7	Autor-Calcinação	75,01	49,62	77,12	27,5	2,727636364	7,672727	2,812958
7	Operador	75,02	49,55	77,27	27,72	2,706349206	8,116883	2,9992