

ESTABILIZAÇÃO DO SOLO DA CIDADE DE MANAUS COM EMULSÃO ASFÁLTICA PARA O USO EM PAVIMENTOS

DANIELA DA COSTA BITTENCOURT^{1*}; NILTON DE SOUZA CAMPELO²;
CAIO TED DA SILVA COSTA³; RUBELMAR MAIA AZEVEDO CUZ FILHO⁴

¹Engenheira Civil, UEA, Manaus-AM, daniela.bittencourt1@gmail.com;

²Dr. em Geotecnia, Prof. da UFAM, Manaus-AM, ncampelo@uol.com.br;

³ Engenheiro Civil, UEA, Manaus-AM, caioted.sc@gmail.com;

⁴Me.em Eng. de Produção, Prof. da UEA, Manaus- AM, rubelmar.azevedo@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho buscou-se através da estabilização do solo com emulsão asfáltica do tipo RL-1C, analisar as propriedades mecânicas e avaliar a viabilidade desta mistura em pavimentos flexíveis. O estudo deu-se através da coleta e caracterização dos materiais, o estudo de dosagem com base nos ensaios de Compactação e Índice de suporte Califórnia (ISC), onde foram introduzidos teores de emulsão diferenciados (0%,2%,4%,8% e 10%) em relação a massa seca do solo, a fim de se determinar o melhor percentual para o composto em estudo e análise da resistência mecânica através dos ensaios de Resistência a compressão simples (RCS) e resistência a tração por compressão diametral (RTI). Os resultados indicaram que adição de emulsão asfáltica proporcionou o aumento significativo de resistência em relação ao solo puro. Para o ensaio de RCS obteve-se um ganho de 43% para os solos estudado sem aeração e para o ensaio de RTI este aumento foi de mais de 50% para o solo sem aeração.
PALAVRAS-CHAVE: Pavimento, emulsão asfáltica, solo-emulsão, estabilização de solos.

STABILIZATION OF MANAUS CITY SOIL WITH ASPHALT EMULSION FOR USE IN FLOORING

ABSTRACT: This work was carried out through soil stabilization with asphalt emulsion type RL-1C, to analyze the mechanical properties and to evaluate the feasibility of this mixture in flexible pavements. The study was done through the collection and characterization of the materials, the dosage study based on the California Compaction and Support Index (ISC), where differentiated emulsion contents (0%, 2%, 4%, 8 % and 10%) in relation to the dry mass of the soil, in order to determine the best percentage for the compound under study and analysis of the mechanical resistance through the tests of Resistance to simple compression (RCS) and tensile strength by diametrical compression (RTI). The results indicated that the addition of asphalt emulsion provided a significant increase in resistance to pure soil. For the RCS test, a gain of 43% was obtained for the studied soils without aeration and for the RTI test this increase was more than 50% for the soil without aeration.

KEYWORDS: Pavement, asphalt emulsion, soil-emulsion, soil stabilization.

INTRODUÇÃO

Os problemas estruturais dos pavimentos são grandes em quase todas as cidades brasileiras, desde vias principais de cidades de grande porte, até vias de circulação de distritos e conjuntos habitacionais. Em Manaus, este problema é agravante por diversos fatores como as degradações sofridas pelo grande volume no tráfego de veículos, solicitações climáticas de elevado índice pluviométrico, altas temperaturas regionais e formação geológica do município, que apresenta um subsolo constituído pela predominância de uma espessa camada argilosa (Pinto Filho,2013).

Devido a esses fatores supracitados, as vias da cidade necessitam de investimentos e soluções que promovam melhorias nas condições de trafegabilidade, segurança e conforto aos usuários. Como alternativa, utiliza-se em obras de pavimentação o emprego de material granular nas camadas de sub-

base e base de pavimentos. No entanto, nem sempre este se torna a solução mais viável devido a distância das jazidas que encarecem e em alguns casos inviabilizam sua aplicação, sendo necessário buscar outras alternativas. Por isso, este trabalho visou buscar soluções regionais e tecnológicas que promovam melhorias das propriedades mecânicas dos pavimentos, como solos estabilizados quimicamente.

