

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 2

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2**

Atena Editora

2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável
2 / Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

252 p. : 38.026 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-38-7

DOI 10.22533/at.ed.3870809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

No segundo volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”**, apresentamos estudos ligados à preocupação da relação entre o homem e o meio ambiente, da ocupação e alteração do espaço geográfico e suas consequências. De que maneira utilizar os recursos naturais presentes, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

A população mundial hoje está próxima a 7,5 bilhões de habitantes, no Brasil próximo a 210 milhões de habitantes e constantemente usufruindo dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, sua existência. Mas sabemos que os recursos são finitos, precisamos encontrar alternativas, trabalhar os recursos hoje presentes de uma forma sustentável, garantindo a nossa existência, bem como das próximas gerações.

Esta coletânea de artigos trabalha em diferentes temas o uso desses recursos naturais e a preocupação ambiental. Estudos como avaliação de uso de solo laterítico como sub-base em pavimentos urbanos, características geotécnicas de uma argila e um resíduo da construção e demolição visando sua utilização conjunta como barreira capilar, o crescimento do mercado da construção civil e a preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia e a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, são também discutidos.

Questões sobre planejamento, avaliação a partir da Engenharia de Resiliência, processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, mapeamento de áreas de riscos geológico na prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos, delimitação de áreas frágeis à ocupação, gestão de riscos urbanos, mapeamento e concepção de soluções para áreas de risco geológico, regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, mapeamento do risco geológico e hidrológico, mapeamento geomorfológico de áreas densamente urbanizadas e mapeamento georreferenciado de deslocamentos horizontais e verticais de muros de contenção em gabião, são outros temas debatidos nesta coletânea.

E para fechar os diferentes temas trabalhados, temos estudos ligados à caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimos selecionadas para projetos das barragens e as investigações geológicas geotécnicas para a implantação da barragem de São Bento do UNA, no Estado de Pernambuco.

Diversos temas e informações integradas sobre a geologia ambiental e o desenvolvimento sustentável. Temas esses presentes em nosso cotidiano, e que nos auxiliam a encontrar maneiras para um desenvolvimento sustentável e a mitigação dos inúmeros impactos ambientais gerados por nós, nessa relação homem e meio ambiente.

Desejo uma excelente leitura e que os artigos aqui apresentados contribuam para o enriquecimento do conhecimento do leitor.

Eduardo de Lara Cardozo.

SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<u>CAPÍTULO I</u>	
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL	
<i>Raul Tadeu Lobato Ferreira, Augusto Romanini, Celso Todescatto Junior, Flavio Alessandro Crispim, Julio César Beltrame Benatti e Rogério Dias Dalla Riva.....</i>	<i>07</i>
<u>CAPÍTULO II</u>	
CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR	
<i>Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos.....</i>	<i>19</i>
<u>CAPÍTULO III</u>	
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS	
<i>Melissa Zanferrari Godoy, Fabio Luiz Chemin, Patrícia Kruger e Luiz Carlos Godoy.....</i>	<i>34</i>
<u>CAPÍTULO IV</u>	
AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA	
<i>Luiza Silva Betim, Eduardo Antonio Gomes Marques, Klingner Senra Rezende, Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes, Vitor Luiz Reis de Almeida e Luana Caetano Rocha de Andrade.....</i>	<i>56</i>
<u>CAPÍTULO V</u>	
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS	
<i>Andréa Jaeger Foresti, Luiz Antônio Bressani, Cornelia Eckert e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....</i>	<i>67</i>
<u>CAPÍTULO VI</u>	
EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP	
<i>Gerson Salviano de Almeida Filho, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Tatiane Brasil de Freitas e Zeno Hellmeister Júnior.....</i>	<i>87</i>
<u>CAPÍTULO VII</u>	
ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO	
<i>Natália de Souza Arruda, Thiago de Oliveira Faria e Fernando Ximenes de Tavares Salomão.....</i>	<i>103</i>

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP
Camila Bertaglia Carou, Fernando Nadal Junqueira Villela, Eduardo Soares de Macedo e Marcos Roberto Martines.....114

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC
Luiz Antonio Bongiovanni e Sandra Teixeira Malvese.....125

CAPÍTULO X

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP
Priscila Taminato Hirata, Fabrício Araujo Mirandola, Eduardo Soares de Macedo, Marcela Penha Pereira Guimarães, Claudio Luis Ridente Gomes e Alessandra Cristina Corsi.....136

