



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ESTUDO MECANÍSTICO DE MISTURAS DE ARGILA LATERÍTICA COM AGREGADO MIÚDO PARA USO EM PAVIMENTOS ECONÔMICOS

### **Nicole Deckmann Callai**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
nicole.callai@hotmail.com

### **Leonardo Brizolla de Mello**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
leobrmello@hotmail.com

### **Anna Paula Sandri Zappe**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Anna.zappe@hotmail.com

### **Bruna Thays Uhde**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
brunauhde@hotmail.com

### **Me. Carlos Alberto Simões Pires Wayhs**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
carlos.wayhs@unijui.edu.br

**Resumo.** *Da totalidade de rodovias existentes no Brasil, por volta de 78,6% não são pavimentadas, sendo 91,3% de jurisdição municipal, representadas, em sua maioria, por estradas vicinais e vias de tráfego leve a médio. O principal fator que interfere na não modernização das vias é o alto custo de implantação de um pavimento em sua composição tradicional, com os materiais comumente utilizados. Baseado no conceito de pavimentos econômicos instituído por Villibor e Nogami, serão estudadas misturas de solo argiloso laterítico com agregados miúdos, na porcentagem de 40% de agregado e 60% de solo, na tentativa de constituir materiais alternativos que possam ser utilizados na execução de pavimentos de baixo custo. Para tanto, serão realizados os ensaios da*

*Metodologia MCT e ensaio triaxial de cargas repetidas para obtenção das propriedades das referidas misturas de interesse para pavimentação. A partir dos resultados, será dimensionado um pavimento flexível e realizada sua análise mecanística para definir sua vida útil de fadiga e ATR, comparando com um pavimento tradicional.*

**Palavras-chave:** *Pavimentação econômica. Metodologia MCT. Análise mecanística de pavimentos.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Segundo DNIT [1], do total de 1.720.755,7 km de rodovias existentes no Brasil, por volta de 78,6% não são

pavimentadas, ou seja, 1.351.978,1 km. Das rodovias não pavimentadas, em torno de 91,3% são de jurisdição municipal, o que representa 1.234.918,3 km.

Dentre os principais fatores responsáveis pela alta taxa de rodovias não pavimentadas, destaca-se o elevado custo de implantação das mesmas, oriundo dos materiais tradicionalmente utilizados em pavimentação, e a escassez de recursos públicos aliada a investimentos insuficientes em infraestrutura. Uma solução para proporcionar opções acessíveis de pavimentação para estradas municipais, principalmente as vicinais, seria, como afirmam Villibor et al.[2], reduzir os custos de construção através do emprego de materiais locais na execução estrutural dos pavimentos. Tal proposta vem ao encontro do conceito de pavimentos econômicos introduzido por Nogami et al. [3], ao definir como econômico o pavimento que, dentre outros quesitos, substitui bases tradicionais por bases constituídas de solo regional *in natura* ou em misturas com custos substancialmente inferiores às alternativas usuais.

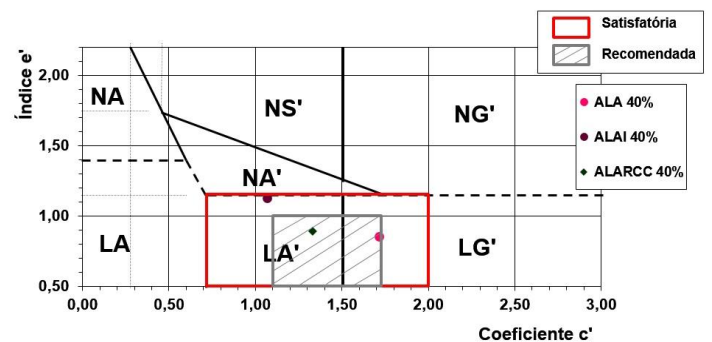
Buscando reduzir os custos de implantação de rodovias, iniciaram-se pesquisas referentes ao assunto por meio da criação do projeto de pesquisa institucional da UNIJUÍ “Estudo de solo argiloso laterítico para uso em pavimentos econômicos”, com base na caracterização e definição de comportamento de misturas utilizando o solo da cidade de Ijuí e agregados miúdos em diferentes porcentagens, para emprego como bases e sub-bases de pavimentos. A presente pesquisa objetiva analisar o comportamento de três misturas do solo regional somado à areia natural, areia industrial e resíduos da construção civil, ambas misturas nos teores de 40% de agregado miúdo cada.

