



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



Marcelo da Silva Landim

**Análise granulométrica de misturas com solo e material asfáltico fresado
compactadas sem e com reuso de material**

São Cristóvão - SE

2022

Marcelo da Silva Landim

Análise granulométrica de misturas com solo e material asfáltico fresado compactadas sem e com reuso de material

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Guilherme Bravo de Oliveira Almeida

São Cristóvão – SE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



ATA DE DEFESA

Marcelo da Silva Landim

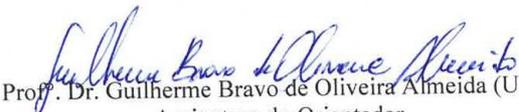
**Análise Granulométrica de Misturas com Solo e Material Asfáltico Fresado
Compactadas sem e com Reuso de Material**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 10 de novembro de 2022

Banca Examinadora	Nota
Orientador(a): Prof ^o . Dr. Guilherme Bravo de Oliveira Almeida (UFS)	- 8,0
Examinador: Prof ^o . Dr. Erinaldo Hilário Cavalcante (UFS)	- 8,0
Examinador: Prof ^o . Me. Carlos Rezende Cardoso Júnior (UFS)	- 8,0

Média Final:


Prof. Dr. Guilherme Bravo de Oliveira Almeida (UFS)
Assinatura do Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as coisas concebidas a mim.

A minha família por todo apoio, dedicação, cuidado, amor e carinho. Em especial a minha mãe, Dona Inês, que sempre me apoiou em toda trajetória até aqui.

Ao professor Guilherme Bravo por toda orientação e dedicação durante o processo de desenvolvimento do TCC, dando total apoio e suprimento para a pesquisa e conhecimento sobre o material fresado.

Agradeço a minha companheira de todas as horas, Katia Soares, por todo incentivo, preocupação, cuidado, carinho e paciência.

Aos professores do DEC por todo apoio e ensinamentos.

Agradeço ao Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (Geopav) e a todos que ali trabalham, Willami e Luiza.

Aos amigos da M16 pelo tempo de convivência e amizade.

Aos meus colegas de curso e profissão por todo auxílio.

Agradeço a minha participação na pesquisa de mestrado de Lucila Sales em poder colaborar na execução dos ensaios e aprender mais a prática de laboratório. Essa participação rendeu frutos: trabalho de conclusão, publicação e apresentação em congresso científico (47^a Reunião Anual de Pavimentação - RAPv), juntamente com o apoio de outros amigos de laboratório (Helen e Leandro) e professores que atuam no Geopav. Sem dúvidas, o esforço valeu a pena e estimulou a vontade pela pesquisa.

A todos que me ajudaram a tornar esse sonho uma realidade, meu sincero obrigado!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Materiais utilizados na pesquisa: solo (esquerda) e material fresado (direita).....	9
Figura 2. Curvas granulométricas para o teor de 80S/20MF	11
Figura 3. Curvas granulométricas para o teor de 70S/30MF	11
Figura 4. Curvas granulométricas para o teor de 50S/50MF	12
Figura 5. Curvas de compactação para o teor de 80S/20MF	13
Figura 6. Curvas de compactação para o teor de 70S/30MF	14
Figura 7. Curvas de compactação para o teor de 50S/50MF	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da granulometria (em %) do solo, solo/material fresado e material fresado	10
Tabela 2. Classificação do solo, das amostras e do material fresado.....	13

SUMÁRIO

Introdução	8
Materiais e Métodos	9
Resultados e Discussão	10
Conclusão	15
Referências Bibliográficas	16
Anexo	17

24º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR)

47ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MISTURAS COM SOLO E MATERIAL ASFÁLTICO FRESADO COMPACTADAS SEM E COM REUSO DE MATERIAL

GUILHERME ALMEIDA¹; ERINALDO CAVALCANTE²; LUCILA SALES³; HELEN FONTES⁴; LEANDRO SOUZA⁵; MARCELO LANDIM⁶

RESUMO

O material de pavimentação asfáltica recuperado é resultado do processo de fresagem que remove o revestimento deteriorado. Esse material possui características nobres e pode ser aproveitado na própria estrutura do pavimento. Estudos têm mostrado que o fresado se apresenta como um agregado para melhorar as características geotécnicas do solo. Assim, esta pesquisa tem o objetivo de verificar a possível quebra dos grãos do material fresado em misturas compactadas com reuso e sem reuso de material. O programa experimental envolveu a utilização de um solo fino com características argilosas e material fresado passante na peneira 19 mm nas proporções de 20%, 30% e 50%. Os ensaios executados foram granulometria, limites de Atterberg e compactação na energia modificada. Os resultados mostraram uma alteração na granulometria das misturas em relação ao solo puro e com maior nitidez para maiores teores do fresado e quando se reutiliza o material ao compactar. Verifica-se uma maior porcentagem de material passante nas frações pedregulho e areia. As frações silte e argila praticamente não sofrem mudanças. Portanto, há indícios da quebra dos grãos durante a densificação do solo. Quanto aos parâmetros da compactação, a adição de fresado faz aumentar a massa específica seca máxima e diminuir a umidade ótima.

PALAVRAS-CHAVE: Material Fresado; Granulometria; Compactação.

ABSTRACT

Reclaimed asphalt paving material is a result of the milling process that removes the deteriorated coating. This material has noble characteristics and can be used in the pavement structure itself. Studies have shown that milled material is presented as an aggregate to improve the geotechnical characteristics of the soil. Thus, this research purpose to verify the possible breakage of the milled material grains in compacted mixtures with reuse and without reuse of the material. The experimental program involved the use of a fine soil with clayey characteristics and milled material passing through a 19 mm sieve in proportions of 20%, 30% and 50%. The tests performed were granulometry, Atterberg limits and modified energy compaction. The results showed a change in the granulometry of the mixtures in relation to the pure soil and with greater clarity for higher levels of milled material and when the material is reused. Has been verified a higher percentage of passing material in the gravel and sand fractions. The silt and clay fraction practically does not change. Therefore, there are indications of grain breakage during soil compaction. As for the compaction parameters, the addition of milled material increases the maximum dry density and decreases the optimum moisture content.

