

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



AValiação da Qualidade de Gesso Beta Produzido em Forno Rotativo Contínuo Usando o Gás Natural como Combustível

CAVALCANTI¹, D.E.S.; MELO², R.A.D.P.; MELO³, D. C. P; SOUZA⁴, R.A.M.; BENACHOUR⁵, M.;

1 Mestrando do DEQ/UFPE **2** Mestrando do DEQ/UFPE **3** Doutoranda do DEQ/UFPE

4 Aluna de Engenharia Química do DEQ/UFPE **5** Professor do DEQ/UFPE
Departamento de Engenharia Química

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Cidade Universitária, 50740-521 – Recife – PE. e-mail: mbena@ufpe.br ; daniloquimica2006@hotmail.com;

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

Avaliação da Qualidade de Gesso Beta produzido em Forno Rotativo Contínuo Usando o Gás Natural como Combustível

Abstract

This work involves studying the production of beta gypsum in pilot continuous rotary kiln direct contact, available from the Department of Chemical Engineering, UFPE, using natural gas as fuel. For this, the material produced by the furnace was characterized by analyzing the degree of hydration, hardness, density, Mechanical Strength and Setting time Initial and Final, checking whether it falls under the Standard NBR 13207, which determines values of the main features of gypsum produced in Brazil. The results of the samples studied had different values of the analyzed quantities that meet the standards required by Rule NBR13207 with consequent reduction of waste during production (high conversions of gypsum), there for providing a limited environmental impact, since natural gas is considered a fuel cleaner in comparison of others used in Araripe Gypsum Pole/PE, and deforestation in the region for production of wood fuel is reduced.

Introdução

A gipsita, um mineral não metálico de larga ocorrência natural, é um sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que contém 79% de sulfato de cálcio e 21% de água de cristalização. Quando desidratada até a perda de 1,5 moléculas de água, constitui-se num hemidrato estável, comercialmente denominado de gesso, cuja característica mais importante é a capacidade de rehidratação acompanhada do fenômeno de pega e o retorno à estrutura cristalina da gipsita. (BENACHOUR, PERES, SANTOS, 2008). O minério de gipsita, matéria-prima para a fabricação de gesso, encontrado no Pólo Gessífero do Araripe, Estado de Pernambuco, é considerado o de melhor qualidade no mundo, apresentando um teor que varia de 88% a 98% de pureza (BALTAR et al., 2004).

O pólo gessífero do Araripe, no extremo oeste pernambucano, fornece nada menos que 95% do gesso consumido no Brasil, algo hoje em torno de 5 milhões de toneladas por ano. As reservas de gipsita, rocha mineral que origina o gesso, são estimadas em 1,2 bilhões de toneladas, quinto maior volume do mundo. Os principais fornos encontrados no Pólo Gessífero do Araripe utilizados na produção de gesso beta podem ser classificados de acordo com o tipo de contato entre os gases de combustão e o minério, contato direto ou indireto, e quanto ao tipo de funcionamento, batelada ou contínuo. Em fornos de contato indireto, os gases da combustão aquecem uma superfície metálica que por sua vez transfere o calor para a gipsita. Em geral, esses tipos de fornos têm como combustível lenha ou óleo BPF, já que o contato dos mesmos com a gipsita não é recomendável, pois pode ocorrer mistura do material, acarretando alteração das propriedades do gesso (BENACHOUR, PERES, SANTOS, 2008).

Já em fornos de contato direto, o gás flui concorrentemente no interior de um cilindro metálico, estabelecendo um contato tipo gás/sólido, o qual permite uma maior eficiência do processo de troca térmica, que é essencial ao processo. Nos últimos anos, tem-se pesquisado a viabilidade da utilização de gás natural como combustível nesses fornos. As vantagens do uso do gás natural vêm tanto da eficiência da troca térmica já que o mesmo pode ser utilizado em fornos de contato direto, como do maior volume de processamento. Porém, a principal vantagem deste insumo energético é a preservação do ecossistema, pois o gás natural é um combustível pouco poluente. Sua combustão é limpa, isenta de fuligem e outros materiais que possam prejudicar o meio ambiente. Geralmente, ele apresenta baixos teores de contaminantes como o nitrogênio, dióxido de carbono, água e compostos de enxofre.

