



Efeitos Do Melhoramento De Solos Com o Emprego De Aditivos Químicos Na Concepção De Um Pavimento Com Revestimento Primário No Município De Santa Cruz Do Sul - RS

Taline Koch
UNISC, Santa Cruz do Sul, Brasil, talinekoch@outlook.com

Leandro Olivio Nervis
UNISC, Santa Cruz do Sul, Brasil, leandron@unisc.br

Jonatan Graeff
UNISC, Santa Cruz do Sul, Brasil, jonatang@mx2.unisc.com

RESUMO: Este trabalho apresenta resultados do estudo da técnica de melhoramento de solos a partir de aditivos químicos. As misturas foram submetidas a ensaios voltados à compressão simples e compressão diametral, sendo a partir de seus resultados obtidos os parâmetros de resistência para cada caso. O solo do subleito pertencente, em sua condição natural, ao grupo Gf-NG' da classificação G-MCT migrou para os grupos Gf-LG' e Gf-LA' quando utilizados cal e cimento, respectivamente. O solo do revestimento mesmo com adição de cimento permaneceu no grupo Ps-LA, não recomendado na utilização em revestimento primário. Considerando-se como hipótese de que a partir de aproximadamente 30 cm de profundidade o solo seja apreciavelmente resistente, verificou-se através do emprego da metodologia proposta por Nervis (2018) que o melhoramento do solo com cimento, tal que resulte numa espessura de 25 cm compactada na energia normal, atende os quesitos de dimensionamento do pavimento, desde que garantida a adequada drenagem da via.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimento primário, Estradas rurais, Melhoramento de solos, Classificação G-MCT, Impacto ambiental.

1 INTRODUÇÃO

As estradas de terra têm um papel muito importante para o desenvolvimento econômico e social de determinada região rural. Para tal, é essencial que elas se encontrem em boas condições de uso, em qualquer condição climática, fornecendo um deslocamento mais

confortável e seguro para seus usuários e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de viagem. Para isso é necessário que a estrutura formada pelo subleito e pelo revestimento primário possua características adequadas, a fim de diminuir a necessidade de manutenção com tanta frequência, sendo assim fundamental, que os materiais a serem empregados no



revestimento primário apresentem qualidade satisfatória, inclusive para suprir as solicitações de carregamentos.

Pavimentos com revestimento primário que apresentem baixa durabilidade, exigem constantes manutenções, as quais geram gastos e impactos ambientais excessivos, tanto pela exploração desenfreada de áreas de empréstimo, quanto pelo assoreamento dos cursos d'água pelo material que se desprende das estradas.

Desta forma, o presente trabalho apresenta resultados de estudos experimentais e teóricos, abrangendo a interpretação, análise e discussão dos resultados obtidos a partir de proposta de melhoramento do solo que compõem o leito estradal com adição de teores de cal ou cimento, e seu emprego na definição de uma proposta de solução para o revestimento primário para um trecho de estrada rural de Santa Cruz do Sul-RS.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição do Local de Estudo

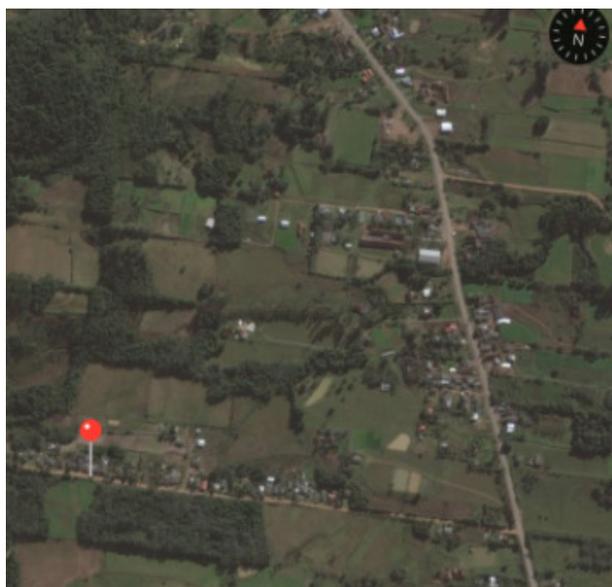


Figura 1. Local de retirada da amostra do subleito.

