

Classificação de Solos da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul pela Metodologia MCT

Lucas Pufal
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, lucaspufal@hotmail.com

Nicole Deckmann Callai
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, nicole.callai@hotmail.com

André de Freitas Zwirtes
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, andrezw@gmail.com

Giovanni dos Santos Batista
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, giovannipriston@gmail.com

Diego Alan Wink Consatti
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, diegoconsatti@hotmail.com

Carlos Alberto Simões Pires Wayhs
UNIJUÍ, Ijuí, Brasil, engcaw@gmail.com

Dr. Cesar Alberto Ruver
UFRGS, Porto Alegre, Brasil, cesar.ruver@gmail.com

RESUMO: Este trabalho objetiva apresentar a caracterização de várias amostras de solos da região noroeste gaúcha e de algumas misturas de solo com agregados miúdos, de modo a criar um banco de dados e consolidar a execução dos ensaios de classificação MCT no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ (LEC). A classificação de solos com uso da Metodologia MCT foi desenvolvida especialmente para o estudo de solos tropicais baseada em propriedades mecânicas e hidráulicas, obtidas de corpos de prova compactados de dimensões reduzidas, como traduz o próprio significado da sigla: M de miniatura, C de compactada e T de tropical. Essa classificação não utiliza a granulometria, o limite de liquidez e o índice de plasticidade, como acontece no caso das classificações geotécnicas tradicionais, separando os solos tropicais em duas grandes classes, os de comportamento laterítico e os de comportamento não laterítico. A partir dos estudos propostos pelos pesquisadores Job Shuji Nogami e Douglas Fadul Villibor criou-se uma classificação de solos adequada para os solos tropicais chamando-se de Classificação MCT. Inicialmente, os ensaios relativos à classificação foram realizados em parceria com outras universidades. Com a aquisição de equipamentos estes ensaios passaram a ser realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ. Além da classificação MCT Tradicional, também foram realizadas classificações pela metodologia MCT Expedita, também conhecida como método das pastilhas, de diversas amostras de solo da região noroeste do Rio Grande do Sul, atingindo o objetivo deste trabalho. Na sequência natural do projeto e pela compreensão do processo de classificação, adaptação de equipamentos e entendimento de metodologias de ensaios, será possível o aprofundamento de pesquisas na utilização da metodologia MCT aplicada às obras de engenharia, à geotecnia e especialmente à pavimentação. Complementarmente, espera-se que ao longo do tempo este acervo possa ser expandido.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Lateríticos, Método das Pastilhas, Amostras Miniaturas Compactadas Tropicais, Classificação de Solos Tropicais.

1 INTRODUÇÃO

Buscando viabilizar a construção de pavimentos econômicos com bases de solos in natura ou misturas de solos, foram iniciadas pesquisas referentes ao assunto em 2012 na UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Como alternativa para reduzir os custos de implantação de rodovias e no intuito de acelerar o desenvolvimento do País, surgiram conceitos de pavimentos econômicos que substituem materiais tradicionalmente utilizados por outros alternativos. Conforme Villibor et al. (2009) um pavimento pode ser considerado de baixo custo quando, dentre outras possibilidades, diminuir o custo com a utilização de bases constituídas de solos in natura, ou em misturas, com custos substancialmente inferiores às bases convencionais tais como: brita graduada, solo cimento, macadame hidráulico ou macadame betuminoso.

Para apoio à pesquisa, é fundamental a classificação do solo e misturas pela Metodologia MCT, criada especificamente para solos tropicais. No segundo semestre de 2014, o Departamento de Engenharia Civil da UNIJUÍ adquiriu os equipamentos necessários para a execução dos ensaios da metodologia MCT, neles incluídos os dois ensaios da classificação MCT, que foram instalados no LEC, possibilitando iniciar pesquisa focada apenas na classificação MCT, propiciando a criação de um banco de dados com a descrição das propriedades físicas para cada tipo de solo da região, servindo de auxílio na execução de obras de engenharia, geotécnicas e principalmente rodoviárias.

2 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho está alicerçada nas seguintes etapas: retirada das amostras de solo, realização dos ensaios da classificação MCT e classificação expedita MCT pelo método das pastilhas.