A crescente demanda de gesso beta, devido principalmente ao crescimento da construção civil no Estado, alimenta os sonhos de grandeza da região, que sofre com gargalos importantes de infraestrutura, sobretudo em energia e transportes. Praticamente todas as fábricas do pólo abastecem com lenha e coque os fornos onde a gipsita é convertida no gesso em pó que conhecemos. Pleito antigo do setor, formado majoritariamente por pequenas e médias empresas, o gás natural começou a chegar ao Araripe há pouco mais de um mês, provocando grande expectativa de um salto de qualidade e de volume na produção local. Mais limpo e eficiente, o combustível poderá oferecer a segurança energética necessária para que o setor atenda melhor uma demanda que em 2010 avançou 30% sobre o ano anterior, além de evitar o desmatamento da região que muitas vezes usa a lenha como combustível (COPERGÁS, 2011).

O presente trabalho envolve o estudo do processo de produção de gesso beta em um forno piloto rotativo contínuo de contato direto, disponível no Departamento de Engenharia Química da UFPE, utilizando o gás natural como combustível. Para isso, o material produzido pelo forno foi analisado, verificando se o mesmo se enquadra segundo a Norma NBR 13207, que determina valores das principais características do gesso produzido no Brasil, verificando assim como a adoção do gás natural como combustível afetará a qualidade do gesso produzido.

Metodologia

- Descrição do Forno Piloto Utilizado na Calcinação da Gipsita

O forno piloto de calcinação de gipsita (Figura 1), construído no Laboratório de Processos Catalíticos do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE), tem diâmetro interno de 0,90 m e comprimento de 5,46 m ($L/D = 6,07$). É confeccionado em chapa de aço carbono de 0,006 m de espessura e possui internamente quatro aletas axiais e uniformemente distribuídas. Duas destas aletas, diametralmente opostas, possuem terminais com inclinação de 90° e as outras duas de 120° , para promoverem um preenchimento mais uniforme possível da seção transversal do forno com os sólidos, permitindo um contato eficiente entre os componentes da mistura gás-sólido.



Figura 1 - Forno rotativo piloto para calcinação da gipsita.

- Caracterização do Gás Natural Utilizado no Forno Piloto

A composição comercial do gás natural depende da composição do gás natural bruto, do mercado atendido, do uso final e do produto gás que se deseja. Apesar desta variabilidade da composição, são parâmetros fundamentais que determinam a especificação comercial do gás natural, o seu teor de enxofre total, o teor de gás sulfídrico, o teor de gás carbônico, o teor

de gases inertes, o ponto de orvalho da água, o ponto de orvalho dos hidrocarbonetos e o poder calorífico (GASNET, 2009). A Tabela abaixo apresenta a composição do gás natural fornecido pela COPERGÁS e utilizado nos ensaios experimentais desta pesquisa.

Tabela 1 – Composição do gás natural utilizado no presente trabalho.

<i>Nome</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Volume (%)</i>
Metano	CH ₄	89,24
Etano	C ₂ H ₆	7,86
Propano	C ₃ H ₈	0,24
Butano e mais pesados	C ₄ H _{10+n} (C _N H _N)	0,05
Nitrogênio	N ₂	1,34
Dióxido de Carbono	CO ₂	1,25
Oxigênio	O ₂	0,02

Fonte: COPERGÁS.

- Descrição dos Ensaios Experimentais

O forno rotativo piloto foi operado em regime de estado transiente. Os testes foram realizados com gipsita proveniente do Pólo Gesseiro do Araripe/PE (SUPERGESSO S.A). A vazão de alimentação de sólidos permaneceu constante durante a execução dos experimentos. Na saída do forno, a massa do material foi pesada e quantificada por unidade de tempo, assim determinava-se a vazão de sólidos na saída. Quando as vazões na entrada e saída do forno apresentavam-se constantes, concluíam-se que o forno operava em regime permanente, em relação à taxa de material.

Antes de efetuar a caracterização do material produzido, as amostras passaram por um processo de redução de sua granulometria através de um moinho de bolas, e em seguida foram peneiradas utilizando peneira de abertura igual a 10 mesh (aproximadamente 2,0 mm). As variáveis de controle selecionadas para o estudo da calcinação no forno foram: temperatura de controle da combustão (T_c), vazão de alimentação de sólido (Q_s) e velocidade de rotação do cilindro (N). Cada ensaio foi realizado nas condições otimizadas preestabelecidas em trabalhos anteriores: temperatura de combustão (500°C), vazão de alimentação de sólidos (175 kg/h) e velocidade de rotação do cilindro do forno (2 rpm). Durante a execução dos experimentos, o cilindro do forno permaneceu inclinado com ângulo constante de 1° em relação à horizontal, e o combustível utilizado no forno foi o gás natural com excesso de ar em 20%.

