

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

MISTURA DE SOLO LATERÍTICO DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E AGREGADO MIÚDO PARA USO EM PAVIMENTOS ECONÔMICOS¹

**Anna Paula Sandri Zappe², Nicole Deckmann Callai³, Leonardo Brizolla De Mello⁴,
Gabriela Almeida Bragato⁵, Claudio Luiz Queiroz⁶, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs⁷.**

¹ 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

² Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, bolsista PET Engenharia Civil Unijuí, anna.zappe@hotmail.com

³ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, bolsista PET Engenharia Civil Unijuí, nicole.callai@hotmail.com

⁴ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, não-bolsista PET Engenharia Civil Unijuí, leobrmello@hotmail.com

⁵ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, bolsista PET Engenharia Civil Unijuí, gabibragato16@gmail.com

⁶ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, bolsista PET Engenharia Civil Unijuí, claudioqueirozl@hotmail.com

⁷ Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, orientador, carlos.wayhs@unijui.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Segundo Pugliero (2014) o transporte rodoviário é a principal modal da matriz logística do Rio Grande do Sul. Corresponde a 85,3% da movimentação de cargas no estado. De acordo com Villibor et al. (1995), a ideia de utilizar argilas em bases e sub-bases de pavimentos econômicos é antiga e muito citada na bibliografia internacional, devido a elevada capacidade de suporte destas quando compactadas. Sua dificuldade em manter o teor de umidade baixo ocorre principalmente em regiões de climas frios e temperados, diferente das regiões de clima tropical com condições hidrológicas mais favoráveis.

Conforme Wayhs (2004), com recursos financeiros escassos, e a necessidade de melhor qualidade e condições das vias, a pavimentação de estradas com a utilização de materiais alternativos, mais abundantes e econômicos, torna-se cada vez mais necessária. Citado por Norback (2015) é perceptível a necessidade de encontrar alternativas a fim de pavimentar rodovias com baixo volume de tráfego. Oliveira (2000) acrescenta que o emprego de materiais regionais, mais econômicos, torna possível a pavimentação de muitas rodovias estaduais, o que propicia evolução econômica e integração de áreas rurais.

Baseando-se nos estudos e tecnologia proposta dos pesquisadores Nogami e Villibor (2009) foi desenvolvido o Projeto de Pesquisa institucional da UNIJUI "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Bases de Pavimentos Econômicos" com objetivo de substituir bases convencionais por solos da região ou misturas com este. O presente trabalho objetiva analisar o comportamento do

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

solo regional em misturas, seja com areia natural, seja com areia industrial para uso em bases e sub-bases de pavimentos.

Segundo Norback (2015) a areia natural utilizada para as misturas é uma areia aluvial de graduação média a fina, com menor preço de aquisição, procedente de Santa Maria, muito utilizada na construção civil em toda a região noroeste do Estado. E conforme Amaral (2015) a areia industrial é produto da trituração de rochas, com grãos mais finos que o pó de pedra, de semelhante granulometria da areia e economicamente viável, procedente de britagem em uma pedreira da cidade de Passo Fundo.

2. METODOLOGIA

A caracterização dos materiais consiste nos seguintes ensaios: análise granulométrica por sedimentação, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e índice de suporte Califórnia, regidos respectivamente pelas normas da ABNT 7181/84, 6459/84, 7180/84, 7182/86 e 9895/87 e o preparo das amostras seguiu as especificações da 6457/86.

As amostras ensaiadas e analisadas para facilitação de entendimento foram nomeadas ALA (Argila Laterítica mais Areia) e ALAI (Argila Laterítica – Areia Industrial), nas porcentagens em peso de 20%, 30% e 40% de mistura do respectivo material fino com o solo retirado do Campus da UNIJUI (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), na cidade de Ijuí, resultando em seis composições diferentes. Os resultados das composições serão analisados levando em conta também resultados obtidos por Bernardi (2013) sobre o mesmo solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados resultados dos ensaios e apresentar-se-ão análises sobre o uso das misturas em bases e sub-bases de pavimentos. Para análise comparativa das misturas com o solo natural serão utilizados resultados de ensaios apenas com o solo natural apresentados em Bernardi (2013).