A classificação de solos com uso da Metodologia MCT foi desenvolvida especialmente para o estudo de solos tropicais baseada em propriedades mecânicas e hidráulicas, obtidas de corpos de prova compactados de dimensões reduzidas. Essa classificação não utiliza a granulometria, o limite de liquidez e o índice de plasticidade, como acontece no caso das classificações geotécnicas tradicionais, separando os solos tropicais em duas grandes classes, os de comportamento laterítico e os de comportamento não laterítico (FORTES et al., 2002).

Ainda segundo Fortes et al. (2002), os solos lateríticos e saprolíticos segundo a classificação MCT podem pertencer aos seguintes grupos:

- Solos de comportamento laterítico, designado pela letra L, sendo subdivididos em 3 grupos: LA - areia laterítica quartzosa; LA' - solo arenoso laterítico e LG' - solo argiloso laterítico.
- Solos de comportamento não laterítico (saprolítico), designados pela letra N, sendo subdivididos em 4 grupos: NA – areias, siltes e misturas de areias e siltes com predominância de grão de quartzo e/ou mica, não laterítico; NA' – misturas de areias quartzosas com finos de comportamento não laterítico (solo arenoso); NS' – solo siltoso não laterítico e NG' – solo argiloso não laterítico.

Para se classificar os solos lateríticos e saprolíticos, através da Metodologia MCT, utiliza-se o ábaco da Figura 01, onde a linha tracejada separa os solos de comportamento laterítico dos de comportamento não laterítico. (VILLIBOR e NOGAMI, 2009).

Percebe-se na Figura 01 as quatro regiões de solos não lateríticos na parte superior do ábaco, todas com legenda iniciada pela letra “N”. Da mesma forma, na parte inferior, existem três regiões de solos lateríticos, sempre com legenda iniciada pela letra “L”.

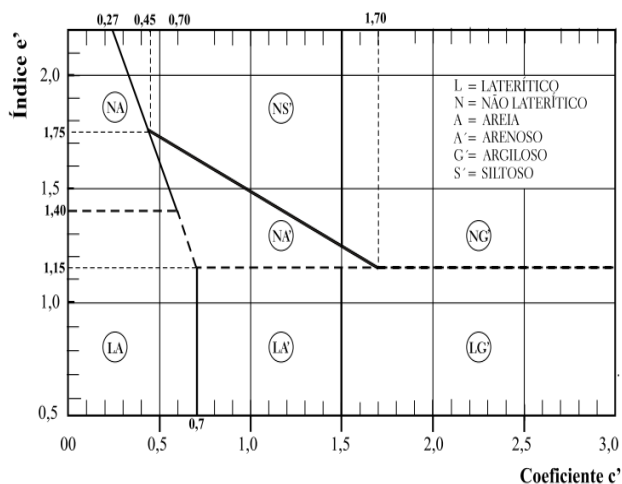


Figura 01. Gráfico de Classificação MCT.

A classificação MCT é realizada com os resultados de dois ensaios: Mini-MCV, chamado de procedimento M5 e o de Perda de Massa por Imersão, chamado de procedimento M8. As normas a serem seguidas foram respectivamente a DNER-ME 256-94 e DNER-ME 258-94. O Coeficiente c' é um indicador de quão arenoso é o solo. Com o P_i e d' calcula-se o coeficiente e' que por sua vez, indica se o solo possui ou não comportamento Laterítico. A obtenção dos coeficientes é dada por vários gráficos e cálculos através dos resultados dos ensaios M5 e M8. Estes dados (c' e e') são levados ao gráfico da Figura 01, efetuando-se a classificação MCT, sendo denominado procedimento M9.

Já a classificação expedita tem a grande vantagem de ser um ensaio simples e que traz resultados em um período menor de tempo. Obtém-se a classificação prévia do solo, através da determinação do coeficiente c' que correlaciona-se com a classificação MCT. Após obtidos os valores da contração diametral e da penetração na pastilha, inserem-se as coordenadas na carta apresentada na Figura 02, obtendo-se a classificação preliminar da metodologia MCT (FORTES et al., 2002).