KEY WORDS: Reclaimed Asphalt Pavemente, Granolometric, Compaction.

¹ Docente Universidade Federal de Sergipe: gbravo1982@gmail.com

² Docente Universidade Federal de Sergipe: erinaldohc@academico.ufs.br

³ Mestranda Universidade Federal de Sergipe: lucilacs@gmail.com

⁴ Graduanda Universidade Federal de Sergipe: mafonteshelen@gmail.com

⁵ Graduando Universidade Federal de Sergipe: leandro-augusto10@hotmail.com

⁶ Graduando Universidade Federal de Sergipe: macelo.dasilvalandim@gmail.com

INTRODUÇÃO

À medida que um pavimento asfáltico se torna deteriorado é necessário restaurá-lo, que pode ser feito através da adição de novas camadas ou remoção do revestimento deteriorado. No processo de remoção é utilizada a máquina fresadora composta de rolos especiais munidos de pontas diamantadas cortantes para realizar o desbaste (BERNUCCI *et al.*, 2008). Assim, o material gerado na operação de fresagem é o revestimento asfáltico removido de ruas, avenidas ou estradas deteriorado quando da sua manutenção, reconstrução ou restauração. Trata-se, portanto, de fragmentos de concreto asfáltico envelhecido. Segundo Bonfim (2007), esse material possui características nobres e, por isso, pode ser reutilizado como material de pavimentação.

Os efeitos da adição do material fresado ao solo podem ser observados em algumas das propriedades como granulometria, densidade dos grãos, limites de Atterberg, compactação e resistência. Essa incorporação pode proporcionar ao solo uma estabilização mecânica através da correção granulométrica. Associada a compactação, esse método de estabilizar possibilita uma melhoria daquelas propriedades.

Yoder e Witczak (1975) explicam que a estabilidade de uma mistura solo-agregados depende da sua granulometria, forma das partículas, massa específica seca, ângulo de atrito e coesão. Por sua vez, o ângulo de atrito e, portanto, a resistência ao cisalhamento também depende da massa específica seca, da forma das partículas e da granulometria.

Estudos (e.g. Bonfim, 2007; Alhaji e Alhassan, 2018; Kamel; Al-Bustami e Alsulami, 2016) têm sido realizados sobre a utilização do concreto asfáltico fresado como agregado para melhorar as características geotécnicas do solo, mostrando sua viabilidade ao estabilizar o solo. Desses estudos, percebe-se que avaliar o comportamento de misturas de solo natural com resíduo de fresagem é relevante para o projeto de pavimentos.

Bonfim (2007) comparou as curvas granulométricas do material fresado sem a extração do betume com as curvas do material original. O fato de ocorrer um deslocamento da curva para baixo foi justificado pela ocorrência de grumos resultantes do processo de fresagem a frio, que fizeram com que a percentagem de material passante em cada peneira fosse menor. Por outro lado, ao comparar as curvas granulométricas do material fresado com a extração do betume às curvas do material original, o autor observou um deslocamento das curvas para cima e justificou o fato da fresagem provocar quebra de parte dos agregados na altura da linha de corte.

Além disso, Bonfim (2007) verificou que as curvas analisadas com grumos, quando plotadas em faixas granulométricas empregadas na pavimentação, extrapolaram os limites inferiores das citadas faixas nas duas extremidades, o que justificou pela redução da quantidade de finos e pelo acréscimo do tamanho dos grumos, fato que verificou se acentuar com o aumento da velocidade de avanço da fresadora.

Bonfim (2007) verificou ainda que a quantidade de finos para todas as curvas, considerando os grumos, se encontrava entre 0,7% e 1,3% passante em peso na peneira nº 200. Além disso, observou curvas granulométricas bem graduadas e passíveis de estudos adicionais para análise do comportamento mecânico para fins de reciclagem.

Alhaji e Alhassan (2018), em seu estudo sobre estabilização de uma argila muito mole e expansiva com material fresado, verificaram um decréscimo gradual na densidade real das misturas com o aumento do teor de material fresado até 80%. A partir daí, foi observada uma queda brusca na densidade até um teor de 100% de material fresado. Essa tendência foi justificada por uma maior densidade apresentada pela argila (2,49), em relação ao do fresado (2,01). Kamel; Al-Bustami e Alsulami (2016) também verificaram uma diminuição nos valores dos limites de Atterberg das

misturas com o aumento do teor de material fresado, levando aquelas misturas com maiores teores a condição não plástica.

A partir da busca de estudos com material fresado e sua reutilização como material na estrutura do pavimento, esta pesquisa tem o objetivo de verificar a quebra dos grãos do material fresado em amostras compactadas com reuso e sem reuso de material, tomando-se como referência a granulometria de três misturas de solo e material fresado.

A hipótese seguida é a de que a compactação na energia modificada quebra os grãos maiores do material fresado e, conforme esclarecem Ingles e Metcalf (1972), para se obter um material denso e resistente são necessários que os vazios entre os grãos maiores sejam preenchidos por grãos menores, de forma que o espaço disponível para o ar e a água seja mínimo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O solo apresenta características de material silte-argiloso e foi coletado em uma jazida localizada no povoado Cajueiro, no município de São Cristóvão (SE), onde amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de pá e picareta. Já o material fresado foi coletado na usina de asfalto, proveniente das intervenções realizadas em ruas e avenidas da cidade de Aracaju (SE). Julga-se coerente utilizar um solo fino para as misturas, dada à característica granular do material fresado. A Figura 1 apresenta os materiais utilizados.



Figura 1. Materiais utilizados na pesquisa: solo (esquerda) e material fresado (direita)

A preparação do solo teve início com a secagem ao ar, destorroamento e quarteamento seguindo a norma DNER-ME 041/94. O material fresado também seguiu a mesma norma, porém todo o material foi passado no triturador de mandíbula com abertura da peneira de 19 mm para a quebra dos torrões formados dado o empilhamento do fresado no armazenamento na usina.

