

REATIVIDADE ÁLCALI-AGREGADO EM AGREGADOS RECICLADOS: UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA MINERAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO

Marina Dutra¹

¹Mestre em Engenharia Civil e Professora Universitária, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Brasil.

RESUMO

Este trabalho trata da utilização de resíduos da mineração de quartzo aplicados, a construção civil, como agregado miúdo. Tal abordagem se faz necessária devido à grande quantidade de resíduos gerados neste setor, sem destinação ambientalmente correta. O objetivo deste trabalho é caracterizar fisicamente e avaliar a reatividade álcali-agregado do agregado miúdo reciclado, verificando se é possível utilizar esse agregado sem que haja prejuízo na qualidade dos produtos em que ele será aplicado. Foi realizado, de acordo com a normatização brasileira, toda a caracterização física dos agregados naturais e reciclados, além do ensaio de reatividade álcali-agregado, descrito na ABNT NBR 15577- 4/2008, onde foram produzidas barras de argamassas contendo o resíduo da mineração, e a título de comparação foram produzidos, também, argamassas com areia natural de rio, de forma a comparar seu desempenho. O ensaio consistiu na medição da expansão dessas barras de argamassa, que ficaram submersas em um tanque contendo uma solução de hidróxido de sódio a temperatura controlada de 80°C por 30 dias, as medições foram realizadas aos 5, 8, 16, 21, 26 e 30 dias. De acordo com os ensaios de caracterização realizados os agregados apresentam grande semelhança entre si, não apresentando empecilhos na utilização do agregado reciclado em substituição ao agregado natural. Em relação a reatividade álcali-agregado, os limites dados pela norma brasileira, classificou tanto a areia natural de rio como o agregado reciclado como agregados inócuos, ou seja, que não apresentam expansibilidade deletéria que compromettesse seu uso como agregado miúdo no setor da construção civil.

Palavras-chaves: Resíduos da mineração. Agregados reciclados. Reatividade álcali-agregada

ABSTRACT

This work is about the use of quartz mining waste applied, to civil construction, as fine aggregate. This approach is necessary because the large quantity of waste generated in this sector without correct environmental destination. The objective is to characterize physically and evaluate the alkali-aggregate reactivity of recycled fine aggregate, verifying if is able the use of this aggregate without loss in quality of products in that it to be applied. Was done in according to Brazilian regulation, physical characterization of natural aggregates and recycled besides the alkali-aggregate reactivity test described in ISO 15577- 4/2008 where was produced mortar bars containing the residue of mining and natural sand of river, in order to compare his performance. The test consisted of measuring the mortars bars expansion, that was submerged in a tank containing a sodium hydroxide solution at a controlled temperature of 80°C for 30 days where the measurements was taken at 5, 8, 16, 21, 26 and 30 days. According to the characterization tests, the aggregates shows great similarity between themselves, not introducing obstacles in the use of recycled aggregate as replacement of the natural aggregate. In relation to alkali-aggregate reactivity, the data limits under Brazilian standard, classified both natural sand and recycled aggregate as innocuous aggregate, that not have deleterious expandability that can compromise its usage as fine aggregate in Civil Construction.

Keywords: Mining Waste. Recycled aggregates. Alkali-aggregate reactivity

INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda a questão da utilização de resíduos sólidos da mineração de quartzo, que visa a obtenção de ferro silício e silício metálico, na construção civil de forma a reduzir a quantidade de matéria prima não renovável a ser extraída para o uso como o agregado miúdo, além de diminuir a quantidade de resíduos que são dispostos pelas mineradoras e que não possuem finalidade.

Tal abordagem se justifica pela necessidade que se tem hoje de reduzir a exploração de recursos naturais e de destinar adequadamente os materiais que não possuem aproveitamento e é apenas estocado, gerando gastos financeiros e impactos ambientais.

