

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE MISTURAS DE SOLO LATERÍTICO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ

THAMIRES ALVES DA SILVEIRA¹; ANDRÉ LUÍS SOARES DA SILVA²;
PRISCILA MATHIAS MILECH³; INGRID MILENA REYES MARTINEZ
BELCHIOR⁴; KLAUS MACHADO THEISEN⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – thaamiresasilveira@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – andrelssilva89@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – priscila.milech@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – ingridbelchior17@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – theisenkm@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o maior estado produtor de arroz, com 65% de toda produção do país, sendo a região Sul a maior produtora do Brasil, concentrando 75% do total produzido. Segundo De Freitas (2018), além da alta produtividade do arroz no estado, a casca proveniente do beneficiamento é o resíduo vegetal que mais produz cinza ao ser queimado. Assim, a destinação final da Cinza da Casca de Arroz (CCA) é considerada um problema para as empresas beneficiadoras de arroz, pois sua deposição e incineração inadequada podem trazer problemas ambientais (DE FREITAS, 2018). Muitos estudos foram desenvolvidos para o reaproveitamento da CCA na construção, como em concretos de alto desempenho e melhoramento de aspectos geotécnicos de rodovias, utilizando a mesma em bases e sub-bases de pavimentos, assim como, estabilização de solos para engenharia, entre os quais incluem solos lateríticos.

Os solos lateríticos encontram-se na natureza geralmente de forma não saturada, com índice de vazios elevado, oriundos do horizonte pedogenético B. Bem compactados, tais solos apresentam excelente capacidade de suporte, alta resistência e baixa permeabilidade, além de baixa expansão na presença de água e pequena perda de capacidade de suporte quando saturados. (SOUZA PINTO, 1998). Soliz (2017) recomenda utilização de solos lateríticos para emprego em pavimentos econômicos, especificamente para áreas de tráfego médio e leve, além de sugerir o uso de técnicas para estabilização de solos, que melhoram as características do solo natural e ampliam suas utilizações em pavimentos.

Tendo em vista o panorama abordado, o presente trabalho busca obter a classificação geotécnica de misturas de solo laterítico coletado de talude rodoviário oriundo do município São Lourenço do Sul/RS, com CCA proveniente de uma empresa beneficiadora de arroz da cidade da Pelotas-RS, visando verificar a viabilidade das misturas para emprego em obras de pavimentação.

2. METODOLOGIA

Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo laterítico oriundas do km 475 da obra de duplicação da BR-116, próximo à rodovia SLS-060. O solo empregado foi o mesmo estudado no trabalho de Ferreira *et al.* (2019), no qual os autores concluíram que o solo em questão apresenta comportamento laterítico. A CCA foi recolhida de uma empresa beneficiadora de arroz da cidade de Pelotas-RS, queimadas em fornos na sede da empresa à temperaturas média de 800°C. O material foi trazido ao Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da UFPel (LabMSPav-UFPel) armazenadas em sacos. Antes da realização dos ensaios (realizados no LabMSPav-UFPel), as amostras

de solo foram secas, quarteadas e destorroadas, conforme procedimento estabelecido pela NBR 6457/16. As amostras de CCA foram diretamente secas em estufa a 60°C, por pelo menos 12 horas, antes de seu emprego nos ensaios.

A caracterização geotécnica dos materiais não misturados foi feita através das seguintes ensaios: Análise granulométrica por peneiramento, conforme norma NBR 7181/18; Limite de Plasticidade, conforme NBR 7180/16; Limite de Liquidez, conforme NBR 6459/17 para a determinação do Limite de Plasticidade e Método Expedito das Pastilhas, proposto por NOGAMI e VILLIBOR (1994), para classificação dos materiais pelo sistema MCT.

As dosagens solo-cinza foram escolhidas em função de percentuais adotados em trabalhos de tema semelhante, como Niero e Arns (2016) e Jaines e Arns (2017), estabelecendo-se os seguintes percentuais solo laterítico/CCA: 100%/0% (solo puro, L100C0); 95%/5% (mistura L95C5); 90%/10% (mistura L90C10); 85%/15% (L85C15) e; 80%/20% (L80C20), percentuais em massa com relação à massa total de mistura solo/CCA. Para obter as misturas de acordo com os percentuais, foi feita a pesagem dos materiais, misturados e quarteados, para obter a homogeneidade da amostra. Posteriormente, as misturas foram peneiradas na peneira 420 micrômetros para posterior realização dos ensaios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise granulométrica do solo laterítico e da CCA é apresentado na Figura 1. Ambos os materiais são finos (passante na #200 maior que 50%), fazendo das misturas solo laterítico/CCA também materiais finos. Os resultados dos ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade constam na Tabela 1.

