ACOMPANHAMENTO DE ENSAIOS LABORATORIAIS DOS ESTUDOS DE ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS COM UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE USINAS ASFÁLTICA EM CAMADAS DE PAVIMENTOS

Carlos Alberto Alves da Silva Filho[1]

Maria Teresinha de Medeiros Coelho[2]

Mayssa Alves da Silva[3]

Walter Canales Sant'Ana[4]

INTRODUÇÃO

Devido à alta demanda, o setor rodoviário tem enfrentado grandes dificuldades para a aquisição de materiais que atendem as especificações tradicionais para compor as camadas do pavimento, uma vez que são considerados "nobres" (britas e materiais pedregulhosos) pois, estão cada vez mais escassos, gerando altos custos para obtenção e transportes dos mesmos até o local das obras. Diante essa realidade, uma das alternativas é utilizar a técnica de estabilização do solo que se apresenta como uma solução promissora, pois melhora as propriedades do material por meio da adição de componentes naturais ou industriais (Bernucci *et al.*, 2022).

Esse processo pode ocorrer de vários métodos, sendo classificado em estabilização mecânica, física e química (Cristelo, 2001; Barros, 2013 apud Matos, 2018). Nesta pesquisa adotou-se o método mecânico através da correção granulométrica do solo utilizando o rejeito asfáltico para obter um novo material que tenha características adequadas para uso na pavimentação. Segundo Bernucci *et al.* (2022), esta mistura se chama solo-agregado que varia conforme a proporção de agregados graúdos e miúdos.

A utilização de rejeito de usinas asfáltica em camadas de pavimento pode ser uma boa alternativa, pois trata-se da reutilização de materiais inservíveis, obtidos a partir do processo de usinagem da mistura asfáltica, seja do tipo AAUQ (Areia Asfalto Usinado a Quente) ou CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente). É uma solução que tem pouca informação sobre o seu uso para estabilizar solo para compor as camadas do pavimento.

Diante do exposto, a presente pesquisa estuda a estabilização de um solo laterítico, utilizando rejeitos de uma usina asfáltica, obtidas no processo de fabricação do AAUQ, como melhoria nas camadas do pavimento, podendo ser na base, sub-base ou no reforço. Entende-se tratar, também, de uma alternativa sustentável para a engenharia civil, pois além de melhorar as propriedades mecânicas do solo, contribui para a gestão responsável de resíduos no setor, reduzindo a quantidade de materiais descartados em aterros e minimizando impactos ambientais.

Nessa pesquisa realizou-se o estudo das características físicas de cada material, para em seguida definir a dosagem de cada um na mistura, seguindo as normas rodoviárias vigentes nos órgãos públicos para camadas de pavimento. O solo laterítico utilizado nesta pesquisa é o mesmo aplicado em obras de pavimentação recentes na ilha de São Luís, e o material de rejeitos asfáltico do AAUQ foi obtido em uma usina de asfalto local.

1 Discente em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: alvesscarloos@gmail.com

2 Doutora em Urbanismo, Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: teresinha.mcoelho@gmail.com

3 Doutora em Engenharia Civil, Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: mayssasousa@professor.uema.br

4 Doutor em Engenharia Civil, Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: waltercanales@uema.br

METODOLOGIA E MATERIAIS

Para o estudo proposto fez-se necessário uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos gerais sobre camadas de pavimento, estabilização de solos, resíduos asfálticos e as normas de ensaios de caracterização de solos utilizados em obras rodoviárias. Na Tabela 1 consta as referências de autores que foram pesquisados e serviram como referência para o tema estudado, bem como o ano de suas respectivas publicações.