É importante ressaltar a preocupação atual com os impactos ambientais causados principalmente pelos setores da construção civil e da mineração que justificam o estudo do rejeito de quartzo em substituição ao agregado natural proveniente do leito de rios.

O objetivo deste trabalho é caracterizar e avaliar a reatividade álcali-agregado do agregado miúdo reciclado, verificando se é possível utilizar esse agregado sem que haja prejuízo na qualidade dos produtos em que ele será aplicado.

Este propósito será conseguido a través dos ensaios de caracterização dos agregados naturais e reciclados, propostos pela norma brasileira, e de avaliação da reatividade álcali-agregado parte 4, no qual é feita a determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

DESENVOLVIMENTO

Este trabalho visa verificar se a substituição do agregado miúdo natural, em argamassas, por rejeitos da mineração de quartzo de modo a verificar a atuação desse resíduo quando exposto a condições de desgaste acelerado, em que é favorecido a ocorrência de reações expansivas envolvendo os agregados e a pasta de cimento, chamadas de reações álcali-agregado. Será realizado toda a caracterização física desses agregados de forma a avaliar se há características físicas no rejeito que prejudiquem sua utilização na construção civil. Os ensaios de caracterização física são: granulometria (NBR 2117/87), determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem (NBR NM 46/03), o teor de umidade (NBR 7214/12), as impurezas orgânicas (NBR NM 49/01) e a determinação da massa específica (NBR NM 52/09) e massa unitária (NBR NM 45/09), absorção de água (NBR NM 30/01) e de avaliação da reatividade álcali-agregado parte 4, no qual é feita a determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

Reatividade álcali-agregado

As reações álcali-agregado são as reações que ocorrem entre os álcalis do cimento e os agregados que apresentem comportamento reativo. Esses álcalis surgem durante as reações de hidratação do cimento e quando em contato com agregados reativos, é formado um gel expansivo que gera a perda da resistência, surgimento de fissuras e a redução da durabilidade do concreto (CATOIA, 2007).

Quando o gel expansivo é produzido na superfície dos agregados ocorre a perda da aderência entre o agregado e a pasta de cimento (NEVILLE, 1997). De acordo com Sanches (2008) para que ocorra esse fenômeno é necessário não somente os agregados reativos mas, também, a concentração de álcalis em grandes quantidades na região de transição entre o agregado e a pasta de cimento.

As reações álcali-agregado se dividem em três tipos distintos: a reação álcali-sílica, a álcali-silicato e a álcali-carbonato, porém apenas a reação álcali-sílica é tratada na norma brasileira. Isso porque a reação álcali-silicato é considerada um tipo de reação álcali-sílica e a reação álcali-carbonato não ser muito comum no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Resíduo da mineração

Produziu se areia a partir do rejeito da mineração de quartzo, que visa a produção de ferro silício, silício metálico, dentre outras ligas. O rejeito é produzido das operações de beneficiamento do minério para a siderurgia, e consistem nos materiais que se encontram fora da faixa granulométrica e do grau de pureza exigido para a fabricação das ligas metálicas.

O material utilizado foi coletado de forma representativa segundo a NBR 10007, armazenado em bombonas de 240L, com granulometria variando de 2,36mm a 12,5mm. O material coletado apresenta teores de quartzo elevados, superiores a 99% de SiO₂, e menos que 0,5% de Fe.

Areia natural de rio

Utilizou-se como padrão de comparação a areia natural de rio lavada (ANR), material adquirido na região metropolitana de Belo Horizonte, da empresa Interbrasil Ltda, localizada na Rodovia BR 040 - KM 19,5 - N° 995, Vale do Sol em Nova Lima, Minas Gerais.

Cimento Portland

Para a produção das argamassas foi utilizado o cimento CPV-ARI de acordo com as prescrições normativa.

