

ESTUDO DO COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO DA PREDOMINÂNCIA DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SOLO ARGILOSO PARA APLICAÇÃO EM OBRAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Camila Dal Pont Scarabelot (1); Christiane Ribeiro da Silva (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)camila_scarabelot@hotmail.com, (2)christiane@unesc.net

RESUMO

Atualmente a grande necessidade de reforma e até demolição de algumas edificações, vem gerando uma quantidade significativa de resíduos da construção civil, causando problemas ambientais, estéticos e de saúde pública graças a sua disposição irregular. A reutilização deste tipo de resíduo como material de base e sub-base de estradas, ou como agregado em concreto sem função estrutural já é conhecida, porém não é suficiente para suprir o volume gerado. Nesse contexto, essa pesquisa busca verificar a influência da fração de RCC nas características geotécnicas de solos argilosos. Vale salientar que o RCC utilizado foi fornecido na fração areia, ou seja, quando adicionado em porcentagens acima de 50% no solo argiloso, faz com que a fração predominante, em termos de granulometria, deixe de ser fina e passe a arenosa. A proposta visa a utilização da mistura em camadas de proteção mecânica de barreiras hidráulicas, em áreas degradadas pela mineração do carvão, outro problema ambiental que causa preocupação no sul de Santa Catarina. O programa experimental contemplou a realização de ensaios laboratoriais de caracterização e propriedades físicas, compactação e permeabilidade tanto no solo *in natura*, quanto em composições 60/40, 70/30 e 80/20, de RCC e solo *in natura*, respectivamente. Com base nos resultados, foi observado que a predominância do RCC fez com que as misturas tendessem para uma classificação HRB cada vez mais arenosa. Com isso, não foi possível a realização dos ensaios de LL e LP, já que as misturas não possuíam plasticidade. Esse ponto em questão deve ser estudado, já que compromete a trabalhabilidade do material na hora da moldagem e modelagem na camada protetora. Em relação a permeabilidade, foi observado que as três misturas apresentaram coeficiente de condutividade hidráulica na potência de 10^{-6} , mantendo a mesma ordem de grandeza do solo *in natura*. À vista disso, as misturas atenderam o objetivo proposto e foram consideradas aptas, em termos geotécnicos, para o uso exclusivo em camadas protetoras das barreiras hidráulicas, já que estas camadas exigem coeficientes menores que 10^{-5} . No entanto, mesmo com a obtenção de resultados positivos em termos geotécnicos, ensaios nos quesitos químico e ambiental são considerados de extrema importância para viabilização da aplicação proposta.

Palavras-Chave: proteção mecânica, solo argiloso, permeabilidade, resíduo de construção civil.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade há conjuntos de processos, atividades e indústrias que permitem a fácil obtenção de minerais valiosos que podem ser explorados economicamente, isso vem gerando uma problemática ambiental.

A mineração é um segmento da economia que muito contribui para o desenvolvimento econômico do Brasil. Por outro lado, tanto a lavra como o beneficiamento geram grande quantidade de resíduos, os quais devem ser tratados e dispostos adequadamente para minimizar o impacto ambiental. (BOSCOV, 2012, p. 13).

Boscov (2012, p.11), define resíduo como: “qualquer matéria que é descartada ou abandonada ao longo de atividades industriais, comerciais, domésticas ou outras; ou, ainda, como produtos secundários para os quais não há demanda econômica e para os quais é necessária disposição.”

Atualmente, o RCC (resíduo da construção civil) também vem gerando problemas ambientais, estéticos e de saúde pública graças à sua disposição irregular. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA tem como objetivo “estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.” (CONAMA, 2002, p. 1).

“Os resíduos de construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha.” (CONAMA, RESOLUÇÃO Nº 307, 2002, p. 2).

Ainda, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA, os resíduos são classificados em quatro classes. Para aplicação no trabalho, será utilizado a classe “A”, por representar os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado. A NBR 10.004 classifica o RCC como resíduo sólido da Classe IIA – “não inertes: podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.” (ABNT NBR 10.004/2004, p. 5).

Segundo Couto (2016, p. 1), “a reutilização do RCC como material de base e sub-base de estradas e como agregado em concreto sem função estrutural já estão

consolidadas, porém, essas duas propostas não são suficientes para empregar todo o volume de RCC gerado atualmente.”

Estudos geotécnicos realizados demonstraram que misturas de RCC com solo residual da Formação Geológica Palermo (SRFGP), na proporção, em porcentagem 50/50, atingiram coeficiente de permeabilidade na ordem de 10^{-7} . De acordo com Silva (2018, p. 8), “a redução na ordem de grandeza da permeabilidade das composições com o incremento de RCC por si só, demonstra a capacidade positiva do uso deste tipo de resíduo”. Ainda, de acordo com o autor, “a mistura 50/50 se mostrou como uma alternativa ao uso exclusivo de materiais argilosos como barreira hidráulica mediante análise química e ambiental”.