A pesquisa consistiu em um estudo no distrito de Rio Pardinho, interior de Santa Cruz do Sul,

localizado na região central do Rio Grande do Sul com clima Temperado do tipo Subtropical.

Foram coletadas amostras do solo do subleito do trecho referenciado na Figura 1 e do material que vem sendo utilizado pelo Município como revestimento primário na estrada.

2.2 Descrição Geológica e Pedológica

Conforme o Atlas Sócio Econômico do Rio Grande do Sul (2014), a região de estudo está localizada entre o Planalto Meridional, onde tem a formação de rochas basálticas e a Depressão Central que é formada por rochas sedimentares.

Com relação à pedologia, de acordo com Streck *et al.* (2008), o trecho está situado na classe dos Cambissolos Háplicos típicos (Unidade PM 6). De acordo com os autores, os Cambissolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizonte A-Bi-C ou O-A-Bi-C, onde o horizonte Bi é do tipo B incipiente, com condições de drenagem variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam na paisagem.

2.3 Ensaio Laboratoriais

Para a caracterização e obtenção de parâmetros dos solos do subleito e do revestimento primário, foram utilizados os resultados dos ensaios já realizados anteriormente como ensaio de granulometria, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e peso específico real dos grãos, de compactação, de Índice de Suporte Califórnia – ISC. Para obtenção dos resultados desse trabalho foram realizados os ensaios de compressão simples, compressão diametral e os da Metodologia G-MCT e a proposta apresentada por Nervis (2018) para realização da metodologia simplificada para dimensionamento de pavimentos.



Os ensaios foram realizados no Laboratório de Solos da Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC, seguindo-se as prescrições das Normas Técnicas da ABNT NBR 12770:1992, NBR 7222:2011, a metodologia apresentada por Villibor e Nogami (2009) para a realização dos ensaios da metodologia MCT.

Foi realizado também o emprego da técnica de melhoramento de solos com uso de aditivos químicos, sendo empregados cal e cimento com teores de 3% para o solo do subleito e cimento com teor de 5% para o solo do revestimento, nos ensaios de obtenção da resistência ao cisalhamento e classificação MCT.

3 RESULTADOS

3.1 Classificação MCT e G-MCT

No ábaco da Figura 2 e 3 estão representados os resultados dos ensaios de classificação MCT para a fração fina dos solos estudados e suas respectivas adições químicas.

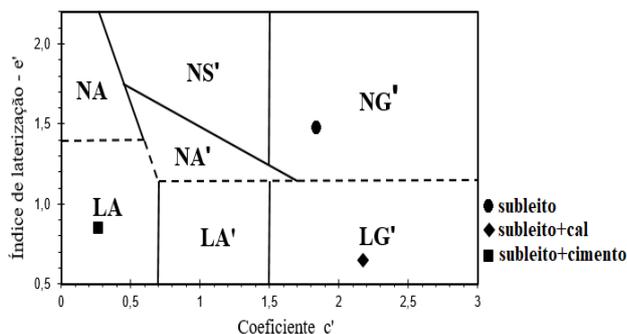


Figura 2. Classificação do solo do subleito pelo método MCT.

O solo do subleito trata-se de um pedregulho argiloso, pertencente, em sua condição natural, ao grupo Gf-NG' da classificação G-MCT, grupo esse com emprego não recomendado para emprego como revestimento primário. O solo melhorado pertence aos grupos Gf-LG' e Gf-LA' da classificação G-MCT quando utilizados cal e cimento, respectivamente. Embora ambos os grupos tenham emprego indicado para

revestimento primário, o segundo é mais indicado do que o primeiro, pois esta em 1º prioridade de aplicação.

