

Análise da Viabilidade do Aproveitamento de RCC para Aplicação como Filtro em Barragem de Terra

Sabrina Fernandes Fortunato

Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira, Itabira, Brasil, sabrinaffortunato@hotmail.com

Cátia de Paula Martins

Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira, Itabira, Brasil, martinscp@unifei.edu.br

RESUMO: A pesquisa trata da viabilidade do uso de RCC (Resíduos da Construção Civil) como substituto total ou com 50% de areia natural, em filtros de barragens de terra. Foi analisado o comportamento físico das amostras em comparação com os critérios para filtro de barragem utilizado como referencial. O RCC, coletado em Itabira-MG, foi britado após a separação da ferragem. Procedeu-se, então, os ensaios granulométricos do RCC e da areia natural, também coletada em Itabira, seguindo as NBR NM 248 (2003) e NBR 7181 (1984). O solo argiloso utilizado possui o índice de plasticidade igual a 25% e o limite de liquidez igual a 53%. De acordo com a classificação Unificada, o solo se enquadra como uma argila de alta compressibilidade (CH). Ao analisar a granulometria das amostras de areia e RCC percebeu-se a necessidade de ser feita a composição granulométrica do rejeito, uma vez que a porcentagem de grãos finos na amostra de RCC com diâmetro menor que 0,075 mm estava maior que 5%. Após a composição realizou-se nova análise granulométrica, onde foi observado que tanto o RCC quanto a mistura de areia-RCC se enquadraram nos critérios pré-estabelecidos neste estudo para filtro de barragem.

PALAVRAS-CHAVE: RCC, Filtro, Barragem de Terra.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil causa diversos impactos ambientais, sociais e econômicos tanto em relação à própria construção, considerando também a ocupação de ambientes urbanos, como em relação aos seus rejeitos. Com o aumento da construção civil houve também o aumento de seus resíduos gerando hoje cerca de 50% do total de resíduos mundial (MENEZES, 2011). A incidência de enchentes, contaminação e proliferação de doenças em grande escala são alguns dos problemas causados pela disposição inadequada dos Resíduos de Construção Civil (RCC). Sendo assim, considerando a grande importância da preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas direcionadas para o reaproveitamento dos RCC.

Quanto aos RCC, a Resolução nº 307 do CONAMA divide-os em classes, sendo: Classe

A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C - resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; e Classe D - resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Júnior (2005) propõe uso de RCC para alguns empreendimentos e similares como: aterros sanitários e usinas de reciclagem de resíduos sólidos, cemitérios e necrotérios, presídios, obras para exploração de recursos hídricos (barragens, canalizações de água, transposições de bacias e diques), entre outros.

Almeida (2010) estudou a tensão e a deformação para o período construtivo da barragem de terra e enrocamento de Irapé. Foi feita uma análise numérica e comparada com dados coletados por instrumentos instalados no núcleo e enrocamento da barragem. Como resultado, foram obtidos bons prognósticos para

as tensões e valores superiores de recalque.

Diversos estudos têm sido realizados para o aproveitamento de resíduos da construção civil. Dentre estes se destaca o trabalho de Oliveira et al (2011) que propôs a utilização de RCC e fibras de polipropileno, chegando à conclusão de que o RCC pode ser caracterizado granulometricamente como areia bem graduada e possuiu bom desempenho mecânico com a adição das fibras, favorecendo o seu uso na utilização em obras de geotecnia como estrutura de solos reforçada.

Vergara (2012) avaliou o uso de resíduos de mineração de ferro como filtro em obras de terra, principalmente para barragens, podendo substituir a utilização de areia natural, através de estudo desses resíduos considerando suas características físicas, químicas e mineralógicas.

Outra possível alternativa do aproveitamento dos resíduos provenientes da construção é transformá-los em agregado para serem utilizados na produção de blocos, tijolos, argamassa, concreto, base e sub-base de pavimentos asfálticos, melhoramento de solo, viabilidade de uso em vias de baixo volume de tráfego, dentre outros (RIBEIRO, 2014).

Há várias propostas para o uso de RCC, dentre elas seu emprego em obras para exploração de recursos hídricos.

Nesse contexto, a presente pesquisa trata da viabilidade do uso de RCC em filtros de barragens de terra, que se justifica ao propor a verificação da viabilidade do uso de resíduo de construção civil, coletado em Itabira-MG, puro ou podendo ser combinado com solo arenoso. Dessa forma, além da possibilidade de atender a um uso prático, estará também desempenhando uma ação de sustentabilidade ambiental.