3.1 Análise granulométrica e limites de consistência

Foram obtidos resultados da curva granulométrica para as composições de solo natural, da areia natural, da areia industrial e das misturas ALA 20%, 30% e 40%, e ALAI 20%, 30% e 40%. O solo em estudo possui porcentagem de cerca de 95% de material passante na peneira nº 200, configurando-se uma granulometria extremamente fina. Já as areias utilizadas, tanto natural quanto industrial, apresentaram uma granulometria bem característica de agregados miúdos, tendo grande parte do material retido na peneira de 0,075 mm e de granulometria uniforme. Pelo fato das misturas possuírem maior quantidade de solo do que areia percebemos que as curvas apresentam as mesmas tendências, apenas tendo uma queda na curva com o aumento da porcentagem de agregado.

Na tabela 1 apresentam-se os limites de consistência das misturas e materiais.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Amostra	LL %	LP %	IP %
Solo Natural	65	39	26
ALA 20%	45	37	11
ALA30%	49	39	10
ALA 40%	43	35	8
ALAI 20%	43	30	13
ALAI 30%	42	23	18
ALAI 40%	39	21	18

Tabela 01. Limites de Atterberg das amostras de solo e misturas

3.2 Classificações do solo e misturas

Sistema unificado de classificação de solo – SUCS. Por esse sistema de classificação o solo estudado é classificado como MH. As misturas ALA se enquadram como ML e as misturas ALAI 30 e 40% como CL, e por fim a mistura ALAI 20%, como ML.

Classificação Rodoviária H.R.B. (AASHTO). Por este sistema de classificação, o solo e as misturas ALA 20% e ALAI 20% se encontraram no grupo A-7-5, com índices de grupo de 18, 9 e 9 respectivamente, considerados solos argilosos. Já as misturas ALA 30 e 40% foram classificadas como A-5 com IG respectivos de 9 e 4, consideradas solos siltosos. Finalmente, a mistura ALAI 30% se enquadrou como A-7-6(11) e a ALAI 40% como A-6 (10), sendo também considerados solos argilosos.

Classificação MCT. Por este sistema proposto por Villibor e Nogami (2009), o solo e as misturas ALA 20 e 30% e ALAI 20 e 30 % classificam-se com LG', solos lateríticos argilosos. Já as misturas ALA 40 % e ALAI 40% classificaram-se como LA', solos lateríticos arenosos.

3.3 Compactação

Analisando a Tabela 2, com os dados obtidos de ensaios de compactação, nas energias normal, intermediária e modificada, percebe-se uma tendência de redução na umidade ótima (w_p) e aumento do peso específico aparente seco (γ_d) conforme se aumentam as energias de compactação. Da mesma forma, ocorre com o aumento do teor de areia nas misturas.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Energia de Compactação	Normal		Intermediária		Modificada	
Amostra	w_{ot}	γ_d	w_{ot}	γ_d	w_{ot}	γ_d
Solo Natural	33,15	13,82	31,44	14,72	27,83	15,32
ALA 20%	23,50	15,60	23,00	16,60	21,00	16,75
ALA30%	22,50	16,00	21,00	17,00	19,50	17,60
ALA 40%	20,75	16,65	18,00	17,70	17,00	18,40
ALAI 20%	22,63	15,50	25,32	15,80	22,89	17,10
ALAI 30%	21,32	15,90	20,66	16,40	19,90	17,80
ALAI 40%	18,20	17,00	16,08	17,20	17,67	18,00

Tabela 2. Valores dos ensaios de compactação do solo e misturas

3. 3 Índice de suporte Califórnia (ISC)

De acordo com DNIT, para utilizar materiais como subleito necessita-se materiais com ISC ≥ 200 ; 2% e expansão ≤ 2 com energia normal; materiais para reforço do subleito devem ter ISC maior que o subleito e expansão ≤ 1 %, também com energia normal; para sub-bases deve apresentar ISC ≥ 200 ; 20%, expansão ≤ 1 % e IG = 0 com energia intermediária; e, finalmente, para bases o ISC ≥ 600 ; 60 a 80% e expansão $\leq 0,5$ % para energia modificada dependendo do volume de tráfego.

A Tabela 3 apresenta os resultados de ISC e expansão para cada composição.

