

EXATAS E TECNOLÓGICAS

V.3 • N.3 • Agosto/Setembro/Outubro - 2019

ISSN Digital: 2359-4942

ISSN Impresso: 2359-4934

DOI: 10.17564/2359-4942.2019v3n3



ANÁLISE DA ADIÇÃO DE PÓ DE BRITA NO MELHORAMENTO DE UM SOLO, COM VISTAS À PAVIMENTAÇÃO

ANALYSIS OF THE ADDITION OF GRAVEL DUST TO
IMPROVE A SOIL, WITH A VIEW TO PAVING

ANÁLISIS DE LA ADICIÓN DE POLVO DE GRAVA PARA MEJORAR
UN SUELO, CON VISTAS A SU PAVIMENTACIÓN

André Felipe Tenório de Holanda e Silva Costa¹
Lucas Vazquez Sityá²
Lucas Ferreira Melo Machado³

RESUMO

O presente estudo analisou a mistura de pó de brita em solos, bem como as possibilidades para fins de pavimentação, para utilização em camadas granulares de base e sub-base. Os resultados foram obtidos através de diversos ensaios feitos em laboratório, para verificar se o material resultante atingiria os requisitos mínimos de uso para fim de pavimentação. Concluindo-se porém que, para a aplicação sugerida, o pó de brita não melhorou o desempenho do solo em questão.

PALAVRAS-CHAVE

Melhoramento de solo. Pó de brita. Pavimentação.

ABSTRACT

The present study analyzed the mixture of gravel dust in soils, as well as the possibilities for paving purposes, for use in granular base and sub-base layers. The results were obtained through various laboratory tests to verify that the resulting material would meet the minimum paving requirements. However, for the suggested application, crushed dust did not improve the soil performance.

KEYWORDS

Soil Improvement. Gravel Powder. Paving.

RESUMEN

El presente estudio analizó la mezcla de polvo de grava en los suelos, así como las posibilidades de pavimentación, para su uso en capas de base granular y de subbase. Los resultados se obtuvieron a través de varias pruebas de laboratorio para verificar que el material resultante cumpliría con los requisitos mínimos de pavimentación. Sin embargo, para la aplicación sugerida, el polvo triturado no mejoró el rendimiento del suelo.

PALABRAS CLAVE

Mejoramiento de suelos. Polvo de grava. Pavimentación

1 INTRODUÇÃO

Pavimento é a estrutura formada após a terraplenagem e disposta, técnica e economicamente, suportar e distribuir os esforços verticais provenientes do tráfego e distribuí-los, aperfeiçoar as condições de rolamento quanto à comodidade e estabilidade, aguentar aos esforços horizontais (desgaste), tornando a superfície de rolamento mais durável. É um sistema de várias camadas de espessuras finitas que se assenta sobre um “semi-espaço” infinito e exerce a função de fundação da estrutura, chamado de subleito (SENÇO, 2001).

A execução de pavimento requer, não só noções dos materiais utilizados nas suas camadas integrantes, mas estudo do solo da região onde a obra será estabelecida (SENÇO, 2001). Mesmo não sendo aplicado na execução do pavimento, o solo terá grande intervenção em obras de drenagem, acostamentos, corte e aterro, que de forma incontestável, sempre será o suporte dos pavimentos (SENÇO, 1997).

“O solo é o mais antigo, mais usado, mais complexo e mais desconhecido dos materiais de construção” (SENÇO, 1997). A realização de obras de pavimentação requer cada vez mais, o emprego de recursos acessíveis nos locais de implantação da obra (OLIVEIRA, 2011). Para o desfrute de recursos disponíveis, pode ser empregada a estabilização do solo.

Estabilizar um solo consiste em oferecer resistência de modo a suportar os esforços aplicados pelo tráfego, ao longo de um certo período e ao emprego para o qual foi planejado (SENÇO, 2001). Misturas estabilizadas ocorrem em obras de pavimentação, utilizando materiais granulares, solos ou ainda misturas de ambos, nas camadas de base, sub-base e eventualmente em reforços de subleito (BALBO, 2007).

