

ANÁLISE DA ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO ARGILOSO COM A UTILIZAÇÃO DO ADITIVO CON-AID® CBR-PLUS®

Gabriel Mariani (1), Pedro Arns (2)

*UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)gabriel_mariani10@hotmail.com, (2)par@unesc.net*

RESUMO

O presente trabalho teve por finalidade analisar o comportamento físico e mecânico de um solo tipo A7-5 (segundo a classificação TRB), após a estabilização química com o aditivo CON-AID® CBR-PLUS®. Inicialmente foram feitos todos os ensaios do solo em seu estado natural, que apresentou um Índice de Suporte Califórnia (ISC) de 13,0% ao ser compactado na Energia do Proctor Intermediária e expansão de 1,81%. Adicionou-se o aditivo nos percentuais 0,2%, 0,3% e 0,4%, conforme recomendações do fabricante para verificação em qual resultasse o maior valor quanto a sua resistência. Todos processos foram executados conforme as indicações estabelecidas pela fabricante. O aditivo Con-Aid têm a sua vantagem por não necessitar de um reagente, o produto vem pronto para o seu emprego. Os resultados encontrados foram semelhantes em todos percentuais para o ISC em amostras submersas e expostas ao tempo, porém na expansão houve um decréscimo de 52,49%, para a dosagem submersa de 0,2%. Os resultados de ISC demonstraram que o solo A7-5, do presente trabalho pode ser usado em seu estado natural. Com a adição de 0,2% de aditivo sua expansão baixa consideravelmente, conduzindo uma impermeabilidade maior para o solo com aditivo. Contudo, requer a necessidade dos ensaios físicos e mecânicos de cada tipo de solo para verificar sua possibilidade de uso como parte de um pavimento, ou mesmo no uso em estradas vicinais não pavimentadas, para estar dando maior trafegabilidade e conforto para os usuários dessas vias.

Palavras-Chave: Expansão. Solo. ISC. Aditivo. Con-Aid®.

1. INTRODUÇÃO

Toda economia desenvolveu-se com a evolução dos transportes, tendo seu início nos primórdios utilizando animais, passando pela locomotiva a vapor, até chegar no século XX com a produção de veículos movidos a combustão. “A palavra transporte tem origem do latim e significa mudança de lugar, assim, transportar é conduzir, levar pessoas ou cargas de um lugar para outro” (Faria, 2001).

No Brasil, as estradas ainda são meios importantes para o escoamento da produção agropecuária, industrial, e de pessoas, conforme os dados da Confederação Nacional de Transporte (CNT). Em 2016 com 61,10% do modal rodoviário nacional tem sido a principal alternativa para a movimentação de pessoas e bens em geral. Na região sul do estado de Santa Catarina, nos municípios da AMREC (Associação dos Municípios da Região Carbonífera), muitas estradas permanecem como foram executadas, apresentam de forma rudimentar, sem nenhum tipo de pavimento adequado que visa melhorar a trafegabilidade. De acordo com o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (CNIT, 2006, p.142), o solo tem que respeitar as características mínimas de qualidade, deve apresentar o ISC maior que 2% e expansão igual ou menor que 2%. O desenvolvimento de uma nação depende da sua infraestrutura, sendo a principal o transporte.

Em toda obra de pavimentação o solo deve atender as características mínimas de qualidade, o que requer um estudo de caracterização físico-mecânico do mesmo. Segundo Marques (2005), alguns tipos de estabilização do solo podem ser citados, dentre eles: mecânica, granulométrica, química, elétrica e térmica. Para França (2003, p. 06), a estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições de modo que o mesmo passe a resistir às ações climáticas, aos esforços e ao desgaste induzido pelo tráfego, sob as condições mais adversas que devem ser consideradas no projeto.

Neste estudo será analisada a estabilização química de um solo mediante a utilização do produto Con-Aid® /CbrPlus®. Segundo informações do fabricante, é um aditivo que muda a natureza das propriedades de absorção de água do solo, passando do tipo hidrófilo para o tipo hidrófobo, tornando a camada estabilizada, flexível e impermeável, dando uma durabilidade maior para as vias e assim gerando economia.

Para verificar a aplicação do aditivo Con-Aid® /CbrPlus® , algumas propriedades do solo natural e do solo aditivado são avaliadas neste trabalho por meio de ensaios físicos e mecânicos, tais como, limite de liquidez , limite de plasticidade, densidade seca máxima, umidade ótima , I.S.C. e expansão.