Para o conhecimento da granulometria do solo foram realizados ensaios segundo as normas DNER-ME 051/94 e DNER-ME 080/94. A densidade real dos grãos do solo foi tomada como referência a norma DNER-ME 093/94 e para o material fresado a norma DNER-ME 194/98, que estabelece o procedimento para determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman.

Para determinação dos limites de consistência do solo, foram verificadas as normas DNER-ME 122/94, que especifica o método para determinação do limite de liquidez, e DNER-ME 082/94, que especifica o método para determinação do limite de plasticidade e para o cálculo do índice de plasticidade.

O ensaio de compactação foi realizado conforme a norma DNER-ME 162/94, para amostras trabalhadas (com reuso), e DNER-ME 129/94, para amostras não trabalhadas (sem reuso), ambas utilizando a energia modificada (método C).

Misturas do material fresado foram feitas nos teores de 20%, 30% e 50% em relação à massa total da mistura solo/material fresado (S/MF), representadas por 80S/20MF, 70S/30MF e 50S/50MF, respectivamente. Tais misturas foram a base desta pesquisa as quais passaram pelos ensaios granulométricos e de compactação. Entretanto, para o ensaio de compactação com amostras não trabalhadas (sem reuso), somente foi tomada como referência para a granulometria o ponto três (P3) do ensaio, ou seja, o ponto previsto estar mais próximo da massa específica seca máxima e umidade ótima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta um resumo da granulometria do solo (S), das misturas solo/material fresado (80S/20MF; 70S/30MF; 50S/50MF) e material fresado (MF). Observa-se que a adição de material fresado aumenta a fração pedregulho em pouco mais de 30% e diminui a fração silte e argila cerca da metade da porcentagem em relação ao solo. Porém, a fração areia não apresenta variações como nas outras frações. Para essa faixa de tamanho, ocorre uma substituição de grãos de solo por material fresado, uma vez que ambos estão na faixa entre 20 e 30% de areia. O ensaio da massa específica dos grãos acusou valores de 2,66 g/cm³ para o solo e 2,29 g/cm³ para o material fresado.

Tabela 1. Resumo da granulometria (em %) do solo, solo/material fresado e material fresado

Tamanho do grão (mm)	S	80S/20MF	70S/30MF	50S/50MF	MF
Pedregulho (76,2 a 2)	2,27	14,53	20,44	35,59	74,63
Areia (2 a 0,075)	21,74	24,47	26,04	23,85	25,14
Silte (0,075 a 0,002)	33,93	27,17	22,13	18,28	0,23
Argila ($\varnothing < 0,002$)	42,06	33,73	31,39	22,28	0,00

A granulometria do material fresado ficou dentro do previsto ao comparar com os resultados de Bonfim (2007), ou seja, baixo teor de finos e consideráveis porcentagens de pequenos grumos. Para as massas específicas dos grãos, as misturas tendem a diminuir por ação do maior teor de fresado, de acordo com Alhaji e Alhassan (2018).

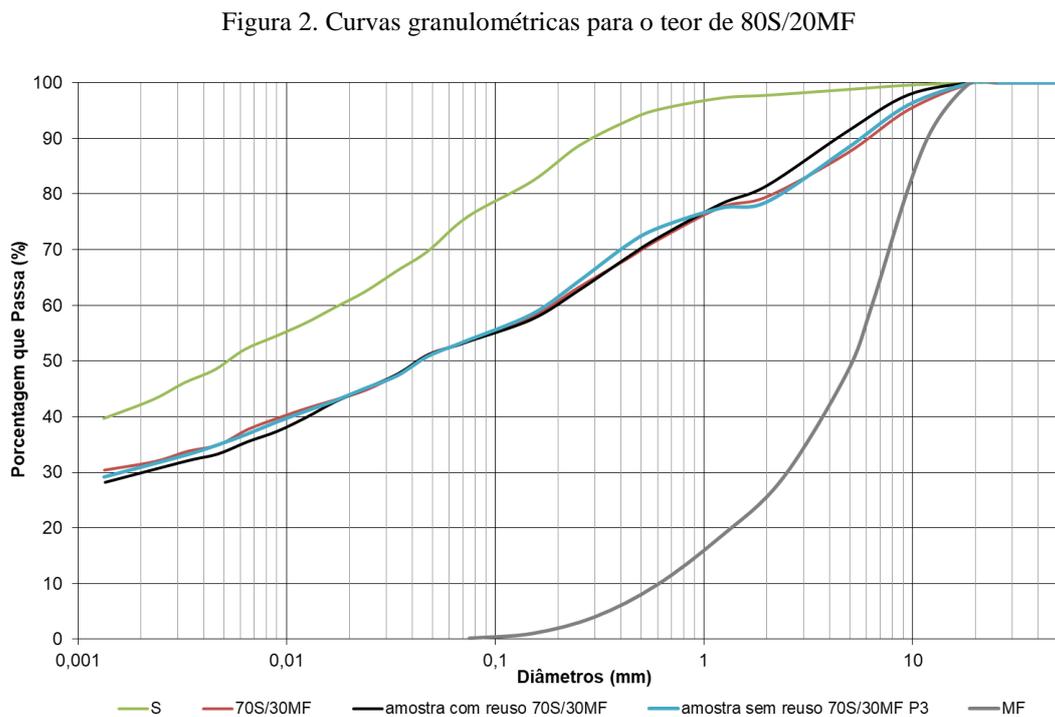
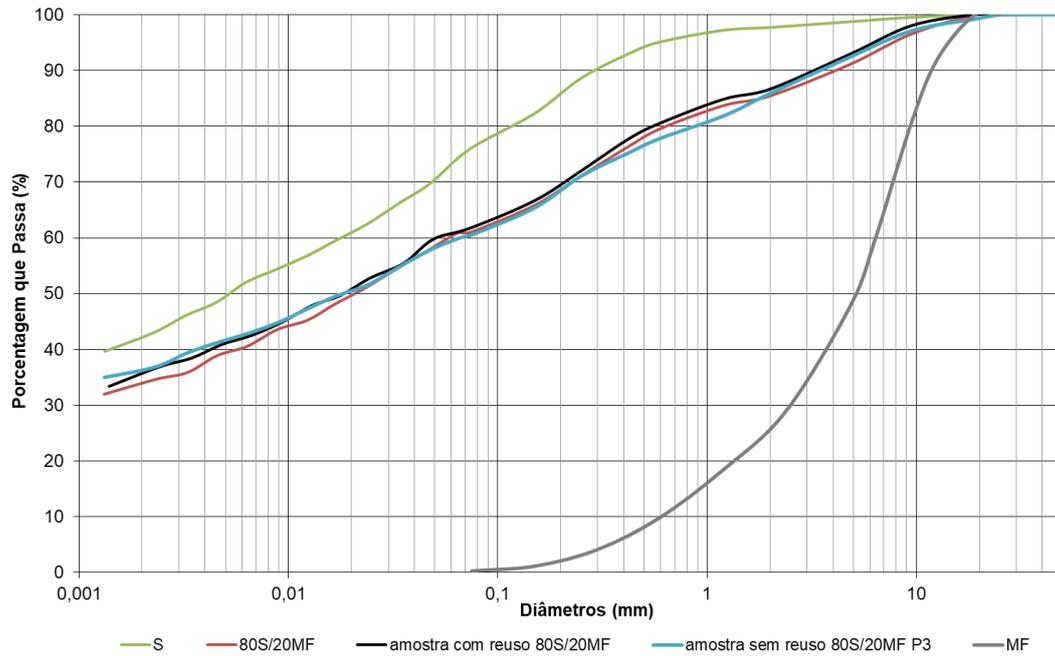
Ao comparar as curvas granulométricas das misturas solo/material fresado com amostras com reuso e amostras sem reuso, nota-se uma tendência de variar mais a fração pedregulho seguida da areia, sem praticamente haver alteração na fração fina, isto é, material passante na peneira #200. A sequência de figuras a seguir ilustra essa tendência. Vale destacar que as amostras foram compactadas na energia modificada com 55 golpes/camada.

