



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**PÂMELA FARIAS SOUSA**

**ESTUDO SOBRE BENTONITA USADA PARA FUNDIÇÃO**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**Dezembro de 2017**

**PÂMELA FARIAS SOUSA**

**ESTUDO SOBRE BENTONITA USADA PARA FUNDIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual da Paraíba no curso de Química Industrial do Departamento de Química do Centro de Ciências e Tecnologia em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto Pereira de Sousa

CAMPINA GRANDE - PB

Dezembro de 2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S725e Sousa, Pamela Farias.  
Estudo sobre bentonita usada para fundição [manuscrito] : /  
Pamela Farias Sousa. - 2017.  
29 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

\*Orientação : Prof. Dr. Antonio Augusto Pereira de Sousa, Departamento de Química - CCT.\*

1. Bentonita. 2. Argilas bentoníticas. 3. Bentonita de fundição.

21. ed. COD 878.7

**PÂMELA FARIAS SOUSA**

**ESTUDO SOBRE BENTONITA USADA PARA FUNDIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Estadual da  
Paraíba no curso de Química Industrial do  
Departamento de Química do Centro de  
Ciências e Tecnologia em cumprimento  
às exigências legais para obtenção do  
título de bacharel em Química Industrial.

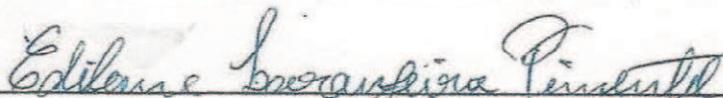
Aprovada em: 11/12/2017

**BANCA EXAMINADORA**



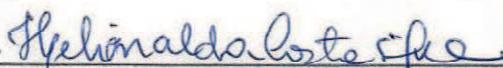
---

**Prof. Dr. Antonio Augusto Pereira de Sousa (Orientador)**  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

**Profa. Dra. Edilane Laranjeira Pimentel**  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

**Profa. Dra. Helionalda Costa Silva**  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2017**

Dedico este trabalho a toda minha família e em especial meus pais e ao meu noivo Stênio. Que em momento algum deixaram de me apoiar ou de me incentivar para que eu chegasse até aqui.

## **Agradecimentos**

Neste momento tão especial, não poderia deixar de agradecer aos meus familiares e especialmente aos meus pais e meu noivo Stênio que colaboraram de forma direta e indiretamente, meus sinceros agradecimentos e a todos meus colegas de estágio que contribuíram para a realização deste trabalho;

Ao meu DEUS por ter me dado saúde, determinação e sabedoria;

Ao meu orientador, Antonio Augusto por ter me dado a oportunidade de estudar um tema tão importante e de várias aplicações e pela força dada durante a elaboração do mesmo;

A todos os meus ex-professores por ter, cada um, dado a sua contribuição para minha formação;

A minha turma, por toda amizade e carinho.

## RESUMO

Os depósitos de argilas bentoníticas da Paraíba se constituem no maior e mais importante jazimento deste bem mineral do Brasil. Suas ocorrências estão situadas no Município de Boa Vista e seus depósitos encontram-se nas jazidas Lages, Bravo e Juá. A bentonita pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por argilominerais do grupo das esmectitas, cuja estrutura cristalina permite a adsorção de cátions, atribuindo-lhes propriedades físico-química peculiares. Tais características conferem às argilas bentoníticas uma série de propriedades especiais, como tixotropia, plasticidade e elevada capacidade de troca catiônica, as quais possibilitam uma grande variedade de aplicações industriais, tendo um papel fundamental como aglomerante de minérios, de areias de moldagem em fundição, agentes tixotrópicos em lamas de perfuração para sondagens, descoramento de óleos, construção civil, e como carga mineral em tintas, esmaltes e vernizes. O objetivo principal é demonstrar e aplicar o importante uso da Bentonita de Fundição em diversas aplicações. As especificações e normas para bentonita usada para fundição são definidas pelo cliente e já bem padronizadas e com os parâmetros dos produtos devidamente requeridas e normatizados conforme a ABIFA, seguindo normas da CEMP. Esta bentonita para fundição são submetidas a ensaios de controle de qualidade nos próprios laboratórios das empresas produtoras, obedecendo a normas para cada aplicação.

**Palavras chave:** Argilas bentoníticas; Bentonita de Fundição; agentes tixotrópico.

## ABSTRACT

The deposits of bentonite clays of Paraíba constitute the largest and most important deposit of this mineral good of Brazil. Its occurrences are located in the Municipality of Boa Vista and its deposits are in the Lages, Bravo and Juá deposits. Bentonite can be defined as a rock composed essentially of argilominerals of the group of smectites, whose crystalline structure allows the adsorption of cations, attributing them peculiar physicochemical properties. These characteristics give the bentonite clays a series of special properties, such as thixotropy, plasticity and high cation exchange capacity, which enable a wide variety of industrial applications, having a fundamental role as ore binder, casting sands, thixotropic drilling muds for drilling, oil bleaching, civil construction, and as mineral filler in paints, enamels and varnishes. The main objective is to demonstrate and apply the important use of Casting Bentonite in several applications. The specifications and standards for bentonite used for casting are defined by the customer and already well standardized and with the parameters of the products duly required and standardized according to ABIFA, following CEMP standards. This bentonite for foundry are submitted to quality control tests in the own laboratories of the producing companies, obeying norms for each application.