Métodos

Produção da areia reciclada

O rejeito foi processado no britador de mandíbulas, e após a britagem, foi realizado o peneiramento, esse procedimento se repetiu até que a granulometria da areia se enquadrasse na zona ótima, faixas estabelecidas pela NBR 7211/09.

Caracterização física dos agregados

Para a caracterização dos agregados miúdos foram feitas as seguintes análises: granulometria - NBR 7217/87, teor de umidade - NBR 9939/12, determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem - NBR NM 46/03; massa específica - NBR NM 52/09; massa unitária - NBR MN 45/09; a absorção de água - NBR NM 30/01 e impurezas orgânicas - NBR NM 49/01. Essas análises foram realizadas nos agregados reciclados e nos naturais.

Reatividade álcali-agregado

De acordo com NBR 15577/08 foi determinado o potencial reativo dos agregados miúdos ensaiados. Através da avaliação da variação do comprimento de barras de argamassa produzidas com cimento CPV-ARI, água destilada, relação água/cimento igual a 0,47. As barras ficaram imersas na solução de hidróxido de sódio, que durante todo o ensaio, manteve a temperatura de 80°C. Foram produzidas corpos de prova de argamassas contendo a escória de aciaria e para análise comparativa da ocorrência de reatividade álcali-agregado, produziu-se argamassas contendo areia natural de rio.

Os corpos de prova prismáticos foram produzidos contendo pinos de aço inox, em cada extremidade, de forma a medir a variação de comprimento das barras através de um relógio comparador digital, marca Pantec, com precisão de leitura de 0,0001mm.

Após 24 horas mantidos em câmara úmida os corpos de prova foram desmoldados. Depois de desformados, realizou-se a leitura inicial com relógio comparador. Em seguida, as barras foram acondicionadas no banho térmico, apenas com água a 80°C, por mais 24 horas. Após esse período, realizou-se a leitura zero. Após essa leitura os corpos de provas foram imersos na solução de hidróxido de sódio com 4% de concentração e temperatura controlada de 80°C. Foram feitas leituras para determinação da variação de comprimento das barras com 16 e 30 dias e duas leituras intermediárias.

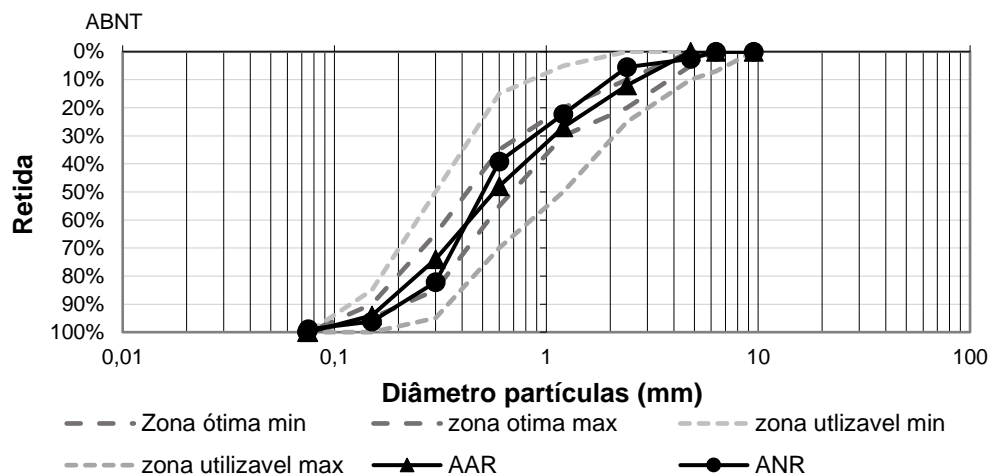
A expansão das barras foi calculada segundo a diferença entre seu comprimento na idade considerada e seu comprimento inicial (leitura zero). Os resultados para expansão são dados em porcentagem relativamente ao comprimento efetivo, sendo esse resultado expresso como a média dos valores obtidos para os três corpos de prova produzidos para cada tipo de agregado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Produção da areia a partir do resíduo