Nos pavimentos asfálticos (flexíveis), os solos estão em maior parte presentes camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito. O reforço do subleito, refere-se a uma camada de espessura uniforme sobre o subleito regularizado, tipicamente um solo argiloso de características melhores a do subleito. Sub-base, entre o subleito (ou camada de reforço deste) e a camada de base, o material deve ter boa capacidade de suporte, protege o bombeamento do solo do subleito a camada de base. Base, abaixo do revestimento, oferece apoio estrutural, sua rigidez diminui as tensões no revestimento e divide as tensões nas camadas inferiores (CNT, 2016). Sendo o pó de brita o material utilizado, sem aditivo, tendo-se neste uma base granular, sem coesão, sem resistência a tração e tensões de compressão diluídas, o que é relacionado normalmente a sua espessura.

O pó de brita é um material mais fino que o pedrisco, sua granulometria vai de 0 a 4,8 mm. Utilizado para ensaibramento, pavimentação, usinas de asfalto, calçamentos com base asfáltica e de concreto, fabricação de pré-moldados, estabilizador de solo, confecção de argamassa para assentamento e emboço, paralelepípedos de concreto etc. (SAIBREIRA, 2017). Como visto, o pó de brita tem diversas formas de utilização, neste trabalho foi utilizado como estabilizador de solo.

Os solos arenosos são, de um modo geral, facilmente danificados por processos abrasivos, quando examinados separadamente, devido à ausência do “ligante”. Já os solos argilosos, também examina-

dos separadamente, são muito deformáveis, com baixa resistência ao cisalhamento, quando retém água. Sendo de prática comum misturar solos de características coesivas com solos de características granulares, visando conseguir, a partir da mistura, trabalhabilidade e resistência em valores considerados ideais (MARQUES, 2009).

O estado de Rondônia é caracterizado por possuir grande quantidade de latossolos, este são solos minerais, suas camadas (ou horizontes) possuem pouca ou nenhuma distinção, podendo ser diferenciados pela sua cor quase integralmente homogênea mesmo em profundidades diferentes. Estes solos possuem ainda ser caracterizados por serem “bem drenados”, boa qualidade de suporte, possuírem pouca fertilidade e textura mais fina (argilosa ou muito argilosa) ou média (EMBRAPA, 2017).

Neste trabalho, foi usada a forma de estabilização granulométrica, onde ocorre a alteração das propriedades do solo por meio da adição do pó de brita ao solo, fazendo-se a mistura.

Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2016) a extensão da malha rodoviária no Brasil é de 1.720.756 km, sendo 211.468 km pavimentadas, o que representa 12,3%. Em Rondônia, tem-se 3.221 km de extensão pavimentada, sendo 0,6% em péssimo estado, 6,8% ruim, 45,7% regular, 0,6% bom e 46,3% ótimo. Portanto, é importante buscar soluções que aumentem a qualidade dos pavimentos, para que se possa aumentar a porcentagem de estradas em ótimo estado. O pó de pedra se mostra uma alternativa barata, e por meio dessa pesquisa, verificou-se seu desempenho quanto a resistência mecânica.

O propósito deste trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso de misturas de um solo da cidade de Cacoal – Rondônia; com pó de brita visando uma melhora em suas propriedades para a aplicação em camadas de base e sub-base de pavimentos, tendo como referência a resistência das misturas obtidas a partir do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais foram coletados na cidade de Cacoal-RO. O solo utilizado foi retirado de uma jazida localizada na linha 7, próximo ao aeroporto Capital do Café e o pó de brita foi obtido junto a jazida da empresa Castilho Estruturas, na BR-364, saída para Pimenta Bueno-RO. O pó de brita é um resíduo da sondagem de pedreiras e seu diâmetro máximo é inferior a 4,8 mm. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil das Faculdades Integradas de Cacoal – UNESC Rondônia.

