

DESENVOLVIMENTO DE PROPANTES CERÂMICOS SINTÉTICOS DE ALTA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E AO MEIO SALINO/ ÁCIDO A PARTIR DE REJEITOS DO PROCESSAMENTO MINERAL E METALÚRGICO

V. P. P. de Campos^{1*}, F. M. Nogueira², R. P. Nunes¹, S. Toffoli¹, T. S. Valera¹, D. Gouvêa, G. F. B. Lenz e Silva¹

¹Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; PMT-POLI/USP

²PQI-POLI/USP

*Escola Politécnica da USP, Departamento de Eng. Metalúrgica e de Materiais - Av. Prof. Mello Moraes, 2463 - 05508-010, São Paulo, SP, Brasil.

e-mail: vitorppc@usp.br

RESUMO

Os propantes são usualmente materiais esférico e arredondados com dimensões que variam entre 4,00 e 0,07 mm de diâmetro, podem ser naturais como a areia, ou materiais cerâmicos sintéticos como os propantes a base de bauxita calcinada apresentando resistência mecânica ao esmagamento entre 40 e 50 MPa. Essas esferas são injetadas como uma fração de um fluido utilizado na técnica de fraturamento hidráulico executada em reservatórios antigos, de baixa pressão ou de alta profundidade para elevar a produtividade da extração de hidrocarbonetos (petróleo ou gás). Neste trabalho, foi avaliado o uso de resíduos industriais do processamento mineral e metalúrgico, como rejeitos de flotação de minérios e lamas originárias da produção de alumina (lama vermelha/processo Bayer) e da produção de níquel (lamas negra - processo Caron - e cinza) para a produção de corpos cerâmicos destinados a produção de propantes cerâmicos sintéticos com alta resistência ao esmagamento e à ambientes salinos/ácidos.

Palavras-chave: Propante; Pré-sal; Reciclagem de resíduos minerais; Fraturamento hidráulico.

INTRODUÇÃO

Na indústria petrolífera existem diversas técnicas de aumento e recuperação da produtividade de poços de petróleo que geram o aumento da produtividade durante sua extração. Uma dessas técnicas é a utilização de fraturamento hidráulico com a utilização de propantes, naturais ou sintéticos, compostos por materiais esféricos com determinadas características mecânicas para a extração do óleo ou gás dos poços.

A confecção de materiais provenientes de rejeitos de processos de extração de matérias-primas tem sido explorada, dada sua reutilização como novos materiais e processos^(1, 2). No processo de flotação do níquel, o rejeito à base de silicato de magnésio ou lama cinza é abundante em sua composição. Quando misturado à lama vermelha, proveniente do processo de conversão da bauxita em alumina pelo processo Bayer e ao rejeito do processo de lixiviação amoniacal do processo Caron, conhecido como lama negra, age como material fundente para a diminuição da temperatura de fusão da lama cinza e assim, diminuindo a energia necessária para a fusão/sinterização do material.

É possível aproveitar os três rejeitos com a aplicação direcionada a um mercado importante, produtivo e promissor. Este trabalho visa a avaliação e determinação de uma rota tecnológica capaz de reaproveitar esses resíduos para a produção de propantes cerâmicos sintéticos.

Pré-sal e gás de xisto (*shale gas*)

O pré-sal é um conjunto de rochas localizadas em águas ultraprofundas de grande parte do litoral brasileiro e possui potencial para a geração e acúmulo de hidrocarbonetos. Chama-se de pré-sal devido ao intervalo de rochas que se estende por baixo de uma extensa camada de sal, que pode atingir espessuras de até 2.000 metros. É uma camada de sedimentos depositada logo abaixo de uma espessa camada de rochas salinas (evaporitos)⁽³⁾.

O óleo do pré-sal possui densidade que varia de 28,5º a 30º API, conforme a norma API - American Petroleum Institute^(3 - 5), uma taxa de óleo-gás de 200 a 350 m³/m³, quantidades variadas de CO₂ (de 8 a 15 por cento)^(6, 7), baixo teor de enxofre e baixa acidez⁽⁴⁾.

