

ÁLCALI – ATIVAÇÃO COM LIGANTE ORIUNDO DE RESÍDUOS DE CINZA DE CASCA DE ARROZ E CAL DE CASCA DE OVO PARA MELHORAMENTO DE SOLO RESIDUAL DE BASALTO

CAROLINA MENEGOLLA^{1,2}, JONAS DUARTE MOTA^{2,3}, GIOVANI JORDI BRUSCHI⁴, EDUARDO PAVAN KORF^{2,5}

1 Introdução

Solos residuais constituem cerca de 38% da superfície terrestre e, por isso, inúmeras obras de engenharia são executadas sobre estes solos (OLIVEIRA, 2011), se mostrando de ampla relevância na área, seja na aplicação como suporte para cargas de edificações ou como matéria prima em estradas, aterros sanitários e barragens de terra (DIEMER et al., 2008). São conhecidos por apresentar um comportamento altamente drenante, índices de vazios elevados e uma leve cimentação natural entre as partículas (MARQUES; CONSOLI; SOUSA, 2014).

Diferentemente dos solos finos, onde a técnica de compactação é amplamente difundida, para o melhoramento de solos residuais a ação da compactação leva à quebra da cimentação das partículas. Técnicas bem estabelecidas para estabilização podem ser aplicadas através da adição de agentes cimentantes ao solo, como cimento Portland e cal (BASHA et al., 2005). Esta técnica, conhecida como estabilização química com adição de ligantes, resulta em materiais com boas propriedades mecânicas que podem ser aplicados no local.

Como alternativa sustentável para substituir agentes estabilizadores convencionais, destaca-se o processo de álcali-ativação, em que resíduos agroindustriais podem ser utilizados como precursores nesse quesito (MILLER; CUNNINGHAM; HARVEY, 2019). Também são usados ativadores alcalinos que aumentam o pH do meio, acelerando as reações pozolânicas e as ligações cimentícias (SARGENT, 2015). Dentre as substâncias alcalinas mais utilizadas,

¹Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, bolsista, *campus Erechim RS*, contato: cmenegolla@gmail.com

²Grupo de Pesquisa em Resíduos e Geotecnia Ambiental.

³Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UFFS, *campus Erechim RS*.

⁴Doutor em Engenharia Civil, UFRGS, Brasil.

⁵Doutor em Engenharia Civil/Geotecnia, docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UFFS, *campus Erechim*, Orientador, contato: eduardo.korf@uffs.edu.br, **Orientador**

destaca-se o hidróxido de sódio (NaOH) em função de gerar produtos com maior relação de Ca/Si (FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ; PUERTAS; FERNÁNDEZ-CARRASCO, 1996).

Resíduos como cinzas de casca de arroz são caracterizados por apresentarem elevado nível de pozolanicidade e reatividade química (ABU BAKAR; RAMADHANSYAH; MEGAT AZMI, 2011; MILLER; CUNNINGHAM; HARVEY, 2019; TCHAKOUTÉ et al., 2016). Outro potencial material álcali-ativado é a cal de casca de ovo, constituída por elevadas quantidades de óxido de cálcio, podendo variar de 85% a 92% (TSHIZANGA; ARANSIOLA; OYEKOLA, 2017; BENSAIFI et al., 2019). A aplicação destes resíduos agroindustriais em ligantes, não somente minimiza a quantidade de resíduos depositados em aterros (e impactos associados), como também reduz a extração de recursos naturais para produção de cimento Portland (HUNTZINGER; EATMON, 2009; BHAGATH SINGH; SUBRAMANIAM, 2019). Assim, este trabalho busca utilizar e agregar valor a estes resíduos agroindustriais em processo de álcali-ativação com alto teor de cálcio, buscando a substituição dos agentes cimentantes tradicionais para melhoramento de solo residual de basalto.

2 Objetivos

Avaliar a viabilidade do processo de álcali-ativação de um sistema de cal de casca de ovo (CCO) e a cinza de casca de arroz (CCA) para o melhoramento de solo residual de basalto.

3 Metodologia

Para a realização deste trabalho, utilizou-se solo residual de basalto a ser estabilizado, cal de casca de ovo para fonte de cálcio, cinza de casca de arroz para obtenção de silicato e NaOH como ativador alcalino. O solo residual foi coletado em talude de uma empresa da área de britagem localizada no município de Erechim, Rio Grande do Sul (RS). Por sua vez, a cal foi produzida em laboratório da UFFS campus Erechim, a partir de cascas de ovos obtidas de uso cotidiano de alunos do laboratório da mesma universidade. O processo de produção da cal compreendeu: lavagem, secagem e trituração das cascas de ovo em moinho de facas, calcinação em forno mufla (6 horas à 1050°C), passagem do material por peneira de 75 µm, hidratação (48 horas) e posterior secagem em estufa ventilada (48 horas). A cinza de casca de arroz foi obtida de uma termelétrica, localizada no interior do RS. A cinza de casca de arroz e o solo residual de

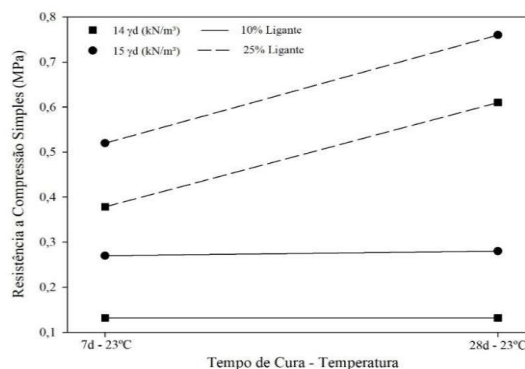
basalto foram secos em estufa ventilada a 105° C durante 48 horas.