2. MATERIAIS

2.1 COLETA SOLO NATURAL

A coleta do solo para o presente trabalho, foi realizada numa jazida, figura 01 imagem do solo, que fica situada na cidade de Treviso-SC. O solo coletado é um material destinado ao melhoramento da Estrada Geral São Victor, não pavimentada, localizada no bairro São Victor, Treviso-SC. A estrada está compreendida entre as seguintes coordenadas geográficas iniciais de Latitude $-28^{\circ}31'21''\text{S}$ e Longitude $-49^{\circ}28'56''\text{W}$, e final de Latitude $-28^{\circ}31'56''\text{S}$ e Longitude $-49^{\circ}28'55''\text{W}$.

O solo foi transportado para o laboratório de mecânica dos solos (LMS), do Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), ele foi seco em estufa, destorroado, homogeneizado, e preparado para realização dos ensaios.

Figura 01 – Jazida do solo



Fonte: do autor, 2017.

2.2 ADITIVO Con-Aid® CBR-Plus®

No presente estudo, utilizou-se o aditivo químico Con-Aid® CBR-Plus® estabilizante, que segundo o fabricante melhora as características físicas e mecânicas dos solos na construção de estradas, podendo elas, serem naturais, ou como sendo camadas estruturais do pavimento. A aplicação deste produto, tem serventia para quaisquer tipos de solos argilosos ou que detenha no mínimo 5% de plasticidade.

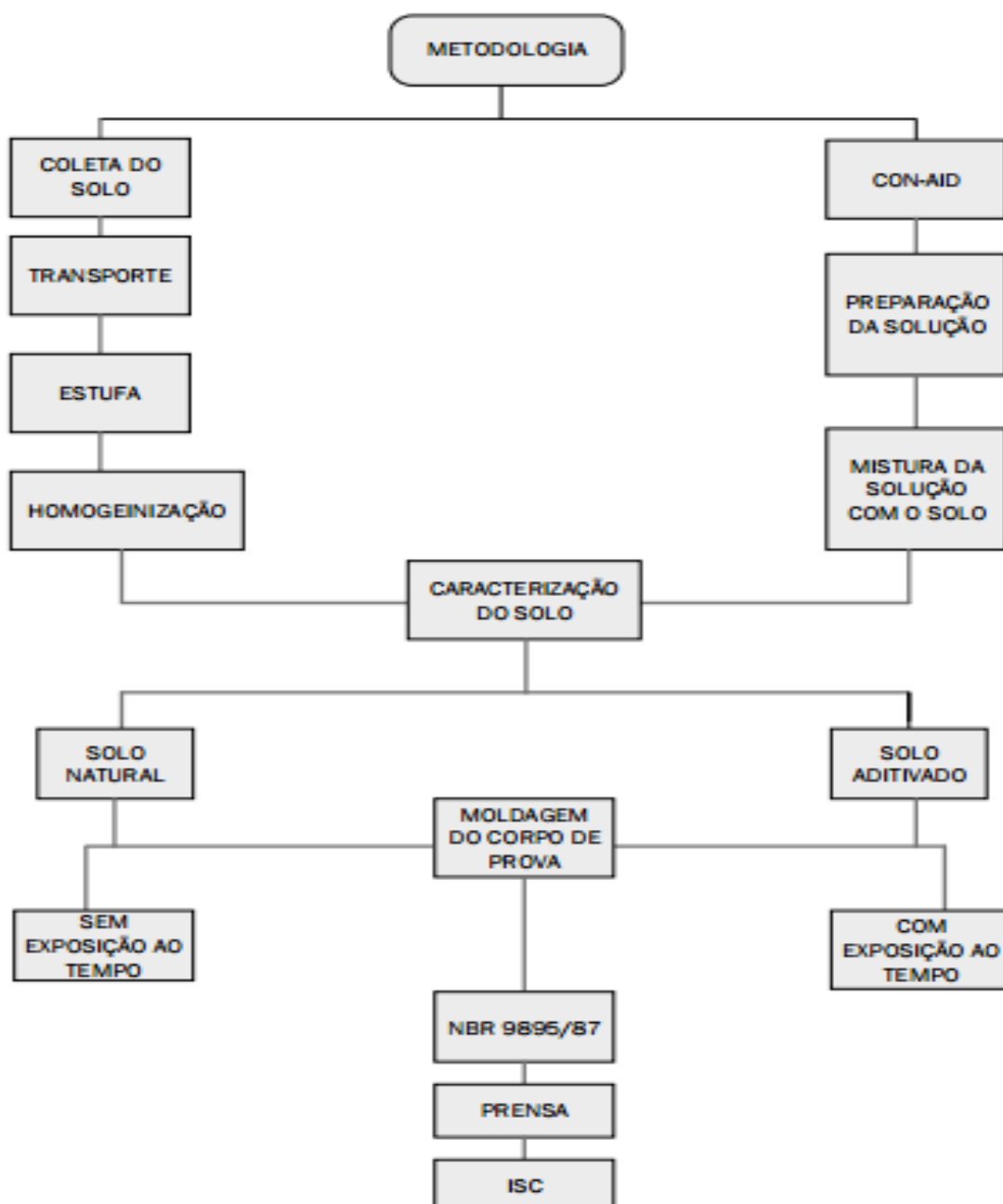
Segundo o fabricante do Con-Aid® CBR-Plus®, o aditivo aumenta o ISC em torno de 400% em solos considerados de alta plasticidade e um aumento de 80% a 100% de solos considerados de baixa plasticidade. O produto pode ainda diminuir em cerca