Também como fonte de hidrocarbonetos o xisto (rochas oleíferas - folhelhos), também conhecido do inglês como *shale gas*, se trata de uma rocha de origem sedimentar que apresenta uma textura foliácea e de lâminas muito delgadas⁽⁸⁾.

A sedimentação de matéria orgânica ao longo do tempo gera a formação de rochas de baixa permeabilidade e, com o aumento da temperatura e pressão é formado o gás de xisto (*shale gas*) que pode ser extraído por meio da técnica de fraturamento hidráulico⁽⁹⁾.

Fratura hidráulica

Reservatórios não convencionais de óleo/gás são os principais alvos para utilização da técnica de fraturamento hidráulico. Essa técnica pode melhorar o nível de produção de poços de petróleo e de gás⁽¹⁰⁾.

Por meio do processo de injeção de fluido a alta pressão, se formam fraturas na parede do poço que se propagam para o interior do reservatório e para manter essas fraturas abertas, quando a pressão for aliviada, outro fluido contendo propante é injetado⁽¹¹⁾.

Os propantes e a mistura de fluidos são os principais componentes dos materiais de fraturamento^(10, 12). Esse fluido pode ser petróleo, gel aquoso ou água e diversos produtos químicos empregados no fraturamento como ácidos, estabilizantes, inibidor de corrosão, redutor de fricção, surfactantes, agente de ajuste de pH. Este fluido ajuda na estimulação e recuperação dos hidrocarbonetos⁽¹³⁾.

Propantes

Os propantes podem ser agrupados em três principais categorias: a areia de sílica arredondada, o cascalho e as areias revestidas de resina e os materiais cerâmicos sintéticos sinterizadas e/ou fundidas⁽¹³⁾. Os materiais mais comumente utilizados são de areia, cerâmica, areia revestida de resina e bauxita sinterizada⁽¹⁴⁾.

As principais granulometrias dos propantes, entre US mesh 30 equivalente a 0,589 mm e US mesh 50 equivalente a 0,297 mm.

Com maior resistência ao esmagamento, materiais cerâmicos sintéticos permitem utilizações em até 140 MPa, além da inércia química. Entretanto, apresentam alta densidade fazendo com que seja necessário o uso de fluidos de carregamento viscosos na fratura, levando a maiores taxas de bombeamento e

aumento da energia durante o bombeamento (potência de travagem). Além disso, restringe sua utilização em algumas condições em que outros propantes não são satisfatórios devido ao seu alto custo⁽¹⁵⁾.

Por meio da técnica de injeção de fluido contendo propante, inserido nas fraturas do reservatório, ocorre o aumento da vazão de petróleo ou gás natural. Essa vazão é aumentada em razão do acréscimo do volume total da reserva conectada ao poço. O conjunto do sistema de fraturas mais o propante inserido na fratura tem sua permeabilidade aumentada (propantes de forma esférica geram maior permeabilidade, sendo mais eficientes). Por fim, é gerado um gradiente de pressão significativo no reservatório devido à criação dos canais de alta condutividade⁽¹²⁾.

MATERIAIS E MÉTODOS

Rejeitos Existem rejeitos em diferentes processos de extração de metais com potencial para serem utilizados na confecção de novos tipos de propantes cerâmicos sintéticos (PCS):

I - Um resíduo mineral com alto teor de silicato de magnésio (SiO₂.MgO) conhecido como “lama cinza” (LC) é gerado por meio da flotação em coluna de minérios de níquel sulfetado;

II – O resíduo do processamento da bauxita do processo Bayer denominado de “lama vermelha” (LV) que possui baixo ponto de fusão, elevado teor de ferro (óxido/hidróxido) e sódio;

III – A “lama negra” (LN), rejeito do processo Caron. Com componentes que podem diminuir a temperatura de sinterização se misturado à LC.

A composição de cada lama é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do resíduo dos processos: flotação do minério de níquel (LC), Bayer (LV) e Caron (LN)^(1, 16).

Óxidos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O
LC	53,79	0,24	4,94	0,61	9,69	0,14	4,45	25,34	0,5
LN	21,3	-	8,62	3,32	42,4	0,57	1,43	7,45	-
LV	19,19	2,98	22,87	-	27,04	0,16	2,17	0,04	8,01

LC: Lama Cinza; LN: Lama Negra e LV: Lama Vermelha (não calcinada).