	Normal		Intermediária		Modificada	
	ISC (%)	e (%)	ISC (%)	e (%)	ISC (%)	e (%)
Solo Natural	10	0,22	21,00	0,30	28,00	0,54
ALA 20%	15	0,24	26	0,41	30	0,46
ALA30%	15	0,16	22	0,21	27	0,25
ALA 40%	13	0,25	25	0,17	38	0,33
ALAI 20%	-	-	11,34	0,98	19,20	0,20
ALAI 30%	-	-	20,86	0,43	27,81	0,35
ALAI 40%	-	-	-	-	38,39	0,51

Tabela 3. Valores de ISC e expansão do solo e misturas

Baseando-se nos valores apresentados na Tabela 3, pode-se concluir que as misturas ALA e o solo podem ser utilizadas para subleito e reforço do subleito. Para uso em sub-bases o solo, todas as misturas ALA e a mistura ALAI 30 % se enquadram nos parâmetros de ISC e expansão, porém não se encaixam quanto a exigência de índice de grupo ser zero, portanto atendem parcialmente a

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

recomendação. Já para uso em bases de pavimentos nenhuma das amostras atende as recomendações.

3.4 Ensaios da metodologia MCT

Os pesquisadores Nogami e Villibor (2009) recomendam que solos ou misturas possam ser utilizadas em bases e sub-bases se apresentem resultados adequados nos ensaios de mini-CBR e de contração, ambos ensaios da metodologia MCT. Baseado nestas recomendações o DER/SP especificou para uso em bases e sub-bases em norma as seguintes prescrições para solos: mini-CBR sem imersão ≥ 40%; Perda de Suporte por Imersão (PSI) inferior a 50% (razão entre mini-CBR com imersão pelo sem imersão em %); expansão com sobrecarga padrão ≤ 0,3%; solo pertencente aos grupos LA, LA' e LG' da classificação MCT; contração entre 0,1% e 0,5%. Somente foram realizados ensaios mini-CBR e de contração nas misturas ALA. Somente a mistura ALA 40% atendeu todos os requisitos.

4. CONCLUSÕES

Analisando os principais propósitos do estudo, sendo esses, além da caracterização, avaliação e comparação dos conjuntos ALA e ALAI, a definição da mistura ideal para uso em bases e sub-bases de pavimentos econômicos, percebe-se um melhoramento do desempenho conforme aumentam os teores de areias nas misturas, comportamento esperado, já que o material adicionado possui maior rigidez e textura.

As amostras com menor quantidade de areia demonstram características mais parecidas com o solo argiloso laterítico utilizado, porém, conforme vão recebendo uma maior quantidade de areia começam a apresentar características intermediárias entre os dois materiais, como se direcionando para características de agregados miúdos. Pretende-se realizar em breve ensaios da metodologia MCT proposta por Nogami e Villibor (2009), para as misturas ALAI, bem como repetir para as misturas ALA. Espera-se que pelo menos as misturas no teor de 40 % para ambas areias atendam a todos os requisitos para emprego em bases e sub-bases de pavimentos econômicos. Caso se concretize esta aceitação, o próximo passo será a execução de um trecho experimental.

PALAVRAS CHAVE

Argila Laterítica e Areia; Misturas ALA; Materiais Alternativos para a Pavimentação.

AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pelas bolsas do Programa de Educação Tutorial, ao laboratorista Luiz Donato, ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ (LEC), e aos demais bolsistas que colaboraram nas discussões e execução dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

ABNT, NBR 7181: solo- análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

_____, NBR 6459: solo- determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984. 6p.

_____, NBR 7180: solo- determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984. 3p.

_____, NBR 7182: solo – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986. 10p.

_____, NBR 9895: solo – índice de suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1986. 10p.

_____, NBR 6457: amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9p.

AMARAL, Mariana B. 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.

BERNARDI, Cândida. 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.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006. 247p.

NORBACK, Carine. Estudo da Mistura Ideal de Solo Argiloso Laterítico do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e Areia 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.

OLIVEIRA, J. A. Materiais Alternativos de Pavimentação a Necessidade de Praticá-los. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem. UNP. Laboratório Central. 2000.

PUGLIERO, Fernanda. Estradas ruins multiplicam gastos com transporte rodoviário. Correio do Povo, Porto Alegre, 12 ago, 2014. Disponível em: <>. Acesso em: 28 mai. 2016

VILLIBOR, Douglas F. et al. Pavimentação Urbana de Baixo Custo com Base de Argila Laterítica. In: 29º REUNIÃO ANNUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29, 1995, Cuiabá.

VILLIBOR, Douglas F.; NOGAMI, Job S. Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos, São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

WAYHS, Carlos A. S. P. Estudo de materiais alternativos utilizados em pavimentação de baixo custo na região noroeste do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 104 f.