de 15 % a 50% a expansão, elevando a densidade seca máxima, em torno de 10%, diminuindo a umidade ótima entre 5% à 10%.

3. MÉTODOS

De acordo com a figura 02, o solo foi submetido a diversas etapas em laboratório para a obtenção dos índices físicos e mecânicos.

Figura 02 – Fluxograma Da Pesquisa



Fonte do Autor, 2017.

3.1 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO

Segundo o fabricante, para cada litro d'água, utilizar 3 (três) ml (mililitros) de aditivo Con-Aid® CBR-Plus®. Para uma melhor análise, executou-se três soluções, com seus percentuais diferenciados, com intuito de obter os ensaios com melhores resultados e objetivando custos finais.

As concentrações de dosagens utilizadas nos ensaios, foram de 0,2% , 0,3% e 0,4%, sendo respectivamente 2,0 ml, 3,0 ml e 4,0 ml, para cada litro d'água, sendo feitas em garrafas de dois litros, sendo usado 18 ml do aditivo no total e três amostragens para obter parâmetros físicos e químicos de cada solução.

3.2 SOLO NATURAL

Inicialmente foram realizados os ensaios de caracterização física do solo coletado na jazida, de acordo com as normas técnicas, descritas na tabela 01. Sendo realizado o ensaio de granulometria, Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP), e o Índice de Plasticidade (IP). A seguir realizou-se os ensaios de caracterização mecânica do solo, com a compactação na energia do Proctor Intermediária (PI) e o do Índice de Suporte Califórnia (ISC). A classificação das amostras foi baseada no sistema de classificação *Transportation Research Board*¹ (TRB) que é a utilizada na área de estradas. Os ensaios físicos são essenciais para a classificação do solo. Os ensaios mecânicos são necessários para obter os valores da densidade máxima seca e o teor ótimo de umidade, valores utilizados para o ensaio de ISC e expansão do material.

A tabela 01 mostra as normas estabelecidas a serem seguidas, para os respectivos ensaios.

¹ Nesta classificação, os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função de sua granulometria, limite de consistência e do índice de grupo.

Tabela 01 – Normas Técnicas para Ensaio de Caracterização de Solo

Ensaio	Normas
Granulometria	NBR 7181/84
Compactação	NBR 7182/86
Limite de Liquidez	NBR 6459/84
Limite de Plasticidade	NBR 7180/84
ISC	NBR 9895/87

Fonte do Autor, 2017.

3.2.2 PROCESSO ADOTADO

O solo natural foi peneirado na peneira nº 4 e adicionado as soluções de 0,2%, 0,3% e 0,4%, sendo realizada duas amostras de cada dosagem. Com os corpos de prova prontos, totalizando seis unidades, foram separados um corpo de prova com as dosagens de 0,2%, 0,3% e 0,4% e imersos por 96 horas e os outros três corpos de provas com as mesmas dosagens do submersos ficaram por sete dias expostos ao tempo e intempéries. Todos os corpos de provas foram preparados de acordo com a NBR 9895/87 para os ensaios realizados.

Na tabela 02, mostra os procedimentos determinados pela fabricante.

Tabela 02 - Procedimentos solo aditivado em laboratório

Material	Procedimentos
1° Dia	Preparo da solução. Elevar o solo até a umidade ótima natural. Mistura da solução com produto, homogeneização com as mãos. Ensacar por 24 horas
2° Dia	Retira-se o saco plástico e deixa a amostra perder umidade em ambiente de laboratório.
3° Dia	Perda de umidade em ambiente de laboratório.
4° Dia	Eleva-se o solo a umidade ótima e o restante do solo para moldagem do corpo de prova para determinação do ISC.
5° Dia	Perda de umidade em ambiente de laboratório.
6° Dia	Eleva-se a amostra ate a umidade ótima e ensaca por 24 horas.
7° Dia	Após retirada do saco plástico, moldar os corpos de prova de acordo com os resultados do ensaio de Proctor e leva-lo para o tanque de imersão.
8° Dia	Amostra continua no tanque.
9° Dia	Amostra continua no tanque
10° Dia	Amostra continua no tanque
11° Dia	Rompimento dos corpos de prova para obtenção do ISC e expansão.