## 2. METODOLOGIA

Partindo dos estudos realizados por Bernardi [4], Amaral [5] e Buligon [6], onde

foram analisadas misturas de solo argiloso do Campus da UNIJUÍ com areia (ALA), areia industrial (ALAI) e resíduo da construção civil (RCC) moído (ALARCC), respectivamente, foram escolhidas as amostras de 40% de agregado e 60% de solo do Campus em peso, que se enquadraram nas áreas recomendada e/ou satisfatória segundo a metodologia MCT, para dar prosseguimento aos ensaios que não puderam ser realizados pelos referidos autores. Os resultados da classificação MCT de cada amostra 40% foram retirados das dissertações dos autores mencionados e compilados, juntos, num único gráfico de classificação, representado na figura 1.

Figura 1 – Classificação MCT das misturas 40%



Fonte: autoria própria (2017)

Tendo conhecimento das misturas localizadas nas áreas indicadas do gráfico, serão realizados os ensaios de caracterização, no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ – LEC, com o solo do Campus da UNIJUÍ e com as misturas, procedimentos indispensáveis que devem anteceder qualquer sequência de ensaios que estude as propriedades de um solo. Também serão realizados, no LEC, os ensaios da metodologia MCT com as três misturas para definir a sua viabilidade, ou não, de uso como materiais de base e sub-base de pavimentos econômicos, e o ensaio triaxial de cargas repetidas com as três misturas será realizado no Laboratório de Pavimentação da UFRGS – LAPAV/UFRGS, a fim de obter seus valores de módulos de resiliência para

dimensionamento e análise mecânica de pavimentos.

### 3. MATERIAIS UTILIZADOS

Serão apresentadas breves introduções acerca dos materiais utilizados para o início dos ensaios laboratoriais.

O solo que será utilizado na composição das misturas será retirado do Campus da UNIJUÍ na cidade de Ijuí, nas proximidades do Hospital Veterinário, da mesma maneira como realizado por Bernardi, Amaral e Buligon, a fim de evitar possíveis diferenças nas características do material, se retirado de fonte diversa.

A areia que será utilizada foi fornecida pela Pedreira Tabille, da cidade de Ijuí, e é proveniente da cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. É muito utilizada para obras de construção civil da região.

A areia industrial é, segundo Cortes [7], um produto originado da britagem ou trituração de rochas, de maneira a originar grãos que tendem a apresentar formato angular. A areia industrial que será utilizada na composição da mistura ALAI é proveniente da cidade de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul.

O RCC moído foi fornecido pela empresa RESICON – Central de Triagem e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil do Noroeste do RS, localizada na cidade de Santa Rosa. O material é denominado, pela empresa, como pó de pedra ou areião, tendo diâmetro máximo de 4,60 mm.

### 4. ENSAIOS

Todos os ensaios descritos são de aplicabilidade a materiais terrosos, ou seja, solos, sabendo que as misturas, sob o ponto de vista da pavimentação, são consideradas como tal.

Primeiramente serão realizados ensaios de caracterização de solos, os quais abrangem o ensaio de análise granulométrica, determinação dos limites de

consistência (limite de liquidez e plasticidade) e a massa específica dos grãos.

A metodologia MCT somente pode ser aplicada, conforme Ref. [2], em solos que tenham, no máximo, 10% de material retido na peneira nº 10 (2 mm). Analisadas as granulometrias das misturas, serão realizados os ensaios mencionados na tabela 01, além do ensaio M1 para obtenção da umidade ótima e massa específica aparente seca máxima de cada mistura. Portanto, apesar da metodologia oferecer um total de 9 ensaios para caracterização de solos, serão realizados apenas os que fornecem os parâmetros necessários para análise da possibilidade de emprego dos materiais em pavimentação econômica.

