

CASCALHOS DE PERFURAÇÃO RICOS EM SÍLICA COMO MATÉRIA PRIMA PARA COMPONENTES AUTOCLAVADOS PARA A CONSTRUÇÃO

Vívia Andrade dos Santos¹; Iara de Araújo Magalhães²; Cleber Marcos Ribeiro Dias³

¹ Universidade Salvador (UNIFACS), Escola de Engenharia e Tecnologia da Informação - v1.andrade@hotmail.com

² Universidade Salvador (UNIFACS), Escola de Engenharia e Tecnologia da Informação -
iara.magalhaes@pro.unifacs.br

³ Universidade Salvador (UNIFACS), Escola de Engenharia e Tecnologia da Informação; Universidade Federal da Bahia (UFBA), Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais; Grupo Devry (Área I) –
cleber.dias@pro.unifacs.br

RESUMO

Este trabalho avalia o potencial de utilização dos cascalhos de perfuração em produtos consumidos em grande escala pela construção civil. O presente projeto está fundamentado no princípio de que este mineral, em condições hidrotérmicas apropriadas, é capaz de reagir com hidróxido de cálcio formando produtos estáveis e resistentes, similares aos formados na hidratação do cimento Portland empregado em argamassas e concretos. Entretanto as condições ideais de reação entre cascalhos de perfuração e hidróxido de cálcio não são conhecidas. Neste projeto será realizada a caracterização minuciosa de amostras do resíduo. Serão determinadas as suas propriedades físicas e composições química e mineralógica. Compósitos autoclavados serão avaliados quanto ao desempenho mecânico e empregados posteriormente na confecção de componentes para a construção. Como resultado principal desta pesquisa espera-se a consolidação de uma tecnologia eficiente de uso dos cascalhos de perfuração.

Palavras-chave: Cascalho, Componentes Autoclavados, Construção Civil.

1. INTRODUÇÃO

Os cascalhos de perfuração são resíduos do processo de extração de petróleo, gerados durante a etapa de perfuração dos poços. Nesta etapa, utilizam-se brocas que perfuram diversas camadas do subsolo e que necessitam ser lubrificadas e resfriadas com o fluido de perfuração. Os cascalhos são constituídos,

dessa forma, por fragmentos de rocha triturada, por produtos químicos do fluido de perfuração e de fluidos oriundos da rocha perfurada.

De modo geral e de acordo com os procedimentos pertencentes ao estado da técnica, a destinação do cascalho de perfuração tem sido feita através das seguintes

práticas: a) disposição em aterros; b) coprocessamento na indústria cimenteira; c) injeção em poços perfurados desativados ou cavidades salinas; d) tratamento térmico para posterior disposição e; e) utilização como matéria-prima para a produção de cerâmica vermelha.

Dispor os cascalhos em diques de contenção construídos nas proximidades dos poços perfurados foi uma prática muito comum pelo fato de apresentar baixo custo inicial e ser de fácil operação. Entretanto, os impactos gerados com a modificação da paisagem e o potencial de contaminação da água subterrânea têm levado os órgãos ambientais a coibir esta prática.

A injeção dos cascalhos nos poços perfurados, por outro lado, reduz os impactos de modificação da paisagem, porém esta é ainda, uma prática de custo relativamente alto que exige um estudo detalhado para a escolha da zona de injeção a fim de reduzir as chances de contaminação de outras zonas do subsolo ou do lençol freático. Além disso, esta tecnologia implica em geração de um passivo ambiental que deverá resolvido pelas futuras gerações. Os cascalhos de perfuração têm sido também incinerados para eliminação da matéria orgânica presente e despejados em águas profundas ou dispostos em aterros.

Os cascalhos de perfuração são fragmentos de rocha envolvidos por fluidos

de perfuração gerados a partir da obtenção de petróleo e gás. De acordo com a Petrobras (2010), a estimativa em média do volume gerado em perfurações terrestres no Brasil é de 13 m³ para cada 100 m de avanço da perfuração, dependendo do diâmetro do poço. No Recôncavo Baiano são produzidos em média de 200 a 250 m³ por poço (Petrobras, 2009). Esse fator tem sido uma grande problemática para o setor petroquímico, não apenas pelas milhões de toneladas geradas anualmente, mas também pelas exigências ambientais legais que demandam práticas de destinação nobre para o resíduo.