A Formação Palermo compreende uma sucessão de siltitos e siltitos arenosos, intensamente bioturbados, cinza-esverdeados a cinza-escuros, adquirindo cores amareladas características quando intemperizados. São constituídos na base por interlaminações de silte e areia fina a muito fina, com laminações plano-paralela e ondulada, wavy, linsen e flaser. (LEITES, 2000, p. 26).

De acordo com Sartor (2013, p. 1), “essa formação é predominantemente composta por solos coesivos com grande potencial impermeabilizante”. Por este motivo, podem ser utilizados como materiais para construção de selos de impermeabilização. Porém, Silva (2018, p. 2) ressalta que “a aplicação de argila para fins de reabilitação vem sendo cada vez mais discutida pelas partes, tendo em vista a redução da disponibilidade do bem mineral e os impactos ambientais gerados na extração, fazendo crescer a procura por materiais e técnicas alternativas.” Com isso, o autor propõe a utilização de 50% de RCC junto ao solo para aplicação em barreiras hidráulicas de coberturas secas.

Diante disso, surgiu a ideia da reutilização deste mesmo RCC como componente predominante, ou seja, em fração superior a 50%, de misturas no mesmo tipo de solo, SRFGP, para emprego em áreas degradadas pela mineração de carvão. No entanto, a proposta de aplicação prevê a utilização deste material em camadas de proteção mecânica, uma vez que a mistura, por ter predominância de RCC, sofre alteração no quesito granulométrico, deixando de ser fina e passando a ser arenosa.

Conforme Barros (2005, p. 25), “a camada de proteção é utilizada para proteger as camadas do sistema de cobertura que se encontram abaixo.” Ainda, de acordo com o autor, “no caso de aterros de resíduos perigosos, onde a percolação mínima

através do sistema de cobertura final é necessária, a camada de proteção é recomendada e usualmente necessária.”

Ravazzoli (2012, p. 1) afirma que “o principal impacto associado a mineração de carvão é a geração de drenagem ácida a partir da reação química da água e ar em contato com os rejeitos piritosos dispostos inadequadamente”, comprometendo recursos hídricos. “Os projetos de recuperação ambiental, principalmente em se tratando de depósitos de rejeitos a céu aberto, iniciam com o isolamento das fontes poluidoras”. (SARTOR, 2013, p. 4).

Conforme Franco e Marimon (2009 apud SILVA, 2018, p. 2),

“várias empresas optaram pela aplicação do sistema de cobertura seca associado ao encapsulamento para obter o isolamento hídrico do material. O sistema de cobertura seca consiste no uso de camada de solo de baixa permeabilidade visando evitar ou minimizar o ingresso água para o interior do material reativo.”

Para a camada de proteção, é necessário que as misturas tenham um bom desempenho impermeabilizante, ou seja, menor que 10^{-5} . Neste caso, a compactação é essencial para o objetivo proposto, pois melhora a resistência e atua na permeabilidade, ou seja, faz com que a granulometria do material mude, interferindo no fluxo de água.

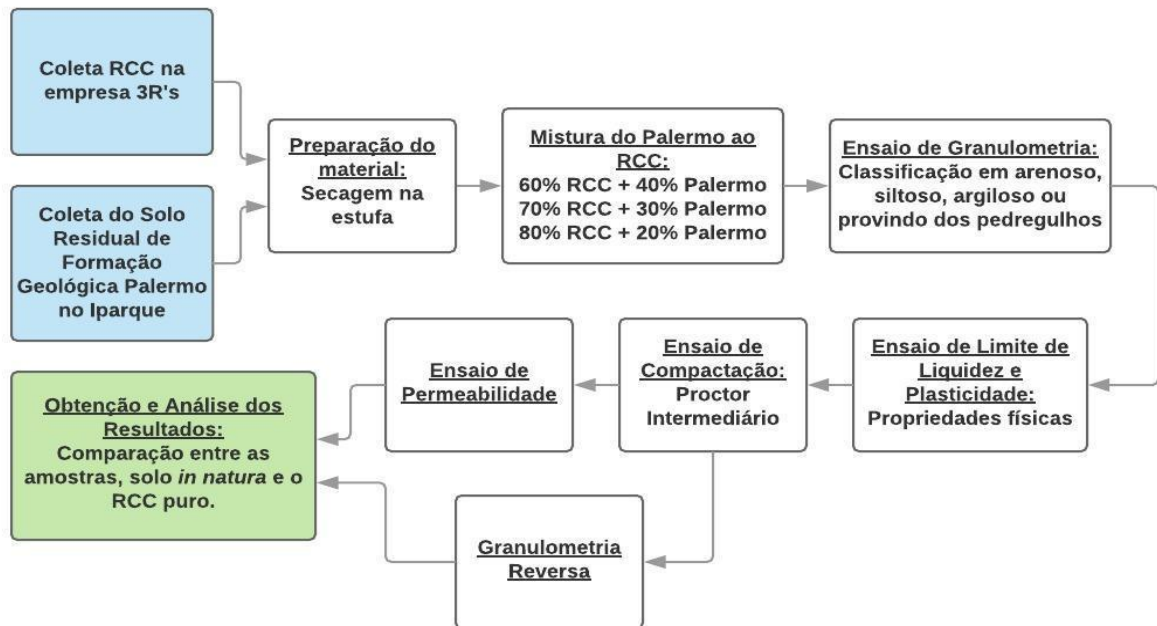
Com base nestas considerações, este artigo apresenta como objetivo principal avaliar o comportamento geotécnico da predominância do resíduo da construção civil em solo argiloso para a aplicação em obras de recuperação ambiental. Por isso, a determinação das propriedades geotécnicas dos solos é de fundamental importância para se conhecer o comportamento dos mesmos, seja no estado natural ou após ser amolgado. (MENEGOTTO, 2016, p. 2).