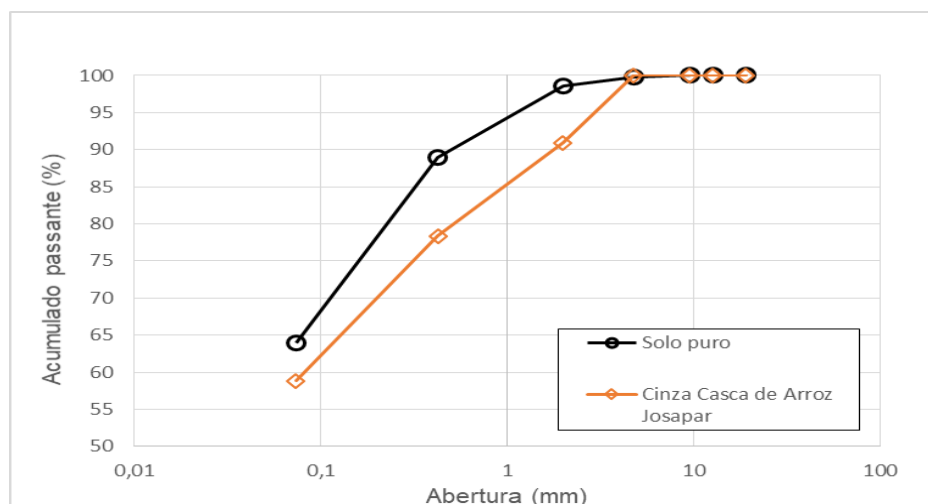


Figura 1 - Curva granulométrica do solo e da CCA

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez

Mistura	Limite de Plasticidade	Limite de Liquidez	Equação curva de fluidez	R ²	Índice de Plasticidade
L95C5	29%	39%	$w(\%) = -7,66 \cdot \log(n^\circ \text{ golpes}) + 50,17$	0,9659	11%
L90C10	31%	40%	$w(\%) = -8,64 \cdot \log(n^\circ \text{ golpes}) + 51,74$	0,9359	10%
L85C15	28%	38%	$w(\%) = -9,95 \cdot \log(n^\circ \text{ golpes}) + 52,12$	0,9403	11%
L80C20	36%	39%	$w(\%) = -10,06 \cdot \log(n^\circ \text{ golpes}) + 53,14$	0,9563	3%
L100C0	28%	40%	$w(\%) = -3,61 \cdot \log(n^\circ \text{ golpes}) + 44,92$	0,9372	12%

Pelos resultados da Tabela 1, nota-se que as misturas com menor teor de CCA comportam-se semelhantemente ao solo natural. No ensaio com 20% de CCA, foi notável a dificuldade de execução do ensaio de limite de plasticidade, creditando-se à isso o alto valor dessa variável, pois esperava-se que o limite de plasticidade da mistura com 20% de CCA fosse menor, devido à plasticidade nula da cinza.

Nos ensaios do método MCT expedito, verificou-se o comportamento dos materiais frente à exposição ao calor (estufa 60°), verificando sua contração diametral e à penetração do micropenetrômetro das pastilhas em saturação em água, cuja evolução no tempo é vista na Figura 2. Os tempos de saturação médio das pastilhas referentes às misturas são vistos na Tabela 2.