Considerando a mistura 80% de solo e 20% de material fresado, Figura 2, observa-se que não há diferença entre as frações nos três ensaios, ou seja, para a mistura dos materiais 80S/20MF, para amostra com reuso e amostra sem reuso. As curvas ora são paralelas ora sofrem ligeiro distanciamento precisamente no diâmetro 1 mm correspondente a fração areia.

Para o teor de 70% de solo e 30% de material fresado, Figura 3, começa-se a destacar uma diferença na fração pedregulho entre a amostra sem reuso e a amostra com reuso. Para as frações areia, silte e argila, as amostras apresentaram praticamente a mesma porcentagem passante. Um

pequeno patamar pode ser observado no diâmetro próximo a 2 mm. Isso pode estar relacionado a pouca falta de grãos nesse diâmetro.

Durante a compactação da amostra com reuso, pode-se diminuir essa falta a partir do momento em que os grãos maiores do material fresado são quebrados pelos golpes aplicados. Então parece haver uma compensação dada a pequena elevação da curva granulométrica para a amostra com reuso nas proximidades do diâmetro 2 mm.



Ao analisar o teor de 50% de solo e 50% de material fresado, Figura 4, já é mais nítida a diferença entre as frações pedregulho e areia. Porém, para a fração fina apresenta uma leve variação na fração silte e na fração argila não há alteração. O que pode ser observado é uma maior porcentagem de material passante na amostra com reuso para as frações pedregulho e areia em relação a amostra sem reuso e a mistura 50S/50MF.

Já em relação a amostra sem reuso e a mistura 50S/50MF, observa-se uma maior porcentagem passante para a amostra sem reuso na fração pedregulho e areia mais grossa. Para frações mais finas, as curvas convergem, indicando praticamente a mesma porcentagem de material passante.

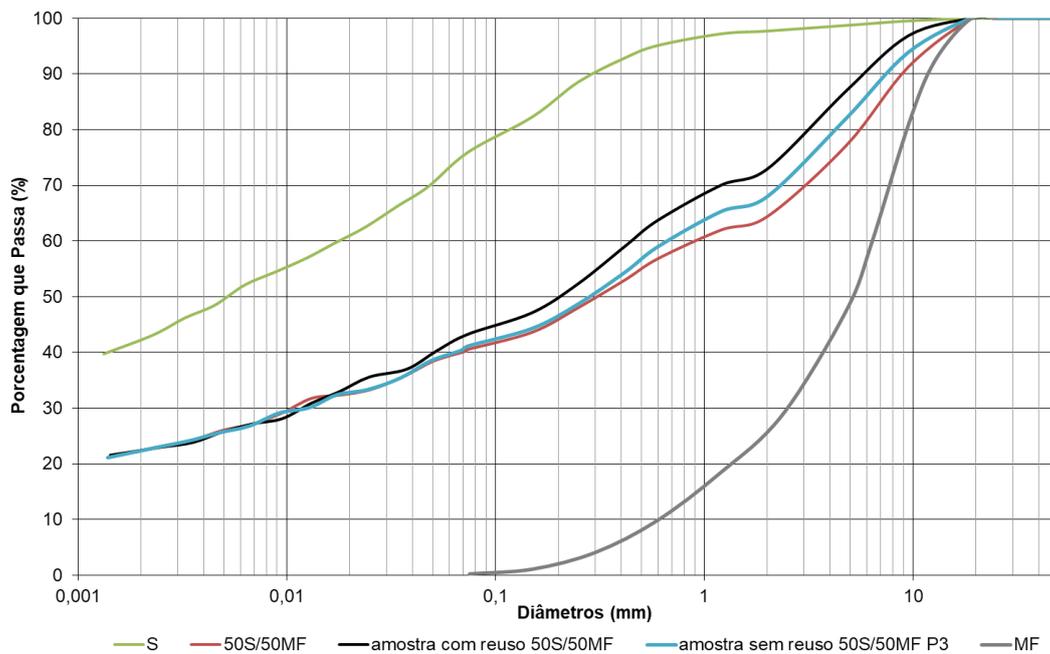


Figura 4. Curvas granulométricas para o teor de 50S/50MF

A Tabela 2 apresenta as informações necessárias para a classificação HRB/AASHTO. Mesmo com adição de 50% de material fresado a classificação não foi alterada, permanecendo as misturas como solos argilosos.