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP
Priscila Ikematsu, Eduardo Soares de Macedo, Alessandra Cristina Corsi, André Luiz Ferreira, Fabrício Araújo Mirandola e Priscilla Moreira Argentin.....151

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES-BRASIL
Leonardo Andrade de Souza, Marco Aurélio Costa Caiado, Gilvimar Vieira Perdigão, Sílvia C. Alves, Larissa Tostes Leite Belo e Raphael Henrique O. Pimenta.....168

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS
Alberto Franco Lacerda.....184

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO
Nilton de Souza Campelo, Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho, Otávio César de Paiva Valadares, Michael Douglas da Costa Paes e Aroldo Figueiredo Aragão.....196

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA
Nilo Rodrigues Júnior, Vitor Santini Müller, Matheus Klein Flach, Murilo da Silva Espíndola, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Gabriela Bessa e Juan Antonio Altamirano

Flores.....209

Capítulo XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmento Leite, Diana Damásio e Castro Lopes, Rafaella Teixeira Miranda e Maiara de Araújo Porto.....223

Sobre o organizador.....241

Sobre os autores.....242

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL

**Raul Tadeu Lobato Ferreira
Augusto Romanini
Celso Todescatto Junior
Flavio Alessandro Crispim
Julio César Beltrame Benatti
Rogério Dias Dalla Riva**

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL

Raul Tadeu Lobato Ferreira

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Civil
Barra do Garças – Mato Grosso

Augusto Romanini

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Celso Todescatto Junior

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Flavio Alessandro Crispim

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Julio César Beltrame Benatti

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Rogério Dias Dalla Riva

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

RESUMO: Na região de Sinop-MT, devido à carência de materiais granulares, é amplamente utilizada nas obras de pavimentação sub-base e base de cascalho laterítico, porém sua extração causa impacto ambiental considerável pelo fato das jazidas se encontrarem em áreas próximas de rios e em profundidade. Além disso, um grande volume de solo laterítico arenoso que se encontra sobre a camada de cascalho é descartado durante o processo de extração. Neste contexto buscou-se avaliar a possibilidade de uso deste solo laterítico, A-4 (2), como sub-base em pavimentos urbanos de baixo tráfego. Embora apresente capacidade de suporte para ser utilizado como sub-base (ISC = 25%) este solo é instável frente à ação da água. A avaliação foi feita considerando os ensaios: (i) a resistência à compressão não confinada do solo estabilizado com 4% de cal; (ii) ensaios de absorção de água por imersão e por capilaridade e (iii) ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Pode-se concluir que a adição de cal conferiu estabilidade ao solo frente a água e que a mistura, resistiu bem à variação de umidade e temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilização de solos, Solo-cal, Durabilidade, RCNC.

1. INTRODUÇÃO

O solo está presente nas obras de Engenharia Civil tanto como suporte quanto como material de construção. As condições de desempenho e vida útil dessas obras estão diretamente relacionadas com a execução e principalmente às características do solo. Porém, nem sempre o solo local possui características que garantam o bom desempenho no exercício das funções requeridas do material.

No caso das obras de pavimentação, quando isso ocorre é requerida a exploração de jazidas de materiais granulares que apresentam comportamento mecânico satisfatório para a constituição das camadas de base e sub-base dos pavimentos. Entretanto, a extração desses materiais além de aumentar o custo final da obra gera impactos ambientais que afetam a paisagem, a fauna e a flora.

Na região de Sinop-MT há carência de materiais granulares, sendo comum nas obras de pavimentação o emprego de cascalho laterítico, porém sua extração causa impacto ambiental considerável pelo fato das jazidas se encontrarem em áreas próximas de rios e de preservação. Além disso, um grande volume de solo laterítico arenoso que se encontra sobre a camada de cascalho é descartado durante o processo de extração (DALLA ROZA E CRISPIM, 2013). Este solo laterítico, embora apresente capacidade de suporte para ser utilizado como sub-base (ISC = 25%) não é utilizado devido a sua instabilidade frente à ação da água conforme verificado por Machado (2012). Outro agravante é o relevo plano da região, dificultando o escoamento da água e ao lençol freático muito próximo à superfície, em média, entre 1,5 a 3,0 m de profundidade na área urbana. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilização deste solo laterítico quando estabilizado com cal, procurando proporcionar ao solo resistência à água e permitir seu uso em pavimentação urbana de baixo tráfego, reduzindo assim os impactos ambientais decorrentes da extração de cascalho e descarte do solo inadequado. Para tanto foram avaliadas a durabilidade e resistência do solo quando submetido aos ensaios de absorção de água por imersão e por capilaridade e ensaio de durabilidade por molhagem e secagem.