Como objetivos secundários, definir as propriedades físicas e mecânicas das misturas para posteriores comparações com o material *in natura*. Avaliar, ainda, as condições de permeabilidade e sua relação com a granulometria após a compactação, denominada granulometria reversa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas de coleta dos materiais e ensaios feitos em laboratório para a obtenção dos resultados encontram-se no fluxograma na Figura 01.

Figura 01: Fluxograma dos procedimentos adotados no trabalho



Fonte: Autores, 2018

O material argiloso utilizado na pesquisa, refere-se do solo residual de Formação Geológica Palermo. O ponto de coleta está localizado no IPARQUE - UNESC, na Rodovia Governador Jorge Lacerda, Km 45, na região sul do município de Criciúma/SC e possui coordenadas *Universal Transversor Mercator* (UTM) (SIRGAS 2000 22J) E:685.500 m e N:6.820.745 m (Figura 02).

Figura 02: Vista do ponto de coleta do solo *in natura*.



Fonte: Autores, 2018.

Como material predominante nas misturas, foi aplicado o resíduo da construção civil, doado pela usina de reciclagem 3R's (Reciclagem de Resíduos da Construção Civil),

localizada na Avenida Otávio Dassoler, nº 1885, Linha Batista, Criciúma/SC, que é licenciada pelo órgão ambiental competente e tem uma destinação adequada para os resíduos. “O material se trata de um resíduo classe “A” que é segregado, cominuído e peneirado, sendo fornecido em granulometria de areia ou menor.” (SILVA, 2018, p. 5).

De acordo com os resultados e informações do estudo de Silva (2018), que utilizou proporções maiores de solo e menores de RCC, obtendo misturas com boa permeabilidade, foi definida a mistura 01, com 40% de solo *in natura* e 60% de RCC (40/60). Com os resultados satisfatórios, foram elaboradas mais duas misturas. A mistura 02, com 30% de solo *in natura* e 70% de RCC (30/70) e a mistura 03, com 20% de solo *in natura* e 80% de RCC (20/80).

Com as misturas definidas e separadas com as porcentagens corretas, foi feita a caracterização através da Granulometria para determinação da curva granulométrica. Para as propriedades físicas foram realizados os ensaios de Limite de Liquidez (LL) e de Plasticidade (LP).

Após a determinação dos índices físicos e de consistência, realizou-se a compactação através do ensaio Proctor Intermediário (PI) para obtenção da correlação entre o teor de umidade e o peso específico seco.

De posse da umidade ótima de cada ensaio de compactação, foi moldado o permeâmetro de carga variável (Figura 03). De acordo com a NBR nº 14545/2000, esse método é aplicado em amostras que possuem coeficiente de permeabilidade menor do que 10^{-5} m/s (10^{-3} cm/s).

Figura 03: Ensaio de permeabilidade sendo moldado.



Fonte: Autores, 2018.

Todos os ensaios foram realizados seguindo as normas técnicas expostas no Quadro 01.

Quadro 01: Lista de normas aplicadas para os ensaios.

Norma/Resolução	Descrição
NBR nº 6457 de 2016	Amostras de solo - Preparação para ensaio de compactação e ensaio de caracterização
NBR nº 7181 de 2018	Solo - Análise granulométrica
NBR nº 6459 de 2016	Solo - Determinação limite de liquidez
NBR nº 7180 de 2016	Solo - Determinação limite de plasticidade
NBR nº 7182 de 2016	Solo - Ensaio de compactação
NBR nº 14545 de 2000	Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável

Fonte: ABNT, 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios de Permeabilidade realizados em cada amostra podem ser observados na Tabela 01. Para o solo *in natura*, foi obtido coeficiente de permeabilidade (k) na ordem de $2,16 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$, enquanto que, para a mistura 01 (40/60) $1,41 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$, para a mistura 02 (30/70) $2,74 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$ e para a mistura 03 (20/80) $6,397 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$. Foi observado que a mistura 01, em comparação com o solo *in natura*, mostrou um decréscimo no coeficiente, enquanto que as misturas 02 e 03 um leve acréscimo. Com base nos dados, entende-se que a predominância do RCC nas misturas teve pouco impacto na permeabilidade do solo, pois o coeficiente (k) teve uma pequena alteração quando comparado com o solo *in natura*, mantendo a mesma ordem de grandeza.