Após a coleta em campo dos materiais, estes foram armazenados no laboratório e espalhados sobre lona plástica para secagem ao ar por 48 horas (FIGURA 1 – a) e separados em amostras menores para os ensaios (FIGURA 1 – b).

Figura 1 – Solo e pó de brita: (a) durante a secagem; (b) amostras na quantidade necessária para cada ensaio

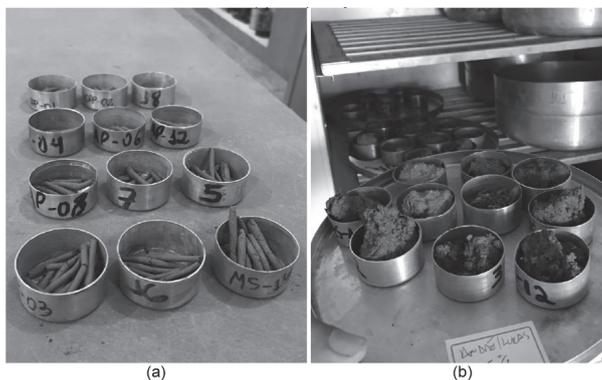


Fonte: Dados da pesquisa.

Foram definidas amostras de solo puro (100% de solo e 0% pó de brita), ou seja, em seu estado natural, de pó de brita pura (0% de solo e 100% de pó-de-brita) e de solo modificadas com pó de brita nas seguintes porcentagens: 15% e 25% da massa total. A mistura dos dois materiais é caracterizada como sendo uma estabilização granulométrica.

A caracterização de um solo em laboratório vincula-se diretamente da qualidade da amostra e do procedimento de ensaio, onde cada fase deve ser seguida criteriosamente nas normas específicas para cada etapa. Inicialmente, foram executados ensaios para a determinação da umidade por meio do método da estufa, pela NBR 16097 (ABNT, 2012); análise granulométrica por peneiramento, NBR 7181 (ABNT, 2016d); limites de plasticidade - LP, pela NBR 7180 (ABNT, 2016c) – Figura 2 (a); e limite de liquidez – LL, pelo método de Casagrande, NBR 6459 (ABNT, 2016b).

Figura 2 – Amostras para a obtenção da umidade nos ensaios: (a) Limite de Plasticidade; (b) Compactação



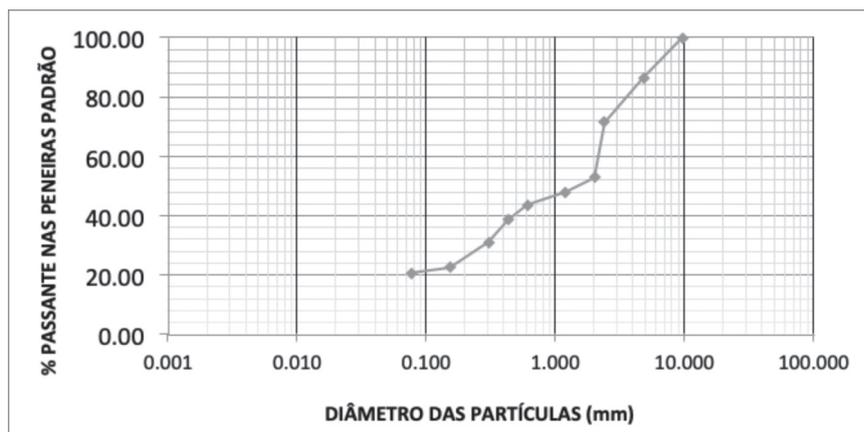
Fonte: Dados da pesquisa.