A estabilização de solos com emulsão asfáltica, segundo Reis et al. (2010) é uma alternativa técnica de baixo custo que além de promover a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, promove melhorias de resistência estrutural adequadas aos volumes de tráfego, uma vez que a mistura dos materiais é executada a frio, quando da construção de camadas de um pavimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende a cidade de Manaus que possui uma área total de 11.401,092km² e população estimada de 2.094.391 hab. sendo sua área urbana correspondente a 4% do município, segundo dados do IBGE.

Quanto aos seus aspectos geológicos, Manaus localiza-se em uma faixa de formação geológica que não contempla materiais rochosos em sua superfície. Segundo Roque (2006), na capital amazonense aflora um denso pacote sedimentar argilo-arenoso, de idade cenozoica, relacionado à “argila de Belterra”, do Pará.

As unidades geológicas que compõem o município do Amazonas são as aluviões e as Formações Solimões, Alter do Chão e Nhamundá. 4 (ROQUE, 2006).

O solo utilizado nos ensaios desta pesquisa é proveniente do Campus da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, localizado na Av. General Rodrigo Octávio, nº6200 bairro Coroado na cidade de Manaus. As amostras em estudo são típicas do subleito dos pavimentos locais, com predominância de fração argilosa.

O material asfáltico empregado nesta pesquisa foi a emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta (RL-1C) fornecido pela empresa EMAM EMULSÕES E TRANSPORTES Ltda., representante deste material na região.

Para o estudo da estabilização solo emulsão, inicialmente os materiais foram submetidos aos ensaios de caracterização, onde empregou-se ao solo os ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade e massa específica. As características da emulsão asfáltica foram fornecidas pela empresa EMAM EMULSÕES E TRANSPORTES Ltda., fabricante do produto na cidade, através de certificados de qualidade. Todos os ensaios de caracterização foram realizados conforme as normas descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Ensaios de Caracterização do materiais

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	NORMAS TÉCNICAS
Ensaio de Viscosidade Saybolt-furol	NBR 14491/07
Ensaio de Sedimentação	NBR 6570/16
Granulometria	NBR 7181/16
Limite de Liquidez	NBR 6459/16
Limite de Plasticidade	NBR 7180/16
Massa Específica	NBR 6508/84
Ensaio de carga de partícula	NBR 6568/15
Ensaio de destilação	NBR 6568/05

Com a finalidade de se encontrar o teor ótimo de projeto para o solo em estudo, foram adotados cinco teores de emulsão asfáltica (0%, 2%, 4%, 8% e 10%) em relação a massa do solo seco de forma que pudessem ser comparados entre si.

O teor de projeto foi determinado através dos ensaios de Compactação, conforme a NBR 7182/16 e Índice de Suporte Califórnia (ISC), conforme a NBR 9895/16 no solo natural e no solo estabilizado conforme os percentuais determinados. A energia adotada para estes ensaios foi a de Proctor modificada. Ainda não existe uma norma específica para a confecção dos copos-de-prova em mistura solo-emulsão, por isso, para este trabalho o procedimento adotado foi com base na DNER-ME 202/94 e nos trabalhos de Rebelo (2009) e Jacintho (2010).

Por fim, após a determinação do teor ótimo de projeto, o solo natural e o solo estabilizado com emulsão asfáltica foram submetidos aos ensaios de resistência mecânica a compressão e resistência a tração. Assim como na moldagem dos corpos-de-prova, na ausência de uma norma brasileira específica para mistura solo-emulsão, optou-se por utilizar a norma DNER-ME 201: Solo Cimento – compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos (DNER, 1994) e referências bibliográficas. Já no ensaio de resistência a tração foi utilizada a norma DNIT-ME 136/10.