Tabela 01: Resultados obtidos para o ensaio de permeabilidade.

Parâmetro	Solo <i>in natura</i>	40/60	30/70	20/80
Coeficiente de Permeabilidade (cm.s^{-1})	$2,160 \times 10^{-6}$	$1,41 \times 10^{-6}$	$2,74 \times 10^{-6}$	$6,397 \times 10^{-6}$

Fonte: Autores, 2018.

Os resultados são coerentes com o comportamento esperado, pois segundo Barros (2005, p. 70), “o RCC puro possui condutividade hidráulica na ordem de $10^{-5} \text{ cm. s}^{-1}$

quando compactado na umidade ótima”. Já a mistura 50/50, RCC e solo *in natura*, segundo Silva (2018, p. 8), possui condutividade hidráulica na ordem de 10^{-7} cm. s⁻¹ quando exposto ao ensaio de permeabilidade com carga variável. Vale ressaltar, que o material de Silva (2018) é o mesmo que o utilizado nessa pesquisa, proporcionando a comparação das permeabilidades.

A manutenção da ordem de grandeza da permeabilidade das misturas com a adição do RCC possivelmente está ligada a estrutura e composição do mesmo, que, embora seja de grande predominância da fração areia, possui quantidades significativas de massa cimentícia e outros materiais dessa classe. Esses materiais, quando compactados, não possuem muita resistência aos golpes do ensaio e acabam se fracionando, assim ocorrendo um bom arranjo granulométrico e a diminuição do número de vazios das amostras.

À vista disso, de acordo com os resultados satisfatórios obtidos na permeabilidade, as misturas se mostraram aptas ao uso exclusivo em camadas protetoras das barreiras hidráulicas, camadas estas, que de acordo com Dias (2014), necessitam de um coeficiente de permeabilidade $< 10^{-5}$.

Para a compactação os resultados obtidos encontram-se na Tabela 02. Com energia de Proctor Intermediário, para o solo *in natura*, o peso específico seco encontrado foi $1,451 \text{ g.cm}^{-1}$, valor inferior ao das misturas 01 (40/60), 02 (30/70) e 03 (20/80), que tiveram uma diferença mínima entre elas, com resultados $1,650 \text{ g.cm}^{-1}$, $1,652 \text{ g.cm}^{-1}$ e $1,690 \text{ g.cm}^{-1}$, respectivamente.

Para os valores da umidade ótima temos 25,35% para o solo *in natura*, 21%, 19,5% e 18,3% para as misturas 01 (40/60), 02 (30/70) e 03 (20/80) respectivamente.

Tabela 02: Resultados obtidos na compactação.

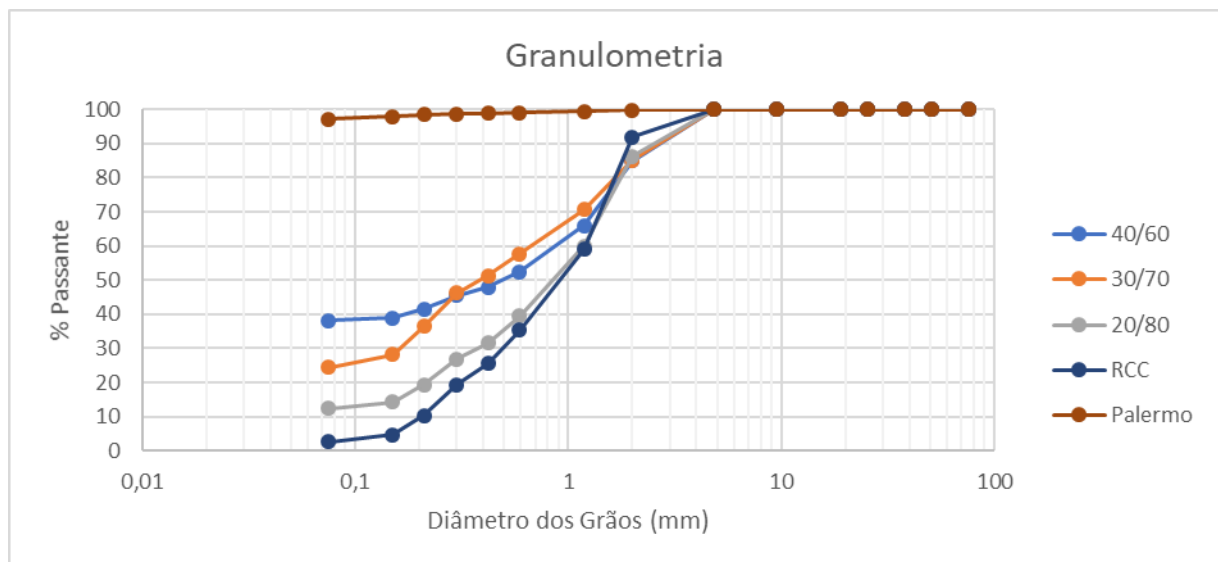
Parâmetro	Solo <i>in natura</i>	40/60	30/70	20/80
Peso específico seco g.cm^{-1}	1,451	1,650	1,652	1,690
Umidade ótima (%)	25,35	21	19,5	18,3