O teor de umidade ótima (umidade necessária a uma melhor compactação do material, reduzindo ao máximo seu número de vazios) foi determinada a partir do ensaio de compactação, regido pela NBR 6457 (ABNT, 2016a) – Figura 2 (b), utilizando a energia Proctor intermediária, visto que as normas ES 301 (DNER, 1997a) e ES 303 (DNER, 1997b) facultam a escolha da energia a ser utilizada em bases e sub-bases de pavimentos. Com base nesta informação foi realizado o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), para comparar valores relativos a resistência das amostras, e medida também a expansão. A partir de todos os resultados foi possível comparar com os valores da norma específica a camadas de sub-base e base de pavimentos, ES 139 (DNIT, 2010a) e ES 141 (DNIT, 2010b), respectivamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

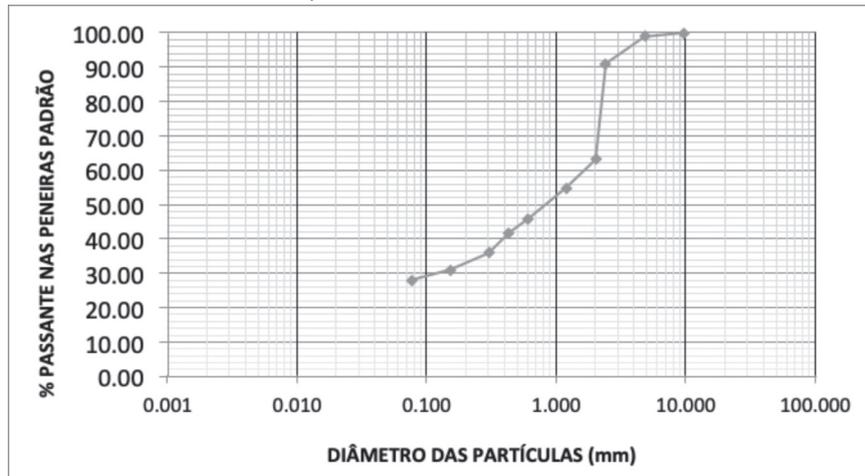
A partir do ensaio de peneiramento, foi possível determinar a curva granulométrica para o solo no estado puro, como pode se observar na Figura 3. Com os resultados obtidos, o solo foi caracterizado como sendo pertencente ao grupo A2-6, sendo constituído com grande variedade de materiais granulares e materiais silte-argilosos, além de conter uma parcela de argila plástica. Seu funcionamento como sub-base é considerado de bom a excelente, de acordo com a classificação *Transportation Research Board* (TRB).

Figura 3 – Análise Granulométrica do solo puro



Fonte: Dados da pesquisa.

As informações obtidas no mesmo ensaio para a amostra de pó de brita está contida na Figura 4. Em função de sua curva granulométrica, foi caracterizado como sendo uma areia fina a pedregosa com parcela considerável de material fino.

Figura 4 – Análise Granulométrica do pó de brita

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 1 mostra os valores encontrados para os limites físicos de consistência do solo, denominados limites de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), particularidades de um material que influenciam de modo direto na sua utilização de campo, definem as alterações de estado líquido para plástico e para semissólido. Na mesma tabela está exposto o valor do índice de plasticidade do solo (IP), conseguido pela subtração do limite de liquidez pelo limite de plasticidade ($IP = LL - LP$).

Tabela 1 – Resumo Limites Físicos de Consistência

Limites Físicos	Solo Natural	Solo + 15% de Pó de Brita	Solo + 25% de Pó de Brita
Limite de Liquidez	39 %	29,1 %	26,5%
Limite de Plasticidade	24 %	19 %	15%
Índice de Plasticidade	15 %	10 %	12%

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se uma redução do limite de liquidez e plasticidade, a medida que é acrescido o percentual do pó de brita. O índice de plasticidade também sofre uma redução em comparação a amostra de referência (Solo Natural).

As porcentagens obtidas em todos os ensaios não atenderam aos pré-requisitos estabelecidos em norma para camadas de base de pavimentos, de no máximo 25% para o LL e no máximo 6% para o IP.

No ensaio de compactação foram definidos os teores de umidade ótima do solo natural e nas devidas misturas como referido anteriormente, a Tabela 2 traz as umidades ótimas obtidas por meio do ensaio.

