

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM AREIA ARGILOSA NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU/SP

CAMILA PEREIRA – camila05pereira1998@gmail.com

DIEGO AUGUSTO VALVERDE – diegoaugvalverde@gmail.com

FACULDADE GALILEU

RESUMO

Para se obter bons resultados técnicos na terraplanagem e pavimentação asfáltica de qualidade, deve haver uma combinação entre os métodos utilizados, mão de obra especializada, e projetos da estrutura do solo e do pavimento. Além disso, deve-se considerar também o acabamento do mesmo e os devidos cuidados com a mistura asfáltica. Este trabalho, tem o intuito de mostrar os processos realizados em uma avenida de solo considerado areia argilosa no município de Botucatu/SP, O processo de pavimentação asfáltica seguiu as conformidades em relação ao estabelecido em projeto e pela construtora responsável.

Palavras-chaves: compactação; pavimento; estrutura; solo.

ABSTRACT

In order to obtain good technical results in quality earthworks and asphalt paving, there must be a combination between the methods used, specialized labor, and soil and pavement structure designs. In addition, one must also consider its finishing and due care with the asphalt mixture. This work aims to show the processes carried out in an avenue of soil considered clayey sand in the city of Botucatu/SP. The asphalt paving process followed the conformity in relation to what was established in the project and by the responsible construction company.

Keywords: compression; pavement; structure; soil.

1. INTRODUÇÃO

O método de pavimentação asfáltica é o mais comum hoje encontrado em obras e reparos de ruas, vias e estradas, tratando-se de um pavimento flexível onde as cargas aplicadas sobre cada camada é mais bem distribuída, assim exercendo menor pressão na fundação da estrutura. O pavimento é composto por diferentes camadas estruturais, como subleito, sub-base, base e por fim a camada de revestimento.

O concreto asfáltico é um dos métodos mais utilizados devido grande aderência com seus agregados, onde para Araújo (2016), esse tipo de pavimento é o mais viável economicamente e de melhor praticidade, pois a manutenção não é recorrente, possui maior resistência e duração em relação a fatores externos.

É importante que todos os processos de preparação do pavimento e solo sejam efetuados de maneira correta, contando com técnicas indispensáveis, como por exemplo, a compactação.

Segundo Crispim (2010), o processo de compactação interfere diretamente nas propriedades hidráulicas e mecânicas do solo, pois aumenta a sua densidade melhorando o comportamento do mesmo frente às solicitações. Castro (2016) relata a importância da compactação na pavimentação e os cuidados na sua execução.

Esta técnica torna-se indispensável quando executada de forma correta, assim melhorando o comportamento do solo (CASTRO, 2016), sendo muito usada em diversos tipos de obras da engenharia.

O ensaio de compactação Proctor Normal relaciona a massa específica seca máxima do solo para um determinado valor de umidade. A interpretação do ensaio possibilita determinar a umidade ótima que será utilizada para a compactar o solo (BARROS, 2014).

Segundo Filho (1995) a teoria de Olson afirma que a adição de água na quantidade correta ajuda a eliminar os acúmulos de ar nas pequenas aberturas existentes (porosidade), assim reorganizando as partículas a cada esforço aplicado.

Este trabalho busca apresentar e analisar a técnica utilizada no momento da pavimentação em areia argilosa realizado em uma avenida da cidade de Botucatu/SP, nas proximidades do Jardim Continental.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Solos

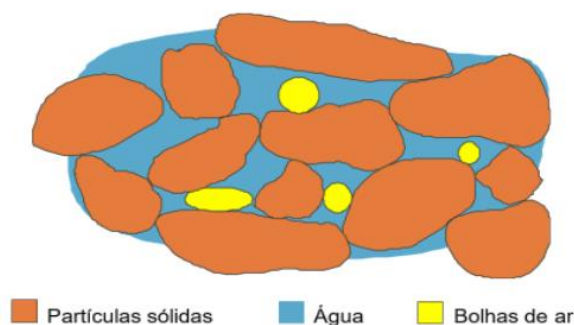
Cada solo possui composição e granulometria distinta, sendo assim, o conhecimento do tipo de solo é de relevância para o entendimento de seu comportamento (FREITAS; CONTI, 2016).

