EFEITO DA ADIÇÃO DE CINZA DE OLARIA NO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLO ARGILOSO DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-PR

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081113

KADLOBICKI; LUCAS[1]; TRENTO; VANDERLEI[2]; PAULINO; RAFAELLA SALVADOR[3]; DA SILVA; SAUANA CENTENARO[4]
[1234]FACULDADE GUARAPUAVA
RAFAELLASPAULINO@GMAIL.COM

RESUMO: Em épocas de plantio e colheita, o tráfego em estradas rurais se torna intenso, provocando a deterioração das mesmas. Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito do uso da cinza de olaria (CO) nas propriedades geotécnicas básicas do solo argiloso da região de Guarapuava-PR. A CO foi dividida em três composições granulométricas (>300µm, > 150µm e ≤ 150 µm) e para cada uma delas, foram produzidas misturas com os teores substituição do solo de 25, 50 e 75%, em massa. Foram realizados ensaios de caracterização geotécnica, compactação e ISC. A adição de CO conferiu melhorias nas propriedades geotécnicas do solo, principalmente quando utilizada a granulometria de 300µm, com um teor de substituição de 50%.

PALAVRAS-CHAVES: ENARC2021, adição mineral, estabilização de solos, resíduos, pavimentação.

ABSTRACT: During planting and harvesting seasons, traffic on rural roads becomes intense, causing them to deteriorate. This work aimed to analyze the effect of using pottery ash (CO) on the basic geotechnical properties of clayey soil in the region of Guarapuava-PR. The CO was divided into three granulometric compositions (>300µm, > 150µm and ≤ 150 µm) and for each of them, mixtures were produced with soil replacement contents of 25, 50 and 75%, by mass. Geotechnical characterization, compaction and ISC tests were carried out. The addition of CO provided improvements in the geotechnical properties of the soil, especially when using a particle size of 300µm, with a 50% replacement content.

KEYWORDS: ENARC2021, mineral addition, soil stabilization, waste, paving.

1 | INTRODUÇÃO

Rodovias não pavimentadas e de má qualidade trazem grandes problemas à população, principalmente às dependentes, uma vez que influencia no aumento do valor de fretes, pode ocasionar problemas de circulação, dificultando o acesso à atendimento de saúde, à educação, ao comércio e demais necessidades básicas, assim como para o escoamento da produção agrícola e agropecuária (SOLIZ, 2007)(1). Em épocas de plantio e colheita, o tráfego em estradas rurais se torna mais intenso e o grande fluxo de veículos pesado pode comprometer a qualidade dos pavimentos, ocasionando a deterioração dos mesmos. Em épocas chuvosas, o tráfego impulsiona a formação de buracos e valetas e em períodos de seca, colabora para o surgimento de

problemas relacionados ao ressecamento do solo e geração de poeira.

Desse modo, esse cenário requer atenção, em especial, na construção das subcamadas dos pavimentos, visto que tecnicamente desejam-se materiais que apresentem boa resistência e baixa deformidade, propriedades encontradas, em geral, em solos granulares (FROTA; MELO; NUNES, 2006)[2]. Por outro lado, quando o solo não evidencia os parâmetros geotécnicos prescritos em normas, há a necessidade de estabilizá-lo por processos químicos ou granulométricos, ou seja, misturá-los a aditivos ou a materiais, a fim de melhorar suas propriedades, como a resistência mecânica (DE CASTRO *et al.,* 2019)[3].

Diversos estudos a respeito de solos estabilizados granulometricamente com o uso de materiais moídos em alta energia tem sido realizados nos últimos anos. Bahmani *et al.* (2014)[4] verificaram, em seu trabalho, um aumento significativo na resistência à compressão dos solos pela inserção de sílica moída a uma argila de alta plasticidade. Huan-Lin *et al.* (2012)[5] registraram um acréscimo de resistência na mistura de uma argila de baixa plasticidade com alumina, conforme os ensaios de RCS (resistência à compressão simples) e CBR (Índice de Suporte Califórnia).