Destinar este tipo de material para fins mais nobres que os aterros é uma necessidade importante. Este resíduo possui um grande potencial para ser reutilizado como matéria prima; principalmente porque quando autoclavado ocorre a indução da reação entre o Ca(OH)₂ e SiO₂ gerando silicatos de cálcio hidratados estáveis. Tem-se assim, possibilidades significativas de produção e substituição de produtos de matrizes cimentícias como: blocos de vedação, elementos de meio fio, entre outros, trazendo ao mercado uma nova linha de material de construção, como uma nova oportunidade de matérias primas sustentáveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cascalho de perfuração

O cascalho de perfuração é a designação que geralmente é dada aos fragmentos de rochas do perfil litológico da bacia sedimentar, (lateritos, conglomerados, calcários, arenito, calcarenitos, quartzitos, silte, areia, etc), material granular, descartado nas sondas depois de peneirados na peneira vibratória, e centrifugado, nas atividades de prospecção, sendo depositado em container, com granulometria variada, não reativo, que apresenta normalmente cor acinzentada e odor característico [THOMAS, 200].

2.2 Geração dos cascalhos de perfuração

A perfuração de poços de petróleo gera diversos resíduos, dentre esses os fluidos e cascalhos de perfuração. Administrar esses resíduos tem sido uma grande problemática para as indústrias petroquímicas, não só pelo volume gerado, mas também pelos contaminantes, que a depender da rocha local e do fluido utilizado, pode conter compostos orgânicos e inorgânicos.

Segundo Schaffel [2002], o volume de cascalho de produzido na perfuração de um poço de petróleo é igual ao seu volume geométrico perfurado (volume nominal do poço), porém para cálculo de resíduo gerado, utiliza-se um coeficiente de segurança em torno de 20%, em função de eventuais

desabamentos das formações, normal na perfuração de poços.

Poucos dados são conhecidos sobre a geração de cascalho. Pereira [2010], em sua dissertação de mestrado, com base da literatura de NICOLLI; SOARES [2010] relacionou que em média um poço gera entre 500 e 800 m³ de material resultante da trituração das rochas pela broca. Também é possível estimar a geração de cascalho por meio da taxa de penetração e diâmetro do poço: o volume de cascalho produzido por hora é igual ao volume de poço perfurado por hora.

2.3 Resíduos gerados na perfuração

O cascalho e o fluido de perfuração são resíduos característicos gerados pelas atividades de perfuração de poços de óleo e gás (WBG, 2007).

Pode-se notar a presença de demais poluentes durante o processo de perfuração, entre eles: águas e areias oleosas; cimento e seus aditivos utilizados durante as operações de perfuração; embalagens de produtos químicos; combustíveis, lubrificantes e outros óleos; fluidos provenientes das formações, como soluções salinas, óleo cru ou outros fluidos presentes nas formações perfuradas; emissões atmosféricas; geração de barulho; outros resíduos gerados usualmente por humanos [BROWNING; SEATON, 2005].

A presença e a concentração dos contaminantes do cascalho dependem do fluido utilizado, da formação geológica perfurada, da fase do poço e da água utilizada na preparação dos fluidos. Os principais contaminantes podem ser divididos em hidrocarbonetos, sais solúveis em água e em alguns casos metais pesados [REIS, 1996].

Segundo a classificação ambiental de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) que determina os riscos potenciais de danos ao meio ambiente e à saúde humana, o cascalho de perfuração é considerado um resíduo de classe IIA - Não inertes, podendo ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

2.4 Cascalho de perfuração rico em sílica como matéria-prima para produtos autoclavados na construção civil.

Para se elaborar uma pesquisa que visa o aproveitamento de resíduos em materiais de construção civil é necessário entender o processo de geração do resíduo e suas variáveis como a possibilidade de mudanças no processo, sazonalidade. A estimativa do volume gerado também é peça fundamental, pois pouca quantidade e alta variabilidade podem tornar o reuso inviável. Outros critérios observados nessa análise de viabilidade do resíduo são: o interesse da empresa geradora do resíduo, o elevado custo

de disposição, oportunidade de reciclagem e risco de contaminação ambiental [JOHN, 2000].