Preparação das amostras

Inicialmente a preparação/processamento das amostras (lamas cinza, vermelha e negra) consistiu de uma etapa de secagem (110 °C/ 24 horas) e moagem em moinho de bolas com bolas ferro para cominuição a seco das lamas. O pó foi então prensado uniaxialmente com adição de resina PVA – poliacetato de vinila (~ 0,15 g, aproximadamente 10% em massa) e aproximadamente 2,5 g de pó de amostra, utilizando um conjunto de gral e pistilo – em molde cilíndrico de 11 mm. Foi empregada uma pressão de 150 kgf/cm². A Figura 1 apresenta um esquema simplificado da confecção das amostras.

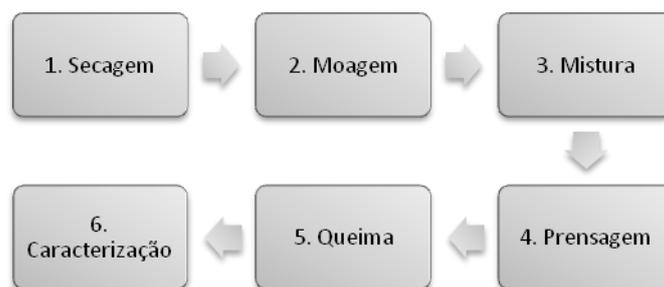


Figura 1. Gráfico de processo simplificado da preparação e estudo das amostras.

Todas as pastilhas foram queimadas utilizando o forno da marca LINDBERG/BLUE, FE50RP.

Foi criado um plano de estudo utilizando a técnica - DOE "Design of Experiments" como estrutura central para o desenvolvimento das diferentes composições. É importante ressaltar que as análises térmicas (DTA e TG) serviram como referência inicial para o plano (DOE). Os procedimentos foram realizados conforme descrito abaixo:

I. O teste inicial foi realizado a fim de observar os efeitos de tempo, temperatura e composição nas amostras puras (com 100% de LV, LN ou LC). Foram confeccionadas apenas 9 amostras.

II. O inicial DOE se trata de um plano do tipo 2⁴ (16 composições).

III. Em seguida, amostras com C₃% de fundente foram realizadas, formando um DOE do tipo 2³ (8 composições), a fim de verificar os efeitos na amostra com a variação de fundente.

Caracterização das amostras

As técnicas de caracterização utilizadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Listagem dos equipamentos utilizados nas análises das amostras

Análise	Equipamento	Modelo/ Adaptações
Granulometria	Master Size Microplus	Ver. 2.19 da Malvern Instruments Ltd.
Picnometria à água/hélio	Picnômetro/Helium Pycnometer Micrometrics	Vidrolabor/ -
Compressão mecânica	KRATOS equipamentos industriais	K2000MP, capacidade de 2000 kgf
Calorimetria Diferencial de Varredura - DSC	NETZSCH, Thermische Analyse, STA 409	Controlador TASC 414/3
Difração de raios X - DRX	Philips, X'pert	MPD
Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV	Philips, XL 30	XL series - operado a 20kV
Adsorção de nitrogênio - BET	Micromeritics	ASAP 2020
Corrosão	Autoclave e solução ácida pH 4	-

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do tempo de moagem sobre a distribuição de tamanho das matérias-primas

O ensaio de granulometria por difração laser verificou o aumento da quantidade de partículas finas conforme o aumento do tempo de moagem. O efeito do tempo sobre a diminuição do tamanho médio das partículas (D_{50}) é apresentado na Figura 2.