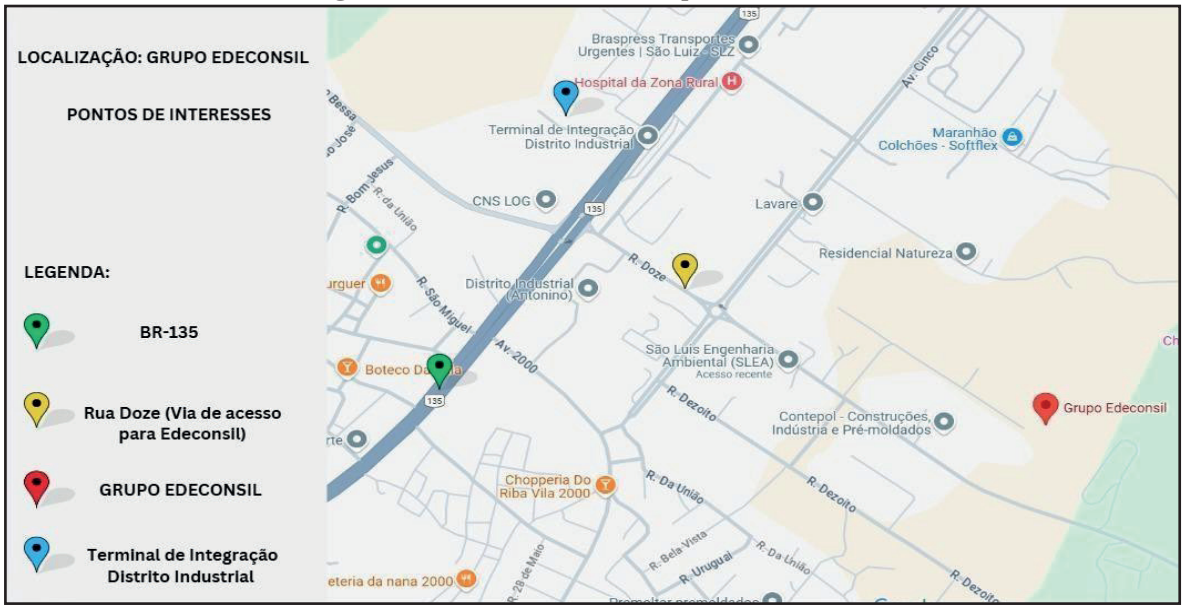
Tabela 1 - Relação de Autores Consultados

AUTOR	ANO
NOGAMI, Job Shuji e VILLIBOR, Douglas Fadul	2009
BERNUCCI, L. L. B., et al.	2022
MATOS, A. C. R.	2018
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT.	2006
SANTOS, M., Lima, D., Bueno, B.	1995
SOARES, J. B. et al.	2004

Fonte: Autor, 2025.

Na sequência, realizou-se a coleta dos materiais, o solo laterítico e o resíduo de usina asfáltica. Esses materiais foram cedidos pela empresa Edeconsil, que possui experiência em construção e pavimentação de vias urbanas e rodovias. A empresa está localizada no bairro Vila Maranhão, nas proximidades da BR-135, em São Luís, Maranhão (Figura 1). Na Figura 2 apresenta as amostras dos materiais utilizados nessa pesquisa: (2a) solo e (2b) resíduo asfáltico.

Figura 1 - Localização da empresa Edeconsil



Fonte: Autor, 2025

Figura 2 - Amostra dos materiais utilizados



a) solo b) resíduo asfáltico

Fonte: Autor, 2025

Os materiais coletados foram transportados para o Laboratório de Mecânica de Solos e Pavimentação – LSP, da UEMA, onde realizaram-se os ensaios necessários.

Além disso, foi realizado um estudo das misturas com diferentes proporções de solo e rejeito do AAUQ, avaliando as características físicas e mecânicas dessas misturas de acordo com as normas para as camadas de pavimento, que teve como referências trabalhos acadêmicos similares, tais como Almeida e Coelho (2025), Matos (2018), Santos *et. al* (1995) e Soares *et al.* (2004). Na Tabela 2 estão apresentadas as misturas propostas nessa pesquisa, onde as siglas representam: S (solo) e R (Rejeito asfáltico).