Nas olarias são fabricadas peças como tijolos, manilhas, telhas ou louças. Dentre as etapas de produção, tem-se a queima das peças dentro de fornos abastecidos normalmente por madeira, cavaco ou serragem, que geram as cinzas como resíduos, diariamente, destinadas ao aterro sanitário ou muitas vezes, devido ao grande volume produzido e alto custo de transporte, de forma irregular, prejudicando o meio ambiente (SILVA *et. al,* 2020)[6]. Sendo assim, com a finalidade de melhorar as propriedades dos pavimentos de estradas não pavimentadas e aliado à vertente sustentável, de reutilização de resíduos, este trabalho propõe analisar o efeito do uso da cinza de olaria (CO) proveniente da queima dos tijolos nas propriedades geotécnicas básicas do solo argiloso de estradas rurais da região de Guarapuava-PR.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Neste trabalho foi utilizado o solo classificado por Michalowicz (2012)[7] como solo do tipo Latossolo Bruno Distrófico, muito argiloso. A cinza (Figura 1) utilizada se deu pela queima da serragem em mistura com resíduos do tijolo, feita com temperatura não controlada. Foi fornecida pela Cerâmica Rolim LTDA ME, localizada na região de Prudentópolis-PR.



Figura 1 – Cinza de olaria (a); forno da olaria (b).

2.2 Métodos

A metodologia deste trabalho subdivide-se em atividades relativas à preparação do solo, à produção da CO e aos procedimentos de preparação e caracterização das misturas solo-CO.

2.2.1 Procedimentos aplicados ao solo

A preparação do solo para os ensaios de caracterização e de compactação se deu conforme as recomendações da ABNT NBR 6457:2016[8]. Após coleta na jazida de empréstimo, o solo foi peneirado, espalhado, e exposto sobre uma lona plástica para secagem ao ar, buscando o equilíbrio higroscópico com o meio. Foram retiradas amostras do solo de modo a serem utilizadas no ensaio para determinação da umidade higroscópica, servindo-se de estufa mantida à temperatura de 105 °C. Uma vez preparado, o solo foi acondicionado em sacos plásticos até o momento de ser utilizado nos ensaios de laboratório.

Com as amostras de solo puro foi realizada a caracterização geotécnica: ensaio para determinação da massa específica dos sólidos (ABNT NBR 6508:2017)[10]; ensaio de análise granulométrica (ABNT NBR 7181:2018)[12]; ensaios de Limites de Atterberg para determinação dos limites de liquidez (ABNT NBR 6459:2017)[9] e de plasticidade (ABNT NBR 7180:2016)[11]. Prosseguindo-se, com as amostras de solo puro foram realizados os ensaios de compactação, de acordo com a norma ABNT NBR 7182:2020[13], para se obter os valores de teor de umidade ótima e peso específico aparente seco máximo do solo, além do ensaio de Índice Suporte Califórnia (ISC), realizado seguindo as prescrições da norma do DNIT 172/2016 – ME[15], para a obtenção dos valores de ISC e expansão do solo.

2.2.2 Procedimentos para preparo da cinza de olaria (CO)

Após a coleta, as cinzas foram submetidas ao peneiramento, de acordo com as recomendações da ABNT NBR NM 248:2003[14]. Foram utilizados como material desse estudo as cinzas retidas na peneira de 300 µm (C1), retidas na peneira 150 µm (C2) e a

passantes na peneira 150 µm (C3).

2.2.3 Procedimentos aplicados às misturas solo-CO

As porcentagens de cinzas incorporadas à mistura solo-CO foram de 25, 50 e 75%, para cada uma das três classes granulométricas, com vista a obter diferentes níveis de respostas frente à ação da cinza. Realizou-se a caracterização geotécnica das misturas de solo-CO de forma análoga ao solo puro, por meio da execução dos ensaios de determinação do LL (ABNT NBR 6459:2017)[9], LP (ABNT NBR 7180:2016)[11] e de compactação (ABNT NBR 7182:2020)[13]. Com os resultados obtidos nos ensaios de compactação, foram moldados corpos de prova, nas condições consideradas ótimas, com as misturas de solo-CO, para cada teor de substituição. Nas misturas, adotou-se o processo de mistura mecânico, utilizando-se betoneira de eixo inclinado. Adicionou-se primeiramente a CO ao solo, e em seguida, adicionou-se água às misturas, realizando-se a homogeneização das mesmas (Figura 2).



Figura 2 – Solo e cinza antes da mistura (a); processo de mistura em betoneira(b); CPs moldados (c).

Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de Índice Suporte Califórnia (ISC), realizado seguindo as prescrições da norma do DNIT 172/2016 – ME[15], para a obtenção dos valores de ISC e expansão das misturas. Cabe mencionar que para se realizar esse tipo de ensaio, tanto após a moldagem quanto após a cura de sete dias em câmara úmida, as amostras ficaram imersas em água durante quatro dias, visando-se avaliar suas propriedades expansivas.

3 | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 Ensaios de caracterização física e mineralógica

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos para os limites de Atterberg.