Ainda existem poucos estudos sobre o uso de cascalhos de perfuração em materiais de construção. Na indústria da construção civil os estudos para reutilização de cascalhos de perfuração apontam a técnica de encapsulamento (estabilização/solidificação) e inertização dos resíduos com cimentos Portland em concretos (inclusive os para pavimentação), base para aterros, manutenção de estradas de terra e materiais cerâmicos [FILAHO, 2012]. Outros estudos realizados com este resíduo apontam para o seu potencial de uso como material de construção.

No trabalho desenvolvido no Núcleo de Geotecnia Ambiental da PUC (NGA/PUC-Rio) em 2009, concluiu-se que a incorporação de até 30% de cascalho de perfuração não influenciou significativamente as propriedades das cerâmicas vermelhas.

Já no trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) concluiu-se que, utilizando-se aproximadamente 2% de cascalho de perfuração em massa, podem ser obtidas misturas asfálticas para a pavimentação com desempenho compatível ao exigido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

A depender da composição da rocha local, elevadas quantidades de SiO_2 podem estar presentes no resíduo. A presente pesquisa está fundamentada no princípio de que este material em condições hidrotérmicas apropriadas é capaz de reagir com o Ca(OH)_2 formando produtos estáveis e resistentes.

Para ratificar a viabilidade técnica de se produzir componentes a partir da autoclavagem de misturas de cascalho de perfuração e cal hidratada, em experimentos anteriores os autores avaliaram duas amostras de cascalhos de perfuração, provenientes de diferentes regiões do Brasil. Estas amostras foram identificadas como cascalho BA (Bahia) e cascalho AM (Amazônia).

O pesquisador concluiu que no cascalho BA o SiO_2 encontrado estava majoritariamente na forma de quartzo e que em ambas as amostras foi possível observar que o SiO_2 é o óxido predominante.

A partir dessas análises, pode-se perceber que é possível induzir a reação entre o quartzo (SiO_2) e outros compostos presentes nos cascalhos de perfuração e o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , obtendo-se dessa forma, componentes que apresentam potencial de uso para a produção de componentes para a construção civil. Devido ao processo de perfuração rotativa do poço, geralmente com brocas diamantadas, o resíduo tem elevada finura, o que favorece a reatividade da mistura

pela alta superfície específica. O hidróxido de cálcio é o principal constituinte da cal hidratada comercial, além disso, este composto é formado um dos principais produtos da hidratação do cimento Portland. Dessa forma, a cal hidratada e o cimento Portland podem ser as fontes de Ca(OH)_2 para os produtos autoclavados contendo cascalho de perfuração.

Sendo assim, tem-se como objetivo utilizar de cascalhos de perfuração para a produção de componentes capazes de serem empregados na construção civil. Produtos cimentícios podem ser obtidos a partir da mistura entre o quartzo (SiO_2) finamente moído e a cal hidratada [Ca(OH)_2]. Entretanto é necessário que ocorra a reação química entre estes dois compostos. Esta reação não é espontânea, principalmente quando o SiO_2 se encontra na forma cristalina como o quartzo. Entretanto, em condições hidrotérmicas controladas (em autoclave), é possível induzir a reação destes compostos. Tal uso é inovador e caracteriza-se como uma solução para a destinação nobre de cascalhos de perfuração ricos em SiO_2 ou outros compostos capazes de reagir com o hidróxido de cálcio em condições hidrotérmicas formando produtos estáveis e resistentes similares aos formados na hidratação do cimento Portland, empregado em argamassas e concretos.

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

Foi avaliada uma amostra representativa de cascalho de perfuração coletado na Unidade Operacional de Extração de Petróleo da Petrobrás acondicionadas em sacos plásticos vedados, à temperatura ambiente, até a remoção, através de quarteamento, das frações necessárias para as avaliações. Esta amostra teve a composição química, a composição mineralógica, a distribuição granulométrica e a massa específica caracterizadas.

3.2 Métodos

3.2.1 Avaliação das características físicas das amostras

As distribuições dos tamanhos das partículas presentes na amostra de cascalho foram determinadas através de peneiramento. Para esta determinação foi extraída uma alíquota de 600 g do material, após homogeneização manual. Neste ensaio, a amostra foi seca em estufa à temperatura de 105°C por 24 h. Após secagem, a amostra foi destorroada em almofariz com mão de grau e lavada na peneira #200 para a determinação do teor de materiais pulverulentos. A fração retida na peneira #200 foi seca novamente à temperatura de 105°C por 24 h e submetida ao peneiramento para a determinação da composição granulométrica.