Tabela 2 - Misturas Propostas

Mistura	Teor de Solo (%)	Teor de R (%)
S70R30	70	30
S50R50	50	50
S30R70	30	70

Fonte: Autor, 2025

Todos os ensaios foram realizados seguindo as especificações do DNIT e DNER, discriminados na Tabela 3, sendo que para os rejeitos asfálticos contemplaram apenas a granulometria e densidade.

Também foi aplicado a metodologia MCT (Villibor e Nogami, 2009; Nogami, J.S, 1989) para identificação e caracterização do solo laterítico, recomendado para uso em camadas do pavimento, abordada a seguir.

Tabela 3 - Ensaios programados e normas de referência

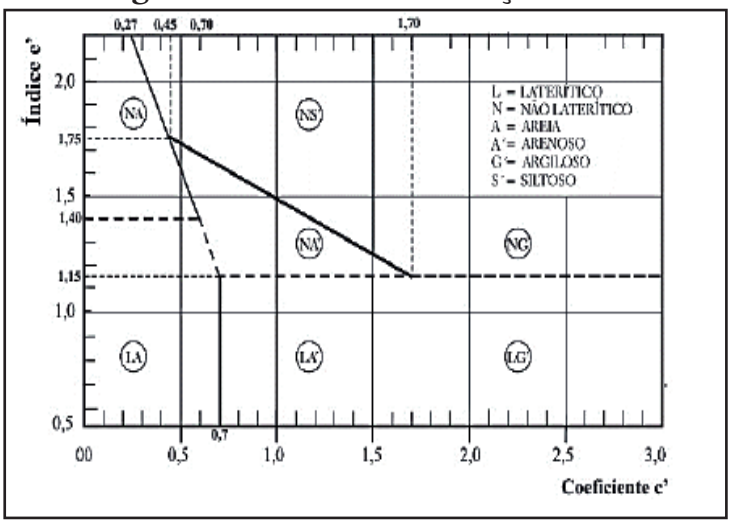
Ensaios	Norma de Referência
Redução de amostra de campo agregados para ensaio de laboratório e preparação de materiais para ensaios	DNER 199/1996 – ME DNER 041/1994 - ME
Umidades (natural e higroscópica)	DNER 213/1994 - ME
Granulometria completa (Peneiramento e Sedimentação)	DNER 051/1994 - ME
Determinação da Densidade	DNER 093/1994 - ME
Limites de Consistência (LL e LP)	DNER 122/1994 - ME DNER 082/1994 - ME
Compactação Proctor	DNER 162/1994 - ME DNIT 164/2013 - ME
Capacidade de Suporte CBR e Expansão	DNIT 172/2016 - ME
Ensaios da Metodologia MCT (Classificação MCT: Compactação Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão; Mini--Proctor, Mini-CBR e Associados)	DNIT 254/2023 - ME DNIT 258/2023 - ME DNER 228/1994 - ME

Metodologia MCT

Com a necessidade de classificar os solos tropicais brasileiros em um parâmetro diferente da metodologia tradicional, os engenheiros brasileiros Job Nogami e Douglas Villibor criaram a metodologia MCT (M-Miniatura, C-Compactado, T-Tropical), que caracteriza o solo quanto ao seu comportamento laterítico ou não laterítico (Villibor & Nogami, 2009).

Dentre os diversos ensaios constituintes da metodologia MCT, utilizam-se dois para classificar os solos finos tropicais: o Ensaio de Compactação Mini-MCV e o Ensaio de Perda de Massa por Imersão (Pi). No Mini-MCV são obtidos os coeficientes **c'** e **d'**, e no ensaio de Perda de Massa por Imersão obtém-se o **Pi**. Com o conhecimento prévio dos valores de **Pi** e **d'** é possível calcular o índice de laterização **e'** e classificar os solos, a partir de um par ordenado composto pelo índice **e'** e o coeficiente **c'**, conforme apresentado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Gráfico da classificação MCT



Fonte: Nogami e Villibor (2009)

Além desses dois ensaios, também foram realizados os de Mini Proctor e o de Mini CBR, realizados para análise da compactação e resistência em escala reduzida, utilizando as

mesmas amostras preparadas para o Mini MCV. Cada amostra foi compactada em moldes miniatura com aplicação de 26 golpes, usando o mesmo soquete e altura de queda (30,5 cm).