A plasticidade para as amostras sem reuso não houve diferença entre os teores e mostrou resultados maiores do que as simples misturas para os mesmos teores, porém ainda menores que o solo. Já para as amostras com reuso, houve um aumento em relação as misturas para os mesmos teores e em relação ao solo. A variação da plasticidade pode envolver, entre outros motivos, a presença do material passante na peneira # 40 (abertura 0,42 mm) necessária para a realização dos ensaios de limites de Atterberg. As amostras obtidas para esse ensaio têm maior contribuição da porção do solo do que o material fresado, visto que este não apresenta material passante na peneira # 40, como observado nas figuras acima. Assim, pode-se notar uma baixa variação de plasticidade entre os teores e o solo.

Tabela 2. Classificação do solo, das amostras e do material fresado

Amostra	Composição granulométrica			LL (%)	IP (%)	IG	Classificação
	% que passa nas peneiras						
	# 10	# 40	# 200				
Solo	97,73	92,97	75,99	52	29	22	A-7-6
80S/20MF	85,47	76,36	61	48	25	14	A-7-6
trabalhada 80S/20MF	86,64	77,66	61,73	51	30	16	A-7-6
não trabalhada 80S/20MF P3	85,9	75,21	60,42	47	27	14	A-7-6
70S/30MF	79,56	68,19	53,52	48	27	9	A-7-6
trabalhada 70S/30MF	81,5	68,39	53,51	51	32	13	A-7-6
não trabalhada 70S/30MF P3	78,6	70,62	53,74	47	27	11	A-7-6
50S/50MF	64,41	53,11	40,56	46	26	5	A-7-6
trabalhada 50S/50MF	72,93	59,16	43,27	47	29	7	A-7-6
não trabalhada 50S/50MF P3	67,92	54,44	41,12	44	27	6	A-7-6
Material fresado	25,2	6,49	0,23	-	NP	0	A-1-a

As curvas de compactação mostraram, em geral, uma tendência de aumentar a massa específica seca máxima e reduzir a umidade ótima com a adição de teores de material fresado. As curvas para o teor de 80S/20MF são apresentadas na Figura 5. Observa-se um aumento de $0,023 \text{ g/cm}^3$ na massa específica seca máxima e uma redução de 0,9% na umidade ótima entre o solo e a amostra sem reuso. Já a amostra com reuso apresentou uma massa e uma umidade intermediária. A proximidade entre os valores dos parâmetros da compactação pode estar relacionada à granulometria que não sofre alteração quando se adiciona 20% de material fresado, conforme pôde ser observado nas curvas granulométricas (Figura 2). Dada a quantidade de solo fino na amostra, este prevalece em relação ao material fresado. Assim, esse teor de material fresado pouco contribui com aumento na massa específica e redução da umidade.

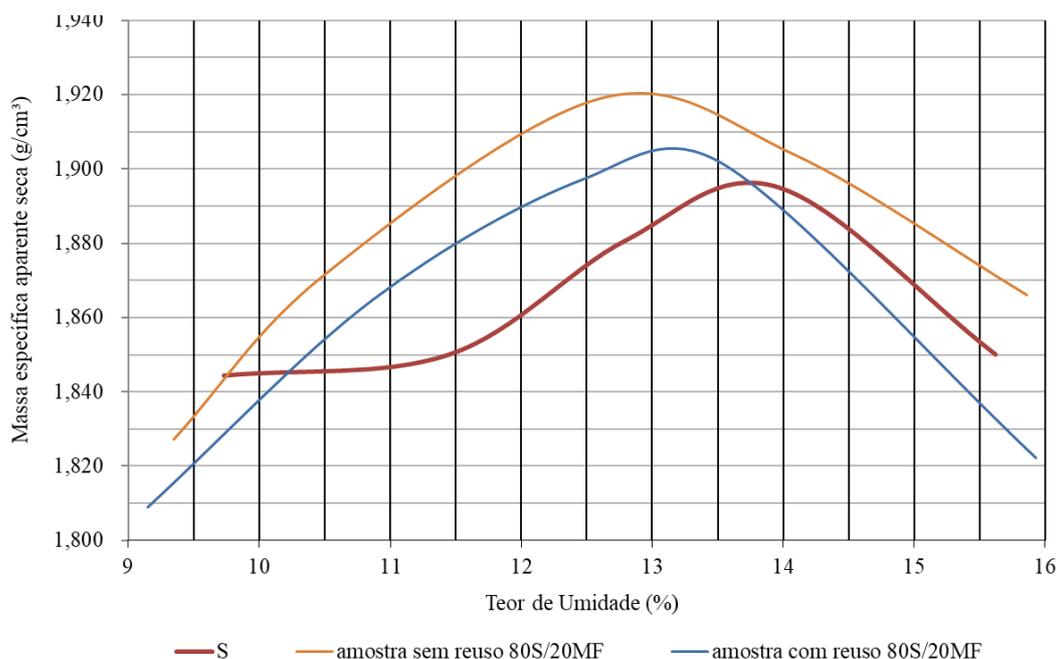


Figura 5. Curvas de compactação para o teor de 80S/20MF

A Figura 6 mostra as curvas com teor de 70S/30MF. Comparando-se o solo e a amostra sem reuso, observa-se um aumento na massa específica de $0,023 \text{ g/cm}^3$ e redução de 1,5% na umidade ótima. Já em relação a amostra com reuso, o aumento da massa específica seca máxima é ainda maior, $0,093 \text{ g/cm}^3$, com redução de 4,3% na umidade ótima. Levando em consideração as amostras com reuso e amostras sem reuso, o aumento na massa foi de $0,07 \text{ g/cm}^3$ e redução na umidade de 2,8%.