Azevedo (2005) sustenta que se deve atentar para a incerteza quanto à colmatção dos filtros, quando há aumento do índice de vazios do material drenante. A colmatção pode ser causada pelo carreamento de finos e assim diminuir a permeabilidade do filtro.

É abordado por Massad (2014) a respeito dos critérios básicos de filtro, salientando-se a necessidade de se utilizar coeficientes de segurança elevados, da ordem de 10.

O fenômeno de colmatção afeta diretamente a capacidade drenante do meio poroso por onde

ocorre o fluxo (FREITAS, 2003). As causas da colmatção podem ser físicas, químicas ou químico-microbiológicas. O efeito *piping* poderá surgir com a percolação da água a depender do gradiente hidráulico aplicado. No entanto, se esse processo não for estabilizado, com o tempo poderá haver a colmatção física do dreno. Quanto à colmatção química, esta poderá ocorrer se o cimento presente no RCC, em contato com a água, enrijecer, provocando a redução dos caminhos preferenciais (vazios) à percolação da água. Já em relação a colmatção químico-microbiológica, o RCC possui vantagem, uma vez que em um estudo feito por Campus (2004), concluiu-se que não há formação de biofilme quando resíduos cerâmicos e cimentícios permanecem em contato com água, eliminando o risco desse tipo de colmatção.

2 CRITÉRIOS UTILIZADOS

2.1 Barragens

As Barragens são estruturas construídas em vales e destinadas a fechá-las transversalmente, proporcionando assim um represamento de água (CAPUTO, 2013). Podem ser classificadas quanto ao tipo de seção como barragens zoneadas, homogêneas (terra), enrocamento, concreto, entre outras (AZEVEDO, 2005).

A barragem homogênea possui somente um material de solo, sendo este pouco permeável, como argilas, areias argilosas e siltes argilosos, para evitar a passagem de água.

De acordo com o Hradilek (2002), o material utilizado tem como critério principal o volume e a qualidade existente no local onde será construída a barragem. Um segundo critério é que para barragens de terra com seção homogênea os solos classificados, pela classificação Unificada, como GW, GP, SW, SP e PT são inadequados. Leite et al (2012) também usa como critério para escolha do material da barragem de terra a classificação Unificada.

2.2 Filtro de Barragens

A utilização de filtros tem como objetivo a

drenagem de água que passa pela barragem, o melhoramento do fluxo e da vazão na saída, assim como a prevenção de erosão interna, contribuindo para a estabilidade do maciço (CAPUTO, 2013; MASSAD, 2014). Dessa maneira, um filtro do tipo dreno deve reter os finos e possuir alto coeficiente de permeabilidade.

De acordo com os Critérios de Terzaghi um material F (filtro), para proteger um solo B (base), deve obedecer as condições granulométricas apresentadas nas equações 1 e 2, quando o solo protegido é não coesivo:

$$\frac{F_{15}}{B_{85}} < 4a5 \quad (1)$$

$$\frac{F_{15}}{B_{15}} > 4a5 \quad (2)$$

Onde, F_n é o diâmetro correspondente a $n\%$, em peso total, de todas as partículas menores que ele; do mesmo modo define-se os outros diâmetros, não só para o material que serve de filtro como para o solo do aterro.

O primeiro critério expõe que o tamanho dos grãos do filtro não pode permitir a passagem dos grãos do solo, evitando o carreamento de partículas que podem provocar erosão interna, o *piping*, e acarretar em ruptura da barragem. O segundo que o material do filtro deve ser mais permeável que o do solo.

Além disso, o Department of The Army Corps of Engineers Mississippi River Commission (1948) diz que a curva granulométrica do material do filtro deve ser praticamente paralela a do material da barragem, enquadrado nas equações 3 e 4.

$$F_{50} \leq 25B_{50} \quad (3)$$

$$F_{15} \leq 20B_{15} \quad (4)$$

Lima (20--?) complementa os critérios enfatizando a necessidade de o filtro conter no máximo 5% de solo com diâmetro menor que 0,075 mm e não conter material argiloso, para que não sejam coesivos. Salienta, também, a indispensabilidade em evitar o *piping*, através da equação 5, onde um tubo perfurado é

colocado no interior do filtro e as aberturas do tubo devem ser pequenas o bastante para evitar esse fenômeno.