A britagem do rejeito gerou uma mudança na coloração do material. O fato do material passar pelo britador de mandíbulas seguido do peneiramento, diversas vezes, tornou as amostras mais claras, além de surgir uma considerável quantidade de finos. A alteração da coloração pode estar associada à desagregação de finos presentes na superfície dos rejeitos e o aumento significativo dos finos pode estar relacionado com a dureza dos grãos, indicando certa friabilidade deste material. Na Figura 4.1 é ilustrado as curvas granulométrica das areias natural de rio (ANR) e da areia artificial reciclada (AAR).

Figura 4.1: Curva granulométrica



Caracterização dos agregados miúdos

Na Tabela 4.1 estão apresentados os resultados da caracterização física dos agregados natural e artificial reciclada.

Tabela 4.1: Caracterização física dos agregados miúdos

Ensaio	Areia Natural de Rio (ANR)	Areia Artificial Reciclada (AAR)
Teor de umidade	0,20%	0,14%
Material Pulverulento	1,01%	3,40%
Massa Específica	2,70 g/cm ³	2,64 g/cm ³
Massa Unitária	1,45 g/cm ³	1,44 g/cm ³
Absorção de água	0,67%	0,66%

Podemos observar a partir dos resultados que os dois agregados são muito semelhantes, com exceção do teor de material pulverulento, em que a AAR apresenta 3,4%, enquanto a ANR apenas 1,01%, isso se deve ao processo de britagem e a friabilidade desse material. Observa-se que os valores de teor de umidade, absorção de água que a AAR apresenta valores inferiores a ANR, podemos supor que esses resultados se devem justamente a

superfície mais lisa dos grãos da AAR, devido ao processo de britagem, e em contrapartida a superfície mais rugosa dos grãos do agregado natural.

Na Figura 4.2 está ilustrado o ensaio de teor de matéria orgânica.