Características		Solo	C1			C2			C3		
			C1-25	C1-50	C1-75	C2-25	C2-50	C2-75	C3-25	C3-50	C3-75
Limites de Atterberg	LL (%)	50,4	56,44	57,36	-	45,88	44,58	35,83	46,88	43,38	42,86
	LP (%)	44,12	48,41	50,34	-	41,9	39,67	31,07	40,53	34,55	38,53
	IP (%)	6,28	8,03	7,02	-	3,98	4,91	4,76	6,35	8,83	4,33

Tabela 1 – Caracterização e classificação geotécnica do solo e das misturas.

Percebe-se que a incorporação de cinza no solo diminui os limites de Atterberg, com exceção de C1 o qual aumenta estes a ponto de que com 75% da substituição não se fosse possível analisar, isso porque não foi possível chegar a uma quantidade de água ideal para que houvesse a coesão entre as partículas, segundo a NBR 7180:2016 essa mistura de C1 com 75% de substituição é não plástico (NP). Para as outras granulometrias C2 e C3, quanto maior a porcentagem de incorporação maior a alteração desses parâmetros, devido ao fato de a partícula da cinza ser porosa o que faz com que ela própria absorva mais água, tornando assim a mistura menos fluida, fazendo que a mistura passe do estado líquido para o plástico com um menor teor de umidade.

3.2 Ensaios geotécnico e mecânico

Foram realizados também os ensaios de ISC com o solo puro e, em seguida, com o solo contendo a adição da cinza nos percentuais estabelecidos. Os resultados obtidos estão ilustrados no gráfico da Figura 3.

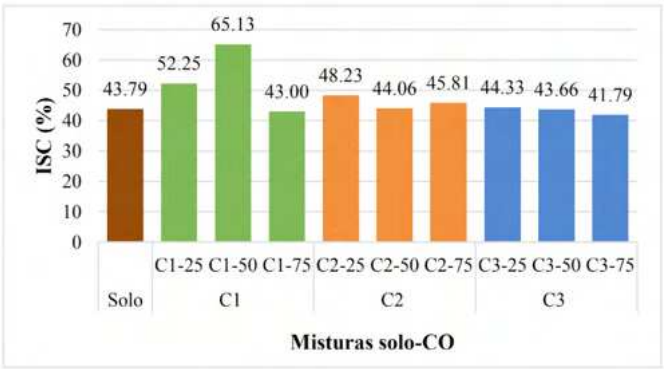

Figura 3 – Valores do ISC obtidos para o solo puro e para as misturas solo-CO.

Observa-se que o solo obteve um ISC de 43,79%, esse índice foi obtido para ser um valor de referência, o qual foi comparado com os demais valores obtidos nessa tabela. O maior índice de ISC da mistura solo-CO obtido foi de 65,13% com a cinza da peneira 300µm e substituição de 50%, assim como o menor ISC foi de 41,78% com a peneira passante da cinza 150µm e substituição de 75%. Assim, obteve-se como resultado principal deste trabalho que a cinza na granulometria 300µm e teor de substituição 50% é o ideal para ser utilizado. Essa porcentagem de ISC é a relação entre a penetração do corpo de prova moldado e a resistência de um corpo de prova de uma pedra britada padronizada 100%, ou seja, o melhor resultado obtido da mistura foi referente a 65,13% de resistência de uma pedra britada.

Porém, a maioria dos outros valores obtidos, exceto os teores 75% da peneira 300 µm, 50% e 75% da passante na peneira 150µm, obtiveram valores de ISC maiores do que do solo, isso significa que as misturas possuem resistência a penetração maior que a do solo e podem também serem utilizadas para a estabilização do mesmo, sendo uma boa alternativa para a estabilização das estradas rurais.

Sugere-se também que esta mesma mistura possa ser utilizada como sub base de pavimentação, conforme especificação técnica do departamento de estradas e rodagem (2006) para base e sub bases estabilizados com cal, o material poder ser utilizado para base se o ISC for maior ou igual a 60%, possuir expansão menor ou igual a 0,5% e possuir uma granulometria de no mínimo 60% passante na peneira 2,0mm, isso para solo argiloso. Já para sub-base, a expansão deve ser menor ou igual a 1,0% e ISC maior ou igual 30%. Dessa forma, os resultados da cinza da granulometria 300µm e teor de substituição 50% atende os requisitos para ser utilizado como sub-base de pavimentação.

A Figura 4 apresenta os valores de expansão obtidos no ensaio tanto para o solo como para as misturas solo-CO em todas as suas porcentagens.