A definição das porcentagens de CCA e CCO e os tempos de cura de cada mistura baseou-se em experiências encontradas em literaturas utilizando estes materiais. Para o planejamento experimental, utilizou-se três variáveis: teor de ligante álcali-ativado (adições de ligante álcali ativado foram adotados considerando experiências em estabilização de solo com cimento Portland) tempos de cura e peso específico, com teor de umidade fixado. Foram definidas porcentagens líquidas de água e hidróxido de sódio e os respectivos tempos de cura de 28, 17,5 e 7 dias. A partir disso, foram moldados os corpos de prova (CP) para serem avaliados em termos de resistência à compressão simples. Admitiu-se um coeficiente de variação de 3% para os índices físicos dos corpos de prova moldados. Após moldados, os CPs foram submetidos à cura em sacos plásticos herméticos sob temperatura de 23±2°C. Restando 1 dia para o término do período de cura, os corpos de prova foram imersos em água durante 24 horas, e após, foram submetidos a realização do teste a ensaio de resistência à compressão simples, conforme a NBR 12025 (ABNT, 2004).

4 Resultados e Discussão

Por meio da análise da Figura 1 de Resistência à Compressão Simples, que relaciona diferentes teores de ligante álcali-ativado (LAA), peso específico e tempos de cura de 7 e 28 dias, percebe-se que nos resultados médios de RCS, os maiores teores de LAA, peso específico (kN/m³) e maior tempo de cura resultaram em maiores resistências.

Figura 1: RCS para diferentes teores LAA, peso específico com 7 e 28 dias de cura para temperatura de 23°C



As amostras com melhor comportamento mecânico foram as amostras com 28 dias de cura, 25% de LAA e peso específico de 15 kN/m³. A resistência das misturas de solo residual basáltico e ligante álcali - ativado (SRB-LAA) foi influenciada significativamente por todas as variáveis avaliadas (teor de ligante, peso específico e tempo de cura), mas principalmente por teor de ligante.

5 Conclusão

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que misturas entre um resíduo industrial (CCA) e uma cal hidratada (CCO) podem desenvolver um novo ligante por meio de ativação alcalina desses resíduos e assim promover um melhoramento no comportamento de solo residual basáltico. Por fim, conclui-se que a estabilização realizada pode se tornar promissora para a substituição dos agentes cimentantes tradicionais para aplicações de engenharia como na estabilização de solos de rodovias, verificando que a adição do agente estabilizante aumenta a resistência à compressão e ao cisalhamento dos solos.

Referências Bibliográficas

_____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 12025: Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABU BAKAR, B. H.; RAMADHANSYAH, P. J.; MEGAT AZMI, M. J. Effect of rice husk ash fineness on the chemical and physical properties of concrete. Magazine of Concrete Research, v. 63, n. 5, p. 313–320, 2011.

BASHA, E. A. et al. Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. Construction and Building Materials, v. 19, n. 6, p. 448-453, 2005.

BENSAIFI, E.; BOUTELDJA, F.; NOUAOURIA, M. S.; BREUL, P. Influence of crushed granulated blast furnace slag and calcined eggshell waste on mechanical properties of a compacted marl. Transportation Geotechnics, v. 20, n. May, 2019.

BHAGATH SINGH, G. V. P.; SUBRAMANIAM, K. V. L. Production and characterization of

low-energy Portland composite cement from post-industrial waste. *Journal of Cleaner Production*, v. 239, p. 118024, 2019.

DIEMER, F. et al. Propriedades geotécnicas do solo residual de basalto da região de Ijuí/RS. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, n.12, p.25-36, 2008.

FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A.; PUERTAS, F.; FERNÁNDEZ-CARRASCO. Alkaline sulphate activation processes of a spanish blast furnace slag. *Materiales de Construcción*, v. 46, n. 241, p. 23–37, 1996.

HUNTZINGER, D. N.; EATMON, T. D. A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 7, p. 668–675, 2009.

MARQUES, S. F. V.; CONSOLI, N. C.; SOUSA, J. A. e. Testing cement improved residual soil layers. *Journal of materials in civil engineering*, v. 26, n. 3, p. 544-550, 2014.

MILLER, S. A.; CUNNINGHAM, P. R.; HARVEY, J. T. Rice-based ash in concrete: A review of past work and potential environmental sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 146, n. March, p. 416–430, 2019.

MILLER, S. A.; CUNNINGHAM, P. R.; HARVEY, J. T. Rice-based ash in concrete: A review of past work and potential environmental sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 146, n. March, p. 416–430, 2019.

OLIVEIRA, C. P. Comportamento mecânico de um solo residual naturalmente cimentado. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SARGENT, P. The development of alkali-activated mixtures for soil stabilisation. In: *Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes*. [s.l: s.n.]. p. 555–604, 2015.

TCHAKOUTÉ, H. K.; RÜSCHER, C. H.; KONG, S.; KAMSEU, E.; LEONELLI, C. Geopolymer binders from metakaolin using sodium waterglass from waste glass and rice husk ash as alternative activators: A comparative study. *Construction and Building Materials*, v. 114, p. 276–289, 2016.

TSHIZANGA, N.; ARANSIOLA, E. F.; OYEKOLA, O. Optimisation of biodiesel production from waste vegetable oil and eggshell ash. *South African Journal of Chemical Engineering*, v. 23, p. 145–156, 2017.

Palavras-chave: Solos residuais; Estabilização química; Cinza de casca de arroz; Cal de casca de ovo; Resistência à compressão simples.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2022-0212

Financiamento: UFFS