Fonte: Autores, 2018.

A redução da umidade ótima e o aumento do peso específico seco em relação ao solo *in natura* podem ser atribuídos ao aumento da porcentagem de RCC nas misturas, sendo predominante a fração areia.

As curvas de distribuição granulométrica para as misturas propostas estão apresentadas na Figura 04. A granulometria do solo *in natura* apresentou predominância de material fino na porcentagem de 97,22%, enquanto que o RCC apresentou 56,46% de areia grossa e 25,81% de areia média. A mistura 01 (40/60) apresentou granulometria composta por 14,98% de areia grossa, 61,89% de finos e 52,11% de areia média. A mistura 02 (30/70) registrou 14,80% de areia grossa, 75,48% de finos e 48,69% de areia média. Já a mistura 03 (20/80) apresentou 13,68% de areia grossa, 87,54% de finos e 68,36% de areia média. Em termos gerais, é possível concluir que houve uma diminuição da porcentagem de finos e um aumento da fração areia com a adição de RCC.

Figura 04: Curvas granulométricas compiladas.



Fonte: Autores, 2018.

Os ensaios de índices de consistência não foram possíveis de realizar graças a predominância do RCC que reduziu a plasticidade das misturas. Conforme Silva (2018, p. 9), “esse comportamento é influenciado por constituintes da massa de concreto como, a sílica (SiO_2) e detritos de blocos cerâmicos, presente no RCC de classe “A”, reduzindo, conseqüentemente, a trabalhabilidade da composição”.

A classificação do solo HRB de cada mistura encontra-se na tabela 03. A mistura 01 (40/60) foi classificada como A4, com caracterização silte-argiloso. A mistura 02 (30/70) foi classificada como A2-4, finos siltosos de baixa compressibilidade. E a mistura 03 (20/80) foi classificada como A1-b, granulares com predomínio da fração areia.

Tabela 03: Classificação HRB.

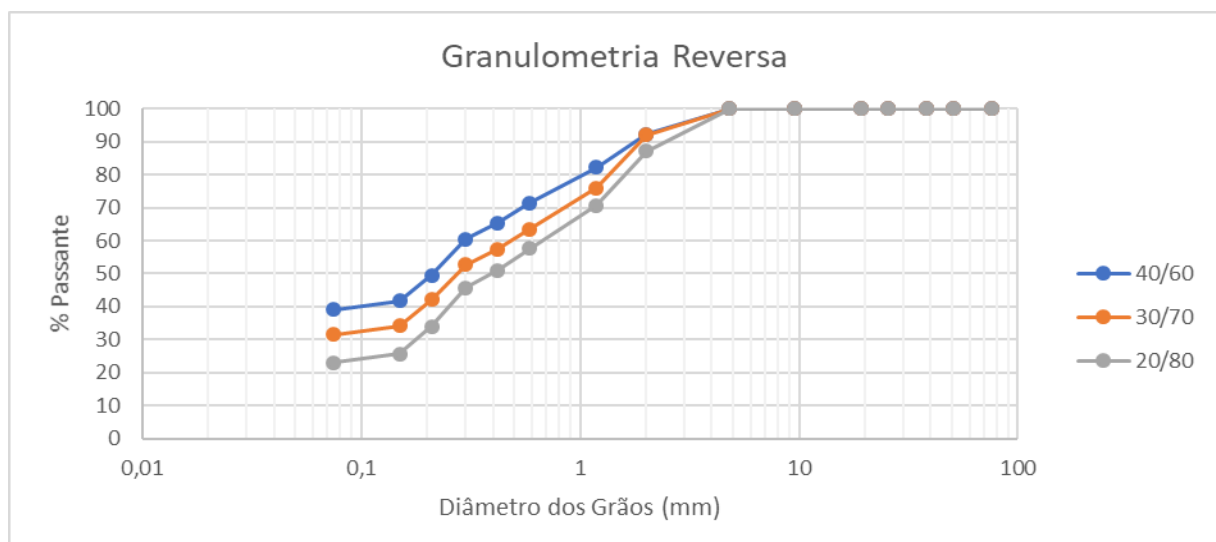
Parâmetro	Solo <i>in natura</i>	40/60	30/70	20/80
Classificação HRB	A 7-5	A 4	A 2-4	A 1-b

Fonte: Autores, 2018.