Já a massa específica da amostra foi determinada através do método do picnômetro. Para isso, foram utilizados 150 g de material seco em estufa, destorroado em almofariz com mão de grau e picnômetro com volume de 500 mL. Foi determinada a massa do picnômetro vazio, picnômetro preenchido com água e do picnômetro com a amostra particulada e água após aplicação de vácuo (-600 mmHg) por 30 min.

3.2.1 Avaliação química, mineralógica e microestrutural

A composição química dos cascalhos de perfuração foi determinada através de técnica semi-quantitativa por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) em um espectrômetro *SHIMADZU* modelo XRF 1800 no Instituto de química da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Para preparação da análise, adicionou-se a amostra reduzida a fração > 200 mesh no pesa-filtro e deixou secar por 3 horas a temperatura de 105°C a 110°C em estufa. Com o uso de dessecador, colocou-se a amostra para esfriar em temperatura ambiente por aproximadamente 1 hora. Posteriormente confeccionou-se a pastilha que foi utilizada na leitura química e o material foi aquecido até 1000°C por 20 minutos. Os teores de cada elemento foram determinados por análise semi-quantitativa, sem padrões, de elementos químicos de flúor

a urânio. Os valores foram expressos em porcentagem de elementos, na base calcinada, normalizados a 100%.

A composição mineralógica do resíduo foi determinada com difratometria de raios-X (DRX) no Laboratório de Ensaios de Durabilidade de Materiais (LEDMA). O material teve suas fases identificadas por DRX, através do método do pó empregando um difratômetro Vors/Cht Rontgenstrahlung D2 Phaser-BRUKER com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 30 KV, corrente de 30 mA, em um tubo de cobre e sem monocromador, com velocidade de varredura de $2^\circ(2\theta)/\text{min}$, com ângulo 2θ percorrido de 2° a 80° . Na identificação das fases utilizou-se o software DIFFRAC EVA PLUS 3.2, com banco de dados JCPDS e a quantificação das fases foi feita com o auxílio do software TOPAS.

As amostras de cascalho de perfuração foram submetidas à análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um microscópio da Jeol, modelo JSM-6610LV. Amostras de cascalho foram metalizadas com carbono no metalizador da DENTON VACUUM modelo DESK V e submetidas à microscopia eletrônica de varredura. Com esta técnica, foi possível determinar a distribuição de partículas com diferentes morfologias e/ou constituídas de elementos com diferentes pesos atômicos que são facilmente visualizados pela diferença de contraste

apresentado. Além disso, esta técnica permitiu avaliar a composição química de partículas de forma pontual através da técnica EDS (Energy Dispersive System).

As análises de TGA e DTA que avaliam a perda de massa em relação ao aumento da temperatura foram realizadas em um equipamento simultâneo da Shimadzu, modelo DTG-60H. A programação utilizada foi sob taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ até a temperatura de 1000°C , num fluxo de 50 mL/min de N_2 . A análise de DSC foi realizada em um equipamento de mesma marca, modelo DSC-50. A programação utilizada nessa análise foi: taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ até a temperatura de 600°C (limite do equipamento), sob fluxo contínuo de N_2 à 50 mL/min.

Os dados obtidos para caracterização do cimento Portland CPV ARI foram disponibilizados pelo laboratório de Materiais de Construção e solos da UNIFACS – Universidade Salvador.

3.3 Procedimento Experimental

Para a realização do projeto, inicialmente foi feito um projeto de misturas e ordem de moldagem e autoclavagem, variando o teor dos componentes em massa para avaliar qual a proporção ideal para obter melhor resultado quanto ao processo e às propriedades no estado fresco e endurecido.

Fez-se então 3 formulações de mistura, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ordem de mistura

| FORMULAÇÃO | CASCALHO DE PERFURAÇÃO | CAL HIDRATADA | CIMENTO |
|------------|------------------------|---------------|---------|
| A | 0,7 | 0,3 | 0,1 |
| B | 0,8 | 0,2 | 0,1 |
| C | 0,9 | 0,1 | 0,1 |

*Teor de materiais variando em massa.