$$F_{15} \geq 2 \text{ Abertura máxima do tubo de descarga} \quad (5)$$

Porém, os solos argilosos, por serem coesivos, são menos suscetíveis ao *piping*, assim, são utilizados critérios menos restritivos como a equação 6.

$$F_{15} \geq 10 B_{85} \quad (6)$$

No entanto, de acordo com Sherard et al. (1984) o diâmetro dos poros internos de um filtro são governados por partículas mais finas, F_{15} . Assim, fazer uso de critérios baseados em F_{50} , como F_{50}/B_{50} , não apresenta base satisfatória. Outro critério que não é encontrado em teoria baseia-se na fração F_{15}/B_{15} , uma vez que o tamanho B_{15} , relacionado aos grãos do material da barragem, não influencia significativamente nas propriedades necessárias do filtro. Além disso, para solos excepcionalmente finos, argilas e siltes com B_{85} menor ou igual a 0,02 mm, o material do filtro deve apresentar F_{15} médio menor ou igual a 0,2 mm. Sendo assim, devido aos critérios F_{50}/B_{50} e F_{15}/B_{15} não apresentarem uma teoria ou base satisfatória e F_{15}/B_{85} ser para solo não coesivo, essas frações foram abandonadas e serão utilizados três critérios. O primeiro deles estabelecendo que o material do filtro não deverá conter mais que 5% de grãos com diâmetro menor que 0,075mm, o segundo que o material do filtro não deverá conter argila e o terceiro de que F_{15} deve ser menor ou igual a 0,2 mm.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Solos

O trabalho foi realizado com solo arenoso e argiloso. As amostragens dos solos foram realizadas no território pertencente à Universidade Federal de Itajubá (Unifei/Campus de Itabira). Procedeu-se a caracterização física dos solos argiloso e

arenoso. A densidade real dos grãos foi obtida a partir da DNER–ME 093 (1994) e o teor de umidade pela NBR 6457 (1986). O ensaio de granulometria seguiu a NBR 7181 (1984). Para o solo argiloso foi feito o ensaio de granulometria completa. A determinação dos limites de consistência seguiu a NBR 7180 (1984) para o limite de plasticidade e a NBR 6459 (1984) para o limite de liquidez.

3.2 RCC

Foi coletado o resíduo da construção civil na cidade de Itabira-MG, enquadrado na Classe A, conforme Resolução nº 307 do CONAMA. Foram retiradas as barras em aço restando somente concreto (areia, água, brita e cimento), na amostra de viga utilizada. A amostra de RCC foi passada no triturador de mandíbulas para, então, ser feita a secagem da amostra ao ar, até próximo do teor de umidade higroscópico. Em seguida, quarteou-se o RCC e realizou-se a sua composição granulométrica. A granulometria do RCC foi feita de acordo com a NBR NM 248 (2003), NBR 15116 (2004) e NBR 7211 (2005).

A britagem do RCC foi realizada para reduzir o tamanho dos grãos e atender as faixas granulométricas desejadas. Para isso, a viga foi inicialmente quebrada em pequenas partes com o uso de uma marreta e, em seguida, retiraram-se as armaduras e os agregados reciclados de RCC foram colocados no triturador de mandíbulas elétrico até que visualmente possuíssem diâmetro menor que 1 cm.

A composição granulométrica do material britado de RCC foi realizada tomando por base a composição referente à amostra de areia AM 04, ou seja, as porcentagens de massa retida em cada peneira.

O RCC será utilizado como material tipo *solo graúdo* para filtro de barragem, porém para a sua composição granulométrica foi utilizada a NBR 7211 (2005) – Agregado para concreto, e não a NBR 7181 (1984) para solos. Isso ocorreu devido ao item 7.2.2 da NBR 15116 (2004) – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, estabelecer que a composição granulométrica do agregado reciclado sem função estrutural deve seguir a NBR 7211 (2005). O procedimento para a granulometria

em ambas as normas é o mesmo, constando apenas uma diferença quanto às malhas das peneiras. As peneiras da NBR 7211 são: 9,5; 6,3; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3 e 0,15 mm. Enquanto aquelas referentes à NBR 7181 são: 9,5; 4,8; 2,0; 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15; 0,075 mm. Assim, visando suprimir essa diferença, sem alterar a distribuição granulométrica, foram acrescentadas, para o ensaio do RCC as peneiras com abertura de 0,42 e 0,075 mm, e para o ensaio dos solos a peneira com abertura de 6,3 mm.