Todo sistema de controle do forno foi realizado através de um *software* supervisor conectado a um sistema de instrumentação para monitoramento e controle de variáveis durante a operação da planta. Através de um computador foi possível acionar os principais motores envolvidos na operação e controlar variáveis como: velocidade de rotação do cilindro e a taxa de alimentação de sólidos. Utilizando o mesmo sistema, foi possível monitorar as vazões de combustível e comburente, assim como a temperatura dos gases oriundos da combustão, através de cinco termopares distribuídos ao longo do forno.

- Métodos para Caracterização do Gesso

Para a determinação da umidade e grau de hidratação contida no hemidrato, utilizou-se como equipamento uma termo-balança (modelo GEHAKA IV 200), que utiliza a técnica de infravermelho para determinar a umidade. Foi considerado o valor médio de três determinações como o valor representativo para umidade e água de cristalização. Para a realização do ensaio de determinação da

distribuição granulométrica do material sólido, foi adotado o procedimento descrito na norma NBR 12127 e EB-22. Para o ensaio de quantificação da massa unitária do gesso na forma de pó foi adotado o procedimento descrito também na norma NBR 12127 e EB – 22.

A determinação do tempo de pega, consistência normal, foi feita adotando-se o procedimento descrito pela norma NBR 12128 e EB – 22, que utiliza o aparelho de Vicat modificado. Para a realização dos ensaios de compressão, determinando a resistência mecânica, foram adotados os procedimentos descritos na norma NBR 12129 (MB-3470) e EB – 22. A preparação dos corpos de prova foi feita em moldes de aço inox e a prensa utilizada para execução do ensaio encontra-se conforme os padrões mínimos estabelecidos pela norma supracitada. Para a avaliação da dureza utilizou-se um durômetro *GS709 Shore C (Woltest)*. Em cada bloco foram realizadas três medidas por face em locais alternados.

Resultados e Discussão

Após a realização dos experimentos, foram coletadas 6 amostras, as quais deveriam ser analisadas segundo o Grau de Hidratação, Dureza, Massa Unitária, Resistência Mecânica e Tempo de Pega Inicial e Final, tendo como referência a Norma NBR 13207, que associa valores dessas grandezas a qualidade do gesso. Os resultados das medições do material formado são listados na Tabela **.

Tabela 2 – Resultados das características Físico-Químicas e mecânicas das Amostras

Amostras	Grau de Hidratação (%)	Dureza (N/mm)	Massa Unitária (MPa)	Tempo de Pega Inicial (min)	Tempo de Pega Final (min)	Resistência Mecânica (Kg/m ³)
1	6,0	60	932,2	5,9	28,3	22,6
2	6,0	59	960,0	8,3	22,5	26,8
3	6,0	58	910,3	6,1	22,6	22,2
4	5,8	60	927,5	7,2	28,7	25,8
5	5,9	58	940,0	6,5	24,1	26,0
6	6,1	62	965,2	8,5	29,0	27,4
Norma (NBR-13207)	$4,5 \leq X \leq 6,3$	$X > 30$	$X > 700$	$4 \leq X \leq 10$	$20 \leq X \leq 45$	$X > 8,4$

Segundo a norma NBR 13207, o Grau de Hidratação para um gesso de qualidade deve estar entre 4,2% e 6,2%, abaixo de 4,2%, gipsita não foi ainda convertida em gesso, já para valores acima de 6,2% ocorre a formação de anidrita II, ou seja, parte do material convertido foi transformada em gesso e outra parte em anidrita II, interferindo assim na qualidade do gesso final. Analisando a Tabela 2 (Figura 2), pode-se constatar que com relação ao Grau de Hidratação, o material produzido apresentou valores respondendo a Norma 13207. As amostras apresentaram valores de conversão entre 97% e 94%, ou seja, grande parte da gipsita foi convertida em gesso.

Com a relação a Dureza, todas as amostras atingiram um valor acima do valor mínimo exigido pela NBR 13207, isso pode ser observado na Figura 3.