Com isso, verificou-se que a predominância do RCC fez com que as misturas seguissem para uma classificação cada vez mais arenosa. Esses resultados comprovaram a condição de baixa plasticidade das misturas e afirmaram o motivo da não realização dos ensaios de índices de consistência. Como citado por Silva (2018, p. 10), “são recomendados estudos quanto a condição de trabalhabilidade do material para revestimento, pois essas características comprometem o material de ser moldado e modelado, assim como de se manter coeso e homogêneo”. Durante as estações mais secas do ano, o ressecamento das camadas pode ocasionar o surgimento de fissuras e comprometer a capacidade impermeabilizante. (RESTREPO, 2015)

As curvas de distribuição da granulometria reversa das misturas estão expostas na Figura 05. A mistura 01 (40/60) apresentou granulometria composta por 7,82% de areia grossa, 26,72% de areia média, 26,45% de areia fina e 39,02% de finos. A mistura 02 (30/70) apresentou 7,85% de areia grossa, 34,67% de areia média, 25,95% de areia fina e 31,53% de finos. A mistura 03 (20/80) apresentou 12,80% de areia grossa, 36,12% de areia média, 28,04% de areia fina e 23,04% de finos.

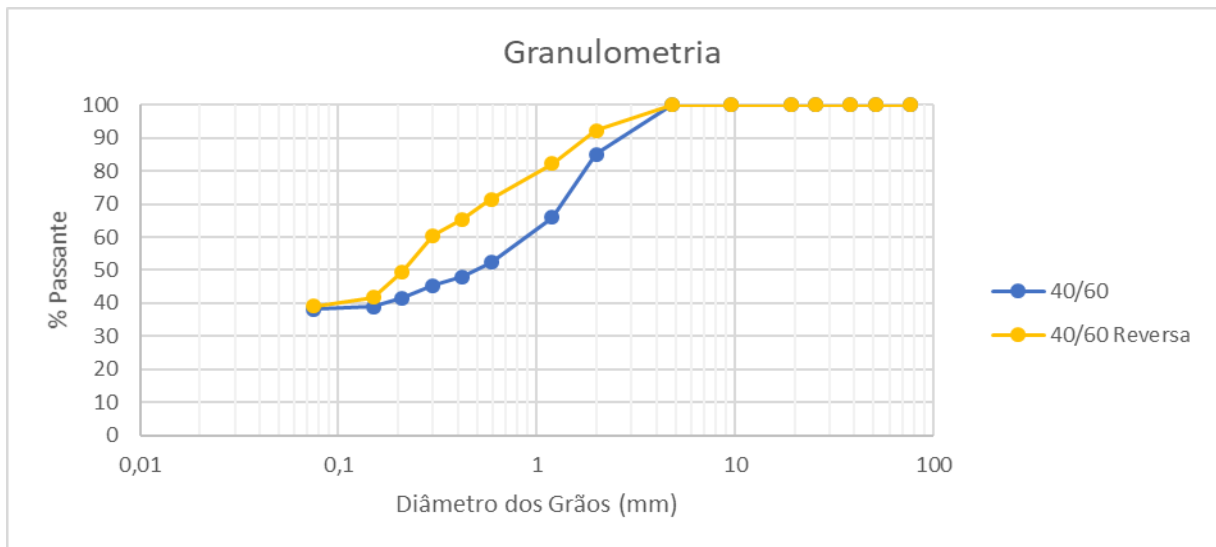
Figura 05: Curvas de granulometria reversa compiladas.



Fonte: Autores, 2018.

As granulometrias reversas das misturas 01, 02 e 03 foram comparadas com as feitas antes da compactação, como observado nas Figuras 06, 07 e 08. Na mistura 01 (40/60), foi observado que a fração areia grossa caiu 7,16% e areia média 10,40%, enquanto que na fração areia fina foi observado um aumento de 16,67%. Os finos se conservaram na mesma porcentagem aproximadamente.