Key words: Bentonite clays; Casting Bentonite; thixotropic agents

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1 Bentonita.....	9
2.2 Classificação das Argilas Localizadas na Paraíba .....	11
2.3 Descrição de Cada Tipo de Argila Localizadas na Paraíba.....	11
2.4 Processos para Extração de Bentonita .....	12
2.5 Etapas da extração da Bentonita .....	12
2.5.1 Descapamento .....	12
2.5.2 Extração .....	12
2.5.3 Transporte.....	13
2.5.4 Recuperação da área degradada.....	13
2.6 Etapas intermediárias Entre Extração e Produção.....	14
2.6.1 Recebimento da Bentonita na Fábrica .....	14
2.6.2 Controle de qualidade da Bentonita .....	14
2.7 Processo de Transformação da Matéria Prima.....	14
2.8 Descrições das Etapas Críticas do Processo.....	16
2.9 Aplicações industriais da Bentonita.....	19
3 METODOLOGIA .....	20
4 BENTONITA PARA FUNDIÇÃO .....	20
4.1 Ensaio das Bentonitas para Fundição .....	21
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
ANEXO A - ENSAIOS DE BENTONITAS PARA FUNDIÇÃO.....	27

## 1 INTRODUÇÃO

A bentonita brasileira foi formada por um tufo ou cinzas vulcânicas que decantou em lagos com água doce, por isso ela é cálcica natural que, para seu uso industrial ela precisa ser dada o tratamento de ativação que é um processo bastante dispendioso, pois é aplicado o carbonato de sódio (barrilha), na proporção de 2,5 a 3,0%, para ser transformada em sódica, já que no Brasil não há bentonitas sódicas naturais. Este processo, segundo as pesquisas bibliográficas, foi desenvolvido na Alemanha, no ano de 1933, pela empresa Erbsloh & Co.

As argilas bentoníticas são conhecidas há centenas de anos, o termo bentonita, segundo a literatura, é derivada do depósito descoberto em folhetos argilosos na região de Rock Creed, localizado em Fort Benton, Estado de Wyoming, nos Estados Unidos, onde está argila foi pela primeira vez caracterizada como um tipo especial de argila. Os depósitos de argilas bentoníticas da Paraíba se constituem no maior e mais importante jazimento deste bem mineral do Brasil. Suas ocorrências estão situadas no Município de Boa Vista e seus depósitos encontram-se nas minas Lages, Bravo e Juá.

Os principais usos da bentonita são para: agente tixotrópicos de fluidos de perfuração de poços de petróleo e d'água; pelotização de minérios de ferro; aglomerante de areias de moldagem usadas em fundição; descoramento de óleos vegetais, minerais e animais; impermeabilização de bacias; pet litter etc. A distribuição do consumo de bentonita varia significativamente de acordo com o país. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo fazer um estudo sobre a bentonita para aplicação na atividade de fundição.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Bentonita

Segundo os geólogos, a bentonita é formada pela desvitrificação e alteração química de cinzas vulcânicas. A bentonita pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por argilominerais do grupo das esmectitas, cuja estrutura cristalina permite a adsorção de cátions, atribuindo-lhes propriedades físico-químicas peculiares. Tais características conferem às argilas bentoníticas uma série de propriedades especiais, como tixotropia, plasticidade e elevada capacidade de troca catiônica, as quais possibilitam uma grande variedade de aplicações industriais, tendo um papel fundamental como aglomerante de minérios (Pelotização de minério de ferro) e de areias de moldagem em fundição, agentes tixotrópicos em lamas de perfuração para sondagens (indústria do petróleo), descoramento de óleos, construção civil (paredes contínuas/impermeabilizante), e como carga mineral em tintas, esmaltes e vernizes. Porém a bentonita chega a apresentar 140 usos/funções na indústria (SILVA & FERREIRA, 2008).

Embora, originalmente, o termo bentonita se referisse à rocha argilosa descoberta, atualmente designa argila constituída, principalmente, do argilomineral montmorilonita, os argilominerais da bentonita são constituídos de unidades empilhadas que compreendem camadas de sanduíches de íons coordenados octaedralmente entre duas camadas de íons coordenados tetraedralmente.

Este argilomineral faz parte do grupo esmectita, é o termo dado a um grupo de minerais constituído por: montmorilonita, beidelita, nontronita, hectorita e saponita. Cada mineral forma uma estrutura similar, entretanto quimicamente diferente. A nontronita, por exemplo, é uma esmectita rica em ferro e a hectorita é rica em lítio. O mineral mais comum nos depósitos econômicos do grupo da esmectita é a montmorilonita. As variedades cálcicas e sódicas, baseadas no cátion trocável, são as mais abundantes. O termo bentonita também é usado para designar um produto com alto teor de esmectita. A bentonita pode ser cálcica ou sódica, e possui uma característica física muito particular: expande várias vezes o seu volume, quando em contato com a água, formando géis tixotrópicos. Alguns cátions

provocam uma expansão tão intensa que as camadas dos cristais podem se separar até a sua célula unitária. O sódio provoca a expansão mais notável.

As bentonitas de Boa Vista-PB são calcárias e seu uso industrial exige que sejam ativadas com carbonato de sódio, desenvolvendo géis tixotrópicos, após tratamento com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para serem transformadas em sódicas bem como pela sua variedade de cores. As argilas que possuem o  $\text{Na}^+$  como cátion predominante, apresentam a propriedade de inchar na presença de água, aumentando várias vezes o seu volume inicial, isto porque o  $\text{Na}^+$  permite que várias moléculas de água sejam adsorvidas, aumentando a distância entre as camadas e, conseqüentemente, separando as partículas de argila umas das outras.

A montmorilonita é constituída por camadas compostas de duas folhas de silicato tetraédricas, com uma folha central octaédrica de alumina. No espaço entre as camadas encontram-se moléculas de água adsorvidas e os cátions trocáveis, que podem ser  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e/ou  $\text{Na}^+$ . Se o cátion predominante é o  $\text{Ca}^{2+}$ , a argila é denominada de bentonita cálcica e se o cátion é o  $\text{Na}^+$ , recebe a denominação de bentonita sódica (SILVA & FERREIRA, 2008). A Figura 1 mostra a estrutura da montmorilonita.