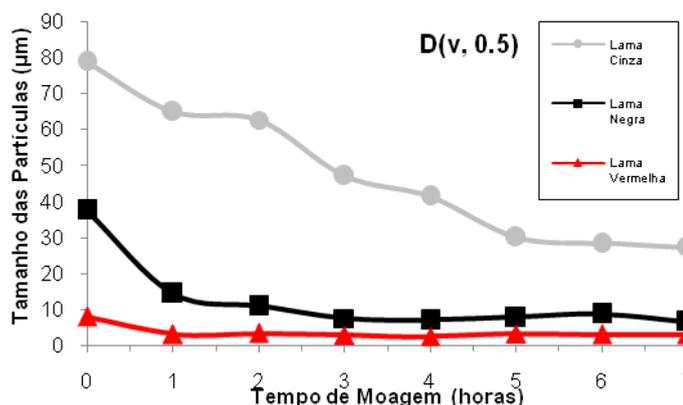


Figura 2. Gráfico da granulometria das amostras de lama cinza, lama negra e lama vermelha. Onde $D(v, 0.5)$ corresponde ao tamanho médio da distribuição de partículas.

A moagem em moinho de bolas indicou que a lama cinza atinge a granulometria constante em 7 horas de moagem. As lamas negra e vermelha atingem a granulometria “ideal” em apenas 1 hora de moagem. Isto para obter pelo

menos 50% das partículas finas. A lama cinza apresenta ter maior resistência à moagem. Somente após 8 horas de moagem seu tamanho médio de partículas abaixa de 20µm.

Área superficial - adsorção de nitrogênio (BET)

A determinação da área superficial das lamas secas e após etapa de cominuição podem ser observadas nas Tabela 3. Pode-se verificar que somente a lama cinza teve influência da etapa de cominuição, tendo sua área elevada de 1,0 para 4,0 m²/g. As lamas negra e vermelha não apresentam elevação da área superficial, uma vez que estes materiais já estão bastante finos, sendo que a etapa de moagem simplesmente desaglomerou as partículas sem gerar novas superfícies.

Tabela 3. Área superficial das lamas após secagem e após etapa de cominuição

Amostra	Área superficial (Adsorção de nitrogênio)	
	Após secagem (m ² /g)	Após cominuição (m ² /g)
LC	1,0	4,0
LN	17,0	17,0
LV	21,0	21,0

A análise de área superficial por adsorção de nitrogênio das lamas (antes e após moagem) confirma esta avaliação da etapa de cominuição. Desta forma, pode-se otimizar a etapa de moagem por meio da escolha de desaglomeradores das lamas vermelha e negra e a definição de um tempo de moagem adequado ao processamento somente da lama cinza.

Difração de raios X (método do pó)

A análise de difração de raios X (método do pó) foi realizada para as amostras puras de LC, LV e LN (Tabela 4).

Tabela 4. Fases detectadas (DRX método do pó) das lamas

Amostra	Fase(s) majoritária(s)	Intermediária	Menor ou traços (possíveis)
LC	Anfibólio; Quartzo, Clinocloro e Dolomita	Albita; Magnetita; Sepiolita e Talco	Antigorita e Calcita
LN	Quartzo; Magnetita e Enstatita	Faialita e Espinélio	Diopsídio; Talco e Cromita
LV	Quartzo; Hematita; Cristobalita; Silicato de alumínio e sódio hidratado	Óxido de cálcio e Anatásio	Gibbsita; Ilita; Goethita; Portlandita e Calcita

* Amostras que se destacaram no teste de RCTA

A caracterização das fases por difração de raios X indicou a presença de várias fases e a elevada complexidade em termos mineralógicos destes resíduos, que podem ser agrupados como silicatos de magnésio e de ferro (LC e LN) e a LV como hidróxido de alumínio, óxidos de ferro e compostos contendo sódio.

Análise térmica diferencial (DTA)

Esta análise indica transformações associadas a mudanças de entalpia e do ponto de fusão (inicial e final). A taxa de aquecimento utilizada foi de 10 °C/ min. com atmosfera de gás argônio (99,999% de pureza). A Tabela 5 apresenta os valores de perda/ganho de massa e picos endotérmicos e exotérmicos para as lamas cinza, vermelha e negra.