Este trabalho dá seguimento a outros estudos de estabilização realizados na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Sinop, podendo-se destacar os trabalhos de Uieno (2011) e Dalla Roza e Crispim (2013) com a estabilização granulométrica, Simioni (2011), Machado (2012) e Ferreira et al. (2014) envolvendo solo-cal e Friozi e Crispim (2012) e Romanini et al. (2014) com a utilização de cimento, todos eles desenvolvidos com solos da região de Sinop-MT.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de estabilização de solo descrito neste trabalho foi realizado utilizando: um solo laterítico arenoso da região de Sinop-MT e a cal como agente estabilizador. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNEMAT, Campus de Sinop e no Laboratório de uma empresa de pavimentação da

região.

2.1. Materiais

A amostra de solo utilizada neste trabalho foi extraída da Jazida de Cascalho da Prefeitura Municipal de Sinop, próximo a MT 220, nas proximidades do rio Teles Pires de uma profundidade de 0,40 a 2,00 m. A localização do ponto de coleta pode ser visualizada na Figura 1 e a Figura 2 demonstra a disposição do cascalho na jazida e o volume de solo que deve ser removido para obtenção desse material.



Figura 1 - Localização dos pontos de coleta da amostra. Fonte: Google, 2015 (Adaptado)

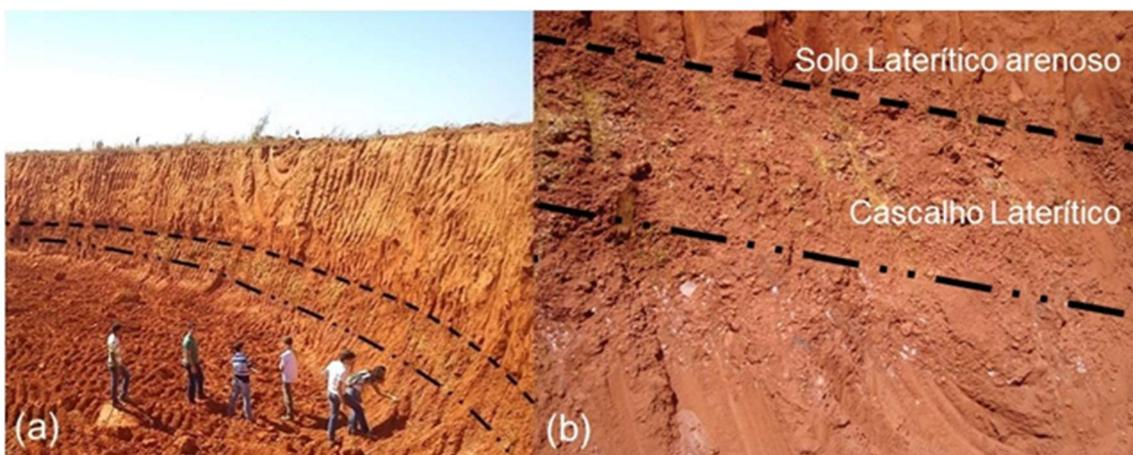


Figura 2 - Jazida de Cascalho da Prefeitura Municipal de Sinop. (a) Demonstração do volume de solo laterítico arenoso existente (b) Disposição do cascalho na jazida. Fonte: Arquivo Pessoal, 2013.

2.2. Métodos

Os métodos utilizados seguiram as especificações das normas técnicas da

ABNT e de fontes especializadas, a seguir detalhadas.

2.2.1 Ensaios preliminares

A amostra de solo analisada, após coletada, foi preparada segundo a ABNT (1992b), sendo seca ao ar, destorroada e passada na peneira de malha quadrada de 4,8 mm (ABNT, 1986), armazenada e identificada em sacos plásticos com cerca de 2,5 kg de solo.

O solo foi caracterizado a partir dos ensaios de limite de liquidez (ABNT, 1984a), de limite de plasticidade (ABNT, 1984b) e análise granulométrica (ABNT, 1984c).