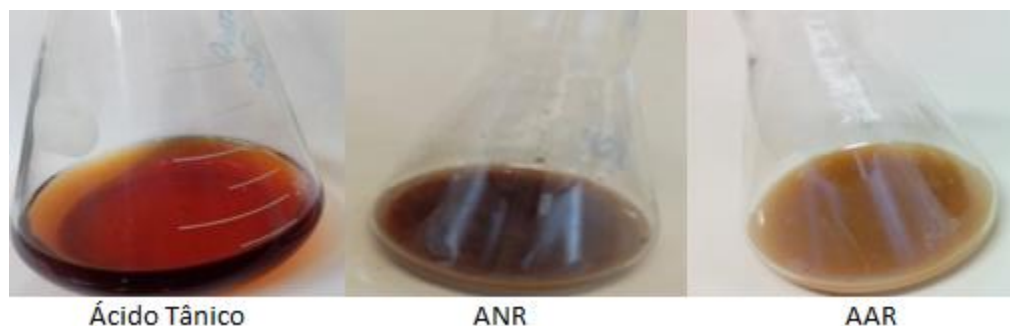


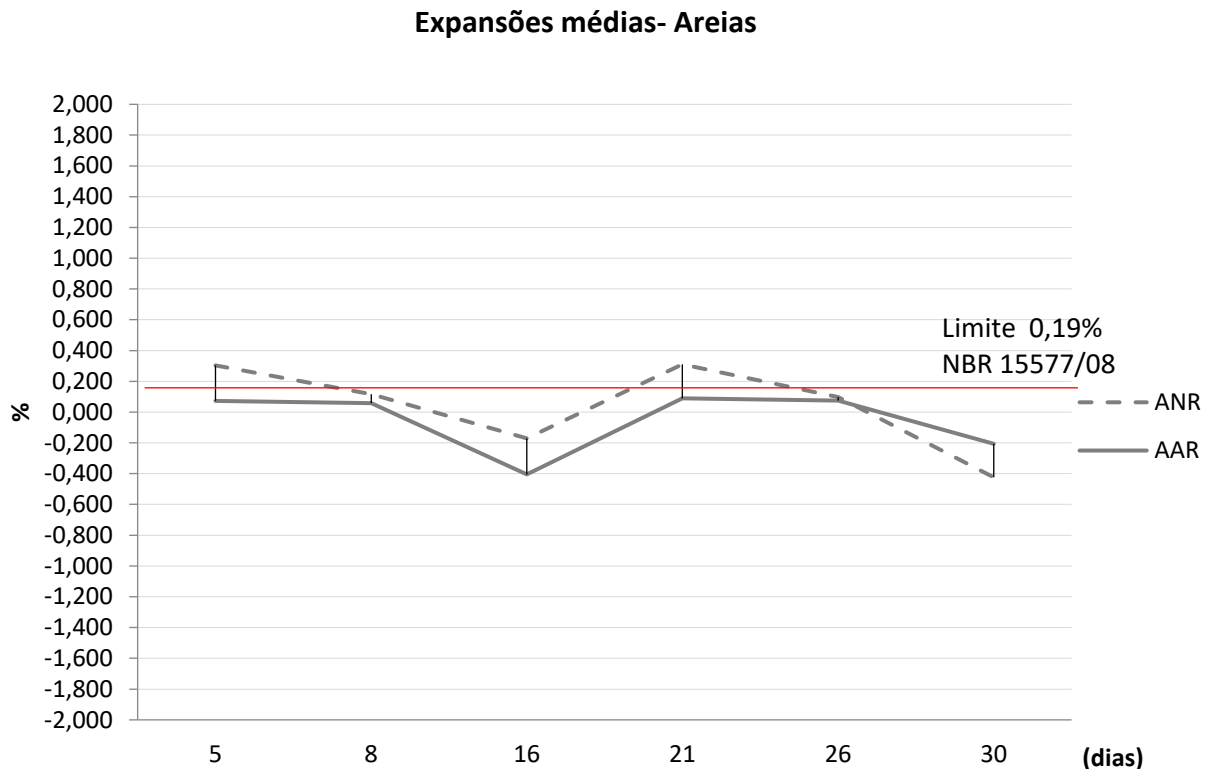
Figura 4.2: Teor de matéria orgânica

Pode se observar que a coloração da solução contendo a areia natural de rio (ANR), apresentou coloração mais escura do que a solução de ácido tânico que segundo a NBR NM 49/01 é o limite máximo de material orgânico que pode estar presente no agregado miúdo, para que ele possa ser utilizado em argamassas e concretos sem prejuízo na qualidade. Seria necessário realizar outras análises mais aprofundadas para garantir que essa areia não contenha matéria orgânica em excesso. Já a solução contendo a AAR, se mostrou mais clara que a solução de ácido tânico, dessa forma estando dentro dos limites colorimétricos estabelecidos pela norma brasileira.

Reatividade álcali-agregado

As expansões verificadas nas barras de argamassa podem ser vistas na Figura 4.1, onde está representado a curva de expansão da argamassa com as areias AAR e ANR.

Figura 4.1: Expansão média da reação álcali-agregado



De acordo com a NBR 15577-1/08, os agregados só são considerados inócuos, se a expansão aos 30 dias for menor que 0,19%, através da figura podemos observar que a areia artificial reciclada (AAR) não apresentou expansão maior que 0,1% aos 30 dias, bem como a areia natural de rio que apresentou retração em relação a seu comprimento inicial.

Existem outros limites bastante utilizados também, como o da ASTM C-1260, em que consideram comportamento inócuo, expansões menores que 0,10%, aos 16 dias, expansões entre 0,10 e 0,20%, aos 16 dias, indicam in conclusão dos resultados e valores acima de 0,20%, aos 16 dias, expansão potencialmente deletéria. Assim pode se considerar a AAR e ANR como agregados inócuos.