Tabela 5. Tabela dos principais valores de perda/ganho de massa e picos endotérmicos e exotérmicos (1ª derivada) resultantes da análise de DTA para as lamas cinza, vermelha e negra

Amostra	Picos - DTA ($\mu\text{V}/\text{mg}/\text{min}$)		Massa (TG)
	Endotérmico ($^{\circ}\text{C}$)	Exotérmico ($^{\circ}\text{C}$)	Perda (%)
LC	1191	1204	-6,53
LN	1124	1210	-6,55
LV	1213	1253	-14,02

Resistência mecânica a compressão a temperatura ambiente (RCTA)

Todas as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão. A Figura 3 apresenta o gráfico de dispersão dos resultados, indicando o número da amostra e sua máxima resistência (em MPa) antes da ruptura. As amostras número 29 e 30 que não romperam com a capacidade máxima do equipamento de 2 toneladas.

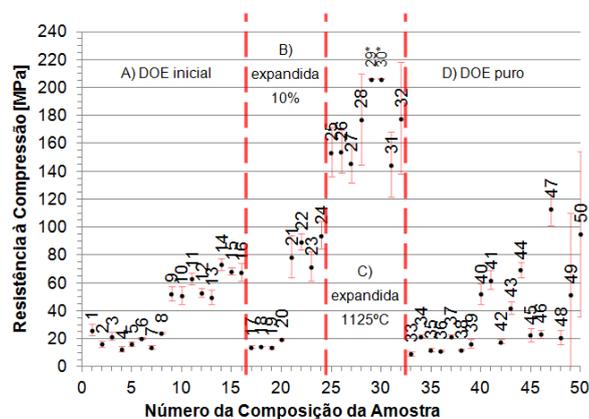


Figura 3. Gráfico de dispersão do teste de compressão e divisão DOE. * As amostras 29 e 30 não sofreram rompimento na carga máxima. A) DOE inicial: 24; B) DOE expandido, usando 10% em peso de fundente (lama vermelha e negra); C) Ensaio expandido utilizando 1125 °C; D) Lamas puras sem fundente ou aditivos

Análise térmica (DTA) e ensaios mecânicos (RCTA): Foi possível determinar que a temperatura utilizada T_3 °C para realização da sinterização é a temperatura ideal para o aumento da resistência mecânica das pastilhas produzidas, visto que a temperatura de fusão dos materiais é em torno de T_4 °C. Após queima em temperatura de T_3 °C, indicaram que a mistura de lama cinza, vermelha e negra produzem corpos cerâmicos de elevada resistência mecânica, acima de 120 MPa.

Corrosão

O ensaio de corrosão constituiu na análise da amostra pura de LC, devido esta ser a matéria-prima presente em maior quantidade na mistura. Foram realizadas microscopia eletrônica de varredura (MEV).

- Microscopia eletrônica de varredura

A análise de MEV foi realizada no equipamento da EDAX, modelo Inspected F50, operado a 20 kV e software EDAX TEAM. As amostras foram sinterizadas durante X_1 hora à T_3 °C e foram colocadas na autoclave contendo baixo teor ácido (HCl, pH 4) e contendo teor salino e aquecida durante 7 dias na temperatura de 120 °C. A comparação entre as amostras são apresentadas tendo como base os valores de composição da LC da Tabela 1. A Figura 4a apresenta a micrografia da amostra de LC pura queimada durante X_1 hora a T_3 °C não submetida ao ensaio de corrosão. A micrografia da amostra de LC pura queimada durante X_1 hora a T_3 °C e submetida ao ensaio de corrosão durante 7 dias a 120 °C é apresentada nas Figuras 4b e 4c.