3.3 Mistura RCC-areia

Após a caracterização dos solos e do RCC realizou-se a mistura de RCC e areia. As porcentagens da fração de RCC-areia foram estimadas a partir do estudo de outros trabalhos que utilizaram RCC como mistura em outros casos, uma vez que não foram encontrados estudos sobre a aplicação de RCC à areia para filtros de barragem. Fundamentando-se em Paula (2010) foi utilizada a fração de 50% agregado reciclado/natural e 100% agregado reciclado. Sua granulometria seguiu o mesmo critério utilizado para a areia, a NBR 7181 (1984).

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Foi ensaiada uma amostra de argila retirada na cidade de Itabira. No entanto, não se enquadrou nos critérios para ser analisada como material para barragem de terra. Com isso, a amostra estudada foi descartada e se utilizou uma amostra ensaiada por Almeida (2010) em sua dissertação (AM 02). Também foram analisadas duas amostras de areia, sendo que AM 01 não passou no critério para uso em filtros. Logo, baseou-se o estudo na AM 02, que atendeu aos critérios para filtro. Todos os dados obtidos estão descritos a seguir.

4.1 Densidades Reais

Na tabela 1 estão relacionados os resultados de densidade real das amostras areia AM 04 e RCC.

Tabela 1. Densidade Real (Gm) das amostras	
Amostras	Gm (g/cm ³)
Areia AM 04	3,14
RCC	3,16

4.2 Análises Granulométricas

4.2.1 Argila

Foi realizado o ensaio de granulometria para a amostra de argila AM 01, conforme metodologia descrita anteriormente. Porém, pelo critério analisado por Hradilek (2002) e Leite (2012), o solo não se enquadrava como material a ser utilizado na estrutura de uma barragem de terra.

Com isso, para prosseguir com o projeto, foram utilizados dados do trabalho de Almeida (2010), que estudou a tensão e a deformação para o período construtivo da barragem de terra e enrocamento de Irapé. Neste caso, esta amostra foi intitulada AM 02. A figura 1 apresenta a curva granulométrica dessa amostra de argila.

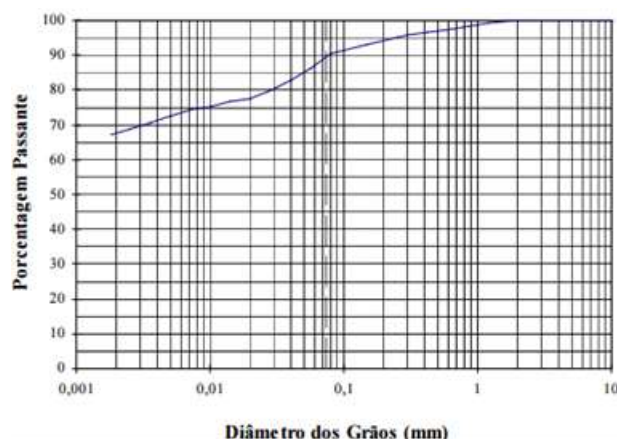


Figura 1. Curva granulométrica argila AM 02 (Fonte: Almeida (2010))

A amostra AM 02 possui $LL = 53\%$, $IP = 25\%$. De acordo com o sistema Unificado, essa amostra está classificada como argilas inorgânicas de alta plasticidade (CH), enquadrando no critério de utilização como material para o corpo da barragem de terra. Em função do material da barragem em análise ter elevado percentual da fração argila e apresentar alta plasticidade, torna-se menor a suscetibilidade ao fenômeno do *piping*.

4.2.2 Areia

A curva granulométrica da amostra de areia AM 03 está apresentada na figura 2.