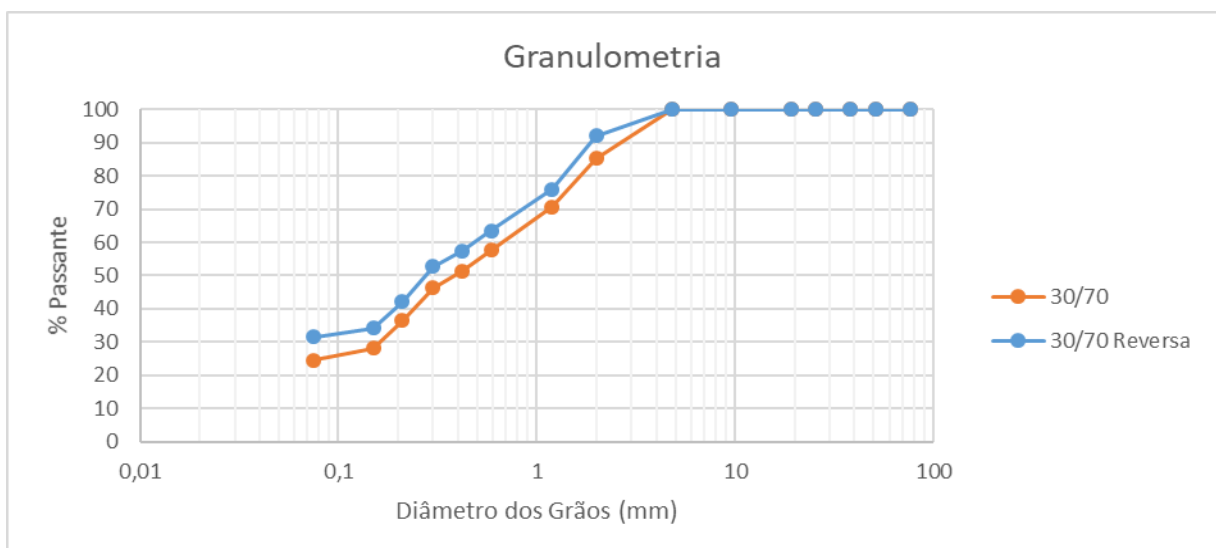
Figura 06: Comparação das granulometrias da mistura 01 (40/60).



Fonte: Autores, 2018.

Na mistura 02 (30/70), a fração de areia grossa caiu 6,95%, as frações de areia média e fina se conservaram e na fração de finos houve um aumento de 7,01%.

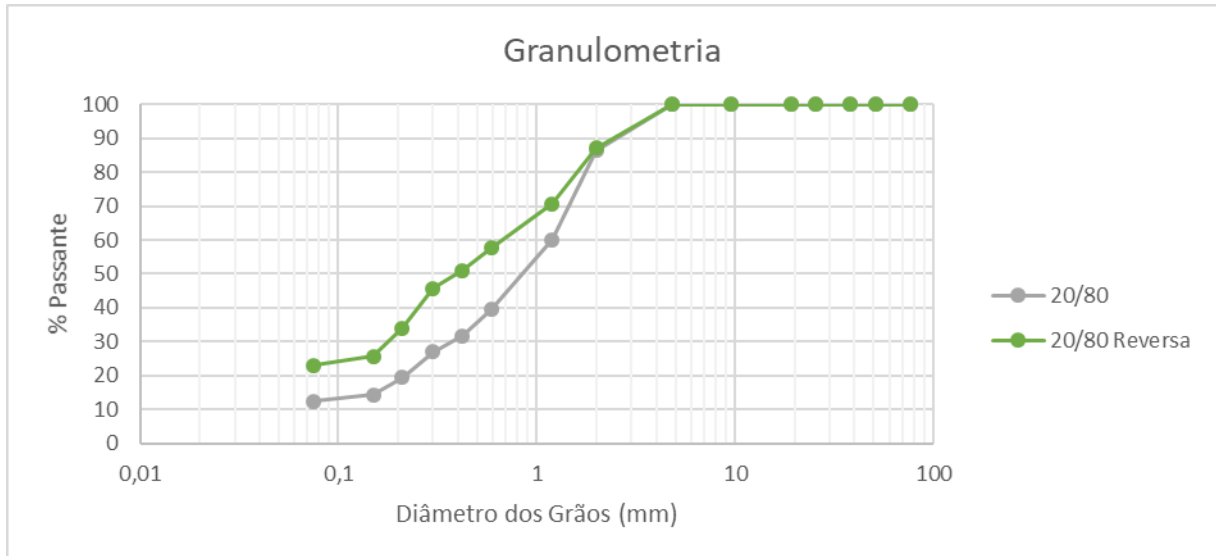
Figura 07: Comparação das granulometrias da mistura 02 (30/70).



Fonte: Autores, 2018.

Na mistura 03 (20/80), a fração de areia média se manteve, enquanto que na fração areia fina foi observado um aumento de 8,87% e nos finos de 10,58%.

Figura 08: Comparação das granulometrias da mistura 03 (20/80).



Fonte: Autores, 2018.