Ambos os ensaios foram realizados na prensa de CBR (*California Bearing Ratio*), visto que a energia aplicada de 1,27mm/min é controlada e de menor intensidade, podendo ser melhor avaliado o comportamento do corpos-de-prova e os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto na metodologia deste trabalho os experimentos de caracterização do solo consistiram nos ensaios de Granulometria, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e na Massa específica do solo, cujos valores estão expostos na Tabelas 2.

Tabela 2 - Resultados da granulometria, massa específica, LL, LP e IP do solo “in natura”

ENSAIOS		RESULTADOS
Granulometria	% Passante #4	0
	% Passante #10	0,1
	% Passante #40	74,7
	% Passante #200	68,9
Massa Específica (g/cm ³)		2,64
Limite de Liquidez (%)		71
Limite de Plasticidade (%)		40
Índice de Plasticidade (%)		31

Segundo Das (2011) pode se classificar o solo, quanto ao seu comportamento para engenharia, de duas maneiras:

a) De acordo com a American Association State Highway Officials (AASHO), segundo o qual a amostra analisada pertence ao grupo A-7-5, uma vez que possui % passante na peneira nº200 > 36%, LL > 41%, IP > 11% e IP < LL-30.

Um parâmetro adicionado nesta classificação é o índice de grupo (IG), que define a capacidade de suporte do terreno de fundação de um pavimento. Para o solo natural encontrou-se um IG de 26. Portanto, o mesmo classificasse como A-7-5 (26);

b) Pelo método do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) normalizado pela American Society for Testing and Materials (ASTM), de acordo com o qual o material foi caracterizado como CH, o que corresponde a um solo argiloso de alta plasticidade.

Diante da classificação e análise dos ensaios de caracterização o solo indicou uma granulometria com grande presença de argila, silte e um alto teor de plasticidade confirmando as características em relação aos latossolos da região Amazônica. Em estudos realizados para encontrar o solo que melhor se comporte com a emulsão asfáltica, destaca-se os que possuem de 10% a 50% passante na peneira nº200 e IP inferior a 18%, sendo o solo em estudo inadequado para a estabilização. No entanto, estes parâmetros são apenas de carácter experimental, não descartando a possibilidade que sejam estabilizados solos com valores diferentes a esses apresentados. Em estudos de Rebelo (2009) e Santos (2009) solos classificados como A-7-5 foram estabilizados com emulsão asfáltica adquirindo resultados satisfatórios.

Quanto as características da emulsão asfáltica, o resíduo da destilação possui um valor igual a 62,00% em peso, sendo a quantidade de água igual a 38%. Tal parâmetro mostra-se de suma importância no cálculo da dosagem solo-emulsão.

No ensaio de compactação constatou-se que a adição de teores de emulsão não alterou significativamente os valores da umidade ótima e da massa específica aparente seca. O solo natural apresentou o maior teor de umidade ótima de 28,20% e maior teor de massa específica aparente seca de 1,475 g/cm³. Para a amostra, à medida que aumenta o teor de emulsão a umidade ótima da mistura diminui, de forma que a umidade ótima para a mistura com 10% de emulsão sofreu um decréscimo de

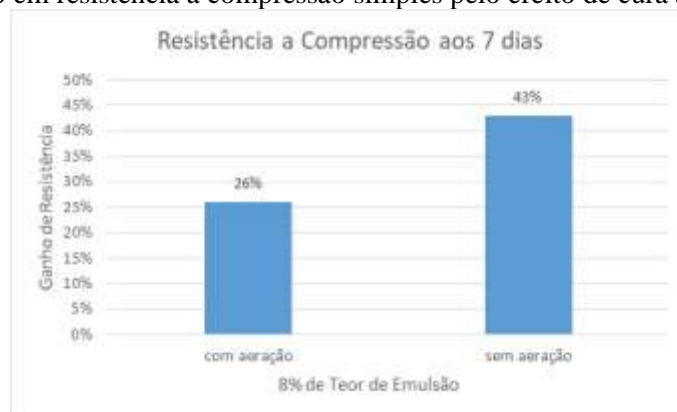
1%, em valores absolutos. No que se refere a massa específica aparente seca, essa diferença entre o valor do solo natural e o teor de 10% de emulsão é de 2%.