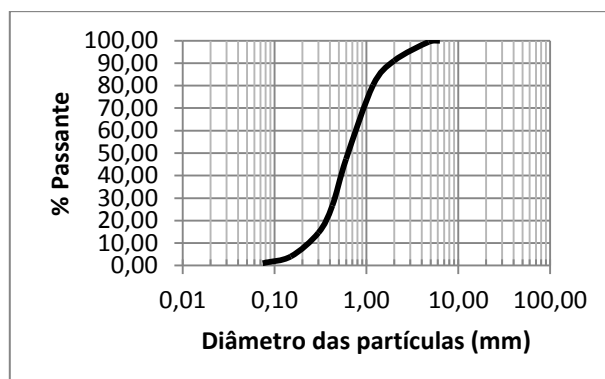


Figura 2. Curva granulométrica areia AM 03

Pela classificação ABNT a amostra é rotulada como areia média. Essa amostra possui 3% de material com diâmetro menor que 0,075 mm e não contém material argiloso. Porém, segundo o critério de Sherard et al. (1984), para ser apropriado utilizá-la como filtro de barragem de terra faz-se necessário, também, que os vazios formados entre os grãos de areia (AM 03) não permitam a passagem de partículas de solo. Observa-se que isso não ocorre uma vez que F_{15} médio é igual a 0,3 e deveria ser menor que 0,2 mm. Então, foi realizado ensaio com outra amostra de areia, AM 04. A figura 3 apresenta a sua curva granulométrica.

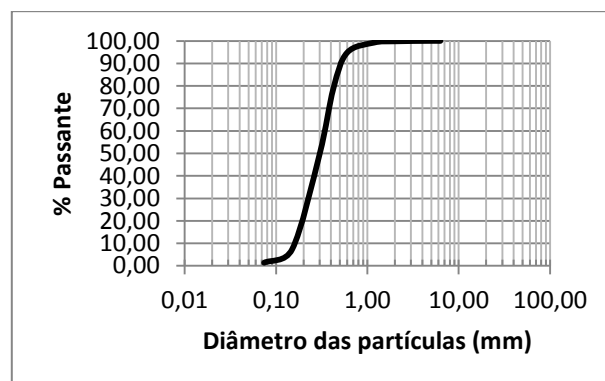


Figura 3. Curva granulométrica areia AM 04

Pela classificação ABNT a amostra é rotulada como areia muito fina. Considerando os critérios a serem utilizados neste trabalho, essa amostra é adequada uma visto que a areia

AM 04 possui 1,4% de material com diâmetro menor que 0,075 mm e não há material argiloso.

Outro ponto a ser considerado é em relação a F_{15} . Como o material a ser protegido da barragem é coesivo, possuindo mais que 85% de material com diâmetro menor que 0,075 mm, sendo por volta de 68% argila, F_{15} deve ser menor ou igual a 0,2 mm. No caso de AM 04, F_{15} é igual a 0,2.

A segunda amostra de areia, AM 04, possui menos que 30% de partículas finas, coeficiente de curvatura (C_c) igual a 0,77 e coeficiente de não uniformidade (C_u) igual a 1,94. Essa amostra de areia é considerada, então, um solo mal graduado, porém, muito uniforme. Neste caso, possivelmente não ocorrerá o preenchimento dos vazios formados pelos finos existentes. Assim, pode-se inferir que a amostra AM 04 mostra-se instável sob a ação de fluxo d'água devido à consequente variação do gradiente hidráulico. Essa instabilidade pode acarretar em um determinado grau de colmatção.

4.2.3 RCC

Está apresentada na figura 4 a curva granulométrica da amostra de RCC.

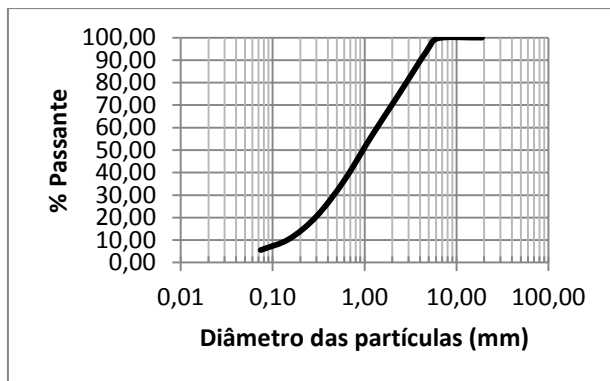


Figura 4. Curva granulométrica RCC

Pela classificação ABNT a amostra se enquadra como areia média. Obteve-se dimensão máxima característica igual a 6,30 mm. A razão entre F_{15} e B_{85} é 4,6 e não há material argiloso. Portanto, o efeito *piping* será minimizado. No entanto, a quantidade de material com diâmetro aproximado menor que 0,075 mm é de 5,56%, devendo ser menor que

5% e F_{15} médio é igual a 0,25, devendo ser menor que 0,2 mm. Por isso, procedeu-se a composição granulométrica do RCC. Obtiveram-se as porcentagens de massa retida em cada peneira da amostra de areia AM 04. Os valores obtidos foram reproduzidos para o agregado reciclado de RCC, ou seja, a porcentagem de massa retida em cada peneira da amostra de RCC tornou-se igual a da amostra AM 04. Apresenta-se na figura 5 a composição da amostra de RCC.