Tabela 1. Valores recomendados para bases de SAFL e misturas ALA

PROPRIEDADE	INTERVALOS ADMISSÍVEIS	MÉTODOS DE ENSAIO
<b>Grupos MCT</b>	LG', LA', LA	M5 e M8
<b>Capacidade de Suporte</b>	≥ 40	M2
<b>Mini-CBR<sub>Ho</sub>* (%)</b>		
<b>Expansão – Es (%)</b>	≤ 0,03	M2
<b>Relação RIS (%) ou</b>	≥ 50	-
<b>Perda de Suporte por</b>	≤ 50	
<b>Imersão PSI (%)</b>		
<b>Contração Axial – Ct</b>	0,1 a 0,5	M3
<b>(%)</b>		
<b>Coefficiente de Sorção</b>	10 <sup>-2</sup> a 10 <sup>-4</sup>	M4
<b>d'água – s (cm/<math>\sqrt{\text{min}}</math>)</b>		
<b>Coefficiente</b>	10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-8</sup>	M4
<b>Permeabilidade – k<sub>s</sub></b>		
<b>(cm/s) – opcional</b>		

\*Valores de Ho na Energia Intermediária do Mini-Proctor.

Fonte: adaptado de Villibor e Nogami (2009, p. 145)

Por fim, será realizado o ensaio triaxial dinâmico, ou ensaio triaxial de cargas repetidas, que fornece como resultado o valor do módulo de resiliência do material em estudo, que representa a relação entre a força aplicada e a deformação resultante podendo ser utilizado em alguns métodos de dimensionamento de pavimentos.

Após a obtenção das propriedades e características das misturas em estudo, será realizado o dimensionamento de um pavimento flexível com as misturas que atenderem aos requisitos expostos na tabela 1, objetivando obter a espessura de cada camada do pavimento, sendo o dimensionamento realizado com base no Índice de Suporte Califórnia do subleito sobre o qual deseja-se implementar a rodovia.

### **Agradecimentos**

Ao MEC-SESu pelas bolsas de Iniciação Científica no Programa de Ensino Tutorial, ao laboratorista Luiz Donato, do Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ e aos demais bolsistas que colaboraram na obtenção dos atuais resultados para a continuidade e avanço da pesquisa.

## **2. REFERÊNCIAS**

- [4] C. BERNARDI, Estudo de solo Laterítico do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul para Uso em Pavimentos Econômicos. 2013. 68f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.
- [7] D. D. CORTES; H. K. KIM; et al, Rheological and mechanical properties of mortars prepared with natural and manufactured sands. *Cement and Concrete Research*, v.38, p. 1142-1147, 2008.
- [2] D. F. VILLIBOR; J. S. NOGAMI, **Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos**, São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.
- [1] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Sistema Nacional de Viação – SNV 2015. 2015. Disponível em: < <https://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>>. Acesso em: abr. 2017.
- [3] J. S. NOGAMI; D. F. VILLIBOR. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Villibor, 1995. 240 p.
- [6] L. B. BULIGON. Estudo de misturas de solo argiloso laterítico e resíduo de construção civil para uso em pavimentos econômicos. 2015. 89 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 16 nov. 2015.
- [5] M.B. AMARAL, Estudo da Mistura Ideal de Solo Argiloso Laterítico do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e Areia Industrial para Uso em Pavimentos Econômicos. 2015. 67f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos resultados dos ensaios propostos e com os dados do pavimento dimensionado, será realizada a análise mecânica do mesmo com uso do *software* SisPav, a fim de definir sua vida útil de fadiga e de ATR (afundamento do trilho de rodas), e os resultados serão comparados com a vida útil de projeto. Caso os resultados não sejam satisfatórios, será necessário promover alterações nas espessuras das camadas do pavimento.

Através do SisPav também é possível ter noção da grandeza das tensões às quais a estrutura será submetida e, principalmente, das tensões a que o subleito estará submetido, evitando que o mesmo rompa por cisalhamento. Espera-se, como resultado final da pesquisa, compor um perfil de materiais alternativos para pavimentação, que sejam economicamente viáveis, e, conseqüentemente, que possam auxiliar na redução do *déficit* do sistema rodoviário brasileiro.