No Ensaio de Índice e Suporte Califórnia (ISC) o comportamento do solo quanto a sua expansão apresentou pouca variância do solo em relação aos teores de emulsão analisados. Sendo nenhum resultado superior ao encontrado no solo natural de 0,12%. Quanto aos resultados de ISC, verificou-se que a adição de emulsão promoveu reações distintas aos diferentes teores de emulsão estudados. Para os solos estabilizados com 2% e 4% de emulsão asfáltica nota-se uma diminuição em seu valor de ISC sendo de 22,15% e 23,10% respectivamente. No entanto, para os teores de 8% e 10% nota-se um aumento no ISC, de 28,65% e 26,41% respectivamente, sendo superior ao solo natural que obteve 25,52%. Diante do exposto foi observado que a quantidade de emulsão asfáltica interfere significativamente na resistência. Outro fator está associado ao teor de emulsão. Devido ao grande índice de partículas finas, foi necessário adicionar teores de emulsão maiores para promover melhores resultados. Dentre os teores de emulsão estudados (2%, 4%, 8% e 10%) o que proporcionou melhores resultados foi o de 8%, sendo este o adotado para analisar o comportamento mecânico do solo estabilizado com emulsão.

Realizou-se a moldagem dos corpos-de-prova visando o ensaio de resistência a compressão simples (RCS) e resistência a tração por compressão diametral (RTI) baseado nos parâmetros de compactação, encontrados para o solo natural e o teor de emulsão ótimo determinado, bem como, na variação do tempo de aeração (0h e 1hora) antes da compactação das amostras. Relativo aos resultados da Resistência à Compressão Simples, observou-se que os corpos-de-prova ensaiados para 3 dias sem aeração mostraram, tanto para o solo natural quanto para o solo com teor de 8% de emulsão, um aumento em sua resistência superior ao solo com aeração; esta condição também é facilmente observada para os corpos-de-prova ensaiados após 7 dias. Este fator pode estar associado a perda de umidade, durante o período de aeração. Em relação ao tempo de cura, nota-se um leve aumento de resistência, não sendo superior a 4%.

Na figura 1 analisou-se o efeito da emulsão asfáltica na contribuição do ganho em resistência, após um período de 7 dias, por meio da avaliação do teor de emulsão em relação ao solo natural, fixando os resultados nos ensaios sem a emulsão asfáltica (teor 0%) como 100%. Nota-se um ganho de resistência em relação ao solo natural de 43% para as amostras moldadas logo após o processo de mistura e 26% após 1h de aeração.

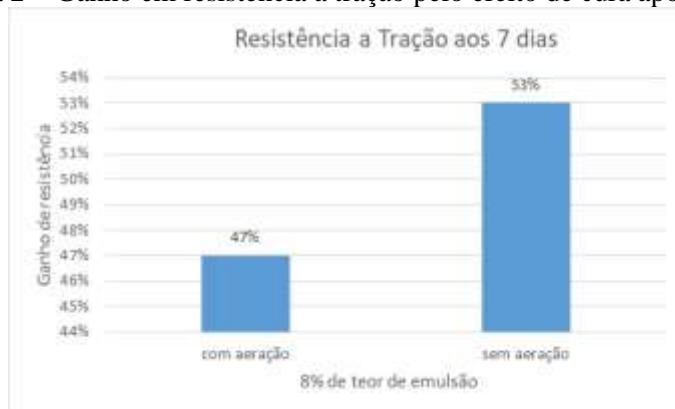
Figura 1 – Ganho em resistência a compressão simples pelo efeito de cura após 7 dias



Relativo aos resultados da Resistência a Tração, observou-se uma situação ambígua em relação aos resultados obtidos no ensaio de Resistência a Compressão. Os corpos-de-prova ensaiados para 3 dias assim como para o de 7 dias mostraram em ambos os teores (0% e 8% de emulsão) um aumento em sua resistência sem aeração. Em relação ao tempo de cura, nota-se um aumento não superior a 15%.