Segundo Ortigão (2007) solo é um conjunto de inúmeras partículas formadas pela decomposição das rochas decorrente dos processos de intemperismo físico e químico a que estão submetidas.

O intemperismo químico tem a ação de processos químicos, e o físico devido a ações externas como, água, vento e temperatura.

Para Craing (2004) as partículas que formam o solo são preenchidas por outros componentes como água e ar, ocupando os espaços vazios entre uma partícula e outra, conforme mostra abaixo a figura 1.

FIGURA 1: Esquema de um solo não saturado.



FONTE: LEPSCH, 2002

A variedade de solo com que a engenharia se depara é extensa, como solo residual define através da decomposição e desintegração da rocha, portanto, não havendo grandes deslocamentos, assim permanecendo próximo ao seu local de origem (BLIGHT; LEONG, 2012).

Para Craig e Knappett (2018), a compactação aumenta a densidade do solo, diminuindo os vazios que o compõem, como o valor de ar por exemplo.

O solo orgânico é aquele que apresenta altos teores orgânicos na sua composição, seja ela vegetal ou animal.

Segundo Pinto (2006) a composição do solo orgânico é definida através da grande quantidade de matéria orgânica que nela possui em vários estágios de decomposição. É também o solo mais fácil de identificar, através da coloração mais escura e odores inerentes.

O ensaio de limite de liquidez menor que 50% o solo é considerado fino, inorgânico argiloso, e maior que 50% é considerado um solo grosso, conforme a Classificação Unificada de Solos (SUCS). O sistema SUCS é adaptado para uso no laboratório (NER-ME 041/94).

O solo laterítico é o mais comum em países de clima tropical, onde podem ser reproduzidos pelos esforços e propriedades mecânicas e hidráulicas, simulando camadas compactadas (VILLIBOR, *et al.* 2009).

O solo de graduação fina é normalmente usado em base de pavimentação decorrente da grande eficiência que a mesma proporciona em razão do seu comportamento. (VILLIBOR, *et al.* 2009)

Para Villibor *et al.*, (2009) através da metodologia de ensaio de amostras MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) consegue-se identificar o comportamento do solo quanto à sua gênese: em lateríticos e não lateríticos. Os lateríticos são utilizados para a pavimentação devido as suas características.

2.2 Pavimentação

Os solos tropicais existentes em nosso país são no geral empregados nas estruturas de pavimentos em camadas de subleito e reforço, além de aplicados em sub-base e bases, onde podem sofrer adições ou modificações buscando melhorar o desempenho (BALBO, 2007).

Segundo Bernucci *et al.*, (2008) pavimento flexível é formado por algumas camadas, como a camada de subleito, reforço do mesmo quando necessário, base, sub-base e revestimento.

Para o uso de pavimentos em determinada estrutura, o solo precisa ser compactado, que basicamente consiste na redução de vazios (poros) através de uma força mecânica, assim aumentando na resistência em relação ao cisalhamento, carga, pouca deformidade e permeabilidade (CRISPIM, 2010).

Para Danielecki (2004) o pavimento tem quatro funções principais sendo elas o conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e conforto visual, seja quaisquer que seja o local utilizando esse método.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), estas camadas possuem uma grande variedade de tamanhos apoiados no subleito.

Deve-se proporcionar as condições necessárias de suporte e rolamento, mesmo com todas as reações climáticas, onde as camadas são denominadas de diferentes formas como, revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito (BALBO, 2007).

O subleito é uma das camadas do terreno do solo, que serve de fundação do pavimento, onde a estrutura será apoiada e distribuída (DNIT, 2017). Quando necessário, o reforço dessa camada é indispensável, pois promove maior resistência, e subdivide os esforços verticais de uma forma moderada e uniforme (SENÇO, 2007).