Fonte: Autores [2015]

Inicialmente o cascalho de perfuração, cal CH-I e o cimento foram separados para realização das misturas, como ilustra as figuras 1 (a), (b), e (c) respectivamente:



Figuras 1(a), (b) e (c): Separação dos materiais

Fonte: Autores [2015]

O procedimento de mistura realizado foi caracterizado pelo fato de prever as seguintes etapas:

Na etapa 1, a cal hidratada foi misturada com água para obter-se uma pasta de boa trabalhabilidade. Na etapa 2, o cascalho de perfuração foi misturado com a cal hidratada, adicionada a fim de fornecer $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ para a formação dos silicatos de cálcio durante a autoclavagem e fornecer íons Ca^{+2} para que ocorra a complexação de cálcio pela matéria orgânica. Esta última etapa permite que o cimento Portland adicionado posteriormente não tenha sua hidratação comprometida pela presença de orgânicos na mistura. O cimento é adicionado em baixa fração para que tenha a função principal de endurecer a mistura e fazê-la alcançar resistências suficientes para a manipulação, transporte e empilhamento dos componentes. Além disso, o cimento Portland é uma fonte de $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ para a reação entre o SiO_2 dos cascalhos de perfuração e formação de silicatos de cálcio hidratado.

Na etapa 3, a mistura foi colocada em repouso para que ocorra a complexação do cálcio. A complexação de cálcio ocorre de forma espontânea através da captura de íons cálcio pela matéria orgânica presente no cascalho de perfuração. Na etapa 4 foi feita a adição de cimento Portland à mistura.

Além disso, o cimento Portland é uma fonte de $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ para a reação entre o SiO_2 dos cascalhos de perfuração e formação de silicatos de cálcio hidratado. A escolha do teor deve ser feita a partir da resistência desejada

para o compósito e avaliando os aspectos econômicos.

Na etapa 5, foi feita a moldagem do componente. Nesta, os componentes puderam ser moldados diretamente em corpos de prova cilíndricos (D= 50 mm, h=100 mm). Após a moldagem eles foram colocados em processo de cura à temperatura ambiente por um período de 24 h e logo mais foram desmoldados para serem transportados para o processo de autoclavagem.

Na etapa 6 foi feita a autoclavagem dos componentes. Os corpos de prova foram envoltos por um pano umedecido e autoclavados utilizando a temperatura de 180°C, por um período de tempo de 3 horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do resultado obtido pelo ensaio de picnometria a gás Hélio, a massa específica do resíduo apresentou valor de 2,657 g/cm³, similar a de areais.

Quanto à distribuição granulométrica o resíduo avaliado apresentou grande quantidade de materiais particulados finos - acima de 60% das partículas passantes na peneira #200 (<0,075 mm). A alta finura do material é benéfica para o tipo de aplicação, uma vez que a alta área específica favorece a reação do material com o hidróxido de cálcio.

Quanto à composição química, a Tabela 2 apresenta os valores encontrados na análise semi-quantitativa do cascalho de perfuração.

| Determinação | Porcentagem (%) |
|--------------|-----------------|
| Si | 54,7 |
| Al | 10,9 |
| Fe | 9,4 |
| Ca | 5,7 |
| K | 5,7 |
| Cl | 3,7 |
| Ba | 3,1 |
| Mg | 2,5 |
| Na | 1,4 |
| Ti | 1,2 |
| S | 1,0 |
| P | 0,2 |
| Cr | 0,2 |
| Mn | 0,1 |
| Sr | 0,1 |
| Soma | 100 |

Tabela 2 – Composição química semi-quantitativa do cascalho de perfuração.

Fonte: Autores [2015]

A partir dos resultados foi possível verificar que este resíduo é constituído predominantemente de Si, Al, Fe, Ca, K, Cl, Ba, Mg e Na. Os elementos químicos Si e Al representam cerca de 60% dos materiais, elementos típicos que compõem a estrutura do quartzo e de argilominerais. Destaca-se ainda, a presença de bário na amostra avaliada, elemento que constitui a barita. É conhecido que a barita (Ba(SO)₄) é adicionada aos fluidos de perfuração para aumentar sua densidade propiciando propriedades adequadas para o controle da pressão hidrostática no interior dos poços. Segundo (Schaffel, 2002), a barita pode conter traços

de metais pesados como cádmio e mercúrio, elementos que não foram encontrados nos cascalhos avaliados no presente estudo.