Figura 1 Estrutura da Mintmorilonita

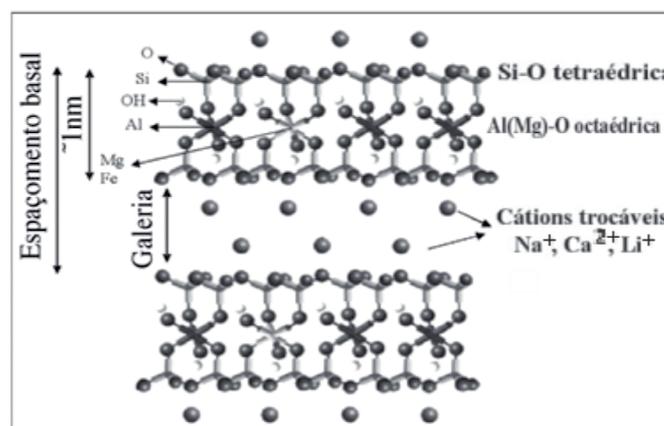


Figura 1: Estrutura da montmorilonita.  
[Figure 1: Montmorillonite structure.]

## 2.2 Classificação das Argilas Localizadas na Paraíba

As argilas são classificadas conforme os seguintes critérios: predominância de uma cor cinza, amarela, verde, marrom, etc.; com os seguintes contaminantes calcedônia, bofe, materiais inertes e finalmente, com relação à Mina de origem. É usual fazer relação, na composição do nome de uma argila, com a mina de origem, como por exemplo: o chocolate Juá, o material é o chocolate, mina de origem é a mina Juá.

As argilas são denominadas em função de nomes comerciais, são elas:

- Chocolate;
- Chocobofe;
- Bofe;
- Verde lodo.

## 2.3 Descrição de Cada Tipo de Argila Localizadas na Paraíba

✓ **Chocolate** (Mina – Lagedo, Lages): são materiais com coloração predominante de cinza ou marrom. Possui densidade elevada (com relação aos demais), boa resistência mecânica, lamelado e bastante viscoso. Seu nome comercial deve-se a semelhança com o chocolate, apresenta ausência de calcedônia;

✓ **Chocobofe** (Mina: Lagedo, Lages): sua cor predominante é marron claro, sua característica predominante é a mistura de chocolate com o bofe, esta mistura chega até a 50%, apresenta pouca de calcedônia;

✓ **Bofe** (Mina: Lagedo, Lages): apresentam baixa densidade, são porosos (tipo uma esponja), apresentam-se nas cores creme e branca. Possuem pouquíssima viscosidade. Seu nome comercial deve-se a semelhança com o bofe do animal, apresenta ausência de calcedônia.

✓ **Verde – lodo** (Mina: Lagedo, Pedras de Fogo), sua cor predominante verde-escura, “lodo”, apresentam-se em partículas grandes e resistentes (Mina Bravo) ou fragmentada na Mina Pedra de Fogo ou Lagedo. Possuem boa densidade e são bastantes viscosos, apresenta pouca calcedônia..

## **2.4 Processos para Extração de Bentonita**

Para o início de uma extração é necessário que a mina esteja regularizada junto aos Órgãos de Minas e Energia e aos Órgãos Ambientais, ou seja, devidamente autorizado. A LOP – Licença de Operação para Pesquisa, expedida pela SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente é o documento primordial de todos os trabalhos para início de uma mina, em sequência vem a Guia de Utilização, que é um documento provisório para lavra experimental, emitida pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral e o Decreto de Lavra, que é o documento permanente, emitido pelo Departamento de Minas e Energia.

## **2.5 Etapas da extração da Bentonita**

### **2.5.1 Descapamento**

Para o andamento da extração é retirado o estéril, ou seja, o material que não tem valor comercial que fica em cima da bentonita, que em média tem 1.80 metros. Também este material é usado para repor a cava ao final da extração.

### **2.5.2 Extração**

Nas minerações do Estado da Paraíba, a bentonita é extraída a céu aberto por máquinas: trator de esteira ou retro-escavadeira, pá carregadeira e caminhões tipo basculantes, não necessitando de detonação, sendo estocada no pátio da empresa para que se tenha garantia que, na época chuvosa não falte a matéria-prima para a produção, pois na estação chuvosa é impossível o transporte devido o material ficar escorregadio por ser de alta plasticidade.

Antigamente o estéril da mina era empilhado em locais onde não existisse bentonita a ser estrada. Atualmente, este material é aproveitado para repor a cava para o devido reflorestamento. Para ter um acesso que viabilize uma boa extração é necessária a abertura de uma entrada que permita acesso livre para os caminhões utilizados no transporte da bentonita.

Obedecendo as normas para lavra segura é necessário estabelecer uma distância mínima entre o capeamento e a frete de lavra de aproximadamente 8,0 metros (faixa decapeada), para que não caia (desmorone) material do capeamento sobre a bentonita extraída.

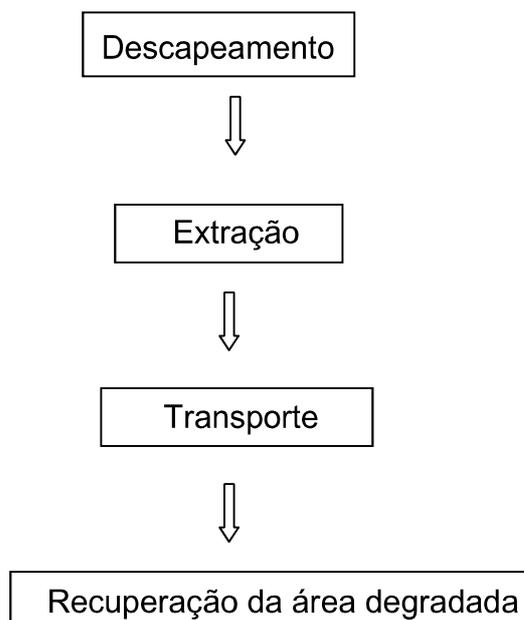
### 2.5.3 Transporte

No transporte da bentonita à fábrica, é utilizada uma máquina pá carregadeira tipo 930R ou retro-escavadeira no carregamento dos caminhões tipo basculante, com capacidade de 14,0 toneladas, sendo esse transporte contratado pela empresa compradora da matéria-prima.