Nota-se uma maior alteração dos parâmetros da compactação em relação ao teor 80S/20MF o que pode estar relacionado às mudanças na granulometria, principalmente na fração pedregulho. As curvas de compactação para o teor de 50S/50MF são apresentadas na Figura 7. Comparando-se o solo e a amostra sem reuso, observa-se um aumento na massa específica de $0,043 \text{ g/cm}^3$ e redução de 2,6% na umidade ótima. Já em relação a amostra com reuso, o aumento da massa específica seca máxima é ainda maior, $0,126 \text{ g/cm}^3$, com redução de 5,2% na umidade ótima. Levando em consideração as amostras com reuso e amostras sem reuso, o aumento na massa foi de $0,083 \text{ g/cm}^3$ e redução na umidade de 2,6%.

Nota-se uma maior alteração dos parâmetros da compactação em relação aos teores acima o que pode estar relacionado às mudanças na granulometria, principalmente nas frações pedregulho e areia, que são mais pronunciadas para maior teor de material fresado e pela quebra dos grãos durante a compactação.

Dessa forma ao compactar, os vazios são reduzidos e, conseqüentemente, segundo Karol (2003), verifica-se aumento na resistência ao cisalhamento do solo, o que aumenta sua capacidade de suporte, além de diminuição na permeabilidade. Ingles e Metcalf (1972) elucidam que esses efeitos são explicados pela ocorrência de rearranjo das partículas do solo.

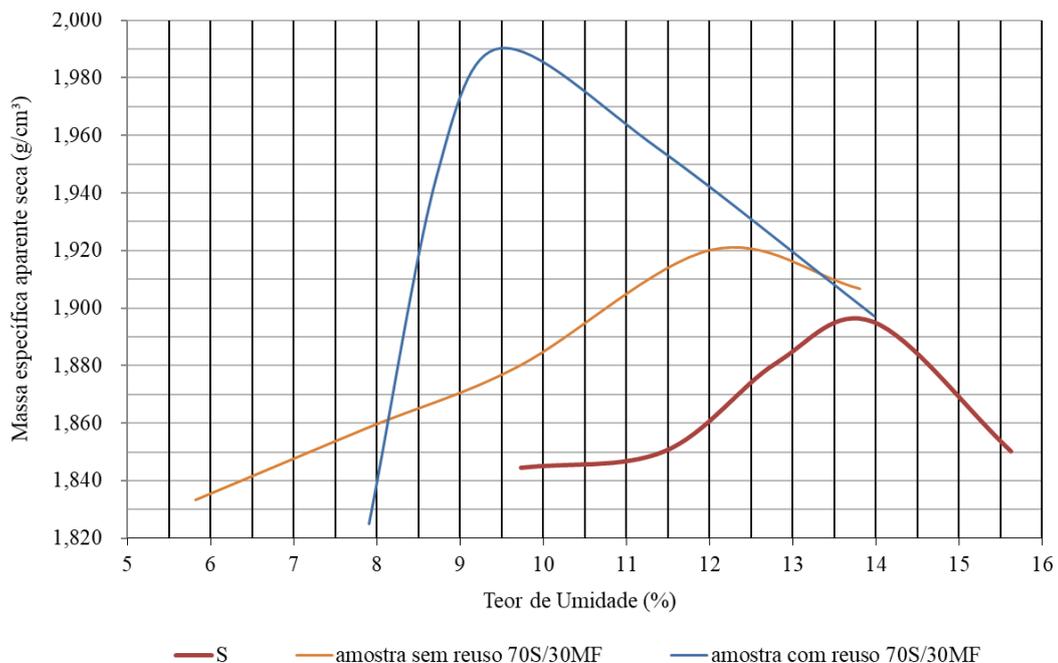


Figura 6. Curvas de compactação para o teor de 70S/30MF

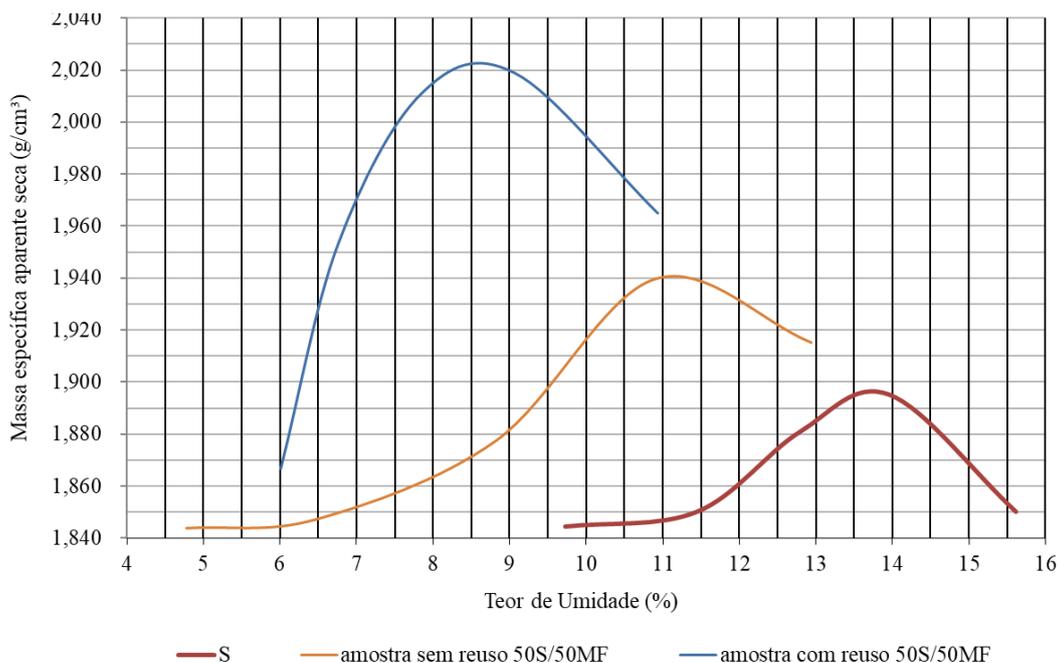


Figura 7. Curvas de compactação para o teor de 50S/50MF

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que a compactação, na energia modificada, tende a quebra dos grãos para maiores quantidades de material fresado na mistura. A diferença entre as frações, notadamente pedregulho e areia, ocorre para as amostras com reuso, ou seja, amostras de solo que sofreram impactos do soquete de 4,5 kg caindo de uma altura de 45,7 cm e 55 vezes por camada para 5 pontos de compactação.