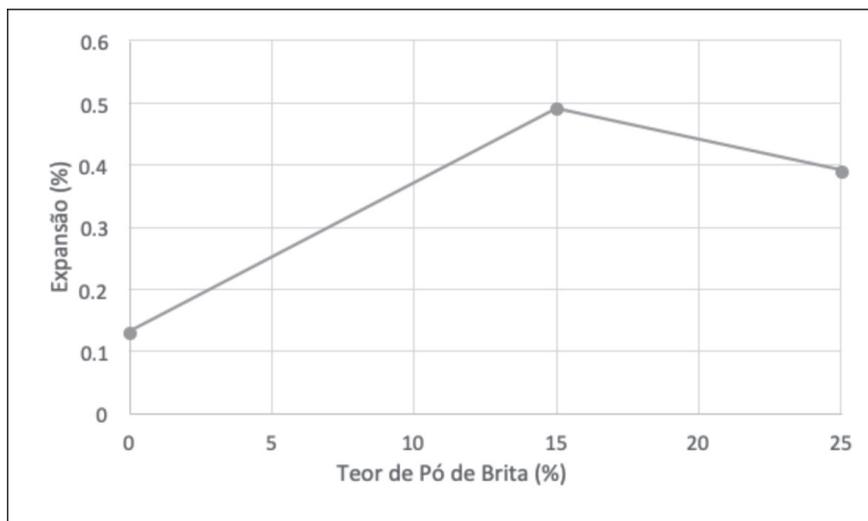
Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos a partir do ensaio de Compactação

Amostra	Umidade Ótima
Solo Natural	19,5 %
Solo + 15% de Pó de Brita	18 %
Solo + 25% de Pó de Brita	16 %

Fonte: Dados da pesquisa.

Com os resultados da Tabela 2 pôde-se observar uma redução do percentual de umidade ótima à medida que a dosagem de pó de brita foi acrescida, resultado este esperado, visto que, o pó de brita absorve menos água em relação ao solo natural.

O Índice de Suporte Califórnia (ISC) define a resistência do solo em comparação a uma brita padrão. Os valores para o ISC e para a expansão encontrados por meio do ensaio para as amostras com as devidas misturas são apresentados na Figura 5.

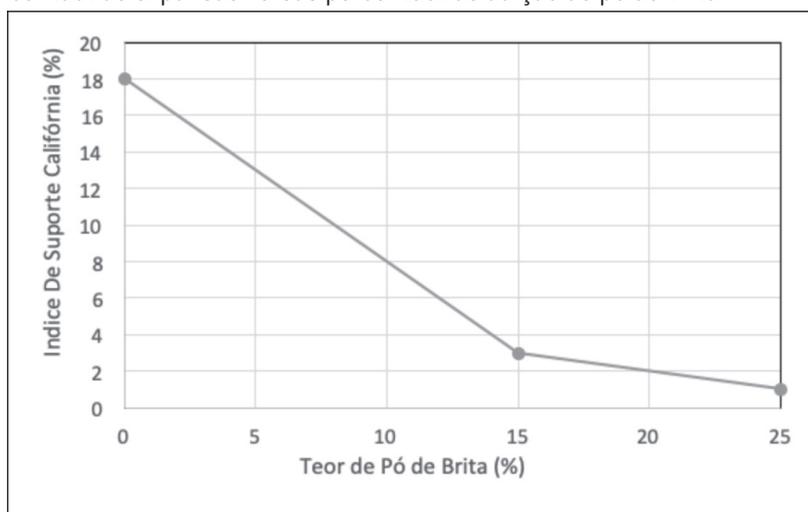
Figura 5 – Percentual de expansão versus percentual de adição de pó de brita

Fonte: Dados da pesquisa.

As porcentagens obtidas nos ensaios atendem as normas vigentes quanto a expansão máxima permitida a camadas de base (0,5%) e máxima para camadas de sub-base (1%). Ou seja, atendem a este requisito.

A Figura 6 apresenta os resultados para a análise do Índice Suporte Califórnia (ISC).