### 2.5.4 Recuperação da área degradada

A recuperação da área degradada compreende a cava e a floresta, é realizada durante a extração, pois à medida que a lavra irá avançando é feita a reposição do material estéril (capeamento) para dentro da cava, que é preparada para o reflorestamento com plantas nativas, como: catingueira, pereiro, juazeiro, jurema, umbuzeiro, facheiro, coroa-de-frade, entre outras, que para isso é mantido um viveiro de mudas para atender a esta demanda.

Figura 2 - Fluxograma da Extração da Bentonita



Fonte: Própria (2017)

## **2.6 Etapas intermediárias Entre Extração e Produção**

### **2.6.1 Recebimento da Bentonita na Fábrica**

A bentonita in natura chega à fábrica na forma de granel e é estocado em pilhas pré-determinadas de acordo com litotipo de cada argila, como: chocolate, bofe, verde, sortido, cinza, etc., que pode provir de uma mesma mina ou de minas diferentes, assim como de diversas frentes de lavras.

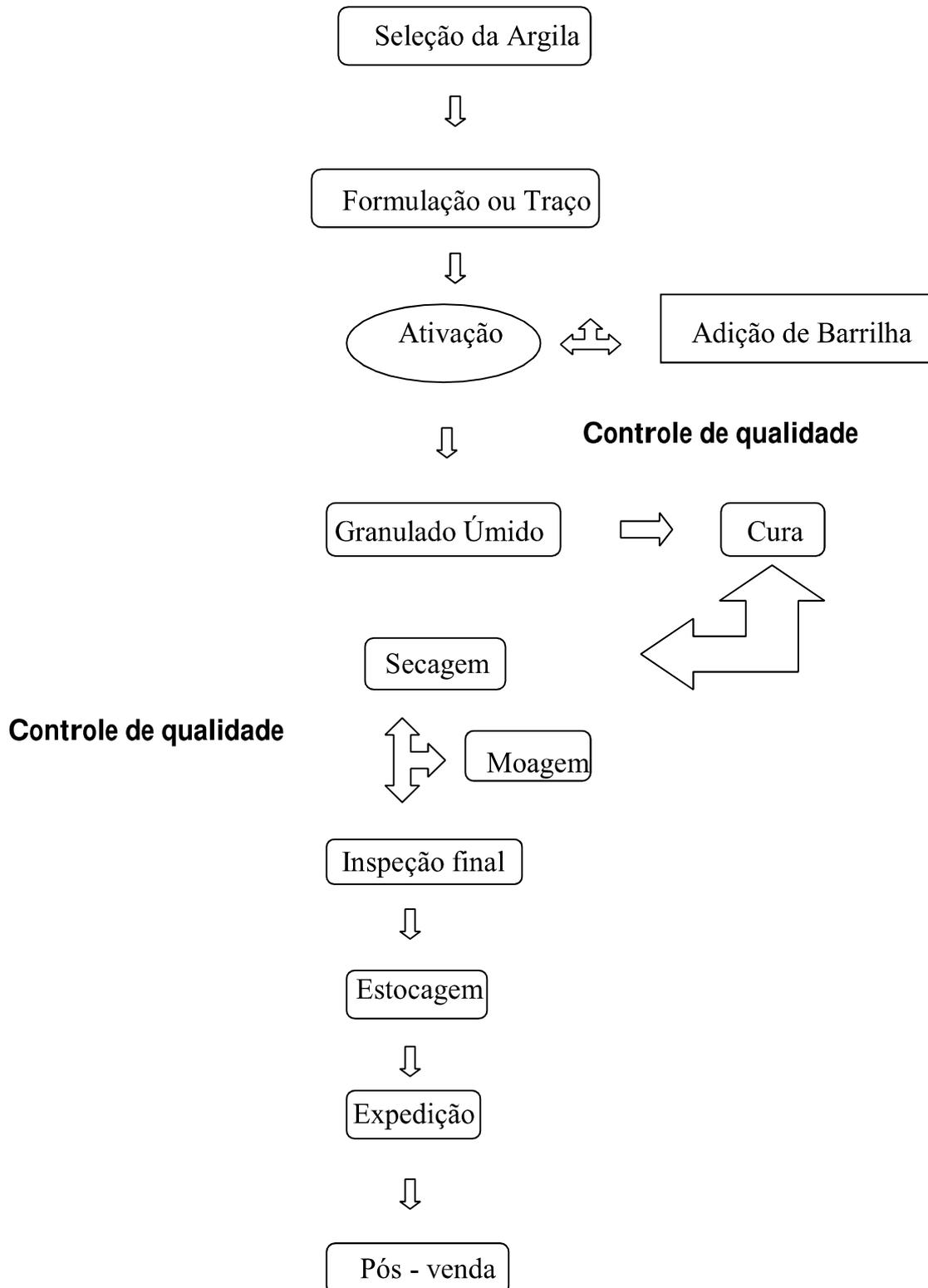
### **2.6.2 Controle de qualidade da Bentonita**

Com a estocagem da bentonita, a cada final do dia, é coletada uma amostra parcial na pilha que corresponda a todo material chegado do dia, desta amostra é feita uma amostra composta, que deve ser bem homogeneizada de modo que seja bem representativa é ativada no laboratório para analisar a qualidade da matéria-prima e assim ter conhecimento de todo material de cada pilha.