Os corpos-de-prova foram compactados, utilizando a energia do Proctor normal, conforme a ABNT (1992a), para as idades de cura de 7 e 28 dias, no teor ótimo de umidade de 14,40% e peso específico seco máximo de 17,46 kN/m³, obtidos por Todescatto Junior (2014) e utilizando o teor de cal de 4%, que segundo Machado (2012) é o teor mais adequado para o solo em análise.

Foram aceitos corpos-de-prova que estivessem com grau de compactação entre 98% e 102% e teor de umidade na moldagem no intervalo de $\pm 0,5$ ponto porcentual em torno do teor de umidade ótimo.

2.2.2. Ensaio de Absorção de Água

A absorção de água da mistura solo-cal foi analisada em duas condições: a absorção de água por capilaridade e por imersão. Os procedimentos utilizados são indicados nos parágrafos a seguir.

A taxa de absorção de água por capilaridade dos corpos-de-prova foi determinada de acordo com a ABNT (1995). Foram confeccionados 3 corpos-de-prova para cada período de cura, 7 e 28 dias, considerando a taxa de absorção como a média das 3 determinações.

Os corpos-de-prova inicialmente foram submetidos à secagem em estufa para atingirem massa constante. Em seguida foram resfriados ao ar até a temperatura de 23 ± 2 °C. A parte inferior lateral dos mesmos foi impermeabilizada com parafina para que a absorção da água ocorresse apenas pela área de sua base.

A imersão parcial dos corpos-de-prova em água foi feita em recipientes com fundo preparado com material poroso, preenchidos com água de modo que o nível d'água não ultrapassasse a faixa impermeabilizada do corpo-de-prova.

O ensaio determinou a massa de água absorvida nos tempos de 3h, 6h, 9h, 12h e 24h, sendo a absorção de água por capilaridade, expressa em g/cm², calculada de acordo com a Equação 1.

$$C = \frac{M_2 - M_1}{S} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

C: absorção de água por capilaridade (g/cm²);

S: Área da seção do corpo-de-prova (cm²);

M1 : Massa do corpo-de-prova seco em estufa, assim que este atingir a temperatura de 23 ± 2 °C (g);

M2 : Massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado (g).

Após a última etapa do ensaio de absorção por capilaridade os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de Resistência à Compressão não Confinada - RCNC, realizado segundo as diretrizes da ABNT (1990). A Figura 3 mostra as principais etapas da realização desse ensaio.

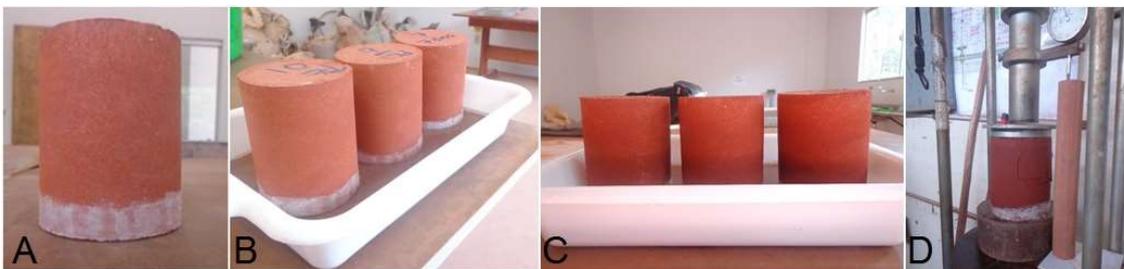


Figura 3 - Sequência de procedimentos da realização do ensaio de absorção por capilaridade. (A) Impermeabilização da área lateral da base do corpo-de-prova; (B) Imersão parcial dos corpos-de-prova em recipiente com água; (C) Corpos-de-prova durante a realização do ensaio; (D) Verificação da RCNC. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado conforme as recomendações da ABNT (1996). Três corpos-de-prova, sob o teor ótimo de aditivo foram moldados e depositados em câmara úmida pelo período de 7 e 28 dias.

Após o período de cura, os corpos-de-prova foram levados à estufa até atingirem massa constante e posteriormente imersos em água pelo período de 24 horas. Ao final do processo os corpos-de-prova foram retirados do tanque de imersão, enxutos superficialmente e pesados, obtendo-se assim a massa úmida dos corpos-de-prova.

Com isso a absorção de água de cada corpo-de-prova, expressa em porcentagem, é calculada utilizando a Equação 2.