Figura 6 – Percentual de expansão versus percentual de adição de pó de brita



Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores de Índice de suporte Califórnia servem de referência à resistência das misturas já mencionadas neste trabalho. Pode-se observar que o pó de brita reduziu muito a resistência, na comparação a amostra de referência (0%). Além disso nenhuma das amostras avaliadas atende os valores pedidos em norma, superiores a 60 em camadas de base (ou acima de 40 em algumas exceções) e a 20 em camadas de sub-base.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma sucinta, as conclusões mais relevantes desta pesquisa são as seguintes:

O solo analisado foi qualificado como sendo referente ao grupo A2-6 pela classificação TRB, sendo que o mesmo, apresentou ISC de 18%, bem como, um Índice de Plasticidade de 15%.

Na análise de viabilidade técnica as misturas de solo com acréscimo de pó de brita apresentaram resultados insatisfatórios em todos os teores utilizados, com conclusões para o Índice de Suporte Califórnia de 3% e 1% respectivamente, valores estes considerável não aceitáveis para sua utilização em camadas de base e sub-base de pavimentos.

Quanto aos resultados obtidos nos ensaios de Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade, podemos afirmar que os mesmos não atendem aos requisitos estabelecidos para base.

A umidade ótima mostrou a redução de resultados a medida em que houve o acréscimo de pó de brita.

Como proposta para futuras pesquisas podem ser citados:

Pesquisa com utilização de misturas diferentes como cimento ou outras adições minerais.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 16097**: Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. **NBR 6457**: Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016a.

ABNT. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liquidez de Solos. Rio de Janeiro, 2016b.

ABNT. **NBR 7180**: Determinação do Limite de Plasticidade de Solos. Rio de Janeiro, 2016c.

ABNT. **NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016d.

ARAÚJO, L. M. D.; FARIAS, M. M.; JÚNIOR, F. M. V. Estudo de propriedades mecânicas de material fresado visando incorporação em camadas de base rodoviária. Second International Symposium On Maintenance And Rehabilitation Of Pavements And Technological Control. **Anais....** Alabama, 2001.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: projeto, materiais e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: fundamentos. V. 1, 6. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnicos e Científicos, 2015a.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: mecânica das rochas, fundações e obras de terra. V. 2, 7. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnicos e Científicos, 2015b.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias**. Serviço Social do Transporte. Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte, 2016.

DNER. **ES-301**: Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro, 1997a.

DNER. **ES-303**: Pavimentação – base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro, 1997b.

DNIT. **ES-139**: Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Brasília, 2010a.

DNIT. **ES-141**: Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Brasília, 2010b.

DNIT. **Manual de pavimentação**. 3. ed., Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNIT. **Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Métodos de Ensaio**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes, 2013.

EMBRAPA. **Perfil representativo de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE)**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 15 maio 2017.

MARQUES, G. L. O. **Estabilização dos solos para fins de pavimentação**. Notas de Aula, Capítulo 4. Juiz de Fora, 2009.

NOGUEIRA, J. B. **Ensaio de Laboratório**. São Carlos: EESC-USP, 2005.

OLIVEIRA, Rodrigo Fidelis Viana de. **Análise de dois solos modificados com cimento para dimensionamento de pavimentos**. 2011. 186f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SAIBREIRA BOA ESPERANÇA. **Pó de pedra**. Disponível em: <http://www.saibreiraboaesperanca.com.br/site/produtos/po-de-pedra-curitiba.html>. Acesso em: 15 maio 2017.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**: volume 1. São Paulo: Pini, 1997. 746p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**: volume 2. São Paulo: Pini, 2001. 671p.

Recebido em: 30 de Março de 2018

Avaliado em: 5 de Maio de 2018

Aceito em: 10 de Agosto de 2018



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>

1. Bacharel em Engenharia Civil pelas Faculdades Integradas de Cacoal. Email: tenorio.projetos@gmail.com

2. Bacharel em Engenharia Civil pelas Faculdades Integradas de Cacoal, Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Rondônia. Email: lucas_sitya@hotmail.com

3. Mestre e Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe, Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Email: lucas.civil@yahoo.com.br



Este artigo é licenciado na modalidade acesso abertosob a Atribuição-Compartilhalgal CC BY-SA

