

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

**USO DE AREIA DE FUNDIÇÃO EM MISTURAS COM ARGILA LATERÍTICA EM PAVIMENTOS ECONÔMICOS<sup>1</sup>**  
**USE FOR FOUNDRY SAND IN MIXTURES WITH LATERITIC CLAY FOR ECONOMIC PAVEMENTS**

**Jessamine Pedroso De Oliveira<sup>2</sup>, Taciane Pedrotti Fracaro<sup>3</sup>, Leonardo Brizolla De Mello<sup>4</sup>, Katuay Zarth<sup>5</sup>, Tainara Kuyven<sup>6</sup>, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do projeto de pesquisa institucional da UNIJUI "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Pavimentos Econômicos" pertencente ao Grupo de Pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para a Construção

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, jessamine1995@hotmail.com

<sup>3</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, taci\_fracaro@gmail.com

<sup>4</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, leobrmello@hotmail.com

<sup>5</sup> Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, katuayz@gmail.com

<sup>6</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, taia-kuyven@hotmail.com

<sup>7</sup> Professor Mestre, do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, orientador, carlos.wayhs@unijui.edu.br

## **INTRODUÇÃO**

Diante da problemática de pavimentação encontrada no Brasil, surge a necessidade de buscar materiais alternativos para que possam ser incorporados ou substituídos a fim de diminuir os custos no setor rodoviário. Dados do Sistema Nacional de Viação (SNV) relatam que no contexto rodoviário brasileiro a jurisdição municipal possui pequena porcentagem das rodovias pavimentadas e conseqüentemente grande quantidade de não pavimentadas. Desse modo, Della Flora (2015) conclui que este fato é resultado do alto custo dos materiais convencionalmente usados para a pavimentação das estradas e da escassez dos recursos públicos. Complementarmente, é importante estudar materiais que não possuem descarte adequado, para encontrar soluções sustentáveis e viáveis economicamente e funcionalmente, seja para reduzir o déficit de pavimentação, seja para reaproveitar resíduos. Por conseguinte, motivado pelo trabalho de Villibor e Nogami surgiu a nível institucional o projeto de pesquisa "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Bases de Pavimentos Econômicos", que estuda a substituição de bases convencionais de pavimentos por outras que utilizem solos do próprio local da rodovia, de modo natural ou em misturas. Assim, este trabalho pretende relatar a pesquisa cujo tema foi Trabalho de Conclusão de Curso de Zappe (2017), que buscou analisar a aplicação de areia de descarte de fundição (ADF) como agregado miúdo com solo regional laterítico em misturas conhecidas como

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

ALA (argila laterítica e areia), para melhoramento no desempenho do solo em pavimentos, e diagnóstico do teor ideal para utilização e exequibilidade técnica, surge este trabalho.

### **METODOLOGIA**

A metodologia baseia-se em estudos bibliográficos para embasamento teórico sobre a temática do trabalho e experimentos laboratoriais realizados no Laboratório de Engenharia Civil - LEC da Unijuí. As amostras analisadas se baseiam na dosagem de misturas proposta por Villibor e Nogami, compostas por solo argiloso laterítico da região com substituição de 20%, 30% e 40% de areia de descarte de fundição, sendo denominadas ALAF20, ALAF30 e ALAF40. Posteriormente as misturas foram caracterizadas geotecnicamente e classificadas pelos métodos tradicionalmente utilizados do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e da rodoviária da HRB/AASHTO. Complementarmente fez-se a classificação MCT através dos ensaios de compactação mini-MCV (M5) descrito pela DNER-CLA 258 (DNIT, 1994c) e perda de massa por imersão (M8) regulamentado pela norma DNER-ME 256 (DNIT, 1994b). Para avaliar o desempenho e verificar a melhor das misturas, utilizou-se dos ensaios da metodologia MCT, como compactação mini-Proctor (M1), mini-CBR e expansão (M2), contração (M3) e infiltrabilidade e permeabilidade (M4), de acordo com o proposto em Villibor e Nogami (2009). Finalmente executaram-se ensaios triaxiais de cargas repetidas para determinação do módulo de resiliência da mistura com melhor desempenho.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As misturas analisadas foram submetidas à caracterização geotécnica, onde na Figura 1 pode-se observar as curvas granulométricas do solo natural, das misturas e da areia de fundição.