Na sequência, apresentam-se os resultados dos ensaios de caracterização, e em seguida os necessários para a classificação MCT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaios de Caracterização

Na análise granulométrica revelou que o solo, o rejeito e as misturas apresentam predominância de areia, conforme observa-se nos resultados da Tabela 4.

Tabela 4 - Faixas granulométricas das amostras analisadas

Amostras	Argila (%)	Silte (%)	Areia Fina (%)	Areia Média (%)	Areia Grossa (%)	Pedregulho (%)
mm	< 0,002	< 0,075	< 0,042	< 2,00	< 4,80	< 75,00
Solo	23,25	6,93	67,77	1,80	0,19	0,06
Rejeito	0,00	1,26	28,05	70,44	0,30	0,00
S70R30	0,00	1,06	71,90	18,31	8,61	0,12
S50R50	0,00	1,63	53,13	21,16	24,04	0,04
S30R70	0,00	0,61	50,38	31,00	17,93	0,00

Fonte: Silva Filho, 2025

Observando os resultados da análise granulométrica do solo natural e do rejeito asfáltico da Tabela 4, evidencia diferenças significativas na distribuição das partículas. O solo apresenta uma granulometria um pouco mais distribuída, com presença relevante de argila e silte, e grande presença de areia fina, o que indica um material mais coesivo e menos permeável. Já o rejeito mostra predominância de areia média, com baixo teor de finos, refletindo uma granulometria uniforme e material mais permeável. Não se observa a presença de pedregulho no rejeito asfáltico, e de forma discreta no solo natural.

Em relação às misturas, nota-se o aumento da presença de areia em relação ao solo original. Na mistura S70R30 ocorreu alterações granulométricas nas proporções da areia fina e areia grossa, com ligeira presença de material graúdo. A proporção da areia fina ficou próxima do solo original prevalecendo a grande porcentagem do mesmo na mistura. A S50R50 apresentou uma distribuição intermediária entre solo e o rejeito para a areia fina, enquanto que que observa-se uma alteração do solo para a areia média e grossa. A mistura S30R70 mostrou uma composição onde prevalece a presença das areias.

Quanto aos resultados obtidos do ensaio de densidade real dos grãos do solo e do rejeito asfáltico, estes estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Densidade real dos grãos do solo e do rejeito asfáltico

Amostra	Densidade real dos grãos (g/cm3)
Solo natural	2,234
Rejeito asfáltico	2,670

Fonte: Autor, 2025.

Observa-se pelos resultados obtidos que a fração fina do rejeito asfáltico, apresenta densidade superior à do solo. Isso pode ser atribuído ao predomínio de partículas finas, possivelmente de cimento asfáltico de petróleo (CAP) e filler, materiais com maior densidade utilizados em revestimentos asfálticos. No entanto, a análise isolada das partículas finas não é suficiente para uma avaliação completa do material.

Em relação aos ensaios de consistência, o Limite de Liquidez (LL) e o Limite de Plasticidade (LP), estes foram realizados para o solo natural, cujos resultados estão apresentados na Tabela 6. Com a diferença entre esses dois índices, obtém-se o Índice de Plasticidade (IP).

Tabela 6 - Limites de consistência do solo natural

Amostra	**LL (%)**	**LP (%)**	**IP (%)**
Solo natural	19,42	13,48	5,94

Fonte: Autor, 2025.

Pelos resultados obtidos o solo é adequado para ser utilizado como camada de base no pavimento, pois de acordo com o manual de pavimentação do DNIT (2006), o limite de liquidez deve ser igual ou inferior a 25%, e o índice de plasticidade deve ser igual ou inferior a 6%. Assim, o solo atende aos quesitos para ser utilizado no pavimento, pois ambos os valores encontrados atendem os limites estabelecidos.