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

A: absorção de água (%);

M1: massa do corpo-de-prova após a secagem na estufa (g);

M2: massa do corpo-de-prova úmida após a imersão por 24 horas (g).

Ao final do ensaio de absorção de água por imersão a RCNC dos corpos-de-prova foi determinada seguindo as recomendações da ABNT (1990).

2.2.3. Ensaio de Durabilidade por Molhagem e Secagem

O ensaio de molhagem-secagem foi realizado conforme estabelece o DNIT (DNER, 1994) após os corpos-de-prova passarem por processo de cura durante 7 e 28 dias, porém, como se trata de estabilização com cal dispensou-se o processo de escovação.

Foram moldados 4 corpos de prova para cada período de cura e ao fim deste processo foram imersos em água por um período de 5 horas. Após este tempo os corpos-de-prova foram colocados na estufa a uma temperatura de 71 ± 2 °C por um período de 42 horas. O procedimento foi repetido, até que se atingisse o número de 12 ciclos. Ao final calculou-se a perda de massa dos corpos-de-prova e o coeficiente de durabilidade da mistura. O cálculo do Coeficiente de Durabilidade C_d , expresso em porcentagem, é feito através da Equação 3.

$$C_d = \frac{RCNC_{ci}}{RCNC_i} \text{ Equação 3}$$

Em que:

C_d : coeficiente de durabilidade (%);

$RCNC_{ci}$: RCNC após os ciclos de molhagem e secagem (kPa);

$RCNC_i$: RCNC após ensaio de absorção de água por imersão (kPa).

O critério de avaliação da mistura foi feito através do mesmo critério adotado por Marcon (1977), sendo considerada durável se o valor de C_d for superior a 0,80.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Caracterização Geotécnica

Os resultados obtidos da caracterização geotécnica estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do solo estudado

Características	Média
LL (%)	30
IP	NP
Pedregulho (%)	0
Areia Grossa (%)	1
Areia Média (%)	4
Areia Fina (%)	55
% passante na peneira 200 (0,074 mm)	40
Classe AASHTO-TRB	A-4 (2)

Nota: Classificação segundo a ABNT (1995): areia grossa ($0,60 \leq \phi < 2,00$ mm), areia média ($0,20 \leq \phi < 0,60$ mm), areia fina ($0,06 \leq \phi < 0,20$ mm) e silte+argila ($\phi \leq 0,06$ mm).

A classificação AASHTO-TRB indica que é um solo siltoso com comportamento satisfatório a deficiente como subleito em obras de pavimentação.

3.2. Absorção de Água por Capilaridade e Imersão

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção de água por imersão verificado para a mistura estudada nos períodos de cura de 7 e 28 dias.

Tabela 2 - Resultados do ensaio de absorção de água por imersão

Corpo de prova	Tempo de cura (dias)	Índice de vazios médio	Absorção (%)	Média (%)
4	7	0,545	16,44	16,18
5			16,28	
6			15,83	
1	28	0,585	16,63	16,38
2			16,26	
3			16,25	

Pela avaliação dos valores apresentados na Tabela 2 é possível perceber que a absorção por imersão da mistura não sofreu influência do tempo de cura, visto que os valores não tiveram variações consideráveis comparando os resultados obtidos para os dois períodos.

Os resultados obtidos com a realização do ensaio de absorção por capilaridade (Figura 4) mostraram que a absorção capilar é levemente reduzida com o aumento do tempo de cura.

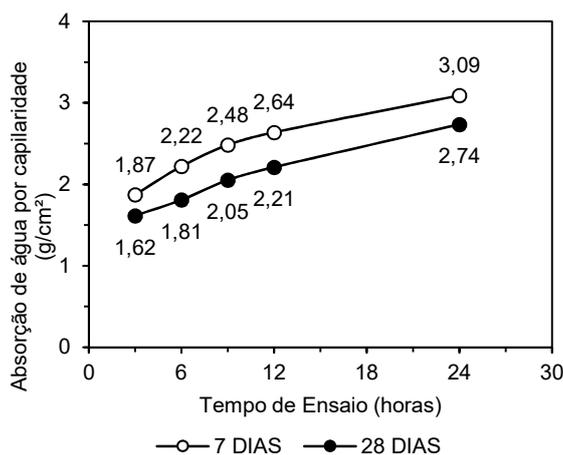


Figura 4 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade.