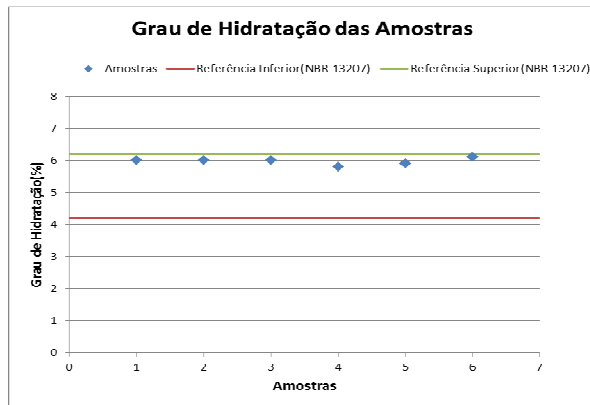


Figura 2- Grau de Hidratação das Amostras

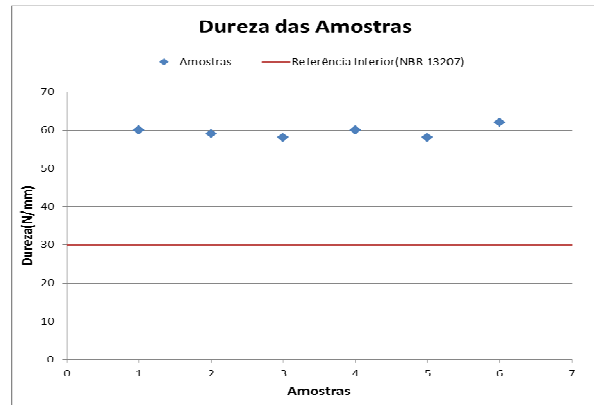


Figura 3 – Dureza das Amostras

Todas as amostras apresentaram valores de Massa Unitária de acordo com os padrões exigidos pela norma NBR 13207. Isso pode ser observado na Figura 4. Já em relação à Resistência Mecânica, todos os valores atingiram o valor mínimo da norma NBR 13207 (Figura 5).

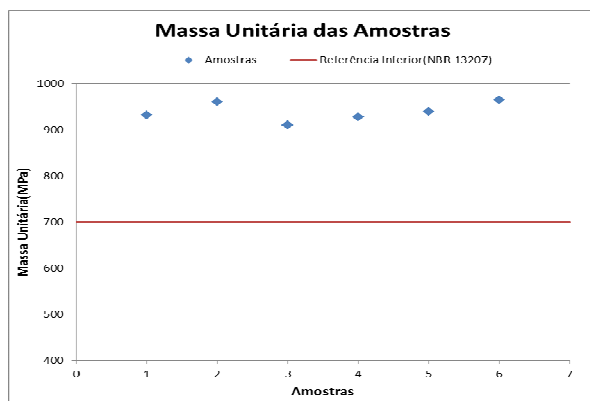


Figura 4 - Massa Unitária das Amostras

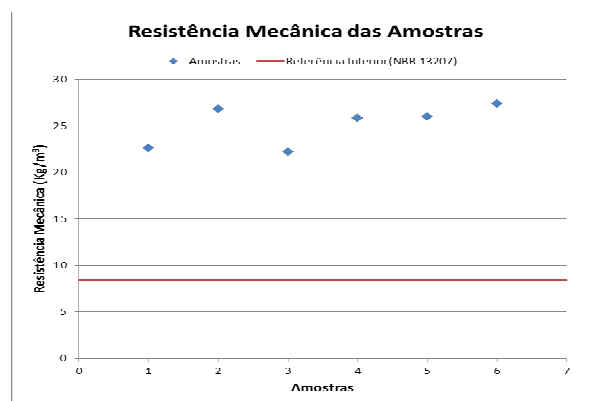


Figura 5 - Resistência Mecânica das Amostras

Os resultados da evolução do Tempo de Pega Inicial e do Tempo de Pega Final do material formado nas diferentes amostras são apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