O ensaio de compactação, realizado para o solo e para as misturas propostas, seguindo os métodos do DNER e DNIT e aplicando energia intermediária com corpos de prova em diferentes teores de umidade, permitiu a construção das curvas de compactação onde se obteve a umidade ótima, peso específico aparente seca máxima, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Umidade Ótima e Peso Específico Aparente Seca Máxima do solo e misturas

Ensaio	**Amostra**			
	Solo	**S50R50**	**S70R30**	**S30R70**
Umidade Ótima (%)	6,37	7,20	8,43	6,22
Peso Esp. Aparente Seca Máxima (g/cm^3)	1,817	1,984	1,965	2,023

Fonte: autor, 2025.

Analisando os resultados da Tabela 7, observa-se uma variação nas densidades secas máxima, na medida em que altera a porcentagem do resíduo na mistura. A mistura S30R70 se destacou por apresentar o maior valor de massa específica aparente seca bem como o menor valor de umidade ótima entre as composições analisadas. O valor resultante da densidade máxima seca, para essa mistura, pode ser atribuído ao predomínio do rejeito que contém partículas finas com cimento asfáltico de petróleo (CAP) e filler. Para o solo natural, onde apresentou o menor valor de massa específica aparente seca e de umidade ótima, pode ser atribuído ao predomínio da proporção da areia fina no solo.

Para a Expansão, também foram obtidos os resultados da amostra de solo e de cada mistura, compactadas na umidade ótima. O resultado está sintetizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Ensaio de Expansão do solo e misturas

Amostra	Expansão (%)
Solo	0,00%
S50R50	0,079%
S70R30	0,044%
S30R70	0,018%

Fonte: autor, 2025.

Como se observa, os resultados para a expansão foram satisfatórios para o solo e para todas as misturas, ou seja, menor do que 0,5%, atendendo as normas rodoviárias (DNIT, 2006), quando se trata da camada de base, bem como para a execução de sub-base onde a expansão deve ser inferior a 1%. Observa-se, ainda que para as misturas S30R70, com maior teor de rejeito, apresentou o menor valor na expansão, contendo pouca presença de finos na sua composição granulométrica.

Após os ensaios de compactação e expansão, foram executados os de Índice de Suporte Califórnia (CBR), cujos resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Índice de Suporte Califórnia do solo e misturas

Amostra	CBR (%)
Solo	17,42%
S50R50	34,0%
S70R30	14,5%
S30R70	31,4%

Fonte: autor, 2025.

Pelos resultados apresentados na Tabela 9, conclui-se que o solo natural não é adequado para seu uso na camada de sub-base, e consequentemente, nem para a camada de base, o que justifica a sua estabilização com outro tipo de material. Segundo as normas rodoviárias (DNIT, 2006) faz-se necessário um CBR superior a 20%, quando se trata execução da camada de base, e superior a 60% ou 80%, para uso na camada de base, tráfego médio e pesado, respectivamente. Observa-se que, à medida que se aumenta a proporção de rejeito asfáltico na mistura, há um aumento nos valores do Índice de Suporte Califórnia (CBR). As misturas S50R50 S30R70 são adequadas para uso na camada de sub-base, enquanto que para a S70R30 houve um decréscimo no valor do CBR em comparação com o valor obtido para o solo natural.

Classificação MCT

Como exposto, para a classificação MCT foi necessária a determinação das variáveis fundamentais: **c'; d', Pi** e **e'**, obtidos nos ensaios de Mini-MCV e de Perda de Massa por Imersão. Para o solo utilizado nessa pesquisa obteve-se os parâmetros apresentados na Tabela 10.