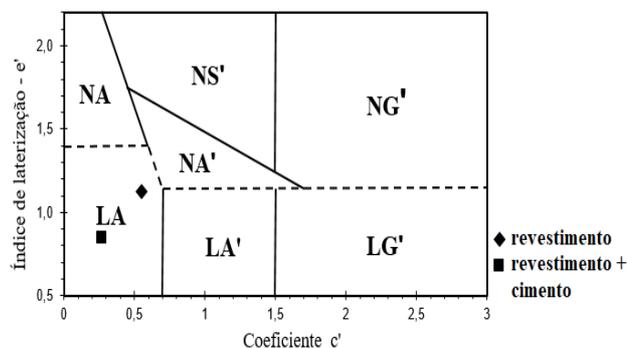


Figura 3. Classificação do solo do revestimento pelo método MCT.

O solo do revestimento trata-se de um pedregulho arenoso, pertencente, em sua condição natural, ao grupo Ps-LA' da classificação G-MCT, grupo esse com emprego não recomendado para emprego como revestimento primário. Com a adição do cimento permaneceu no mesmo grupo de classificação

3.2 Resistência ao Cisalhamento

A partir dos resultados dos ensaios de compressão simples e compressão diametral é possível obter alternativamente, traçando-se os círculos de Mohr correspondentes a envoltória de ruptura de Mohr-Coulomb dos materiais. De acordo com Jaeger, Cook e Zimmerman (2007), as tensões principais na ruptura (σ_3 e σ_1) para corpos de prova submetidos aos ensaios de compressão simples são, respectivamente, iguais a zero e σ_c . Já para corpos de prova submetidos aos ensaios de compressão diametral, são, respectivamente, iguais a σ_t e $-3\sigma_t$.

A partir disso, é possível gerar os círculos de Mohr correspondentes e então obter a envoltória de ruptura de Mohr Coulumb, de onde são deduzidas as Equação 1 e 2.



$$\phi = \arcsen\left(\frac{\sigma_c - 4\sigma_t}{\sigma_c - 2\sigma_t}\right) \quad (1)$$

$$c = \frac{\sigma_c \left[1 - \left(\frac{\sigma_c - 4\sigma_t}{\sigma_c - 2\sigma_t} \right) \right]}{2 \cos \phi} \quad (2)$$

As Figuras 4 e 5 representam as envoltórias de ruptura obtidas para os solos de subleito e do revestimento, e suas referidas adições referidas.

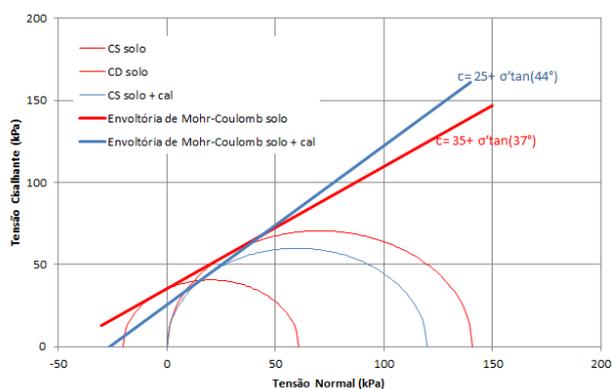


Figura 4. Envoltórias de ruptura do solo do subleito com adição de cal.

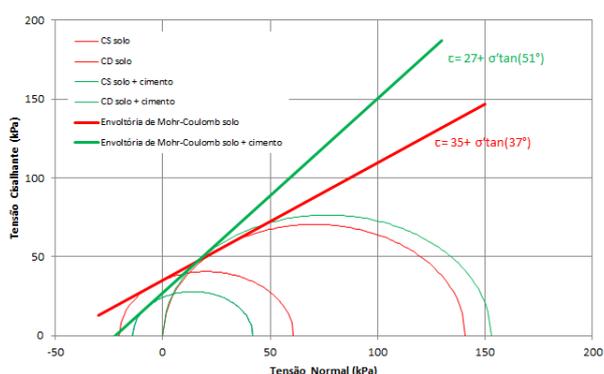


Figura 5. Envoltórias de ruptura do solo do subleito com adição de cimento.