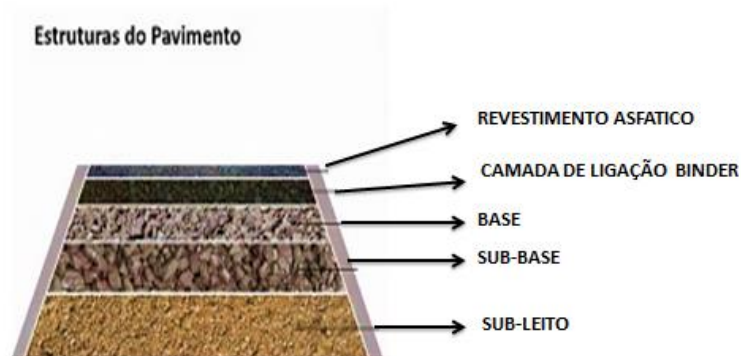
De acordo com o DNIT (2017) a base é a camada que resiste aos esforços aplicados pelos veículos de forma horizontal, assim distribuindo a mesma nas camadas inferiores, contribuindo para a resistência e integridade do revestimento.

No intuito de diminuir as pressões aplicadas na camada de superfície, esse processo é feito de modo que possa se obter uma boa drenagem do pavimento, e os materiais necessários para a construção dessa camada pode ser de brita fina, cascalho, material estabilizante, concreto asfáltico, entre outros (BALBO, 2007).

O revestimento é a camada final da pavimentação, a mesma que recebe todas as cargas e posteriormente as distribui, podendo ser cargas estáticas ou dinâmicas para não haver alta deformação elástica e plástica. Os materiais normalmente usados para a construção dessa camada geralmente são pedras sobrepostas, blocos pré-moldados de concreto, concreto compactado com rolo, materiais betuminosos e misturas asfálticas (BALBO, 2007).

A figura 2 mostra de forma ilustrativa as camadas que compõem o pavimento, e suas características.

FIGURA 2: Camadas do pavimento



Fonte: GEWEHR, 2015

4 MÉTODOS

Serão apresentados os resultados do ensaio *in situ* (Determinação da massa específica aparente) com base na NBR 7185/2016 feito no solo trabalhado em uma Avenida de Botucatu nas proximidades do Jardim Continental entre os meses de janeiro e abril de 2021, apresentando o teor de umidade no solo existente, assim proporcionando uma orientação adequada da melhor técnica de compactação a se utilizar e preparação de cada camada para o recebimento da pavimentação.

O laboratório responsável pelos ensaios realizados em campo e interno é a CETEC (Centro Tecnológico) da cidade de Lins/SP, contando com equipe altamente qualificada para execução em campo dos mais diversos tipos de ensaios.

A determinação da massa específica aparente do solo é o procedimento tomado quando é necessário conhecer a densidade da umidade do solo em que será trabalhado.

Mediante a isso, as amostras deformadas dos solos são coletadas para conhecimento da densidade do solo, teor de umidade e o grau de compactação, de acordo com a ABNT 7185 (2016).

Os resultados obtidos em análise de laboratório, são comparados com os de densidade e umidade considerados valores ideais através da norma vigente. Mediante ao previsto em norma e comparando com os resultados obtidos é definido o grau de compactação para que o teor de umidade não interfira na integridade e necessidade do solo e pavimentação.

Os resultados considerados como adequados são maiores ou igual a 96% de grau de compactação, determinado pelo manual da pavimentação DNIT. Caso contrário, para valores inferiores a este, torna-se necessário um melhor preparo da camada para que mais uma vez a amostra de solo seja coletada para análise em laboratório.

Se o solo estiver dentro das conformidades estabelecidas, inicia-se o processo de pavimentação asfáltica, através da distribuição e uniformização do BGS (Brita Graduada Simples), cujo processo demanda a ajuda de maquinário e operários.

A compactação do BGS é dada para que a estrutura do pavimento propriamente dito, seja mais resistente, ajudando na retenção de umidade quando necessário e estabilizando de forma eficiente o solo areia argiloso.

A execução correta de cada fase, contempla a integridade e funcionalidade desejada da estrada, vias, ruas ou ruelas, onde todas devem ser acompanhadas e executadas por profissionais e maquinário adequado.

O revestimento asfáltico necessita de certos fatores como requisito para eficiência da camada, como tempo estável, o material betuminoso aquecido na temperatura ideal podendo variar entre 140°C a 200°C, em fornalha no próprio maquinário em intervalo de tempo pequeno até a aplicação do mesmo.