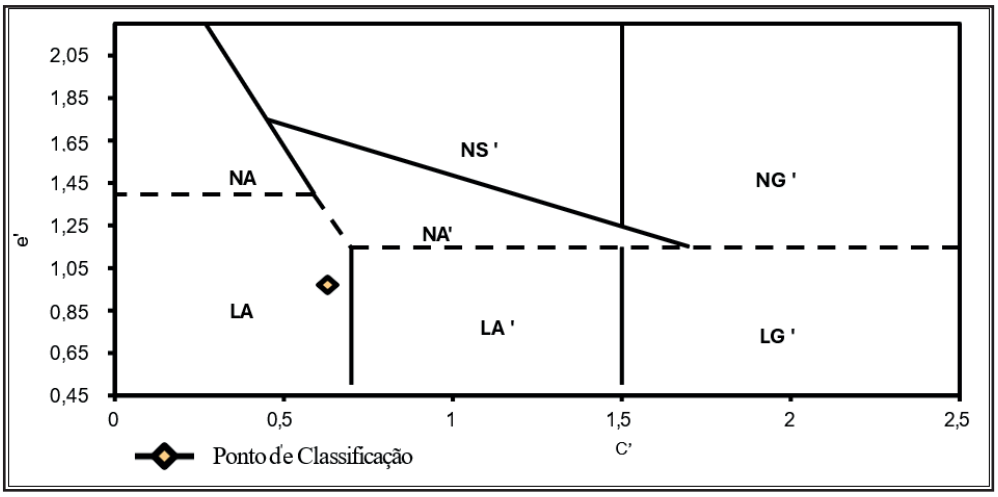
Tabela 10 - Valores dos parâmetros da metodologia MCT para o solo utilizado

Parâmetros	c'	d'	Pi	e'
Valores obtidos	0,63	40,76	117,50	0,92

Fonte: autor, 2025

Dessa forma, com base nos parâmetros obtidos, o solo em questão foi classificado, segundo o Sistema MCT, como **arenoso laterítico (LA)**, o que confirma o caráter laterítico previamente identificado por meio da análise visual. A classificação do solo pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Ponto de classificação MCT do Solo



Fonte: Autor (2025), baseado em Villibor & Nogami, 2009.

Ainda na metodologia MCT, realizou-se o ensaio mini-Proctor utilizando um molde em miniatura onde demanda uma redução de material com o objetivo de obter a umidade ótima e a massa específica aparente máxima, numa amostra miniatura de solo.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados obtidos da umidade ótima e da massa específica aparente máxima. Analisando os resultados obtidos, observa-se uma variação nas densidades secas máxima, no ensaio de Mini-Proctor, pois na medida em que altera a porcentagem do resíduo na mistura.

Tabela 11 - Umidade Ótima e Peso Específico Aparente Seca Máxima do solo e misturas – Ensaio Mini-Proctor

Ensaio	Amostra			
	Solo	S50R50	S70R30	S30R70
Umidade Ótima (%)	10,58	10,24	10,40	10,40
Peso Esp. Aparente Seca Máxima (g/cm^3)	1,915	1,845	1,827	2,064

Fonte: autor, 2025.

De forma similar ao ensaio proctor, energia intermediária, a mistura S30R70 se destacou por apresentar o maior valor de massa específica aparente seca, o que pode ser atribuído ao predomínio de partículas finas com cimento asfáltico de petróleo (CAP) e filler no rejeito asfáltico, dessa mistura.

Para as demais misturas obteve-se valor de densidades máximas secas inferiores à do solo, de forma diferente do resultado do ensaio proctor, onde as densidades aumentaram com a quantidade de resíduos na mistura. Entendendo que esse ensaio é realizado com uma porção mais fina do solo, ou das misturas, pode ser o responsável por essa diferença entre os valores dos dois métodos da compactação.

Complementando aos ensaios realizados na metodologia MCT, tem-se o mini-CBR, que constitui sua versão em escala reduzida, mantendo, contudo, os mesmos objetivos estabelecidas pelas normas técnicas.

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de mini-CBR para o solo e para as misturas adotadas nesta pesquisa.

Tabela 12 - Índice de Suporte Califórnia do solo e misturas – Mini-CBR

Amostra	CBR (Mini-CBR) (%)
Solo	16,45%
S50R50	20,20
S70R30	14,45
S30R70	10,35

Fonte: autor, 2025.