Observou-se que, com a aplicação da cal no solo do subleito, houve uma diminuição do intercepto de coesão do solo, o qual era de 35kPa passou para 25kPa. Não se obteve tão

grande mudança em relação ao ângulo de atrito, mesmo assim ele sobe de 37° para 44°.

Ainda em relação ao solo do subleito, com a aplicação do cimento houve também uma diminuição do intercepto de coesão do solo, passando de 35kPa para 27kPa. Referente ao ângulo de atrito o aumento foi significativo, subindo de 37° para 51°.

O solo do revestimento não obteve sucesso na seu estado puro, pois desagregou no desmolde do corpo de prova, o que já poderia ser comprovado através da classificação MCT ter caído em um grupo considerado fraco.

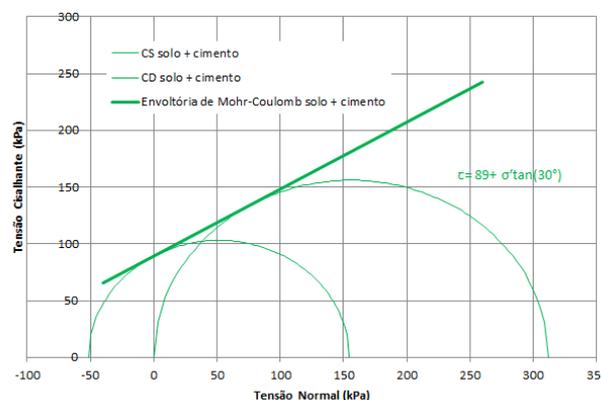


Figura 6. Envoltórias de ruptura do solo do revestimento com adição de cimento.

A adição do cimento ao solo trouxe melhor aspecto em relação a desagregação e após a cura de 3 dias foi possível moldar os corpos de prova para realização dos ensaios de compressão simples e compressão diametral. Obteve-se para o intercepto de coesão um valor de 89kPa, o que pode ser considerado bom se comparado ao solo do subleito. Em relação ao ângulo de atrito obteve-se um valor de 30°.

Salienta-se que, a fração acima de 19mm, a qual não há condições de ser incluída na amostra ensaiada, em campo provavelmente confere um ganho adicional de resistência para ambos os solos. Como também, pode-se enfatizar que a utilização de maiores energias de compactação para os ensaios com o solo do subleito, do que apenas na energia resultaria em maiores ganhos de resistência, porém os



mesmos não foram feitos devido a impossibilidade de coleta do material.

3.3 Concepção de pavimento

Para o dimensionamento das camadas do pavimento foi utilizada a metodologia simplificada para o dimensionamento de pavimentos com revestimento primário proposta por Nervis (2018). A metodologia abrange a definição das espessuras de uma ou mais camadas de revestimento primário, de modo a resistir às cargas verticais sem que ocorra a ruptura por cisalhamento de uma ou mais camadas, minimizando as deformações permanentes acumuladas.

Utilizou-se para dimensionamento o solo do subleito melhorado com cimento como camada de revestimento primário, o qual caiu no grupo de 1° prioridade para utilização como tal. Considerou-se os parâmetros resultantes dos ensaios de compressão simples e compressão diametral para verificação do dimensionamento do pavimento.