Na figura 2, assim como para o ensaio de resistência a compressão, analisou-se o efeito da emulsão asfáltica na contribuição do ganho em resistência, após um período de 7 dias, por meio da avaliação do teor de emulsão em relação ao solo natural, fixando os resultados nos ensaios sem a emulsão asfáltica (teor 0%) como 100%. Nota-se um ganho de resistência em relação ao solo natural de 47% para as amostras moldadas após 1h e 53% para as amostras produzidas logo após o processo de mistura.

Figura 2 – Ganho em resistência a tração pelo efeito de cura após 7 dias



CONCLUSÃO

Para analisar o comportamento mecânico de um solo da cidade de Manaus com emulsão asfáltica, através dos ensaios de resistência a compressão simples e resistência a tração por compressão diametral, tornou-se necessário conhecer as características dos materiais empregados e o teor de emulsão asfáltica que melhor se comporte na mistura solo-emulsão.

Em relação ao comportamento mecânico do solo estabilizado com emulsão, foi observado que a adição de emulsão asfáltica proporcionou o aumento significativo de resistência em relação ao solo puro. Para o ensaio de RCS este aumento foi de 43% para os solos estudado sem aeração e para o ensaio de RTI este aumento foi de mais de 50% para o solo sem aeração.

Verificou-se desta forma, que o solo estabilizado com emulsão asfáltica não pode ser utilizado como base de pavimentos flexíveis, uma vez que no ensaio de RCS não obteve o valor mínimo exigido pela norma do DNIT 143/2010 que aponta como resistência mínima o valor de 2,5MPa, sendo o valor máximo atingido para o solo aos 7 dias de cura de 2,25Mpa. Isso se dá devido ao alto índice de plasticidade e de materiais finos do solo natural. Como alternativa, sugere-se promover a adição de areia ao solo natural, para assim diminuir o índice de plasticidade e melhorar a granulometria do material.

Quanto ao seu emprego em camadas de sub-base de pavimentos flexíveis, o mesmo apresentou resultados satisfatórios, podendo ser aplicado como uma solução aos pavimentos de baixo volume de tráfego da cidade.

Diante de todo o exposto, conclui-se que a adição de emulsão asfáltica ao solo característico a cidade de Manaus promoveu melhorias consideráveis permitindo o seu uso em camadas de sub-base de pavimentos flexíveis. Para que o mesmo possa ser utilizado como camada de base, deve-se realizar estudos preliminares visando a melhoria da granulometria do solo.

REFERÊNCIAS

- Das, B. M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Tradução da 7ª edição norte americana. Tradução ALL Tasks. Revisão técnica Pérsio Leister. Edidora: Thomson Learning, São Paulo – SP, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 Janeiro de 2018.
- JACINTHO, Elza Conrado. Estudo de propriedades e comportamentos de misturas solo-emulsão aplicado a barragens. Universidade Federal de Brasília, 2010. 2 311f.Doutorado (Geotecnia).
- Pinto, Whashington Luiz. Avaliação e diagnóstico de vias urbanas expressas de Manaus: condições estruturais e funcionais. UFAM, 2013, 242f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- Rebello, Eude de Paula. Estudo de Mistura solo-emulsão para a região de Urucu (Coari-AM). UFAM, 2009, 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- Reis, R.M.M; Teixeira, L.H; Contantito, Romulo; Omena, Wander. Manual básico de emulsões asfálticas. 2ª ed.,ABEDA, Rio de Janeiro, 2010.
- Roque, Wallace Vargas. Mapeamento geoambiental da área urbana de Manaus-AM. 2006. Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2006. 232f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia).
- Santos, Whashington José. Avaliação do uso de emulsão asfáltica na estabilização química de três solos de Sergipe. Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).