

ESTUDO DE MISTURAS SOLO-AGREGADO PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTOS: RESULTADOS PARCIAIS

**ALENCAR IBEIRO DE OLIVEIRA¹; LISLAINE JAHNECKE OLIVEIRA²; LUAN
FURTADO SERPA³; VANESSA LOPES SOARES⁴.
KLAUS MACHADO THEISEN⁵.**

¹Universidade Federal de Pelotas – alencar_ibeiros@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – lislaine91@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – luanserpa@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – vanessalopesssoares@yahoo.com.br

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

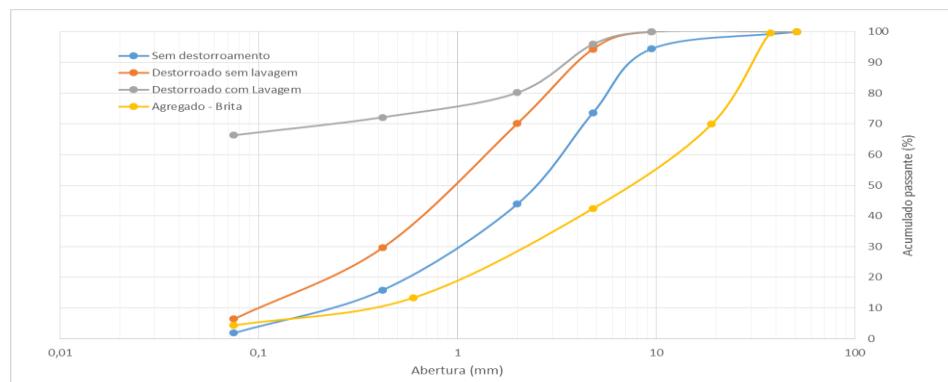
1. INTRODUÇÃO

Frente às novas tecnologias e a cultura sustentável, torna-se viável utilizar materiais alternativos em novos pavimentos, sendo estes encontrados em locais próximos como as jazidas nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, reduzindo assim os custos de transporte e apresentando qualidade técnica satisfatória. Em pavimentação os solos são largamente utilizados em bases e sub-bases, por serem encontrados em abundância, de fácil extração e terem baixo custo quando comparado a outros materiais. Porém os solos encontrados em algumas regiões do Rio Grande do Sul, não apresentam características evoluídas como a dos solos lateríticos, como alta resistência a seco e pouca expansão na presença de umidade. Com o objetivo de amenizar patologias encontradas nos pavimentos asfálticos flexíveis, foi realizado pelo grupo de estudo em ensaios laboratoriais da UFPEL o estudo experimental com adição de brita ao solo em diferentes proporções, buscando identificar o melhor ponto de compactação dessa mistura. O presente trabalho traz os resultados parciais dos ensaios mencionados, onde foram realizadas curvas de compactação de solo e de brita, bem como duas curvas de compactação referentes a mistura solo agregado, mais o resultado do ensaio de expansão das amostras.

2. METODOLOGIA

Realizada a revisão bibliográfica e identificação do local de onde viriam as amostras, foi feita a caracterização do solo e do agregado através do ensaio de granulometria conforme NBR 7181 e NBR NM 248. A Figura 1 mostra o resultado das análises granulométricas dos materiais empregados na pesquisa:

Figura 1 – Ensaios de Granulometria



O ensaio de compactação foi realizado conforme da norma NBR 7182. Que consiste em compactar uma amostra de material com um soquete, em um molde cilíndrico de dimensões padronizadas. Foi utilizado o molde grande (diâmetro de 6 polegadas), com 5 camadas de amostra em cada ensaio.

No estudo, estabeleceu-se executar os ensaios com as seguintes proporções de solo-agregado: 50% solo - 50% agregado; 33% solo – 67% agregado; e 20% solo – 80% agregado. O presente estudo apresenta os resultados obtidos para as duas primeiras proporções.