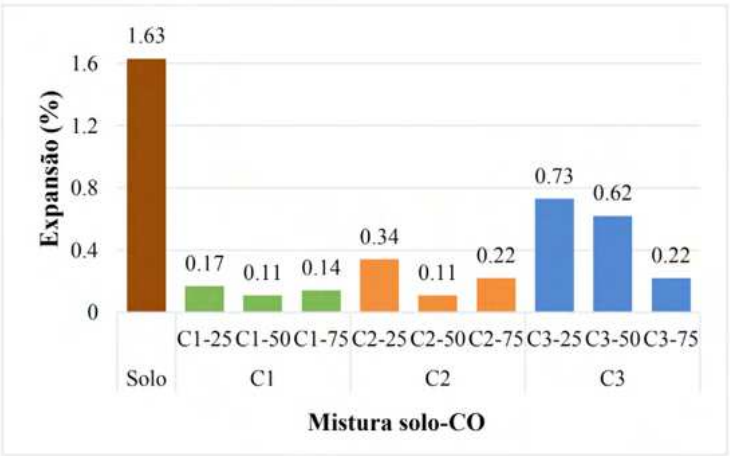

Figura 4 – Valores de expansão obtidos para o solo puro e para as misturas solo-CO.

Pode-se observar que o solo possui expansibilidade elevada (1,63%) se comparado com as misturas solo-CO. Sabe-se que os valores de expansão para materiais utilizados como base e sub-base devem ser inferiores a 0,5% e 1% respectivamente, assim todas as misturas de solo-CO para as C1, C2, e C3 se enquadram nas especificações de sub-base (menor de 0,5%), e além disso para a especificação de base, as misturas solo-CO para C1 e C2 bem como C3-75 se enquadram, sendo que o solo sem nenhuma adição não se enquadra em nenhuma das especificações citadas.

4 | CONCLUSÕES

Concluiu-se que o melhor teor de substituição de 50% da cinza de granulometria 300µm, visto que apresentou o melhor resultado de ISC, em comparação com o solo, de aproximadamente 22% acima do valor de referência. Sugere-se que esta mesma mistura possa ser utilizada também como sub base de pavimentação, já que o mínimo exigido para tal é de 20% de ISC, índice de plasticidade menor que 6% e expansão menor ou igual a 1%, enquadrando-se a mistura mencionada em todos os aspectos exigidos pela norma. Portanto, a mistura solo-CO demonstrou grande potencial para estabilização do solo, contribuindo para a destinação correta de cinzas de olarias.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade Guarapuava, pela estrutura de laboratórios disponibilizada e ao técnico do laboratório, Neilor, que sempre esteve disposto a nos ajudar. À Cerâmica Rolim LTDA.ME que nos disponibilizou a cinza, matéria-prima deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. SOLIZ, V.V.P., **Estudo de três solos estabilizados com emulsão asfáltica**, Dissertação de MSc., UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

2. FROTA, C. A., MELO, D. M., NUNES, F. R. G., Análise do Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas com Resíduo Processado da Construção Civil, **In: V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias**, Andit, p.15, Recife-PE, Jul. 2006.

3. DE CASTRO, C. E. N.; DA SILVA, R. R. F.; SANTOS, L. F.; MENDES, A. S.; LIMA, C. A. DE P.; DA FROTA, C. A. Adição de uma associação polimérica a um solo argilo-arenoso com vistas à estabilização química de materiais para pavimentos. **Revista Matéria**, n. 2, V 24. 2019.

4. BAHMANI, S. H., HUAT, B. B. K., ASADI, A., et al., Stabilization of residual soil using SiO2 nanoparticles and cement, **Construction and Building Materials**, v. 64, pp. 350-359, Ago. 2014.

5. HUAN-LIN L., HSIAO D., LIN D., LIN C., Cohesive soil stabilized using sewage sludge ash/cement and nano aluminum oxide, **International Journal of Transportation Science and Technology**, v.1, n. 1, Mar.2012.

6. SILVA, L. H. P.; TAMASHIRO, J. R.; ANTUNES, P. A.; PEREIRA, D. R. Caracterização da cinza de forno de olaria para aplicação em cimento pozolânico. **Revista Matéria**, n. 1, V 25. 2020.

7. MICHALOWICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho -cevada-feijão trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em Plantio Direto**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação de Agronomia) – UNICENTRO, Guarapuava, 2012.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

9. _____. NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.

10. _____. NBR 6508: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2017.

11. _____. NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

12. _____. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.

13. _____. NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação, Rio de Janeiro, 2020.

14. _____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

15. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 172/2016-ME**. Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.