O processo de compactação tende a quebra dos grãos maiores (pedregulho), ora permanecendo na faixa de tamanho até 2 mm, ora diminuindo o tamanho para a fração areia. Neste último caso, ocorre quando o grão tem um diâmetro próximo a 2 mm. Porém, para baixos teores de material fresado, este acha-se mergulhado no solo fino não sofrendo alterações na sua granulometria.

Para os parâmetros da compactação, a adição de maiores quantidades de material fresado faz elevar a massa específica seca máxima e reduzir a umidade ótima, uma vez crescente a quantidade de pedregulho e areia nas misturas com redução na fração fina. Com a quebra dos grãos, ocorre um preenchimento dos vazios deixados pelos grãos maiores. Por consequência, os grãos menores preenchem os vazios deixados pelos grãos intermediários.

AGRADECIMENTOS

Os autores estimam sinceros agradecimentos ao Laboratório de Geotecnia e Pavimentação, ao Laboratório de Materiais de Construção e Estruturas e à Coordenação de Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.



9 A 12 DE AGOSTO DE 2022
BENTO GONÇALVES/RS

www.rapvenacor.com.br



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHAJI, Mustapha Mohammed; ALHASSAN, Musa. Effect of reclaimed asphalt pavement stabilization on the microstructure and strength of Black Cotton Soil, *International Journal of Technology*, Depok, Indonésia, v. 9, n. 4, p. 727-736, 2018.
- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. *Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.
- BONFIM, Valmir. *Fresagem de pavimentos asfálticos*. 3.ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 041: solo: preparação de amostras para ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- _____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 051/94: solos: análise granulométrica. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 080/94: solos: análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 082/94: solos: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 093/94: solos: determinação da densidade real. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 122/94: solos: determinação do limite de liquidez: método de referência e método expedito. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 129/94: solos: compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 162/94: solos: ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.
- _____. DNER-ME 194/98: agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1998.
- INGLES, O. G.; METCALF, J. B. *Soil stabilization – principles and practice*. Sydney: Butterworths, 1972.
- KAMEL, M. A.; AL-BUSTAMI, N. M.; ALSULAMI, B. T. Evaluation of the suitability of recycled asphalt pavement (RAP) for subbases, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Madhya Pradesh, Índia, v. 6, n. 5, p. 212-215, 2016.
- KAROL, Reuben H. *Chemical grouting and soil stabilization*. 3.ed. New Jersey: Marcel Dekker, Inc., 2003.
- YODER, Eldon Joseph; WITCZAK, Matthew W. *Principles of pavement design*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1975.

ANEXO

Seguem as informações dos Anais do congresso científico ao qual este Trabalho de Conclusão de Curso foi publicado e apresentado por uma das autoras.

ISSN: 1807-5568

24º ENACOR

47ª RAPV



ABDER



9 a 12
agosto/2022

FUNDAPARQUE
Pavilhão E, Alameda Fenavinho,
481 - Bairro Fenavinho
BENTO GONÇALVES - RS

ANAIS DO
CONGRESSO

Sumário

EIXO 1 - ASPECTOS AMBIENTAIS NOS PROJETOS E/OU OBRAS DRENAGEM	12
USO DE TECNOLOGIAS E INTELIGÊNCIA DE DADOS NA EXECUÇÃO DE PROJETO DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL DE RODOVIAS E PRAÇAS DE PEDÁGIO ESTADUAIS EM OPERAÇÃO NO RIO GRANDE DO SUL	13
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DE UM COLETOR SOLAR ASFÁLTICO	25
ASFALTO POROSO E SUA UTILIZAÇÃO NA PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES NAS TESOURINHAS DO PLANO PILOTO	34
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DE PAVIMENTOS E NO GRAU DE DESEMPENHO EXIGIDO PARA LIGANTES ASFÁLTICOS: PROJEÇÕES FUTURAS PARA O RIOGRANDE DO SUL	45
IMPACTO DO CICLO DE VIDA NA MUDANÇA NORMATIZADA DE BASES EM PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS	56
SISTEMA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS E MODELAGEM DE PROGRAMAS SUSTENTÁVEIS DE MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA DO DER MINAS GERAIS	67
DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA O ESTADO DO PARÁ COM FOCO NAS OBRAS DE DRENAGEM RODOVIÁRIA	77
EIXO 2 - CONTROLE TECNOLÓGICO DE OBRAS E OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	89
AVALIAÇÃO GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DA MUDANÇA COMPOSICIONAL NO CONTROLE TECNOLÓGICO DE QUATRO JAZIDAS DE ROCHAS LOCALIZADAS NO BATÓLITO DE PELOTAS/RS	90
ESTUDO DE EQUIVALÊNCIA ENTRE MACADAME SECO E RACHÃO	102
EFEITO PRÁTICO DA SUBSTITUIÇÃO DE SOLOS MOLES POR AREIA OU ARGILA NA FUNDAÇÃO DE ATERROS NA DUPLICAÇÃO DA BR-116/RS	112
INSPEÇÕES DE OBRAS DE ARTES ESPECIAIS NAS RODOVIAS ESTADUAIS DO PARANÁ: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE 1989 E 2021	124
EIXO 3 - DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS	
INFLUÊNCIA DA ENERGIA DE COMPACTAÇÃO EM SOLO ARGILO SOLATERÍTICO EMPREGADO EM ESTRUTURAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL	136
INFLUÊNCIA DO CRITÉRIO DE PARADA DA RETROANÁLISE NO BackMeDiNa EM PROJETO DE CAMADA DE REFORÇO	146
ESTUDO COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DE BRITAS GRADUADAS UTILIZADAS EM PAVIMENTOS	158
PROJETO DE REESTRUTURAÇÃO DE PAVIMENTOS PARA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO – WIM	169
PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA CALIBRAÇÃO DO MeDiNa UTILIZANDO SEGMENTOS EXPERIMENTAIS IMPLEMENTADOS EM RODOVIAS EM OPERAÇÃO	177
ANÁLISE DE UM TRECHO DA BR-158 FRENTE À RUPTURA UTILIZANDO DIFERENTES MATERIAIS DE BASE E SUB-BASE	189