## **2.7 Processo de Transformação da Matéria Prima**

Este é o processo em que a argila passa pelo controle de fabricação. Aplica-se na fase de controle de processo e visa estabelecer instruções para coordenar as atividades de inspeção durante os processos de fabricação. A inspeção durante o processo, são todas as verificações realizadas ao longo do ciclo de produção objetivando evitar resultados insatisfatórios no produto final, como também adotas medidas corretivas e preventivas a fim de que a possibilidade de erro seja a menor possível e esteja sempre sob controle. A Figura 3 mostra o fluxograma do processo de produção e da transformação da bentonita.

Figura 3 Fluxograma do processo de produção da bentonita.



## 2.8 Descrições das Etapas Críticas do Processo

- **Seleção da argila:** dá-se o início na exploração da jazida de bentonita com o acompanhamento de um técnico responsável, o engenheiro de minas. Com técnicas adequadas, o material é retirado com o auxílio de um trator que remove o capeamento e pá-escavadeira que retira o estéril, despejando-a sobre o caminhão caçamba, que levam o material para o local que não contenha reserva de bentonita. Antes da extração, é introduzida uma sonda que permite verificar a disposição em camada de cada tipo de argila e da profundidade de que cada uma se encontra na superfície. Dessa forma, é retirada da larva;
- **Formulação ou traço:** A primeira fase do processo industrial na qual ocorre a mistura dos diversos tipos de matéria-prima de forma que o produto final atenda as especificações exigidas pelo mercado. A mistura em escala industrial é feita inicialmente por uma pá carregadeira, por números de conchas de argilas, conforme determinação, acompanhamento e fiscalização do Laboratório, devendo orientar o operador da pá carregadeira para que sempre procure manter os volumes iguais de material por concha e que a mistura seja o mais homogeneizado possível. Cada mistura é anotada na planilha, que consta: material usado, quantidade de conchas;
- **Execução:** início do processo de transformação da matéria prima;
- **Beneficiamento:** cálcica, o processo é mecanizado, sem adição de barrilha, já a sódica, com adição de barrilha;
- **Adição de barrilha:** adição de um pó impalpável constituído de no máximo 96% de carbonato de sódio, fornecido nas formas leves de densa e constitui-se uma das principais matérias primas dos produtos nas indústrias de beneficiamento de bentonita;
- **Ativação:** é o processo de transformação química da bentonita originalmente cálcica em sódica ativada através da adição de solução de carbonato de sódio (barrilha). Este processo é composto de: desintegração, mistura adição de barrilha, laminação e extrusão. A bentonita recebe uma dosagem de 2,5 a 3,0% da barrilha para receber uma qualidade similar a bentonita sódica natural, dos Estados Unidos.

Durante este processo é coletado amostras de aproximadamente 100gramas a cada 2 horas de produção para determinação de umidade natural da argila antes do processo de desintegração, assim como é coletado amostra no final do processo para determinar a umidade final. Realizado o processo de Ativação o material é empilhado para repouso de 24 horas para assim completar o ciclo, ou seja, deixar o material em repouso para melhor reação química. Após a cura o material é espalhado no lajão para a secagem que dura em média 60 horas;

- **Granulado úmido:** é a argila com adição da barrilha;
- **Cura de 2 dias:** o material deve ficar em cura de 1 a 2 dias, tempo estimado como ideal para que aconteça mais troca catiônica, assim passado os dias de curas, o material estará disponível para a etapa seguinte do processo que a secagem, seja ela mecânica ou natural;
- **Secagem natural:** é o processo de desidratação da Bentonita ativada pelo processo natural através do sol e secagem mecanizada pela estufa (secagem fechado através do calor, ou, pelo secador rotativo); na bentonita ativada é espalhada no pátio de secagem após o tempo de cura. O espalhamento da bentonita na área de secagem (lajão) deve ser executado de tal forma que se obtenha no final uma camada de argila com espessura variando de 5 a 12 cm, aproximadamente. Durante o espalhamento de cada etapa deve ser determinada a umidade de entrada do material no lajão, que durante a secagem, o laboratorista é responsável por avaliar o aspecto do material através de exame visual. A secagem do material ocorre em torno de 24 horas após o espalhamento, dependendo das condições climáticas. O material em secagem deve ser identificado por plaquetas com indicação da produção, etapa e data da secagem correspondente. Após a secagem o material é recolhido em pilhas e será feita uma amostragem composta, homogeneizada para determinar a umidade de saída;
- Por diversas razões tanto técnicas, quanto econômicas, utiliza-se a secagem ao sol, em piso de terraplanagem e piso de paralelepípedo, conhecido como lajão de secagem, onde a bentonita é espalhada em camadas de aproximadamente 30 centímetros de altura em uma área de 800 m<sup>2</sup> e através de um trator agrícola de pneus o material é revolvido para que a camada de

baixo seja transferida para cima para que seja seca uniformemente e assim não afeta a qualidade;