O lançamento do revestimento quando não efetuado de maneira correta, como em dias chuvosos, o pó de brita (camada inferior) encharcada ocasiona a pouca aderência do pavimento, ocasionando o deslocamento da camada de revestimento, assim comprometendo a integridade do mesmo.

Outro risco muito comum, é a falta de compactação adequada, agregada com a falha de impermeabilização da camada de revestimento. Ambos procedimentos falhos ocasionam erosões de grande e pequeno porte, comprometendo a integridade e colocando a vida de terceiros em risco.

O revestimento asfáltico é lançado somente após a distribuição do pó de brita, sendo o fator que proporciona maleabilidade para a camada final, no intuito de evitar fissuras e rachaduras.

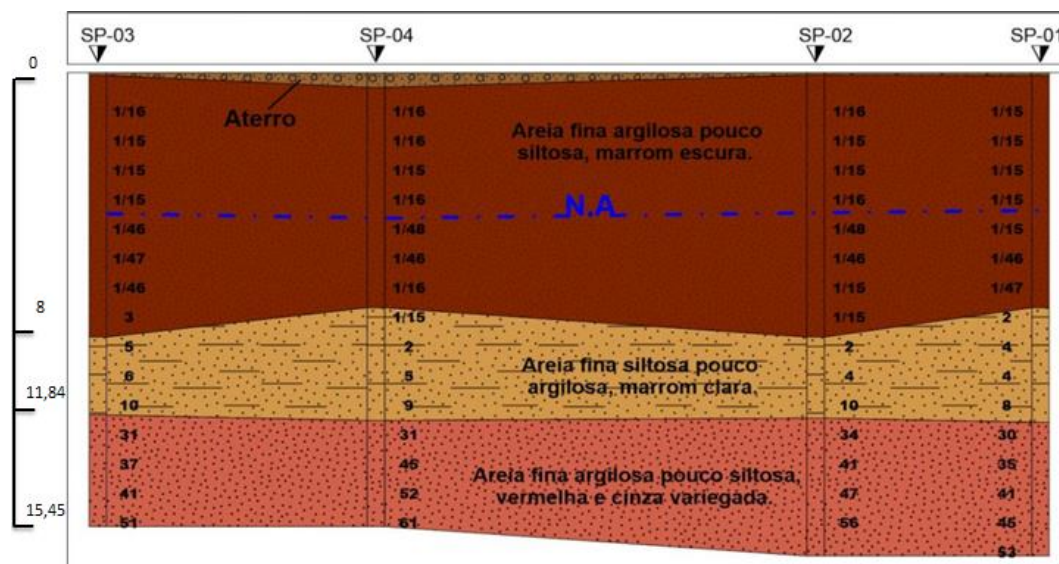
Compactar essa camada final é de extrema importância, tratando-se do momento de expulsão de ar naturalmente existente do material betuminoso, melhor aderência com a camada inferior, melhor alcance da resistência necessária, nivelamento adequado e espessura desejada conforme o estabelecido em projeto pelo rolamento do compactador.

A imprimação é realizada como o último método à ser executado, pois tem o objetivo de impermeabilizar todo o pavimento estrutural e de revestimento, também conhecido de forma mais popular como piche.

Neste trabalho não foram realizados ensaios de caracterização para classificação do solo e, portanto, consideraram-se resultados de ensaios de sondagem de simples reconhecimento com SPT (*Standart Penetration Test*) realizados nas proximidades do local estudado. Vale ressaltar que uma das vantagens deste ensaio é a coleta de amostras deformadas de solo, que possibilita por meio de uma análise tátil-visual a determinação da textura do material (Figura 3). Nota-se que, até cerca de 8 metros de profundidade, tem-se uma areia argilosa, seguida de uma camada de areia siltosa e, depois, areia argilosa novamente. Aparentemente, há fortes indícios de que até cerca de 15m de profundidade o solo é arenoso e homogêneo, apresentando pequenas variações em sua textura. Assim, considerando que as obras de pavimentação são apoiadas em pequenas profundidades, adotou-se como sendo uma areia argilosa.