Foi observado que nas três misturas, após a compactação, a fração de finos sofreu um aumento, isso comprova o que foi explicitado ao logo do trabalho, ou seja, que o material das misturas, após exposto aos golpes do ensaio, se fraciona.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. CONCLUSÃO

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

- O RCC teve pouco impacto na permeabilidade do solo argiloso, já que o coeficiente das misturas, quando comparado com o do solo *in natura*, manteve a mesma ordem de grandeza.
- Com o coeficiente de permeabilidade na ordem de 10^{-6} , conclui-se, no quesito geotécnico, que as misturas são aptas para aplicação exclusiva em camadas de proteção mecânica das barreiras hidráulicas, desde que, sejam feitos ensaios químicos e ambientais.
- O incremento de RCC no solo argiloso resulta em alterações como aumento do peso específico seco máximo e redução da umidade ótima no ensaio de

compactação, fato este relacionado pela sua composição predominantemente arenosa.

- A comparação entre a granulometria feita antes da compactação e após, mostrou que o material das misturas possui pouca resistência mecânica quando exposto aos golpes do ensaio, já que apresentaram um aumento da porcentagem de finos. Isso possivelmente está ligado com a quantidade significativa de massa cimentícia e materiais da mesma classe que compõem o RCC.
- Foi observado que as misturas perderam plasticidade devido a adição do RCC na fração areia. Esse ponto precisa ser estudado para a trabalhabilidade nas camadas de proteção mecânica, já que, com essa característica, fica difícil a moldagem e modelagem das misturas.
- Considerando que os ensaios químicos e ambientais, além dos ensaios de trabalhabilidade, sejam realizados e tenham resultados satisfatórios, esta proposta se mostra como uma alternativa viável. A partir dela, conclui-se que pode ser feita a redução de até 80% do bem mineral argiloso para a aplicação nas camadas de proteção mecânica, reduzindo impactos, tanto da extração do solo, quanto da disposição irregular do RCC, já que ele será reaproveitado.

4.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Caracterização química e ambiental do RCC visando a confirmação de sua classificação como resíduo Classe A;
- Realização de ensaios químicos e ambientais para viabilidade de implantação desta proposta neste âmbito;
- Estudos sobre a trabalhabilidade nas camadas de proteção mecânica compostas pelas misturas propostas, em virtude de sua perda de plasticidade.
- Determinação dos parâmetros de resistência, do Índice de Suporte Califórnia e do módulo de resiliência das misturas propostas, caso haja aplicação desta proposta em local com tráfego.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.** Rio de Janeiro: ABNT, 2000, 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduo sólidos: classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004, 48 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Amostra de solo – Preparação de ensaio de compactação e caracterização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solo – Determina o limite de plasticidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solo – Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solo - ensaio de compactação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018, 12 p.

BARROS, M. C. **Avaliação de um resíduo da construção civil beneficiado como material alternativo para sistema de cobertura.** 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio Janeiro, 2005.

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 274 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n° 307 de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil.** Publicado no D.O.U N° 136, Poder Executivo, Brasília, de 17/07/2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 07 set. 2017

COUTO, Douglas Moura. **Permeabilidade de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R): Efeito da Presença de Material Concretício e do Grau de Compactação.** XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Belo Horizonte, 2016.

LEITES, Sergio Reali. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha SH-22-X-B. Capítulo 2, Subcapítulo 2.2.5. Criciúma. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto Criciúma. 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/criciuma/criciuma_geologia.pdf> Acesso em: 29 mar. 2018.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Thomson, p. 50 - 90, 2007.

DIAS, Mônica. **Viabilidade de uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistema de cobertura de aterro sanitário**. Goiânia – GO: UFG, 2014, p.100.

KREBS, A.S.J. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá, SC**. Florianópolis, UFSC, Departamento de geografia, 2004. v.1. 375 p.

MENEGOTTO, Mauro Leandro et al. **Caracterização Geotécnica Preliminar do Solo da Área Experimental da UFFS – Campus Chapecó**. 2016. 8 f. Tese. Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó.

RAVAZZOLI, Cláudia. A Problemática Ambiental do Carvão em Santa Catarina: Sua Evolução até os Termos de Ajustamento de Conduta Vigente Entre os Anos de 2005 e 2010. **Geografia em Questão**. v. 6, n. 1, p. 179-201. 2013.

RESTREPO, Didier Antonio Gutiérrez. **Análise do processo de ressecamento em Misturas de resíduos de construção civil (rcc) e bentonita para aplicação em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos**. Universidade de Brasília. Brasília, 2015. 129 p.

SARTOR, Ronan Rosso. **Análise da Permeabilidade de Solos da Formação Palermo para Utilização em Selos de Impermeabilização em Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão**. 2013. 17 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

SILVA, Tiago Luiz Costa da. **Estudo do Comportamento Geotécnico de Misturas de Solo Argiloso e Resíduos da Construção Civil Para Aplicação Como Barreira Hidráulica em Áreas Degradadas**. 2018. 17 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.