- **Moagem:** é o processo de comunicação de partículas maiores em finos (pó). Neste sistema o moinho é abastecido com o material que, por atrito ente os rolos e anel de moagem, num sistema fechado controlável em 200 mesh;
- **Inspeção final:** a inspeção visual deve compreender a verificação do estado e identificação das embalagens, prensas de materiais estranhos, diferença de coloração, e outras observações que possam comprometer a qualidade da barrilha;
- **Classificação:** tipo de argila, chocolate, chocobofe, bofe ou verde-lodo;
- **Identificação Provisória:** os lotes em formação, sejam em sacarias ou bag's plásticos, recebem etiquetas brancas com os seguintes dados, lote nº, pallet ou Bag nº; data de fabricação; operador, turno, situação da inspeção (em processo). Após completados os dados na etiqueta, os lotes permanecem nas áreas de espera até que o laboratorista proceda a coleta e coloque na etiqueta branca o carimbo de verificado, em cor azul. Nesta fase o produto pode ser arrumado no estoque, já a **identificação Definitiva:** ocorre quando é emitida a ordem de embarque pelo encarregado do laboratório, que deverá conter o nº do lote e a classificação final do produto e carimbo de liberado em tinta verde. O carimbo deve ser colocado nos campos do quadro impresso na própria embalagem de papel, onde se marca também a data de fabricação. Os lotes em bag's recebem uma etiqueta nova, com os seguintes dados, Cl-10, St-30, Aço-AP, Aço-BF, PETRO, PLT, onde marca a classificação final do produto, o nº de lote, a data de fabricação e o carimbo de liberado em tinta verde;
- **Estocagem:** a estocagem do produto acabado é em lotes individuais e identificados;
- **Expedição:** processo de liberação dos produtos destinados aos clientes, através de caminhões de carrocerias;
- **Pós – venda:** etapa final da produção, onde as argilas são armazenadas em local livres de contaminação, prontas para a venda.

## 2.9 Aplicações industriais da Bentonita

As bentonitas possuem diversas aplicações industriais, conforme Quadro 1, destacando os segmentos industriais e suas aplicações.

Quadro 1 Aplicações da bentonita conforme o segmento industrial e suas aplicações.

<b>Segmento Industrial</b>	<b>Aplicação</b>
Indústria de Fundição	Fundição de Aço e Ferrosos
Indústria de Minério de Ferro	Peletização de Minério de Ferro
Indústria de Petróleo	Perfuração Petroleira
Indústria da Construção Civil	Perfuração de Poços Artesianos; Impermeabilização de Solos; Impermeabilização de barragens
Indústria de Bebidas e Alimentos	Clarificação de Vinho e Sucos; Clarificação de cervejas; Clarificação de caldo-de-cana;
Indústria de Refino e óleos	Clarificação de óleos vegetais; Clarificação de óleos minerais; Clarificação de gorduras; Clarificação de sebos.
Indústria de Sabão	Carga para sabão; Fabricação de produtos de limpeza.
Indústria de Tintas	Tintas base água; Tintas base óleo; Espessador de adesivos, esmaltes e vernizes.
Indústria Veterinária	Ração Animal; Adsorventes de Toxinas (Micotoxinas/Aflatoxinas); Areia Sanitária para Animais de Estimação (Pett Litter)
Indústria de Plásticos	Cargas tecnológicas; Cargas reforçantes; Cargas tecnológicas e inertes.
Indústria Cosmética	Máscaras; Shampoo, Condicionadores, sabonetes, Baton, Hidratantes
Indústria de Papel	Cargas para papel; Cargas para papelão; Descoloração de papel.
Indústria Farmacêutica	Cicatrizantes, carga ativa e inerte; comprimidos, bactericidas.
Indústria do Meio Ambiente	Tratamento de efluentes; Remoção de metais pesados; Impermeabilização de aterro sanitário.
Indústria de Cerâmica	Tijolo, Lousas sanitárias, uso elétrico e isolante
Indústria de Rochas Ornamentais	Serragem de granitos
Indústria de combustível	Clarificação de biodiesel, catálise, desidratação do etanol.
Argila Esmectita	Para diversos fins, como bentonita cálcica, bentonita sódica ativada e natural, componentes bases para argilas organofílicas

Fonte: GALVÃO (2016)

### **3 METODOLOGIA**

No que se refere à metodologia, foi feito uma revisão da literatura sobre a argila bentonítica. O objetivo foi abordar a importância do uso da bentonita para fundição e a qualidade do produto final após a transformação da matéria prima.

O estudo baseou-se em uma pesquisa de caráter bibliográfica de grande importância e descritiva, feitas por meio de livros, artigos científicos, revistas, normas da ABIFA e especificações da CEMPE que serviram como base para meu trabalho de conclusão de curso.

O método utilizado, foi quantitativo.

### **4 BENTONITA PARA FUNDIÇÃO**

A Bentonita de fundição é um material constituído essencialmente por um argilomineral montmorilonita, formado pela desvitrificação e alteração química de um material vítreo, de origem ígnea, usualmente de um tufo ou cinzas vulcânicas usadas como aglomerante em areias de fundição (LUZ et. al.,2001a).

As bentonitas para fundição podem ser classificadas em cálcica e sódica, todas originadas de cinzas vulcânicas e transformadas durante milhões de anos. O tipo mais importante sob o ponto de vista de disponibilidade, reservas e utilização é a bentonita sódica natural. Este tipo de bentonita tem como característica uma elevada capacidade de inchamento em água, excelentes propriedades tixotrópicas e outras características que a distingue dos demais tipos.

A bentonita sódica natural comunica alta resistência a quente e a seco propriedades necessárias para evitar defeitos de expansão da areia, lavagem e erosão do molde. Este tipo de bentonita também apresenta uma alta durabilidade requerendo menos readição nos sistemas de areia.

As areias de moldagem ligadas com bentonita sódica natural, aparentam ter uma alta plasticidade quando misturadas com uma quantidade de água ótima. Isto facilita a moldagem evitando-se principalmente quebra de cantos dos moldes. Um

segundo tipo é a bentonita cálcica que é mais abundante na natureza. Em seu estado natural tem como cátion trocável o cálcio e baixa capacidade de inchamento.

Pela adição de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), numa quantidade correspondente a sua capacidade de troca de cátions, pode ser transformada em bentonita sódica. Bentonita sódica obtida desde maneira é denominada bentonita tratada ou ativada e se aproxima qualitativamente da bentonita sódica natural.