Destaca-se também a presença de cloro e sódio que podem estar combinados formando NaCl. Fazendo a determinação das relações entre porcentagens de Cl e Na na amostra avaliada, verifica-se que estas são valores da mesma ordem de grandeza da relação entre os pesos atômicos Cl e Na do NaCl, ou seja, aproximadamente 1,54. Isto indica que estes elementos devem estar predominantemente combinados na forma NaCl. A amostra de cascalho apresentou relação Cl/Na igual a 2,64. Considerando que todo o sódio está combinado na forma de

NaCl, isto significa dizer que há possibilidade de parte do Cl está combinado na forma de compostos diferentes do NaCl. Na análise por DRX foi constatada a presença de quartzo. Pelo fato do quartzo (SiO_2) estar presente em quantidades bem expressivas na amostra, os picos relativos aos demais minerais (presença de mica muscovita ($\text{KA}_{12}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) que é um mineral muito comum nos granitos, albita ($\text{Na}_{1-0,9},\text{Ca}_{0-0,1}\text{Al}(\text{Al}_{10-0,1},\text{Si}_{1-0,9})\text{Si}_2\text{O}_8$, mineral típico de rochas magmáticas alcalinas e ácidas e tilleyite $\text{Ca}_5\text{Si}_2\text{O}_7(\text{CO}_3)_2$, um silicato anidro de cálcio com ânions adicionais carbonato.) apresentaram-se discretos no difratograma, conforme figura 2.

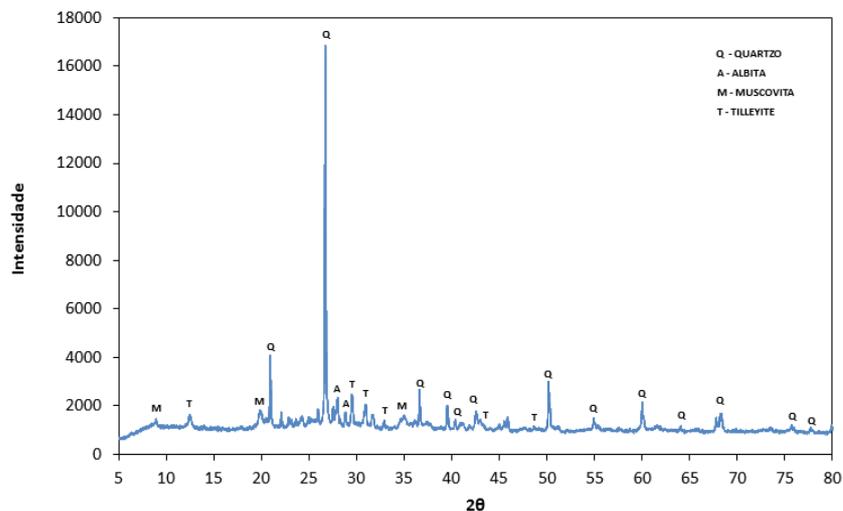


Figura 2 – Análise de fases DRX do cascalho de perfuração.

A partir dos dados obtidos pelo ensaio de termogravimetria pôde-se avaliar que o cascalho de perfuração apresenta uma perda de água por volta de 18%, sendo que desse total 33% dá-se num intervalo de 0°C a 130°C devido à evaporação da água. A perda de água

da muscovita corresponde à perda de água presente no material, devido a umidade própria.

A análise de microscopia eletrônica de varredura avaliou o cascalho de perfuração quanto a sua forma, esfericidade. As

micrografias apresentadas revelaram que o cascalho de perfuração avaliado é composto predominantemente de argilominerais e sílica e que são constituídos de partículas com formas irregulares de diversos tamanhos, algumas com superfície lisa, outras com superfície rugosa. As Figuras 3 (a), (b), apresentam o cascalho de perfuração.