A menor absorção da mistura solo-cal na idade de 28 dias se dá supostamente pelos géis oriundos das trocas catiônicas que ligam e cobrem as partículas de argila, e são responsáveis pelo bloqueio dos vazios, cuja cristalização

se dá de forma lenta durante as reações de cimentação (HERRIN e MITCHELL, 1961 e INGLES e METCALF, 1973 apud PORTELINHA, 2008).

Comparando os resultados de absorção d'água por imersão e por capilaridade é possível perceber que apesar da redução da absorção capilar com o aumento do período de cura, os compostos responsáveis pelo bloqueio dos vazios ainda estão em processo de consolidação visto que com uma ação mais intensa da água (imersão) seu potencial de obstrução é basicamente anulado.

A avaliação das RCNC após os ensaios de absorção de água foi feita de forma comparativa aos valores de RCNC obtidos por Todescatto Junior (2014). A Figura 5 apresenta os resultados encontrados.

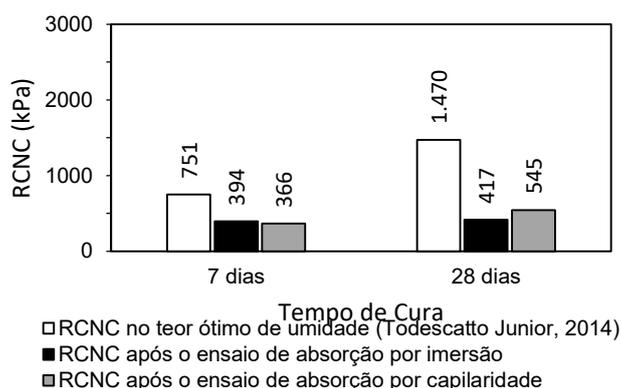


Figura 5. Comparação da RCNC imediatamente após o fim do período de cura e após os ensaios de absorção.

Os valores mostram que mesmo aumentando o período de cura a água manteve seu efeito nocivo à mistura. Aos 7 dias de cura a mistura apresentou uma perda de resistência da ordem de 50% para os dois ensaios de absorção. E mesmo apresentando um ganho de 95% de RCNC no teor de umidade ótimo, aos 28 dias de cura a RCNC verificada após o ensaio de absorção por imersão se manteve basicamente na mesma faixa de valores de resistência observada para corpos-de-prova aos 7 dias de cura na mesma situação. Apesar da RCNC verificada após o ensaio de absorção por capilaridade ter aumentado cerca de 50% com o aumento do período de cura, esse ganho não tem relevância se comparado à sensibilidade à água que a mistura ainda apresenta após 28 dias de cura.

3.3. Ensaio de durabilidade à molhagem e secagem

Os corpos-de-prova da mistura se mantiveram estáveis durante todo o processo de ensaio, e apesar de não apresentarem o surgimento de nenhum tipo de fissura, adquiriram um aspecto áspero e frágil, conforme pode ser observado na Figura 6.

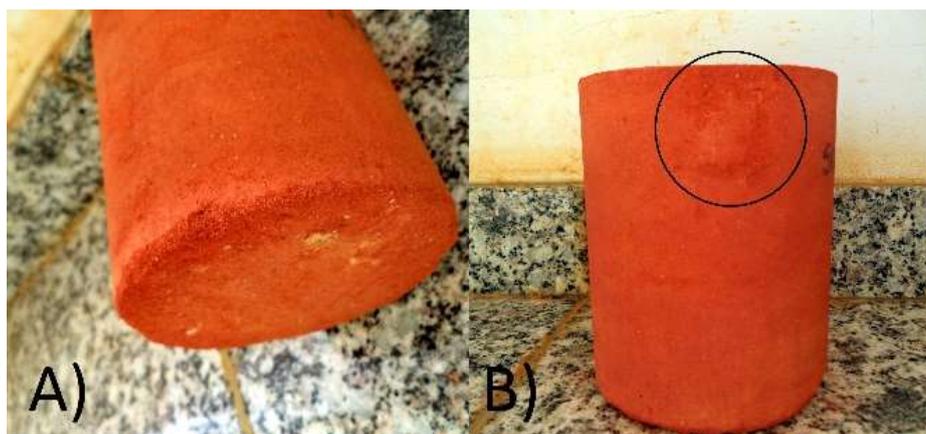


Figura 6. Corpos-de-prova representativos da mistura em estudo após 12 ciclos. Em (a) observa-se o desgaste lateral da base e em (b) observa-se o desgaste da superfície lateral. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de RCNC obtidos após os ciclos de molhagem e secagem.