O ensaio expedito consiste na moldagem de pastilhas de 20 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura que passam pelo processo de secagem em uma estufa por 24 horas a uma temperatura de 60°, e pela contração resultante da perda de umidade encontra-se o primeiro parâmetro da classificação que relaciona-se diretamente com o coeficiente c' da Classificação MCT padrão

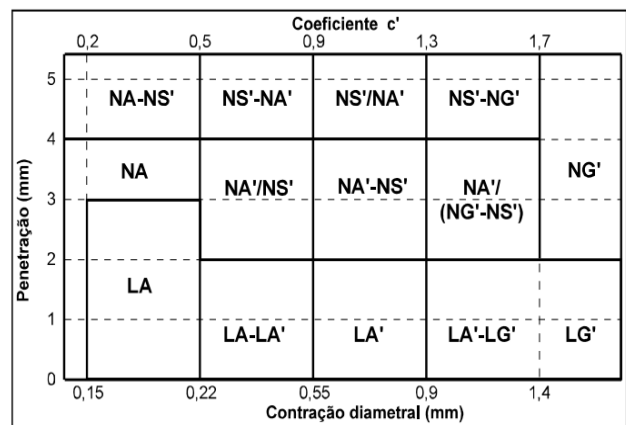


Figura 02. Gráfico de Classificação MCT.

Na sequência ocorre a reabsorção de água onde os anéis com as pastilhas são colocados sobre uma placa porosa saturada observando-se fenômenos de inchamento, trincamento e amolecimento. Este procedimento é avaliado pela penetração de uma ponta de aço de diâmetro de 1,30mm e massa de 10g sobre a pastilha saturada e é realizada após as pastilhas secas passarem por uma embebição de 2 horas em um sistema padrão. Nas Figuras 03 e 04 pode-se observar respectivamente os fenômenos da contração e da penetração.



Figura 03. Fotos da Contração Diametral nas Pastilhas.



Figura 04. Fotos da Penetração nas Pastilhas.

A pesquisa segue uma sequência de ensaios para diferentes amostras de solo (ou misturas) descritas em forma de organograma conforme apresentado na Figura 05. Desta forma, estima-se uma sequência de ensaios que podem levar

até 10 dias para cada amostra se executados em série. Já se forem executados paralelamente o tempo de execução dos ensaios pode ser reduzido para 8 dias.

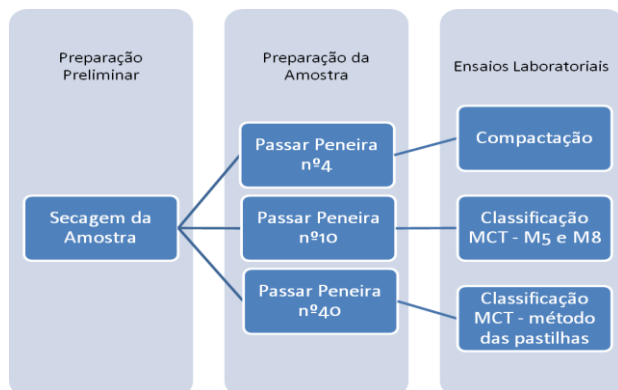


Figura 05. Delineamento da Metodologia

Na Figura 06 e 07 respectivamente observam-se fotos do ensaio M5 e do ensaio M8.



Figura 06. Fotos do Ensaio M5.



Figura 07. Fotos do Ensaio M8.

3 APRESENTAÇÃO E RESULTADOS

Devido a necessidade de adequar o nosso laboratório à metodologia MCT, a realização dos ensaios teve início em meados de julho, e deste momento até a segunda quinzena de novembro, foram possíveis classificar 3 amostras de diferentes solos pela Metodologia MCT, além de 9 misturas que utilizam o solo do Campus da UNIJUÍ. Utilizando a Metodologia

MCT Expedita - método das pastilhas, foram realizadas 12 classificações de solo e 6 misturas referentes ao grupo de pesquisa.

Para agilizar o processo de classificação, buscamos inicialmente obter a umidade ótima de cada amostra analisada, que pode ser obtida através do ensaio de Compactação da metodologia MCT, procedimento M1, porém pelo domínio do processo de compactação tradicional obteve-se das curvas de compactação das misturas ALA (argila laterítica e areia), ALAI (argila laterítica e areia industrial) e ALARC (argila laterítica e resíduo da construção civil moído fino) que foram realizados por outros integrantes do grupo de pesquisas na área da geotecnia desta Universidade, cabendo ao autor desta parte da pesquisa realizar os ensaios de classificação MCT. Assim as curvas de compactação foram cedidas pelos colegas de pesquisa (Amaral, 2015; Bernardi, 2013; Buligon, 2015; Norback, 2015). Da mesma maneira a curva de compactação do solo de Ajuricaba e Capão do Cipó foram cedidas por colegas de pesquisa (Della Flora, 2015), e a curva de compactação do solo do Campus utilizada deu-se a partir dos ensaios realizados no início do ano por todo o grupo de pesquisa.