A bentonita sódica natural apresenta maior resistência a quente e maior a seco, que são propriedades necessárias para evitar defeitos de expansão da areia, lavagem e erosão do molde, também, apresenta alta durabilidade, com isso requer menos readição do produto nos sistemas de areia. A mistura Padrão sendo com uma bentonita de boa qualidade trará alta plasticidade que evita danos como, quebra dos cantos dos moldes, trinca a seco, etc. Ao contrário da bentonita cálcica que tem baixas propriedades, a bentonita cálcica com adição de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), numa quantidade correspondente a sua capacidade de troca de cátions, pode ser transformada em bentonita sódica.

Com a adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e outros manuseios o processo da bentonita é denominado de beneficiamento ou ativação, que se aproxima qualitativamente da bentonita sódica natural. Porém se a argila apresentar magnésio no lugar do cálcio, a troca de cátions não se completa satisfatoriamente e a bentonita resultante apresentará baixo ou moderado inchamento.

#### **4.1 Ensaio das Bentonitas para Fundição**

De acordo com a ABIFA (Associação Brasileira de Fundição), por meio da sua Comissão Técnica é supervisora e mantenedora do Comitê Brasileiro de Fundição (ABNT/CB-59), responsável pela elaboração e revisão das normas técnicas referentes à cadeia de fundição, existe a CEMP (Comissão de Estudos de Matérias Prima), onde efetivamente são definidas as especificações da Bentonita para fundição.

Esta especificação fixa as características das bentonitas para fundição. As bentonitas para fundição são classificadas em três classes: sódica natural, sódica ativada (tipos I, II e III) e cálcica (ABIFA, CEMP E-04, 2015):.

A bentonita para fundição deve apresentar-se sobre a forma de um pó impalpável, isenta de impurezas e grumos. As características para aceitação da bentonita para fundição devem estar de acordo com a Tabela 1, da norma CEMP E-04 (ABIFA, 2015).

Tabela 1 Características das bentonitas para fundição e Classes de bentonitas-requisitos físico-químicos

Classe						
Características		Sódica natural	Sódica ativada			Cálcica
			Tipo I	Tipo II	Tipo III	
Umidade original (%)		9 – 13	9 – 13	9 – 13	9 – 13	9 – 13
Inchamento (ml/2g)		Mín.30	Mín.35	Mín.30	Mín.26	-----
Teor de Partículas grossas	Peneira 40 (%)	0	0	0	0	0
	Peneira 200 (%)	Máx.15	Máx.15	Máx.15	Máx.15	Máx.15
A.A.M. original (ml/0,5g)		Mín.50	Mín.50	Mín.45	Mín.50	Mín.50
A.A.M. 550°C (ml/0,5g)		Mín.35	Mín.29	Mín.25	Mín.31	Mín.25
R.C.V. (N/cm <sup>2</sup> )		Mín.11	Mín.12	Mín.11	Mín.10	Mín.14
R.T.U. (N/cm <sup>2</sup> )		Mín.0,28	Mín.0,30	Mín.0,28	Mín.0,27	-----

Fonte: ABIFA, CEMP E-04. Anexo (2017)

Observações:

A.A.M. original → Adsorção de azul de metileno no estado original;

A.A.M. 550°C → Adsorção de azul de metileno após calcinação (550°C);

R.C.V. → Resistência à compressão a verde;

R.T.U. → Resistência à tração a úmido

Os ensaios para bentonita usadas em fundição são realizados conforme descrição e metodologia que estão no anexo A.

## 5 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível concluir:

- As bentonitas do município de Boa Vista/PB são de boas qualidades para diversas aplicações, inclusive para fundição;
- As formações geológicas das bentonitas da Paraíba foram da constituição de um argilomineral montmorilonítico do grupo das esmectíticas, formadas de cinzas vulcânicas.
- A bentonita da Paraíba foi formada em lagos e córregos de água doce e assim sendo Cálcica Natural e para adquirir as mesmas características, quanto a sua qualidade, necessita ser ativada com Carbonato de Sódio (barrilha).
- As especificações e normas para bentonita usada em fundição são definidas pelo cliente e já bem padronizadas e com os parâmetros dos produtos devidamente requeridas e normatizados conforme ABIFA (Associação Brasileira de Fundição), seguindo normas da CEMP (Comissão de Estudos de Matérias Prima).
- As bentonitas para uso na fundição são submetidas a ensaios de controle de qualidade nos próprios laboratórios das empresas fornecedoras, obedecendo a normas para cada aplicação.

## REFERÊNCIAS

ABIFA CEMP Comissão de estudos de Matérias Primas. Disponível <http://www.abifa.org.br/abntcb-590-comite-brasileiro-de-fundicao/>. Acesso em 28.Nov. 2015

ABIFA CEMP Comissão de estudos de Matérias Primas. Norma CEMP E-04. Disponível <http://www.tecnofund.com.br/cemp/normas/E04.pdf> Acesso em 28.Nov. 2015

AMORIM, L. V.; FARIAS, K. V.; SILVA, A. R. O.; PEREIRA, M. S.; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. 2007. **Desenvolvimento de formulações de fluidos base água para perfurações de poços de petróleo – estudo preliminar.** 4º DPETRO, Campinas, SP

DNPM DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISAS MINERAIS, 2007. **Sumário Mineral DNPM.** Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1063>. Acesso em 14.set.2017;

LUZ, A. B., MAGALHÃES, C. A. M. e MACHADO, A. O. D. (2001a). Relatório de viagem aos EUA preparado para o Projeto CTPetro-UFPE/CETEM, RV-10/01-CETEM

LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A. e NETO, M. A. A.(2001b). **Bentonita: UBM – União Brasileira de Mineração. In: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil**, p.373-376, Editores: João A Sampaio, Adão B. da Luz e Fernando F. Lins, CETEM/MCT, 398p;

AMORIM, L. V.; VIANA, J. D.; FARIAS, K. V.; BARBOSA, M. I. R.; FERREIRA, H. C. 2006. **Estudo comparativo entre Variedades de argilas bentoníticas de Boa Vista.** Revista Matéria, v.11: 30-40.