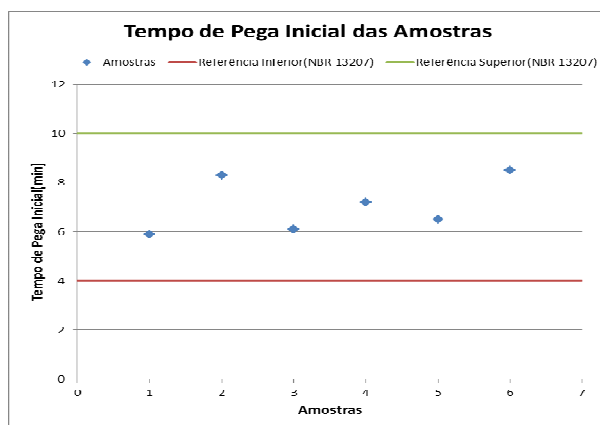


Figura 6 - Tempo de Pega Inicial

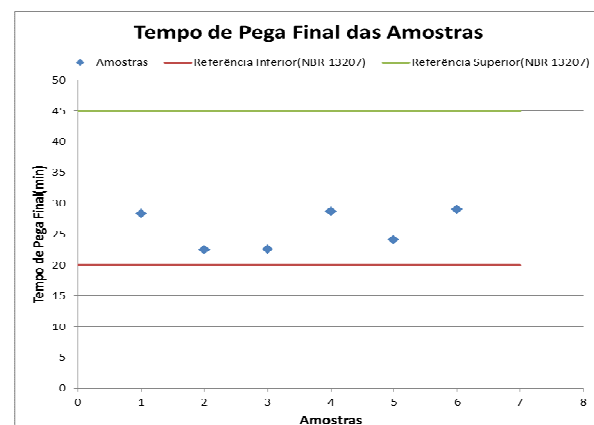


Figura 7 - Tempo de Pega Final

Analisando a Figura 6, nota-se que todas as amostras apresentaram valores de Tempo de Pega Inicial dentro do intervalo indicado pela norma técnica NBR 13207. De mesmo modo, todas as amostras ofereceram valores de Tempo de Pega Final dentro da Norma NBR 13207.

Conclusões

O estudo do processo de calcinação da gipsita em um forno piloto rotativo contínuo a contato direto funcionando com gás natural como combustível, e a análise das propriedades físico-químicas e mecânicas do gesso obtido em comparação com a Norma técnica NBR13207, permitiu concluir que: Todas as amostras analisadas apresentaram valores de Grau de Hidratação, Massa Unitária, Resistência Mecânica, Dureza e Tempo de Pega Inicial e Final que respondam aos padrões exigidos pelas normas referentes à qualidade de gesso. Dessa forma, podemos concluir que a produção de gesso através da utilização de gás natural como combustível enquadra o material produzido dentro da Norma NBR13207 que define o padrão de qualidade do gesso no Brasil.

Dessa forma, pode-se obter um gesso de qualidade e respondendo às normas técnicas em vigor, com consequente redução dos desperdícios durante a produção (altas conversões da gipsita), como também proporcionando uma limitação ao impacto ambiental, já que o gás natural é considerado um combustível mais limpo do que os que são utilizados pela maioria das empresas no Pólo Gesseiro do Araripe. Outra importante redução no impacto ambiental se deve a diminuição do processo de desmatamento para produção de lenha como combustível.

Além disso, a garantia da qualidade do gesso produzido com gás natural traz perspectivas de mudança e crescimento na região do Araripe, dado que as empresas da região terão um melhor controle da qualidade do gesso e garantia de insumo energético, fato que não ocorre com a utilização de lenha combustível.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ-UFPE) pelo apoio.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.NBR 12127 (MB 3468). **Gesso para construção - determinação das propriedades mecânicas**. Rio de Janeiro: 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.NBR 12129 (MB 3470). **Gesso para construção - determinação das propriedades mecânicas**. Rio de Janeiro: 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13207. **Gesso para construção civil**. Rio de Janeiro: 1994.

BALTAR, C. A. M; BASTOS, F. F.; BORGES, L. E. P. **Variedades Mineralógicas e Processos Utilizados na Produção dos Diferentes Tipos de Gesso**. In.: Encontro nacional de tratamento de minérios e metalurgia extrativa. Anais: Florianópolis, 2004, 329 p.

BENACHOUR, M. PERES, L.S. SANTOS, V. **Gesso: aplicação na construção civil**. Recife: SEBRAE, 2008.

COPERGÁS. **Companhia Pernambucana de Gás**. Disponível em: <http://www.copergas.com.br>

GAS NET. **Apresenta informações técnicas referentes ao gás natural**. Disponível em: <http://www.gasnet.com.br>