A localização das amostras de solo classificadas estão representadas nas imagens seguintes, primeiramente em uma visão geral do Estado na Figura 08, e na sequência uma imagem mais aproximada da região noroeste do Estado na Figura 09.

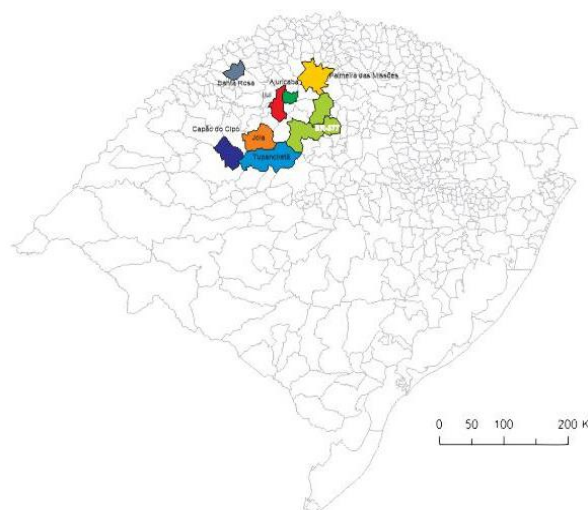


Figura 08: Localização das amostras no mapa do RGS

As amostras retiradas da BR-377 localizam-se nos municípios de Cruz Alta, Ibirubá e Santa Bárbara do Sul representados em verde claro.



Figura 09. Destaque da localização da Figura 04

Foram realizados 12 classificações pela metodologia MCT, das quais 3 são solos e 9 são misturas estudadas para objetivos do grupo de pesquisa do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ em uso de solos em pavimentação econômica. Os resultados estão apresentados na Figura 10. As três amostras de solo apresentaram comportamento LG' - Argilas Lateríticas, ou Argilas Arenosas Lateríticas. Como esperado, o solo do Campus da UNIJUÍ apresentou comportamento muito argiloso, se localizando bastante à direita na carta de classificação, com valor de c' bastante alto.

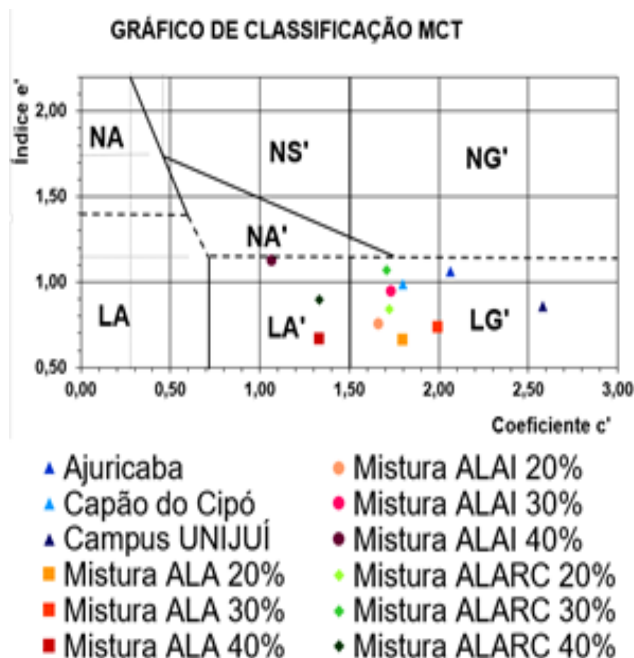


Figura 10: Resultados Classificação MCT

O solo de Capão do Cipó se apresentou mais arenoso do que o solo de Ajuricaba, devido sua proximidade com o grupo das Areias Lateríticas - LA', onde grande parte das misturas de 20 e 30% se localizaram, percebe-se assim que tanto misturas com areia natural, areia industrial ou resíduo de construção civil necessitam de uma substituição de 60% do solo natural do campus para que fiquem dentro do grupo das Areias Lateríticas.

A partir dos ensaios de Classificação Expedita, foram encontrados os resultados apresentados na Figura 11.

Através deste método foram classificadas 12 amostras de solo da região, além de 3 misturas com areia natural e mais 3 misturas com areia industrial. A classificação de cada zona representada por siglas segue o descrito abaixo conforme ABGE (1998): LG' - argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas; LA' - areias argilosas lateríticas; LA - areias com pouca argila laterítica; NG' - argilas, argilas siltosas e argilas arenosas não lateríticas; NS' - siltes caulíníticos e micáceos, siltes arenosos e siltes argilosos não lateríticos; NA' - areias siltosas e areias argilosas não-lateríticas; NA - areias siltosas com siltes quartzosos e siltes argilosos não lateríticos (ABGE, 1998).