Pelos resultados apresentados na Tabela 12, entende-se que apenas a mistura S50R50 apresentou um acréscimo no valor do CBR em relação ao solo natural, sendo que no ensaio proctor, apresentou um acréscimo mais significativo. Observa-se que o valor obtido nesse ensaio, para essa mistura, apresentou satisfatório para ser utilizado na camada de sub-base do pavimento. No entanto, observa-se um decréscimo nos valores obtidos para as outras misturas, quando comparadas ao solo natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido permitiu avaliar o comportamento do solo arenoso laterítico e do rejeito asfáltico (AAUQ), bem como suas misturas em diferentes proporções, por meio de ensaios de caracterização, compactação e desempenho mecânico. De maneira geral, constatou-se que o rejeito contribuiu para a melhoria das propriedades do solo, principalmente no aumento do Índice de Suporte Califórnia (CBR) e na redução da umidade ótima necessária à compactação.

Pelos ensaios realizados e dados obtidos foram suficientes para atender o objetivo central da pesquisa, demonstrando que a estabilização solo-rejeito pode gerar materiais viáveis para uso em pavimentação, especificamente na camada de sub-base, pois comprovou a melhoria da resistência do solo arenoso laterítico (LA) quando misturado com rejeito asfáltico (AAUQ).

Resultados de outros autores, tais como Santos *et. al* (1995) e Soares *et al.* (2004), também se concluiu uma melhoria na estabilização de solo, utilizando o mesmo rejeito. Pode serem citados, ainda, referências de estabilização de solo utilizando um outro rejeito que também contém ligante betuminoso em sua composição, o Rap (Reclaimed Asphalt Pavement). Almeida (2024), apresentou alguns resultados do uso do RAP na estabilização do solo, onde se concluiu que o solo melhorou de característica na medida em que se aumentou a proporção desse material à mistura. Matos (2018), em seu trabalho também chegou a mesma conclusão, ou seja, foram encontrados valores de CBR maiores do que as do solo natural. Dias *et al.* (2015), estudaram um solo argiloso siltoso e encontraram uma melhoria com adição de material fresado.

Os resultados desse estudo demonstraram que, embora o solo isolado apresente limitações para aplicação em camadas de pavimento, algumas misturas com rejeito asfáltico, alcançaram valores compatíveis para uso em sub-bases, evidenciando o potencial técnico do reaproveitamento desse material.

Quanto aos resultados dos ensaios de CBR e Mini-CBR, observou-se que, em ambos, algumas das amostras ultrapassaram a resistência do solo, indicando que houve melhoria do

solo com adição do rejeito asfáltico. Com esses resultados, segundo o manual do DNIT (2006), as misturas S50R50 e S30R70 (CBR proctor) e a mistura S50R50 (mini-CBR), são adequadas para aplicação na sub-base (CBR>20%). Porém, é interessante notar que nem todas as misturas propostas provocaram uma melhoria das características do solo, como exemplo, a mistura S70R30, que teve uma queda no valor obtido no ensaio tradicional de CBR. Simultaneamente, verifica-se uma redução na umidade ótima, evidenciando a menor demanda de água com o aumento do teor de rejeito, para a compactação da camada.

O comportamento laterítico do solo, identificado no momento da coleta, foi confirmado pelos ensaios da metodologia MCT, cuja classificação atestou a natureza laterítica do material, reforçando sua aplicabilidade em obras rodoviárias. Além disso, os ensaios de compactação e expansão evidenciaram estabilidade e ausência de deformações significativas.

Ressalta-se ainda que o emprego do rejeito de AAUQ na estabilização do solo, além de atender à demanda técnica decorrente da escassez de materiais de qualidade para pavimentação, também se mostra como uma alternativa sustentável, alinhada às práticas de economia circular e à redução de impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado desses resíduos sólidos.