Tabela 3. Dados do ensaio de durabilidade molhagem-secagem

Tempo de Cura	RCNCi (kPa)	RCNCci (kPa)	C _d
7 dias	394,48	339,72	0,86
28 dias	417,18	435,57	1,04

Observa-se dos resultados mostrados na Tabela 3 que a mistura pode ser considerada durável para os dois períodos de cura, $C_d > 0,80$, inclusive havendo uma evolução dessa durabilidade com o aumento do período de cura.

4. CONCLUSÕES

Constatou-se com os resultados deste trabalho que a mistura obtida com o uso de cal como agente estabilizante apresentou um comportamento satisfatório de acordo com a metodologia de avaliação utilizada nesse estudo. Mesmo apresentando alta sensibilidade à presença de água a mistura resiste bem aos ciclos de molhagem e secagem, como representam os coeficientes de durabilidade verificados para os dois períodos de cura.

Conclui-se então que o teor de cal utilizado, foi suficiente para proporcionar ao solo estabilidade frente à ação da água, permitindo que seja utilizado como sub-base em obras de pavimentação de baixo tráfego.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa TRANSTERRA Pavimentação e Terraplanagem Ltda., a Engenheira Civil Ana Elza Dalla Roza e a Prefeitura

Municipal de Sinop que muito contribuíram para a conclusão deste artigo.

Ao PROBIC/UNEMAT e Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa, e a UNEMAT e o Curso de Engenharia Civil – Campus de Sinop, pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023**: Solo-cimento – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1992a. 6p.

_____. **NBR 12024**: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992b. 5 p.

_____. **NBR 12025**: Solo-cimento – Ensaio de Compressão Simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990. 2p.

_____. **NBR 13555**: Solo-cimento – Determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1996. 1p.

_____. **NBR 6457**: Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

_____. **NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984a. 6 p.

_____. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

_____. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984b. 3 p.

_____. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984c. 13 p.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995. 2p.

DALLA ROZA, A. E; CRISPIM, F.A. **Estabilização Mecânica de um Solo de Sinop-MT**. 2013. 9p. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso/Campus Universitário de Sinop, Sinop-MT.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 203/94**: Solo-cimento – determinação da durabilidade através da perda de massa por molhagem e secagem. 1994, 4p.

GOOGLE. **Software Google Earth**. Disponível em:
<<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 07 abr 2015.

MACHADO, W. R. **Estudo experimental referente ao tratamento solo-cal com vista à pavimentação em Sinop/MT**. 2012. 65p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Cruso, Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso/Campus Universitário de Sinop, Sinop-MT.

MARCON, A. F. **Durabilidade e módulo de elasticidade de misturas areia-cal-cinza volante**. 1977. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

PORTELINHA, F. H. M. **Efeitos da cal e do cimento na modificação dos solos para fins rodoviários: mecanismos de reação, parâmetros de caracterização geotécnica e resistência mecânica**. 2008. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2001. v.2, 671p.

TODESCATTO JUNIOR, C. **Estabilização de Solos da Região Norte de Mato Grosso com Cal**. In.: CRISPIM, F.A. Estabilização de solos da região norte de Mato Grosso com cal e cimento. Projeto de Pesquisa FAPEMAT Edital PAPPE 002/2012. (não publicado)

ABSTRACT: In Sinop-MT region, due to the lack of granular materials, laterite gravel is widely used in sub-base and base of pavements, but its extraction causes considerable environmental impact because the deposits are in areas near rivers. In addition, a large amount of laterite sandy soil, which is up gravel layer, is discarded during the extraction process. In this context we sought to evaluate the possibility of using this lateritic soil, A-4 (2), as sub-base in low-traffic urban pavements. The soil has bearing capacity to be used as sub-base (CBR = 25%), however, is unstable at water action. The evaluation was made considering the tests of stabilized soil with 4% lime: (i) unconfined compressive strength; (ii) water absorption tests by capillarity and immersion (iii) a wetting and drying durability test. It can be concluded that the addition of lime to the soil conferred stability against water and the mixture resisted well to changes of humidity and temperature.

KEYWORDS: Soil stabilization, Soil-lime, Durability, UCS

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387