Pode-se observar dos resultados obtidos que o solo do campus da UNIJUÍ tem comportamento característico de um solo bastante argiloso devido o seu deslocamento acentuado no eixo X do gráfico que apresenta os valores de c' referentes a quantidade de areia, o que confere com os resultados de outras pesquisas que apresentam 96% passante na peneira nº 200, sendo este um solo LG' - argila laterítica.

Dos 5 pontos da BR-377, apenas o ponto 2 se aproximou do limite entre solos lateríticos e não lateríticos, todos os demais apresentaram classificação LG' bem definida - solo argiloso laterítico e argilas lateríticas arenosas. Os solos de Santa Rosa, Palmeira das Missões e Capão do Cipó também foram classificados como LG'.

Apenas o solo de Ajuricaba apresentou comportamento não laterítico pela classificação expedita, ou seja, NG' - Argilas, Argilas Siltosas ou Argilas Arenosas não Lateríticas, porém pela proximidade com a linha divisória entre

Lateríticos e Saprolíticos, recomenda-se a execução dos ensaios de classificação M5 e M8.

Os solos das cidades de Tupanciretã e Jóia ficaram na zona de transição LA'-LG' - Areia Argilosa Laterítica e Argila Laterítica ou Argila Laterítica Arenosa, fato que se observa tatilmente ao analisar o solo.

As três misturas com Areia Natural (ALA) apresentaram comportamento LG' - Argila Laterítica Arenosa, assim como as misturas com Areia Industrial (ALAI) de 20 e 30%, tendo exceção apenas a mistura ALAI 40% que foi classificada como pertencente a transição NA'/(NG'-NS') - areias siltosas e areias argilosas não lateríticas para argilas arenosas não lateríticas ou siltes arenosas não lateríticas.

FORTES et al. (2002), utilizaram o gráfico apresentado na Figura 02, porém solos bastante argilosos apresentam uma elevada contração diametral, e para melhor representar os resultados dos solos argilosos, principalmente do campus da UNIJUÍ, o gráfico foi estendido. Devido à relação do gráfico de classificação pelo método das pastilhas com a classificação MCT, dada pela relação do coeficiente c' apresentado na parte superior do gráfico, foi necessária uma extrapolação numérica, realizada através de um programa de modelagem matemática.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram realizados vários ensaios M5 e M8 para a Classificação MCT, tendo apresentado resultados coerentes com os apontados na literatura, especificamente se comparados com ensaios realizados na FURG anteriormente com o solo do Campus de Ijuí da UNIJUÍ, garantindo confiabilidade nos resultados encontrados. Da mesma maneira os resultados expeditos foram concordantes com a metodologia MCT.

Todas as misturas estudadas propostas pelo grupo de pesquisa foram classificadas por esta metodologia inédita em nosso laboratório.

Deixa-se um grande legado aos cursos de Engenharia Civil da instituição e ao LEC, possibilitando a realização de ensaios para Classificação MCT e MCT expedita, permitindo que os alunos, pesquisadores e empresas possam utilizar desta importante ferramenta para qualificação de materiais para uso na pavimentação e obras geotécnicas.

Classificaram-se 3 amostras de solo, 9 misturas ALA, 3 delas com utilização de resíduo da construção civil, pela Classificação MCT. Já pela classificação expedita 12 amostras de solo e 6 misturas ALA.