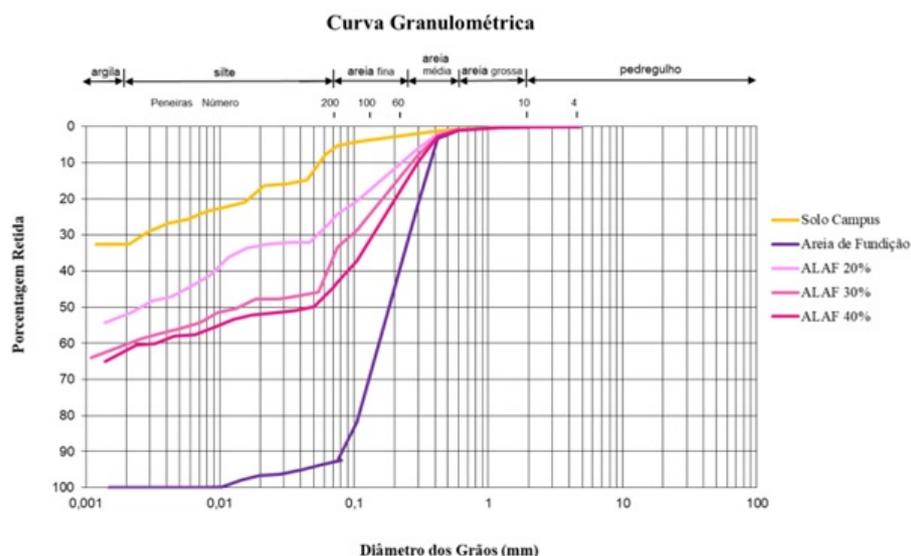


Figura 1 – Curva granulométrica das amostras.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

Como pode ser observado o solo apresenta um material com grande porcentagem de silte e argila na sua composição, e a areia de fundição têm graduação uniforme concentrando a maior parte da curva na região de grãos característicos de areia fina. Nas misturas percebe-se um aumento gradual da parcela de areia fina conforme são incorporados os teores de areia de fundição. Analisando as curvas granulométricas identifica-se a queda das curvas dos diferentes materiais na direção das curvas solo-ADF conforme são aumentados os teores de resíduo nas misturas. Evidenciando que a aplicação da areia de fundição ao solo confere às misturas um padrão de comportamento esperado, que faz com que as características das misturas se aproximem das características da areia de fundição com o aumento dos teores incorporados ao solo. Na Tabela 01 mostra-se os resultados obtidos quanto aos limites de consistência.

Desse modo percebe-se que quanto maior a quantidade do resíduo menor é o resultado do limite de liquidez e limite de plasticidade, obtendo assim índices de plasticidade semelhantes para as amostras das misturas. A partir disto foram calculados também os índices de grupo das misturas, nas quais apresentaram a queda do valor com o aumento dos teores do resíduo utilizado. Para a classificação foram utilizadas a SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos), HRB/AASHTO (Highway Research Board/ American Association of State Highway Transportation Officials) que se baseiam nas curvas granulométricas e propriedades índice com auxílio de tabelas exemplificadas previamente. Também foi classificado pela MCT (Miniatura compactada tropical) advindos do procedimento M9 utilizando-se dos resultados obtidos a partir dos ensaios M5 e M8. Assim as misturas com adição do resíduo se classificaram pela SUCS no grupo CL, pela HRB-AASHTO as porcentagens de 30% e 40% se enquadram no grupo A-6, enquanto a porcentagem de 20% ficou no grupo A-7-5. Todas as misturas se classificaram em grupos de materiais silto-argilosos. Quanto à classificação MCT, as amostras ensaiadas apresentaram classificação pelo solo de comportamento laterítico argiloso (LG'), contudo apresenta as diferenças entre os materiais, estabelecidas através do índice  $e'$  e coeficiente  $c'$ , apresentados na Figura 2.

Tabela 01 – Limites de consistência.

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Solo <i>in natura</i>	65	39	26
ALAF 20%	43	28	15
ALAF 30%	39	24	15
ALAF 40%	35	21	14

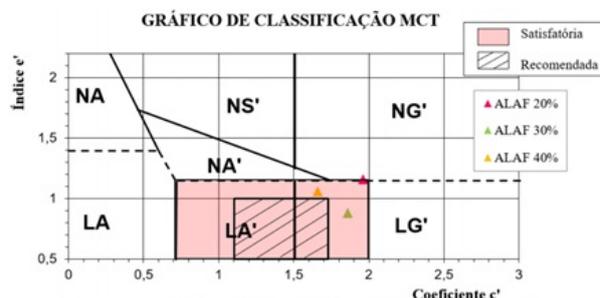


Figura 2 – Gráfico da classificação MCT dos materiais.

Esses dados evidenciam uma redução de latericidade do material da ALAF40% para ALAF30% e uma anormalidade na ALAF20% nesta questão, traduzido pela variação de  $e'$ . Também o aumento dos tamanhos dos grãos com maiores porcentagens de ADF, pela relação inversamente proporcional de  $c'$  com variação do resíduo. Na realização do ensaio M1 - compactação mini-Proctor, para a energia de compactação utilizada ocorreu um aumento de MEASmáx (Massa