Por fim, recomenda-se a continuidade das investigações de estabilização de solo utilizando rejeitos asfálticos, porém utilizando um solo laterítico argiloso, como também, a realização de ensaios complementares, em especial aqueles que avaliem o desempenho de longo prazo das misturas, de modo a consolidar sua aplicação prática em obras de infraestrutura viária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. V. P.; COELHO. M.T. M. **Acompanhamento de Ensaios Laboratoriais dos Estudos de Estabilização de Solos com Utilização de Rap (Reclaimed Asphalt Pavement) e Cal em Camadas de Pavimentos.** [Relatório PIBIC 2023-2024] – Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, São Luís – MA, 2024.

ALMEIDA, M. V. P.; COELHO. M.T. M. **Estabilização de solos com utilização de RAP (reclaimed asphalt pavement) e cal em camadas de pavimento.** Coletânea: Produzindo conhecimento - Iniciação Científica – 2024 -2025. Universidade Estadual do Maranhão. Eduema. São Luís, 2025

BERNUCCI, L. B.; CERATTI, J. A. P.; DA MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 2ª ed. Programa Asfalto nas Universidades, Petrobras Distribuidora S.A., 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER - ME 041/94: **Solos – preparação de amostras para caracterização**. Rio de Janeiro, 1994

_____. DNER-ME 051/94: **Solos – análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER-ME 082/94: **Solos – determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro,
3 p., 1994.

_____. DNER-ME 093/94 – Solos – Determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 4 p., 1994.

_____. DNER-ME 122/94: **Solos – determinação do limite de liquidez** – método de referência e método expedito. Rio de Janeiro, 4 p., 1994.

_____. DNER-ME 129/94: **Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas.** Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER-ME 162/94: **Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas.** Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER-ME 199/96: **Redução de amostra de campo agregados para ensaio de laboratório.** Rio de Janeiro, 1996.

_____. DNER-ME 213/94: **Determinação das umidades (natural e higroscópica).** Rio de Janeiro, 1996.

_____. DNER-ME 228/94: **Solos – compactação em equipamento miniatura**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de pavimentação.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, publicação 719.. 3ª ed. 274p. Rio de Janeiro, 2006.

_____. DNIT-ME 164/2013: Solos – **Compactação utilizando amostras não trabalhadas**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNIT 172/2016-ME: Solos – **Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas** – Método de ensaio.

_____. DNIT 254/2023-ME: Solos – **Compactação em equipamento miniatura – Mini-CBR e expansão.**

_____. DNIT 258/2023-ME: Solos – **Compactação em equipamento miniatura** – Ensaios Mini-MCV e perda de massa por imersão.

DIAS, P. S; PINTO, I. E; COSTA, C. **Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argilosiltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis.** 44ª RAPv–Reunião anual de pavimentação e 18º ENACOR–Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 2015.

MATOS, A. C. R. **Estabilização de solos com utilização de revestimento asfáltico fresado em camadas de pavimentos.** Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2018.

NOGAMI, J. S. **Ensaios MCT e suas aplicações em pavimentação**. In: II COLÓQUIO DE SOLOS TROPICAIS E SUBTROPICAIS E SUAS APLICAÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL, Porto Alegre, 1989. Anais..., p. 59–72.

SANTOS, M., LIMA, D., BUENO, B. **Estabilização dos solos com cal e betume**. In: 6° Reunião de pavimentação urbana, Santos – São Paulo, abril, 1995.

SOARES, J. B. *et al*. **Utilização de resíduos na pavimentação**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2004. p. 4521-4530.

SILVA FILHO, C. A. A. **Acompanhamento de ensaios laboratoriais dos estudos de estabilização de solos com utilização de rejeitos de usinas asfáltica em camadas de pavimentos**. Relatório PIBIC 2024-2025 – Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, São Luís – MA, 2025.

VILLIBOR, D. F; NOGAMI, J. S. **Pavimentos econômicos**: Tecnologia do uso dos solos finos laterítico. 291 p. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.