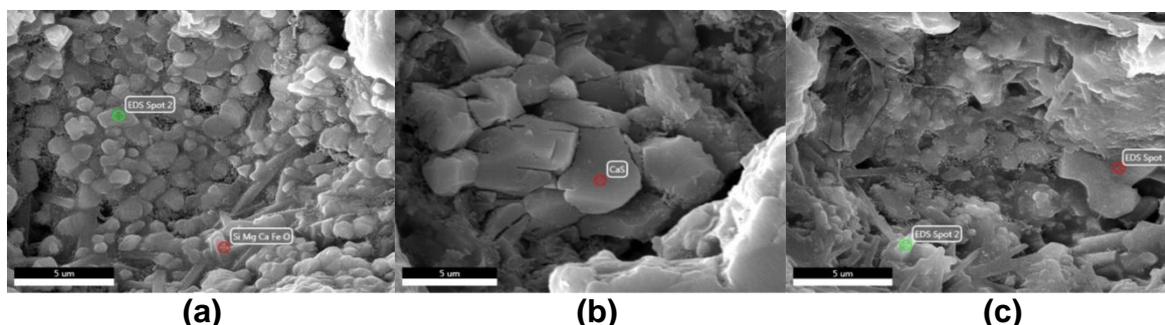


Figura 4. Micrografia da análise de microscopia eletrônica de varredura – detector de elétrons retroespalhados (BSE) e pontos de análise semiquantitativa via EDS nos pontos: (a) SiMgCaFeO e o "Spot 2" da amostra de LC não submetida à corrosão - magnitude de 15.000x (b) CaS da amostra de LC submetida à corrosão - magnitude de 14.142x e (c) "Spot 1" e "Spot 2" (com magnitude de 15.000x) da amostra de LC submetida à corrosão

A Tabela 6 indica a quantificação dos elementos, da amostra não submetida à corrosão, realizada pelo EDS no ponto SiMgCaFe-O e em "Spot 2" que são comparados com os elementos da LC da Tabela 1. Podemos observar a presença de silicato de magnésio o óxido de ferro (ponto SiMgCaFe-O - Figura 4a).

Tabela 6. Quantificação dos elementos do espectro de EDS no ponto SiMgCaFe-O e em "Spot 2" da amostra de LC não submetida à corrosão em comparação com a Tabela 1. (*) Valores de oxigênio não apresentados, pois os elementos estão em forma de óxidos

Elemento	% Peso		% Atômica		LC Tabela 1
	SiMgCaFe-O	"Spot 2"	SiMgCaFe-O	"Spot 2"	
O K	38,63	8,45	54,22	21,04	(*)
MgK	15,29	7,74	14,12	12,67	25,34
AlK	5,14	3,38	4,28	4,98	4,94
SiK	26,02	4,98	20,81	7,06	53,79
CaK	3,63	1,47	2,03	1,46	4,45
FeK	11,28	73,99	4,54	52,78	9,69

Analisando o espectro de EDS do ponto CaS (Figura 4b) observamos a presença de óxido de cálcio e enxofre. Possivelmente pela presença de sais insolúveis presos dentro dos poros (interconectados no interior da amostra) e não foram removidos pelo processo de lavagem. A comparação com os elementos da LC é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Quantificação dos elementos do espectro de EDS no ponto CaS, "Spot 1" e "Spot 2" da amostra de LC submetida à corrosão e uma comparação com os elementos da LC. (*) Valores de oxigênio não apresentados, pois os elementos estão em forma de óxidos

Elemento	% Peso			% Atômica			LC Tabela 1
	CaS	"Spot 1"	"Spot 2"	CaS	"Spot 1"	"Spot 2"	
O K	31,67	15,45	24,28	51,63	35,52	44,75	(*)
MgK	2,26	-	9,42	2,42	-	11,42	25,34
SiK	3,87	6,75	14,32	3,60	8,84	15,03	53,79
S K	19,5	-	-	15,86	-	-	-
CaK	35,69	17,03	6,48	23,22	15,62	4,77	4,45
FeK	7,01	60,77	45,50	3,27	40,02	24,03	9,69

Os ensaios iniciais de corrosão em ambiente hidrotermal 120 °C (meio ácido e salino), indicaram uma ótima estabilidade química das pastilhas de lama cinza (utilizada em maior proporção nas misturas). No ensaio de corrosão após 1 semana foi observado a deposição de sulfato de cálcio no interior de alguns poros abertos da pastilha de lama cinza sinterizada. As análises de MEV (imagem e microanálises por EDS) corroboram as diversas caracterizações realizadas, evidenciando microestrutura porosa decorrente da rota de processamento da lama cinza (majoritária neste desenvolvimento) - silicatos de magnésio (Ca, Fe, Al)-O.