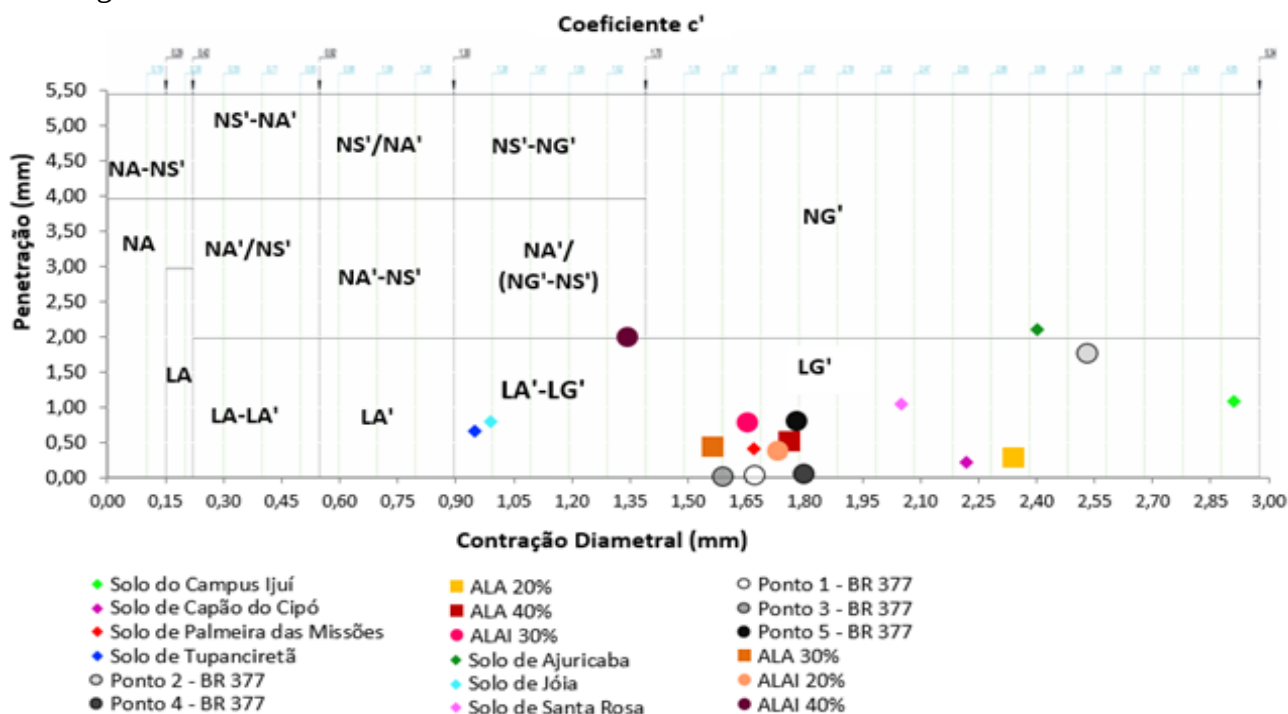


Figura 11. Resultados da Classificação MCT Expedita.

Assim já está formado um banco de dados, que estará em permanente ampliação, consolidando a execução de ensaios de Classificação MCT no LEC da UNIJUÍ.

AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela bolsa de Iniciação Científica no Programa de Ensino Tutorial, ao laboratorista Luiz Donato, do Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ, e aos demais bolsistas que colaboraram nas discussões e execução dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- Amaral, Mariana Bamberg. (2015) *Estudo de Misturas de Solo Argiloso Laterítico do Noroeste do Rio Grande do Sul e Areia Industrial para Uso em Pavimentos Econômicos.*, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov. 2013. 66p.
- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. Geologia de Engenharia. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. 587 p.
- Bernardi, Cândida. (2013) *Estudo de Misturas de Solo Argiloso Laterítico com agregados finos para uso em Pavimentos Econômicos*, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov. 2013. 68p.
- Buligon, Liliane. (2015) *Estudo de Misturas de Solo Argiloso Laterítico e Resíduo de Construção Civil para Uso em Pavimentos Econômicos*, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov. 2013. 82p.
- Della Flora, Cristiano Schmidt. (2015) *Estudo Comparativo entre Solos Arenosos Finos Lateríticos do Rio Grande do Sul para Emprego em Pavimentos Econômicos*, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov. 2013. 73p.
- Fortes, Rita M.; Merighi, João V.; Zuppollini Neto, Alexandre. (2002) *Método das Pastilhas para identificação expedita de solos tropicais*, In. Congresso Rodoviário Português, 2., Lisboa, Portugal.
- MT - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. (1994) DNER-ME 228/94: *Solos - compactação em equipamento miniatura*, 1. ed. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1994. 14 p.
- _____. DNER-ME 256/94: *Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão*, 1. ed. Mato Grosso: DNER/DrDTc, 1994. 6 p.
- Norback, Carina. (2015) *Estudo da Mistura Ideal de Solo Argiloso Laterítico do Noroeste do Rio Grande do Sul e Areia Civil para Uso em Pavimentos Econômicos*, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 26 nov. 2013. 84p.
- Villibor, Douglas F.; Nogami, Job S. (2009) *Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos*, São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.