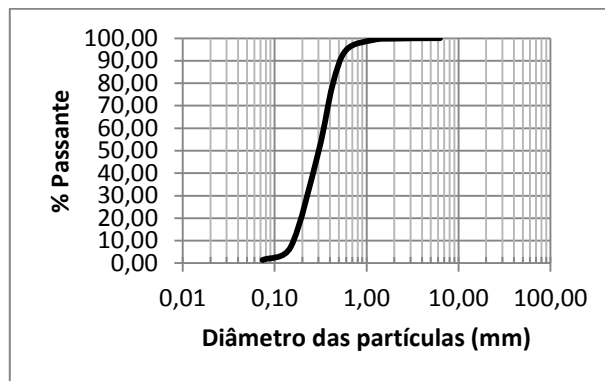


Figura 5. Curva granulométrica RCC após composição granulométrica

4.2.4 Mistura RCC-areia

Após a composição granulométrica do RCC foi feita a sua mistura com areia AM 04 em um teor de 50%, com curva granulométrica apresentada na figura 6.

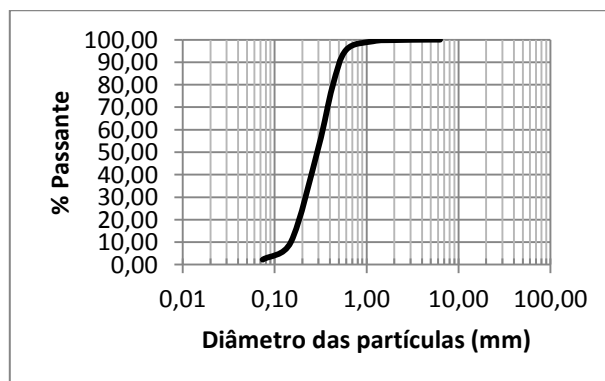


Figura 6. Curva granulométrica mistura RCC-Areia

Devido à composição granulométrica do RCC, a curva granulométrica da mistura areia-RCC se assemelha a da areia AM 04, sendo classificada como areia muito fina e adequada para ser usada como material de filtro, pois

possui 1,4% de material com diâmetro menor que 0,075 mm, F_{15} médio igual a 0,18 mm e não possui argila em sua composição. Portanto, assim como a amostra de areia AM 04, a mistura com teor de 50% areia-RCC se enquadrou aos critérios para filtro, sendo evitada a passagem de partículas do solo através dele.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a utilização de resíduos da construção civil como filtro de barragem de terra de material coesivo (argiloso). Foram estudadas as frações de 50% agregado reciclado/natural e 100% agregado reciclado.

Especialistas em projetos de barragens inferem que, para as barragens de argila, os seus filtros devem ser constituídos de areias puras, areias com pedregulhos e uma porção de areias finas.

Analisaram-se duas amostras de areia, sendo que a segunda, AM 04, passou nos critérios empíricos considerados para utilização em filtro de barragem. Esses critérios são válidos dentro de certos limites, especialmente em relação à uniformidade da curva granulométrica. Nesse contexto, ao avaliar a amostra de RCC, percebeu-se a necessidade da sua composição granulométrica baseando-se na curva granulométrica da areia AM 04. Sendo assim, considerado adequado para uso em filtro.

As amostras de areia AM 04, de RCC e as misturas areia-RCC obtiveram capacidade de retenção das partículas advindas do corpo da barragem devido a percolação de água uma vez que possuíam F_{15} médio igual a 0,2 mm.

Como a amostra de areia AM 04 e a de RCC se enquadraram nos critérios empíricos para filtro de barragens, a mistura areia-RCC também se enquadrou. Sendo assim, infere-se que este comportamento é um indicativo de que as referidas amostras também podem ser utilizadas como filtros em barragem de terra.

No entanto, a composição do RCC utilizado apresenta frações de cimento, o que em contato com a água pode ocasionar a cimentação, tendo como consequência o enrijecimento do material com o decorrer do tempo. Faz-se necessário,

assim, verificar em laboratório a possibilidade de colmatção seguida de redução da permeabilidade do filtro com o tempo, devido à percolação de água e a deposição de finos através do ensaio de permeabilidade de carga constante.