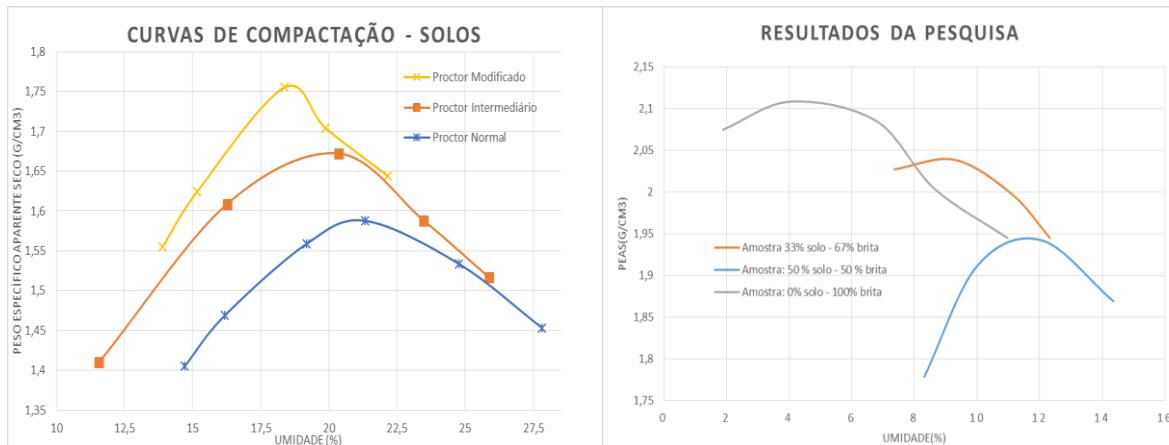
Para os materiais e as proporções solo-agregado mencionadas, foram utilizadas as seguintes energias de compactação: para o solo, energia normal (12 golpes por camada), energia intermediária (26 golpes por camada) e modificada (55 golpes por camada); para o agregado, energia modificada (55 golpes por camada); para o solo-agregado, energia intermediária (26 golpes por camada). O objetivo deste ensaio é determinar qual o valor de umidade ótima que leva ao maior valor do peso específico aparente seco para a energia de compactação aplicada.

Para o ensaio de expansão, após ser feito o ensaio de compactação, rasou-se o material na altura do molde, retirou-se o disco espaçador e o papel filtro. Fixando a amostra ao prato de forma invertida, deixando o vazio onde o disco espaçador estava para cima, colocando o prato perfurado com os discos anelares de sobrecarga, simulando assim o peso do pavimento. Esta sobrecarga deverá ter o peso igual a 4536 gr. No bordo superior do molde cilíndrico, apoia-se um tripé, onde é ajustado um extensômetro que, permitirá medir as expansões ocorridas. Anotou-se a leitura inicial e foi feita imersão do corpo de prova em um recipiente com água. Posteriormente foram efetuadas leituras no extensômetro de 24 em 24 horas, no totalizando 96 horas. Em nosso experimento o ensaio de expansão foi feito para o agregado, para o solo em três energias de compactação e para a mistura solo-agregado na proporção 50% solo - 50% agregado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas de compactação obtidas para os materiais empregados na pesquisa, nas diversas energias de compactação e proporções de brita e solo:

Figura 2 e 3 – Resultados dos Ensaios de Compactação



A Tabela 1 apresenta as Umidades ótimas e os Pesos Específicos Aparentes Secos (PEAS) máximos obtidos das figuras 1 e 2, para cada material, bem como os valores resultantes do ensaio de expansão:

Tabela 1 – Valores de Umidade Ótima, Peso Específico Aparente Seco Máximo e valores de Expansão das Amostras

	Normal	Intermediária	Modificada	Brita 100%	33% solo 67% Brita	50% solo 50% brita
Umidade %	21	20	18,75	5	9,25	11,75
PEAS (g/cm ³)	1,59	1,675	1,76	2,11	2,04	1,945
Expansão	0,25%	0,17%	0,27%	0%		0,12%

Com os dados da tabela 2, objetivou-se estimar quais seriam os PEAS máximos e as umidades ótimas das misturas solo-agregado, utilizando-se os valores mas mesmas variáveis para os materiais individuais. Tal estimativa foi feita segundo as equações 1 e 2:

$$w_{ot}(p_s / p_b) = p_s w_{ot}(\text{solo}) + p_b w_{ot}(\text{brita}) \quad (1)$$

$$PEAS \max(p_s / p_b) = p_s PEAS \max(\text{solo}) + p_b PEAS \max(\text{brita}) \quad (2)$$