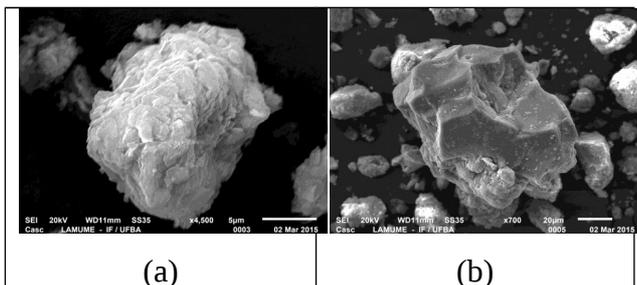
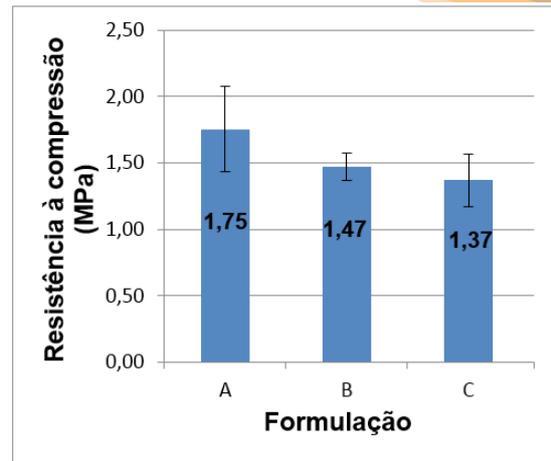


Figura 3(a) – Microscopia Eletrônica e 3(b) – Microscopia Eletrônica Fonte: Autores [2015]

Quanto à resistência mecânica, observando os três grupos analisados, verificou-se que o grupo A obteve melhor desempenho mecânico, conforme figura 4. Correlacionando a fração mássica de cada material na mistura, infere-se que para um mesmo teor de cimento a mistura que apresenta maior teor de cal obteve melhor desempenho. Figura 4 – Resistência à compressão x Formulação



Analisando o grupo A que obteve maior resistência à compressão, foi realizado o DRX de uma amostra representativa para avaliar se o quartzo presente no cascalho de perfuração foi completamente consumido. A partir dos resultados, verificou-se um expressivo pico de quartzo e a presença de picos Portlandita $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Em estudos anteriores realizados pelos autores do presente artigo foi avaliado o potencial de uso dos cascalhos BA e AM na produção de componentes autoclavados, para tanto foram estudadas misturas destes resíduos, cal hidratada e cimento Portland. O teor de cal hidratada empregado foi igual 20% da massa de cascalho enquanto o teor de cimento Portland variou de 0% a 20. Os corpos de prova foram submetidos à autoclavagem, à temperatura de 150°C por 3 h. Os resultados alcançaram valores de resistência à compressão próximos a 20 MPa para teor de cimento igual a 10%, alcançando valores semelhantes aos de concretos convencionais.

Comparando os resultados infere-se que para a amostra estudada nessa pesquisa a temperatura utilizada pode não estar sendo suficiente para induzir a reação entre a sílica e o Ca(OH)_2 . Fazendo com que eles não sejam consumidos totalmente, influenciando diretamente na formação dos compostos hidratados responsáveis pelo ganho de resistência dos corpos de prova.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela caracterização do resíduo apontaram que o uso dos cascalhos de perfuração em matrizes cimentícias pode ser realizado, pois o mesmo apresenta características físicas, químicas e mineralógicas necessárias para que ocorra, em um meio hidrotérmico apropriado, a reação entre o resíduo e a cal hidratada, gerando assim produtos estáveis para o setor da construção civil. Para obtenção de melhores resultados no desempenho mecânico, indica-se avaliar os corpos de provas autoclavados a temperaturas superiores a empregada neste estudo de forma a induzir a reação entre o cascalho de perfuração e a cal hidratada obtendo assim ganhos maiores de resistência mecânica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*. Rio de Janeiro, 2010.

CHEN, T.; KUNG U, N. C.; LIN, S. *An Innovative Utilization of Drilling Wastes as Building Materials*. SPE Publication 106913. SPE E&P Environmental and Safety Conference held in Galvesion, Texas. U.S.A., 5-7 March, 2007.

FIALHO, P. F.; CALMON, J. L.; GONÇALVES, G. R.; TRISTÃO; F. A.; NUNES, E.; CUNHA, ALFREDO. *Caracterização térmica e mineralógica de cascalho de perfuração do norte capixaba: Estudos iniciais*. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2011, Porto de Galinhas. Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2011 a. v. 55.

PIRES, Patrício José Moreira. *Utilização de cascalho de perfuração de poços de petróleo para a produção de cerâmica vermelha*. 2009. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

THOMAS, J. E. *Fundamentos de Engenharia do Petróleo*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.