A figura 3 mostra o perfil geotécnico do solo utilizado como representação, para a construção da pavimentação da avenida na cidade de Botucatu/SP nas proximidades do Jardim Continental.

FIGURA 3: Perfil geotécnico do solo adotado como representativo do local estudado.



FONTE: CETEC, 2020.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

A análise dos dados levantados visa demonstrar a utilização do processo da pavimentação asfáltica, desde a terraplanagem, estrutura da pavimentação até a imprimação do revestimento.

Através do ensaio de massa específica aparente, foram coletadas amostras deformadas do solo na avenida explicitando o resultado do grau de compactação, mediante ao teor de umidade, massa específica aparente e umidade ótima por camada.

Os resultados laboratoriais realizados no laboratório CETEC (Centro Tecnológico) da cidade Lins, apresenta as porcentagens consideradas como aceitáveis ou não para continuidade ou paralização dos processos, devendo ser igual ou maior que 96% de compactação, portanto, resultados inferiores a este estabelecido pelo DINIT, o processo de uma nova compactação se faz necessário para que atenda aos requisitos de segurança da via, seja do solo ou de toda a extensão do processo de pavimentação asfáltica.

Conforme a tabela 1 são apresentados alguns resultados de amostras de solo obtidas em laboratórios, por camada:

TABELA 1: Resultados da preparação da camada de aterro.

Energia de Compactação: Normal					
Umidade ótima 13,1 %			Massa Esp. Ap. Máx. 1,884 g/cm ³		
Nº de ensaio	Localização	Camada	Teor de umidade (%)	Dens. Do Solo Seco (g/cm ³)	Grau de Compact. (%)
1	Aterro Avenida	1º	13,70	1,794	96,7
2	Aterro Avenida	2º	14,40	1,833	96,9
3	Aterro Avenida	3º	10,70	1,887	97,15
4	Aterro Avenida	4º	14,25	1,821	98,15

FONTE: CETEC, 2021..

Conforme indica a tabela acima, as camadas de pavimentação seguem a mesma linha de necessidade e obrigatoriedade, possuindo porcentagem aceitável como necessária e segura para uso dos veículos que nela trafegaram e pedestres.

Na tabela 2, é mostrado alguns resultados obtidos através de amostras analisadas de BGS:

TABELA 2: Resultado da preparação da camada base

Energia de Compactação: Normal					
Umidade ótima 6,1 %			Massa Esp. Ap. Máx 2,095 g/cm ³		
Nº de ensaio	Localização	Camada	Teor de umidade (%)	Dens. Do Solo Seco (g/cm ³)	Grau de Compact. (%)
1	Avenida	Base	5,7	2,108	100,6

FONTE: CETEC, 2021.

A preparação para o lançamento do CBUQ é dada através do espalhamento e uniformidade do pó de brita, proporcionando uma melhor flexibilidade ao pavimento, melhorando seu desempenho e vida útil.

O material betuminoso é aquecido à uma temperatura variável entre 150°C a 200°C, para melhorar a aderência com a camada inferior e para que o nivelamento da camada de forma adequada, fazendo-se necessário o lançamento do mesmo em dias sem condições de chuva, pois a interferência da água modifica o resultado obtido, como por exemplo má aderência do CBUQ e futuros problemas que possam acontecer por intermédio desse fator climático.

No processo de pavimentação a impermeabilização é dada através da imprimação proporcionando o acabamento final de impermeabilização do revestimento asfáltico.

A figura 4 apresenta a pavimentação da Avenida finalizada, pronta para o tráfego de pessoas e veículos.

FIGURA 4: Avenida nas proximidades do Jardim Continental, Botucatu/SP.



Fonte: Própria autora, 2021.

6. CONCLUSÃO FINAL

Os riscos existentes são dados pela falta de compactação de cada camada, onde a mesma é determinada mediante os resultados de laboratório.

Torna-se inaceitável a compactação de qualquer camada do solo ou pavimento, inferior a 96%, de acordo com o manual da pavimentação. A compactação em campo foi feita com um equipamento conhecido como pé de carneiro.