Segundo Berra et al (1994) o melhor limite a ser aplicado para o ensaio do banho térmico é o estipulado por Hooton & Rogers (1993), que define como agregado inócuo, expansões de até 0,15% aos 14 dias, dessa forma verifica se que tanto a AAR quanto a ANR são tidas como não reativas e apenas a AAR não têm expansões maiores que 0,1% em nenhum momento durante os 30 dias de ensaio.

Nota-se certa variação nas curvas, que podem ser justificadas pela grande precisão do relógio comparador, mas principalmente pela variação da temperatura ambiente na hora das medições. Pois dependendo da temperatura ambiente a barra que foi retirada do banho térmico, apresenta temperatura em torno de 80°C, se o local estiver muito frio, ao retirar a barra ela irá apresentar alteração na medição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir em relação a caracterização física que o agregado reciclado não apresenta diferença significativa em relação ao agregado natural, e dessa forma podemos concluir que não há nada em relação ao comportamento físico desse material que impeça sua utilização com agregado miúdo na construção civil. Em relação a quantidade de finos maior no agregado artificial reciclado, caso seja necessário, é possível fazer a lavagem do material. No ensaio de reatividade álcali-agregado, também, pode-se concluir que o agregado reciclado não mostrou comportamento expansivo, aliás este apresentou resultados melhores que o do agregado natural, que foi utilizado como padrão de comparação. Considerando que existem diversos trabalhos que comprovam a utilização de resíduos, advindos de outras industriais como a mineração e a siderurgia, como agregado sem perda da qualidade técnica como no caso dos trabalhos de Souza (2015), Januzzi (2012) e Peixoto et al (2014). Como conclusão temos que é viável a substituição de agregados miúdos naturais por agregados reciclados da mineração de quartzo, diminuindo assim na quantidade de matéria prima natural que extraímos, além de promover destinação adequada a resíduos da mineração que, também causam impactos quando são dispostos de maneira inadequada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR NM 30 – *Agregado miúdo - Determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR NM 45 – *Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, 2006.

_____.NBR NM 46 – *Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem*. Rio de Janeiro, 2003.

_____.NBR NM 49 – *Agregados fino: determinação de impurezas orgânicas*. Rio de Janeiro, 2001.

_____.NBR NM 52 - *Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR 6467 – *Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR 9939 – *Agregado - Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2011.

_____.NBR 15577– *Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado*. Rio de Janeiro, 2009.

Berra, M., Mangialardi, T., Paolini, A. E. (1994). *Application of the NaOH Bath Test Method for Assessing the Effectiveness of Mineral Admixtures against Reaction of Alkali with Artificial Siliceous Aggregate*. Cement and Concrete Composites.

Hooton, R. D. & Rogers, C. A. (1993). *Development of the NBRI Rapid Mortar Bar Test Leading to its use in North America*. Construction and Building Materials.

Januzzi, R. V. (2012). *Estudo do comportamento mecânico de blocos com escória de aciária visando a aplicabilidade em Alvenaria*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto.

John, V. M. (2000). *Reciclagem de resíduos na construção civil- contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. Tese de doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Peixoto, R. A., Toffolo, R. V., Filho, J. O., Cury, A. A. (2014). *Viabilidade técnica de elementos de concreto para a pavimentação produzida com rejeito de barragem de minério de ferro*. Anais do 56° Congresso Brasileiro do Concreto. Natal: IBRACON.

Sanchez, L. F. (2008). *Contribuição ao estudo dos métodos de ensaio na avaliação das reações álcali-agregado em concretos*. Dissertação de mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Sousa, R. G. U. (2013). *Quantificação das emissões de CO2 dos materiais de construção: aço, areia, brita, cerâmica vermelha e cimento - estudo de caso em empreendimento habitacional de interesse social*. Monografia. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.