CONCLUSÕES

A avaliação conjugada dos resultados indica que a lama cinza com pequenas adições de lama negra e vermelha podem ser recicladas produzindo materiais cerâmicos de alta resistência mecânica, química, estabilidade e integridade, indicando que propantes cerâmicos sintéticos podem ser confeccionados com estas lamas, gerando ganhos ambientais e econômicos transformando resíduos em novos produtos e ganhos em termos de sustentabilidade na mineração de níquel.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado, oportunidades e auxílio em congresso. A Mineração Mirabela, Votorantim Metais e CBA (Companhia Brasileira de Alumínio) pela disponibilização das amostras. A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo por todo suporte e possibilidades. Ao CNPq (Projeto VALE-FORME ENGENHARIA 455652/2012-0) e ao Laboratório de Materiais Cerâmicos da UFMG pelo apoio na condução das caracterizações de densidade e porosidade.

REFERÊNCIAS

- 1 DE SOUZA, W. B.; PARRA, D. F.; LUGÃO, A. B. Avaliação de propriedades Mecânicas e Térmicas do Compósito de Poli (metacrilato de metila) carregado com “lama vermelha de bauxita”. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, Águas de Lindóia, Novembro 2005.
- 2 SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M.; DA MOTTA, M. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 12, p. 322-338, 2007. n. 2.
- 3 TEIXEIRA, L. F. B. Perfuração de Poços na Província do Pré-sal. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.
- 4 Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal/>>. Acesso em: 19 out. 2012.
- 5 BEASLEY et al. Brazil's Presalt Play. Oilfield Review Autumn, v. 22, n.3, p. 28-37, 2010.
- 6 ESTRELLA, G. et al. Pre-salt production. 20th World PETROLEUM Congress. 96-99.
- 7 MINAMI, K. Santos Basin's Pre-Salt Development Master Plan and Technical Aspects, Houston, novembro 2009.
- 8 CEPA IF USP. CEPA IF USP. 23 - XISTO BETUMINOSO, 1999. Disponível em: <<http://cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/xisto.html>>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- 9 PIRES, A. O shale gas no Brasil. Centro Brasileiro de Infraestrutura. [S.l.]. 2012.

- 10 DANESHY, A. Hydraulic Fracturing To Improve Production. Tech 101 - The way ahead, v. 6, n. 3, p. 14-17, 2010.
- 11 KEVIN ARMSTRONG, E. A. Oilfield Review, 1995.
- 12 DROPERT, D. et al. Canadian Patent Application. OPIC CIPO 191, CA 2 329 834, Ottawa-Hull KA1 0C9, 2002.
- 13 MCKAY, L.; SALITA, L. World Oil Online, 2010. Disponível em: <<http://www.worldoil.com/Marcellus-groundwater-claims-A-case-for-scientificallly-informed-decisions.html>>. Acesso em: 8 maio 2013.
- 14 KRISTIE, S. . E. A. AAPG/SPE/SEG Hedberg Research Conference "Enhanced Geothermal Systems", Napa, California, 2011.
- 15 Industrial Minerals, p. 13-19, June 2012.
- 16 ANTUNES, M. L. P.; DA CONCEIÇÃO, F. T.; NAVARRO, G. R. B. Caracterização da Lama Vermelha Brasileira (Resíduo do Refino da Bauxita) e Avaliação de suas Propriedades para Futuras Aplicações. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo, Maio 2011.

EVALUATION OF THE USE OF INDUSTRIAL REJECTS OF MINERAL AND METALLURGICAL PROCESSING TO THE CERAMIC SYNTHETIC PROPPANTS DEVELOPMENT

ABSTRACT

Proppants are usually spherical and round sizes materials ranging between 4.00 and 0.07 mm diameter can be natural as sand, or synthetic ceramic materials such as calcined bauxite based proppants having mechanical crush strength between 40 and 50 MPa. These spheres are injected as a fraction of a fluid used in the hydraulic fracturing technique performed in ancient reservoirs with low pressure or high depth to increase the hydrocarbons extraction productivity (oil or gas). In this study, we evaluated the use of industrial wastes from mineral processing and metallurgy, as ore flotation wastes and sludge originating from alumina production (red mud/Bayer process) and nickel production (black - Caron process - and gray mud) to production of ceramic bodies for the production of synthetic ceramic proppants with high resistance to crushing and saline/acidic environments.

Keywords: Proppant; Pre-salt; Mineral wastes recycling; Hydraulic Fracturing.