Chuvas frequentes e intensas normalmente ocasionam erosões no solo quando em fase de terraplanagem, comprometimento à integridade da camada de BGS na fase de pavimentação, impedimento o lançamento do CBUQ, e aderência de forma eficiente quando o mesmo ainda estiver com temperaturas elevada.

O momento de compactação para cada camada da pavimentação (estrutural e revestimento) é extremamente importante para que a avenida cumprisse com os requisitos necessários para atender bem a população e o tráfego que dela dependem, tornando-se importante a presença do laboratorista na execução de cada etapa, afim de identificar riscos e erros a tempo de serem evitados, prevenidos ou reparados rapidamente.

Devido aos dados apresentados, a construção da avenida, tem o intuito de melhorar a infraestrutura do local e locomoção de veículos e pessoas.

Por este fator, é importante o estudo do local onde será construído antes que qualquer procedimento seja iniciado, e o que dele será exigido, como por exemplo, ser estimado a variação de tráfego que nela ocorrerá, tipos de veículos pesados ou leves que à utilizaram, assim proporcionando melhor segurança, eficiência e economia compatíveis com o desejado e projetado.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. M. Energias para compactação de solos destinados a estruturas de pavimentos asfálticos. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185**: Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia. 2016.

BRAGATO, G. A. Análise de misturas de solo argiloso laterítico e resíduo de construção civil estabilizado para uso em pavimentos econômicos. 2018.

BARROS, E. H. C. et al. Análise Experimental da Influência da Energia de Compactação nas Características Mecânicas do Solo. In: Congresso Brasileiro De Mecânica Dos Solos e Engenharia Geotécnica. 2014. p. 1-6.

CRAIG, R. F.; KNAPPETT, J. A. Mecânica dos Solos. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CASTRO, A. P. A. Influência da compactação no colapso de um solo arenoso. 2016.

COSTA, J. DA S. Análise comparativa de alternativas para pavimentação de rodovias: pavimento flexível x pavimento rígido. 2013.

CRISPIM, F. A. et al. Compactação de solos: influência de métodos e de parâmetros de compactação na estrutura dos solos. 2007.

DE FREITAS, G. S.; DAS N. C. T. Estudos de solos bem graduados por meio do ensaio de compactação. Revista Educação, v. 11, n. 3, p. 67-67, 2016.

DE MORAIS, E. R. Avaliação de índices físicos, mecânicos e estruturais do solo, Aplicado a pavimentação. VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias, v. 25, n. 2, p. 41-55, 2015.

DOS SANTOS, W. M.; DALLA R., A. E.; CRISPIM, F. A. Analise Comparativa entre Métodos de Classificação Dos Solos Para Pavimentação.

DIAS TOLEDO, H.; SIMONI, O. A gestão de resíduos sólidos da construção civil: como reforço de subleito para solo argiloso. 2017.

DOS SANTOS, W. M.; DALLA R., A. E.; CRISPIM, F. A. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PARA PAVIMENTAÇÃO. 2018

FERP, UGB; FERREIRA, E.E.P.; DA SILVA, M. A. METODOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM SOLOS MOLES. Episteme Transversalis, v. 11, n. 2, 2020.

GEWEHR, J. Asfalto de qualidade. 2015.

GOMES, F.A.V.; DA SILVA, J. V. Terraplanagem e a aplicação do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) para pavimentação em vias urbanas. 2018.

J.A.R O.. Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos. 3ª Edição. Rio

JÚNIOR, D.; E. W. T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 1, p. 45-51, 1999.

LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

MOURA, G. DE J. Estabilização granulométrica de solo argiloso com inclusão de PET micronizado. 2020.

RAMOS, M. F. et al. Grau de Compactação de Solos Arenosos Altamente Suscetíveis à Erosão. Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, v. 10, 2014.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. Semana: Ciências Agrárias, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

SILVA, A. L. DA. Estudo comparativo entre pavimento rígido e pavimento flexível. 2019.

ZUCCHI, F. L. et al. Analise Comparativa Entre as Metodologias De Compactação Da ABNT (2016) e Rede (2010) Para Solo Argiloso e Arenoso do Estado do Rio Grande do Sul.