Desse modo, como o agregado reciclado de RCC poderia ser utilizado como filtro de barragens ao analisar os critérios empíricos, sugere-se para trabalhos futuros realizar a caracterização do material de RCC, também, após sua lavagem em água corrente para avaliação desses riscos. Além disso, antes de ser feita a composição granulométrica do RCC deve-se realizar ensaios para a verificação da estabilidade do filtro considerando-se menor que 5 as razões F_{85}/F_{50} , F_{50}/F_{35} e F_{35}/F_{15} .

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Deus pela instrução, à Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pelo apoio financeiro e infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. de (2010) *Estudo Tensão Deformação de Barragem de Terra e Enrocamento*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
- _____*NBR 6457: Amostras de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.* Rio de Janeiro, 1986.
- _____*NBR 6459: Solo: determinação do limite de liquidez - Procedimento.* Rio de Janeiro, 1984.
- _____*NBR 7180: Solo: determinação do limite de plasticidade - Procedimento.* Rio de Janeiro, 1984.
- _____*NBR 7181: Solo: análise granulométrica - Procedimento.* Rio de Janeiro, 1984.
- _____*NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação.* Rio de Janeiro, 2005.
- _____*NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos.* Rio de Janeiro, 2004.
- _____*NBR NM 27: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório - Procedimento.* Rio de

- Janeiro, 2001.
- _____. *NBR NM 248: Agregados: determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.
- AZEVEDO, M. da P. N. de (2005). *Barragens de terra: sistemas de drenagem interna*, Trabalho de conclusão de curso, Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 96 p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2003) *Resolução nº 307*, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, nº 136, Seção 1, p. 95-96.
- CAMPUS, L. E. de F.; KAUTZMANN, R. M. (2004) filtragem anaeróbia utilizando resíduos gerados na Construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3., 2011, Costão do Santinho: ICTR. *Anais...*
- CAPUTO, H. P. (2013) *Mecânica dos solos e suas aplicações: mecânica das rochas, fundações, obras de terra*, 6ª ed. Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 576 p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADA E RODAGEM. DNER-ME 093: Solo: determinação da densidade real. 1994.
- FREITAS, R. A. S. de. (2003) *Comportamento de Geotêxteis como filtro em resíduos – fosfogesso e lama vermelha*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 131 p.
- HRADILEK, P.J. et al. (2002) *Avaliação de pequenas barragens*. In: Manual de Irrigação do Ministério da Integração Regional. V.6. Brasília: Bureau of Reclamation.
- JÚNIOR, N. B. C. (2005) *Cartilha de Gerenciamento de Resíduos sólidos para a Construção Civil*. SINDUSCON. 38 p.
- LEITE, H. E. A. S. et al. (2012) Estudos Geológicos/geotécnicos para a Implantação da Barragem Serro Azul, Localizada na Bacia do Rio Una, Palmares - PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 16, Goiânia, *Anais...* Goiânia
- LIMA, M. J. C. P. A. (20--?) Dimensionamento da seção transversal da barragem de terra. In: *Introdução ao estudo das barragens de terra*, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, cap. 1, p. 1-26.
- MASSAD, F. (2014) *Obras de Terra: curso básico de Geotecnia*, 6ª ed. Oficina de textos. São Paulo.
- MENEZES, M. de S. et al. (2011) Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. *Revista de Química Industrial: Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Ano 79, n. 733, p. 17-21, jul/dez.
- OLIVEIRA, M.G. M. de, et al. (2011) Melhoramento de solo com resíduos da construção civil reforçado com fibras de polipropileno. In: ENCONTRO NACIONAL, 6., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória, *Anais...* Vitória: UFES. p. 1-10.
- SHERARD, J. L. et al. (1984) *Basic properties of sand and gravel filters*. *Journal of Geotech. Engineering*, v 110, nº 6, p. 648-700.
- VERGARA, J.E. (2012) Aplicabilidade dos rejeitos de mineração de ferro para utilização em filtros de barragens, Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Universidade de Brasília, Distrito Federal.
- PAULA, P.R.F.de. (2010) *Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- RIBEIRO, K.F.A. et al. (2014) *Estudo das Diferentes Aplicações com Agregados Reciclados*. Mato Grosso.
- DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINEERS MISSISSIPPI RIVER COMMISSION (1948) Laboratory investigation of filters for Enid and Grenada Dams. In: *Usace digital library*. Vicksburg, Mississippi. Nº 3-245.