ESTUDO DA DUPLICAÇÃO DA BR 287: COMPARATIVO ESTRUTURAL E FINANCEIRO ENTRE OS MÉTODOS DO CBR E MEDINA

AVALIAÇÃO DO MODELO DE ENQUADRAMENTO RESILIENTE DE MELHOR ADERÊNCIA AO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SOLOS LATERÍTICOS DO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO: SEGMENTO MONITORADO DA SC-390, TRECHO ORLEANS – PEDRAS GRANDES

REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA COM O AUXÍLIO DE LINGUAGEM NATURAL PARA SELEÇÃO DE BIBLIOGRAFIA - APLICAÇÃO PARA O ESTUDO DO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS NA ANÁLISE ELÁSTICA DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES EM PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

ANÁLISE DA IS -247: SUGESTÕES DE AJUSTES NA INSTRUÇÃO DE SERVIÇO PARA PROJETOS DE PAVIMENTOS COM O MeDiNa

ANÁLISE DO EFEITO DA CONDIÇÃO DE ADERÊNCIA ENTRE AS CAMADAS DE PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO NO MÓDULO DE ELASTICIDADE

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS: DNER E MECÂNICO EMPÍRICO (MEDINA) NO DER/DF

CONSIDERAÇÕES SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÕES NÃO UNIFORME E A CONDIÇÃO DE ADERÊNCIA DAS CAMADAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA ENTRE CAMADAS NA FORMA DA BACIA DE DEFLEXÕES DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS, SEMIRRÍGIDOS E INVERTIDOS

EIXO 4 - LOGÍSTICA, PLANEJAMENTO E INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE

UM OLHAR TÉCNICO E PRÁTICO SOBRE A CONTRATAÇÃO INTEGRADA NO REGIME DIFERENCIADO DE CONTRATAÇÃO

DERGeo - VISUALIZADOR DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL

ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS, SEMIRRÍGIDOS E RÍGIDOS

IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE SEGURANÇA VIÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E SEU IMPACTO NAS RODOVIAS

EIXO 5 - MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA DE MISTURAS ASFÁLTICAS DO TIPO BBDr COM O USO DE LIGANTE BETUMINOSO DE ALTO MÓDULO HIMA

CONCRETO ASFÁLTICO PRODUZIDO EM LABORATÓRIO COM CAPMODIFICADO E AGREGADOS DO RECÔNCAVO BAIANO

AVALIAÇÃO DA CONTENÇÃO DO TRINCAMENTO ATRAVÉS DO ENSAIO DEFLEXÃO EM AMOSTRAS SEMICIRCULARES COM CAMADAS DE ABSORÇÃO DE TENSÕES

INVESTIGAÇÃO DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE DE BRITA GRADUADA SIMPLES A PARTIR DA METODOLOGIA MULTIESTÁGIOS

ESTUDO DAS CONCREÇÕES LATERÍTIAS COMO AGREGADO GRAÚDO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND DESTINADO À PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

AValiação DO DESEMPENHO EM CAMPO DE TRECHOS COM MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS A QUENTE

ANÁLISE DE UM PERFIL DE SOLO TROPICAL COM ADIÇÃO DE CAL

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MISTURAS COM SOLO E MATERIAL ASFÁLTICO FRESADO COMPACTADAS SEM E COM REUSO DE MATERIAL

APLICAÇÃO DE UM MÉTODO DE ANÁLISE DE ATIVAÇÃO DO LIGANTE ASFÁLTICO DE UM RAP CONVENCIONAL

INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DE CIMENTO E CAL EM MISTURAS ESTABILIZADAS COM MATERIAL FRESADO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMADAS DE BASE E SUB-BASE

ANÁLISE DAS REAÇÕES CIMENTANTES DE UM SOLO TROPICAL ESTABILIZADO COM CAL CALCÍTICA E DOLOMÍTICA

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE EM MISTURAS ASFÁLTICAS COM VARIAÇÕES DE LIGANTES E FAIXAS GRANULOMÉTRICAS

ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE BURITI COMO REFORÇO EM CAMADA DE INFRAESTRUTURA DE PAVIMENTOS

INVESTIGAÇÃO DA ADERÊNCIA DE INTERFACE DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS REFORÇADOS COM GEOSINTÉTICOS EM SEÇÃO EXPERIMENTAL NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DA BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

VARIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE UM SOLO COM ADIÇÃO DE CAL

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A INFLUÊNCIA DO TEOR DE RAP NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS

CURVA DE COMPORTAMENTO DE UMA BGTC

ESTUDOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE COPRODUTO DE MINERAÇÃO DE FERRO EM CAMADA DE SUB-BASE DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

IMPLANTAÇÃO DE TRECHOS EXPERIMENTAIS COM DIFERENTES TIPOS DE CAP E UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR DE TRÁFEGO DO TIPO HVS NA BR-116/RS

CONSTRUÇÃO DE BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTO COM O USO DE CINZAS DE CARVÃO ADVINDAS DE TERMELÉTRICAS

ESTUDO PRELIMINAR DE ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA MASSAPÉ E AREIA PARA SUBLEITO

RELAÇÃO DE ENSAIOS COM CARREGAMENTO NA COMPRESSÃO E FLEXÃO PARA BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

EFEITO DA UMIDADE NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PMF DENSO SUBMETIDO A LONGO PERÍODO DE ESTOCAGEM