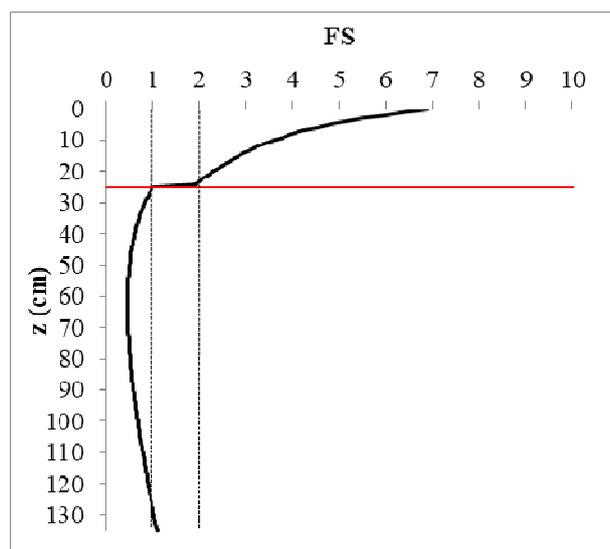


Figura 7. Método simplificado para dimensionamento de pavimentos.

De acordo com a Figura 7, pode-se verificar que a melhor altura para camada do revestimento de modo a garantir o coeficiente

de segurança recomendado seria uma camada com espessura de 25cm. Considerando-se como hipótese também, que a partir de aproximadamente 30 cm de profundidade o solo seja apreciavelmente resistente.

4. CONCLUSÕES

A classificação G-MCT do solo do revestimento mesmo com a adição de cimento permaneceu no grupo Ps-LA, grupo onde não há recomendação para utilização em revestimento primário devido a serem solos relativamente permeáveis e possuírem baixa coesão. O ensaio de cisalhamento do mesmo não obteve sucesso devido a desagregação do corpo de prova no desmolde, porém a adição de cimento ao mesmo fez-se resultados relativamente bons se comparado aos parâmetros de resistência do solo do subleito.

O solo do subleito por sua vez, com a adição do cal migrou de um solo com classificação não recomendada em revestimento primário de estradas, para um grupo com recomendação para tal. Entretanto, a adição do cimento ao mesmo o deixou classificado no grupo de 1° prioridade de utilização.

Quanto aos ensaios de cisalhamento do solo do subleito com adição de cal e cimento, os mesmos não obtiveram relativamente mudanças significantes. Ambas diminuíram o intercepto de coesão e aumentaram o ângulo de atrito do solo.

Partindo da hipótese de que a partir de aproximadamente 30 cm de profundidade o solo seja apreciavelmente resistente, verificou-se através do emprego da metodologia proposta por Nervis (2018) que o melhoramento do solo com cimento, tal que resulte numa espessura de 25 cm compactada na energia normal, atende os quesitos de dimensionamento do pavimento, desde que garantida a adequada drenagem da via.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895: Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BRASIL. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia (Org.). Carta Geológica Regional. 2006. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Cartografia-GeologicaRegional-624.html>>.

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. ed., rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 1987-1988. 3 v.

JAEGER, J. C., COOK, N. G. W. e ZIMMERMAN, R. W. (2007). Fundamentals of rock mechanics. Blackwell Publishing, 4ª ed., Oxford.

NERVIS, Leandro Olivio. Identificação e discussão dos mecanismos de degradação de pavimentos com revestimento primário. 2016. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/143731>>.

NERVIS, Leandro Olivio. Proposta de metodologia simplificada para o dimensionamento de pavimentos com revestimento primário. 2018 Disponível em <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1352/685>>.

NERVIS, Leandro Olivio; BITTENCOURT, Benhur K. Influência do Abaulamento de Pista na Ocorrência de Patologia em Vias não Pavimentadas – 2012- Disponível em <<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geosu/2012/2012-nervis-bittencourt.pdf>>.

NOGAMI, Job Shuji; VILLIBOR, Douglas Fadul. Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos. São Paulo: Villibor, 2009.

PINTO, Carlos de Sousa. Curso básico de mecânica dos solos: em 16 aulas. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, c2006. 355 p.

VILLIBOR, D. F.; ALVES, D. M. L. Classificação de solos tropicais de granulação fina e grossa. Revista Pavimentação, nº 43, jan-mar2017, ABPv-Associação Brasileira de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2017.