SILVA & FERREIRA (2008)

<http://www.scielo.br/img/revistas/ce/v54n330/a12fig01.gif>

Fonte: Própria, 2017

Fonte: Própria, 2017

<http://www.bentonisa.com.br/>

ABIFA, CEMP E-04, 2015

## **ANEXO A - ENSAIOS DE BENTONITAS PARA FUNDIÇÃO**

Normas da ABIFA (Associação Brasileira de Fundição), conforme CEMP (Comissão de Estudos de Matérias Prima):

### **CEMP 058 – Bentonita para fundição - Determinação do inchamento;**

O inchamento de bentonita para fundição é o volume desenvolvido por uma quantidade de bentonita em estado de fornecimento equivalente a 2,0 g de amostra seca, após decantação em água destilada.

### **CEMP 060 – Bentonita para fundição - Determinação da resistência à compressão a verde da mistura padrão;**

Resistência à compressão a verde é a máxima tensão de compressão que um corpo padronizado é capaz de suportar sob determinadas condições de ensaio.

### **CEMP 061 - Bentonita para fundição -Determinação da permeabilidade da mistura padrão;**

Permeabilidade em mistura padrão de aglomerante para fundição é o índice que expressa a capacidade que uma mistura padrão compacta possui em permitir a passagem de ar através dos vazios intergranulares sob condições padronizadas.

### **CEMP 062 - Bentonita para fundição -Determinação da resistência à tração a úmido da mistura padrão;**

Resistências à tração à úmido é a máxima tensão de tração de um corpo de prova padronizado é capaz de suportar na camada de condensação da umidade.

### **CEMP 063 - Bentonita para fundição -Determinação da absorção de azul de metileno pelo método do pirofosfato de sódio;**

Adsorção de azul de metileno em bentonita é a quantidade máxima de azul de metileno absorvido por uma amostra de bentonita no seu natural de recebimento.

### **CEMP 065 - Bentonita para fundição – Determinação da compactabilidade da mistura padrão;**

Compactabilidade é a redução percentual da altura sofrida por uma determinada massa de areia, sob influência de compactação.

**CEMP 066 – Bentonita para fundição - Determinação da resistência à compressão a seco da mistura padrão;**

Resistência à compressão à seco é a máxima tensão de compressão que um corpo de prova padronizado, após estufagem, é capaz de suportar sob determinadas condições de ensaio.

**CEMP 067 – Bentonita para fundição - Determinação da resistência à compressão a quente da mistura padrão;**

Resistência à compressão a quente é a máxima tensão de compressão que um corpo de prova padronizado é capaz de suportar sob determinadas condições de ensaios a temperaturas elevadas.

**CEMP 068 – Bentonita para fundição -Preparação para mistura padrão;**

Mistura padrão para o ensaio de bentonita para fundição é a mistura mecânica de uma areia de sílica com uma quantidade definida de bentonita e um volume de água que proporcione à mistura uma compactabilidade padrão sob determinadas condições de preparações.

**CEMP 078 - Bentonita para fundição -Determinação da absorção de azul de metileno e do índice de estabilidade térmica após a calcinação a 550°;**

Absorção de azul de metileno após a calcinação a 550° é a quantidade máxima de azul de metileno adsorvido por uma amostra de bentonita após calcinação a 550° C.

**CEMP 109 – Materiais para fundição – Determinação do teor de partículas grossas em materiais soba forma de pó;**

Teor de partículas grossas é a porcentagem de partículas com tamanho superior a 0,075 mm existentes nos materiais sob forma de pó usados em fundição.Observação: Para a determinação do teor de partículas grossas em bentonitas, recomenda-se a utilização da Recomendação CEMP 208.

**CEMP 116 – Materiais para fundição -Determinação do fator da solução de azul de metileno por titulação com solução de cloreto titanoso ( $TiCl_3$ );**

Rescreve o método de faturação da solução de azul de metileno utilizada para a determinação da adsorção de azul de metileno e do índice de estabilidade térmica de bentonitas, bem como do teor de argila ativa em areias de moldagem.

**CEMP 120 – Materiais para fundição - Determinação da pedra ao fogo;**

Prescreve o método para determinar o teor de materiais orgânicos e da água de cristalização contidos nos constituintes dos materiais para fundição, afim de prevenir defeitos causados por gases.

**CEMP 121 - Materiais para fundição - Determinação do pH;**

O pH de materiais para fundição é medida da concentração do hidrogênio iônico por diferença de potencial entre o meio líquido do material em análise e a cátodo de calomelano, representada em uma escala de 0 à 14 cujo valor indica acidez ou alcalinidade do material.

**CEMP126 - Amostragem de material na forma de pó;**

É o modo de coletar uma quantidade de material, na forma de pó para fundição, que seja representativa do lote, para posterior análise e avaliação.

**CEMP 206 – Bentonita para fundição -Determinação da umidade;**

Eliminação da água por aquecimento controlado e verificação da diferença de massa.

**CEMP 208 - Bentonita para fundição -Determinação de teor de partículas grossas;**

Teor de partículas grossas é a porcentagem de partículas com tamanho superior a 0,075mm e 0,425mm existentes nas bentonitas para fundição.

**CEMP 134 – Equipamento para areias de moldagem - Verificação do Marteleto**

É o procedimento para verificar algumas características do marteleto, por intermédio de dispositivos e acessórios para a verificação.