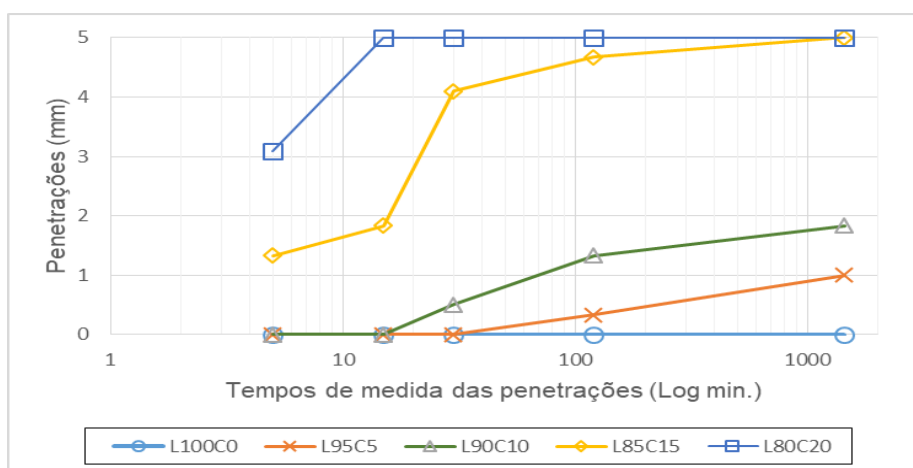


Figura 2 - Evolução das penetrações no ensaio de saturação das pastilhas

Tabela 2 - Tempo de saturação das pastilhas ensaiadas

Mistura	Tempo de saturação(s)	Mistura	Tempo de saturação(s)
L95C5	483,67	L80C20	58,5
L90C10	411,33	L100C0	699,17
L85C15	72,33		

Pela Tabela 2 e pela Figura 2, verifica-se que com o aumento do percentual da CCA há redução no tempo de saturação e menor resistência à penetração das misturas, ou seja, verifica-se o aumento da permeabilidade da mistura. Na saturação das pastilhas observa-se diferença evidente no comportamento das misturas, verificando que para teores maiores de CCA o tempo de saturação é expressivamente menor. Nas penetrações encontradas nas misturas de 15 e 20%, verificou-se penetrações maiores que 2mm, indicando que as mesmas têm comportamento não-laterítico. Além desses resultados, nesse ensaio foi possível verificar que para os percentuais de 5 e 10%, foi possível moldar as pastilhas para o ensaio com menor teor de umidade que para os percentuais de 15 e 20%.

Com os resultados apresentados, foi possível classificar o solo e as misturas utilizadas de acordo com a metodologia MCT expedita, a metodologia SUCS (Sistema Unificado de Casagrande) e a metodologia HRB (Highway Research Board), conforme consta na Tabela 3, podendo assim verificar a possível aplicação dos materiais em pavimentação.

Tabela 3 - Classificação dos materiais

Material	Classificação MCT expedita*	Classificação SUCS*	Classificação HRB*
L95C5	LG'	SL	A-6
L90C10	LG'	SL	A-7-6
L85C15	NS'-NG'	SL	A-6
L80C20	NS'-NG'	SL	A-4
L100C0	LG'	SL	A-6

*Observação: NS' – Não laterítico siltoso; NG'- Não laterítico argiloso; LG'- Laterítico argiloso; SL- Silte sem elasticidade; A-4: solos siltosos; A-6 e A-7-6: solos argilosos.

4. CONCLUSÕES

Segundo os resultados apresentados, é possível perceber a divergência da classificação clássica e da metodologia expedita MCT, como percebeu-se nos limites de plasticidade e liquidez quando comparados aos resultados obtidos na metodologia MCT, principalmente para os percentuais de 15 e 20%. Sendo assim, adotando a classificação SUCS e HRB o material não seria recomendado para camadas de pavimentação, enquanto que para a classificação MCT o material puro e as misturas de 5 e 10% seriam recomendadas para pavimentação na proteção contra erosão e/ou para revestimento primário em estradas vicinais, sendo recomendado também fazer a correção granulométrica dos materiais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: **análise granulométrica**. 2018.
- _____. NBR 7180: **determinação do Limite de Plasticidade**. 2016.
- _____. NBR 6459: **determinação do Limite de Liquidez**. 2017.
- DE FREITAS, J.E. **Uso de cinza da casca de arroz na estabilização de solos para uso em pavimento rodoviário**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2018.
- FERREIRA A.S; ARAB P.B; THEISEN K.M. **Potencial de erodibilidade de um talude de corte na BR-116, São Lourenço do Sul-RS**. Anais do X Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul (GEORS 2019), Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2019.
- JAINES, L.; ARNS, P. **Estabilização de um solo com cinza da casca de arroz para a utilização em camadas de pavimento**. 2017. Trabalho de diplomação em Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2017.
- NIERO, M.B; ARNS, P. **Estabilização de um solo arenoso com dois tipos da casca de arroz**. 2016. Trabalho de diplomação em Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2016.
- NOGAMI, Job Shuji; VILLIBOR, D. F. **Identificação expedita dos grupos da classificação MCT para solos tropicais**. In: X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. p. 1293-1300, 1994.
- SOLIZ, V.V. P. **Estudo de três solos estabilizados com emulsão asfáltica**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de MSc., UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- SOUSA PINTO, C. **Fundações: Teoria e prática**. São Paulo, PINI. 751p, 1998.