Onde $w_{ot}(p_s/p_b)$ é a umidade ótima da proporção solo/brita, p_s é a proporção de solo na mistura, $w_{ot}(\text{solo})$ é a umidade ótima do solo para uma dada energia de compactação, p_b é a proporção de brita na mistura, $w_{ot}(\text{brita})$ é a umidade ótima da brita (energia modificada), $PEAS\max(p_s/p_b)$ é o Peso específico aparente seco máximo da proporção solo/brita, $PEAS\max(\text{solo})$ é o Peso específico aparente seco máximo do solo para uma dada energia de compactação, e $PEAS\max(\text{brita})$ é o Peso específico aparente seco máximo da brita (energia modificada). A Tabela 2 mostra o resultado da aplicação das equações 1 e 2 para as proporções empregadas no presente trabalho:

Tabela 2–Valores Estimados de Umidade Ótima e Peso Específico Aparente Máximo

Estimativa do Resultado do Ensaio de Compactação do Solo-Agregado			
	Energia de Compactação do Solo		
	Normal	Intermediária	Modificada
Umidade ótima (50%/50%) (%)	13	12,5	11,87500
PEAS máximo (g/cm ³)	1,85	1,8925	1,935
Umidade ótima (33%/67%) (%)	10,28	9,95	9,5375
PEAS máximo (g/cm ³)	1,9384	1,96645	1,9945

Observando-se a tabela 2, nota-se que a aplicação das equações 1 e 2 resulta em umidades ótimas e PEAS máximos mais próximos aos obtidos experimentalmente quando os resultados da curva de compactação do solo para a energia modificada são empregados. Para a proporção de 50% solo e 50% brita, as estimativas ficaram mais próximas aos valores experimentais do que para a proporção 67% brita e 33% solo. Em outras palavras, mesmo sendo

utilizada a energia Proctor Intermediária para compactação das misturas solo-brita, necessitou-se de parâmetros vindos da energia de compactação modificada para uma estimativa mais próxima aos dados experimentais, não observando-se uma correspondência entre as energias de compactação nas estimativas.

4. CONCLUSÕES

Analizando os resultados obtidos através dos ensaios normatizados pode-se observar que tanto a brita, quanto o solo, possuem suas características específicas, a brita apresentou umidade ótima de compactação próximo a 5%, o solo variou de 18,75% a 21% conforme a energia de compactação empregada, sendo observado o comportamento consagrado na literatura para este material, no qual observa-se queda da umidade ótima e aumento do Peso Específico aparente seco máximo a medida que a energia de compactação aumenta.

Com a mistura solo-brita, consegue-se diminuir os valores de umidade ótima e aumenta os valores de peso específico aparente seco máximo empregando a mesma energia para compactar as amostras. Essa diminuição de umidade representa um aumento das qualidades do material empregado, essas vantagens representam diminuição nos custos e aumento da qualidade técnica do material empregado, através do aumento da capacidade de suporte do material, uma vez que o mesmo, a medida que se aumenta a proporção de brita, tende a apresentar o comportamento de brita, conforme visto na figura 2.

Pelos resultados da tabela 2, onde foi necessário empregar parâmetros dos materiais obtidos com energia modificada para estimar as propriedades das misturas solo-brita na energia intermediária, ressalta-se que a dosagem de misturas solo-brita deve ser feita experimentalmente, de modo a não se obter estimativas erroneas das propriedades na mistura dos materiais.

Como continuação do presente trabalho, sugere-se a obtenção da capacidade de suporte (CBR) das proporções solo-brita aqui estudadas, de modo a qualificá-las ou não para o uso em pavimentação, bem como o estudo de diferentes proporções de solo-brita, considerado uma análise de custos, de modo a determinar a porporção ótima de materiais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio. 1986.

- _____. **NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica – Método de ensaio. 1984.
_____. **NBR 7182:** Solo – Ensaio de compactação – Método de ensaio. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados – determinação da composição granulométrica – Método de ensaio 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 035/95:** Peneiras de malha quadrada para análise granulométrica.