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

específica aparente seca máxima), correspondente a redução da umidade ótima de compactação de cada mistura à medida que aumentam os teores de ADF, causado pela maior porção de material arenoso nas amostras. No ensaio M2 - mini-CBR e expansão, conforme se aumentam os teores de areias proporcionalmente cresce a capacidade de suporte dos materiais. Contudo a expansão quando em imersão não apresenta padrão lógico de comportamento com a variação do resíduo, mas todas as misturas tiveram resultados otimistas para tal quesito ao atenderem as especificações de terem expansão menor de 0,3%, que se justifica pela característica não expansiva do solo e possivelmente o comportamento analisado nas amostras com presença de ADF. As expansões de maiores valores se devem a provável presença de materiais finos passantes na peneira 200. A mistura ALAF40 apresentou grande capacidade de suporte do material, e por ordem decrescente respectivamente as misturas ALAF30 e ALAF20. No entanto quando analisado os valores de RSI, a amostra ALAF20 apresenta maior resultado, mostrando melhor resistência à exposição, seguidas de ALAF40 e ALAF30. Realizando o ensaio M3 - contração, Villibor e Nogami (2009) demarcaram um intervalo admissível no gráfico, no qual nenhuma das amostras ALAF se enquadraram, contudo obtiveram reduções da propriedade de contração das misturas conforme se aumentam os teores de ADF. De acordo com a equação gerada no gráfico percebe-se que independente da porção de resíduo não alcançaria o limite máximo do intervalo. Vale ressaltar que diversos fatores podem ter influenciado neste ensaio, pois os mesmos autores recomendam um período de 12 horas para o ensaio estabilizar, o que não ocorreu para as amostras em análise, assim como, o procedimento experimental é recente para o laboratório em que foi realizado (LEC) e não conta com controle adequado de temperatura e umidade. Assim este ensaio deverá ser repetido posteriormente na pesquisa. No ensaio M4 - infiltrabilidade e permeabilidade, que foi realizado pela primeira vez no Laboratório de Engenharia Civil (LEC), foram encontrados valores do coeficiente de sorção (S), velocidade de caminhamento de frente de umidade (v) e coeficiente de permeabilidade (k) para as misturas analisadas. Acredita-se que pode ter ocorrido algum erro na mistura ALAF30, pois se entende que deva ocorrer uma proporcionalidade indireta do coeficiente de sorção com a variação da areia de fundição, porque maiores teores do resíduo resultam materiais granulares com menor capacidade de infiltração de água, e conseqüentemente maior velocidade de infiltração da água no material, o que ocorre se analisados os resultados de ALAF20% com ALAF40%, tendo incoerência com os valores apresentados para ALAF30%. Este mesmo entendimento se admite quanto a permeabilidade, que devem ser inversamente proporcionais as variações dos teores de ADF, padrão atendido por ALAF20% e ALAF40% e a mistura ALAF30%, com valor fora do padrão de comportamento dos demais.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É possível concluir que as classificações tradicionalmente usadas não representam de maneira real a capacidade dos solos tropicais, por se limitar ao uso das propriedades índice referentes à granulometria e limites de consistência. Contudo a classificação MCT é realmente eficiente, pressupondo de forma racional suas características de utilização em pavimentos, tanto para solos in natura quanto para esses solos com misturas do tipo ALA. Assim é perceptível o melhoramento das propriedades da mistura conforme o aumento de teor de ADF ao solo, fato este comprovado quando a amostra com melhor desempenho contém 40% do material miúdo e 60% do solo

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

laterítico argiloso regional em sua composição, sendo a de maior teor analisada. Desse modo, o trabalho cumpriu seu objetivo geral de analisar a possibilidade de utilização do resíduo ADF proveniente do processo de fundição do ferro, em misturas do tipo ALA. Como estabelecidas por Villibor e Nogami (2009) com o solo laterítico argiloso regional para estruturas de pavimentos econômicos em camadas de bases e sub-bases, ao permitir constatar que somente o resultado obtido para contração axial da amostra ALAF40%, é o único fator que não permite sua utilização em camadas de bases de pavimentos segundo a metodologia MCT apresentada, salientando a ausência de informações referentes ao ensaio de contração utilizado, que podem ter influenciado, devendo serem repetidos.

**Palavras-chave:** Misturas ALA; Materiais alternativos; Areia de descarte de fundição.

**Keywords:** ALA mixtures; Alternative materials; Waste foundry sand.

#### AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação no Programa de Educação Tutorial e ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC).

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: **Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2016a. 12 p.

DELLA FLORA, Cristiano Schmidt. **Estudo comparativo entre solos arenosos finos lateríticos do Rio Grande do Sul para emprego em pavimentos econômicos**. 2015. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **DNER- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - ME 228/94**: Solos - compactação em equipamento miniatura. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1994a, 14 p.

\_\_\_\_\_.DNER-ME 254/97: Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1997, 14 p.

\_\_\_\_\_.DNER-ME 256/94: Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1994b, 6 p.

\_\_\_\_\_.DNER-CLA 258/94: Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-MCV. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1994c, 14 p.

**SNV 2015 completo**. Disponível em: Acesso em: 30 junho 2018.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos**. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.

ZAPPE, Anna Paula Sandri. **Uso de areia de fundição em misturas com argila laterítica para estrutura de pavimentos econômicos**. 2017. 96p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2017.