Fonte: Do fabricante, 2010.

3.2.3 MISTURA DO ADITIVO AO SOLO NATURAL

Após os procedimentos de caracterização física e mecânica do solo, as soluções foram misturadas ao solo natural, (15 kg de solo para cada solução) e confinadas em sacos plásticos pelo período de 24 horas. Após às 24 horas o solo foi retirado do saco e foi deixado 48 horas perdendo umidade ao ar livre no laboratório. Caso o solo esteja um pouco seco adiciona-se água potável, para que a umidade ótima fique acima de 1% à 2%.

3.3 CORPO DE PROVA

Com as três caixas de solo aditivado separadas, cada uma com 15 kg de solo com suas dosagens de aditivo ficaram perdendo umidade ao ar livre, posteriormente as 48 horas. Foi retirada uma amostra de 200 gramas de cada mistura solo para calcular a quantidade de água necessária afim de elevar o material para a umidade ótima. Este procedimento foi realizado para cada porcentagem de aditivo, sendo retirado aproximadamente 1 kg de solo de cada dosagem para estar realizando os ensaios de limites de consistência e ensaio de compactação Proctor, conforme NBR 7182/86. Posteriormente o solo fica mais 48 horas perdendo umidade em laboratório, para depois elevar na umidade ótima e ensacar por mais 24 horas, depois desse procedimento retirou-se o saco plástico e começou a moldagem dos corpos de provas para obtenção do ISC e expansão.

3.4 PROCEDIMENTO LABORATORIAL

Neste procedimento, busca reproduzir em laboratório os efeitos decorrentes das intempéries ocasionadas pelas variações climáticas do dia à dia, onde os corpos de provas são expostos por 7 dias para serem rompidos sem serem submersos.

Figura 03 – Corpos de provas expostos ao tempo



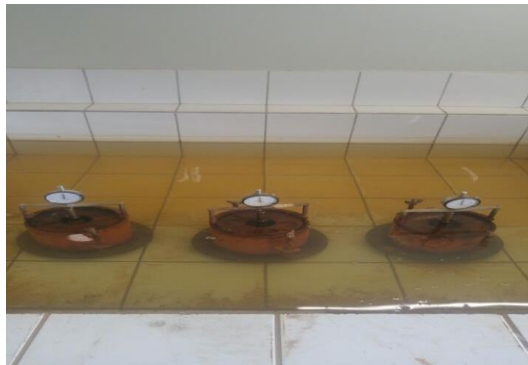
Fonte do Autor, 2017

3.5 EXPANSÃO

Os corpos de provas submersos por 96 horas, receberam extensômetros em cada cilindro, conforme figura 04, que foram zerados, após a retirada desses cilindros foi realizada a medida de expansão. Já ao material exposto ao tempo não foram

utilizados os extensômetros uma vez que nestes não ocorre expansão. Conforme figura 03.

Figura 04 – Corpos de provas submersos com extensômetros



Fonte do Autor, 2017.

3.6 RUPTURA DOS CORPOS DE PROVAS

Após as 96 horas de submersão os corpos de provas ficaram 15 minutos escoando o excesso de água, conforme determina a NBR 9895/87. Logo após os corpos de provas são levados para a prensa automática para romper e obter o valor de ISC como mostra a figura 05. Já os corpos de provas exposto ao tempo foram levados diretamente para a prensa.

“O ISC é um ensaio que expressa à relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em um corpo de prova padrão” (DNIT, 2006).

Figura 05 – Prensa, obtenção ISC



Fonte do Autor, 2017.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DO SOLO NATURAL.

Inicialmente realizou-se os ensaios do solo em seu estado natural, cujos resultados são apresentados na tabela 03.

Tabela 03 - Propriedades físicas do solo natural

LIMITE DE LIQUIDEZ (%)	48
LIMITE DE PLASTICIDADE (%)	35
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)	13
ÍNDICE DE GRUPO	11
CLASSIFICAÇÃO TRB	A7-5

Fonte: do Autor, 2017.

De acordo com a classificação TRB, o solo é do tipo A7-5, ou seja uma argila. O índice de plasticidade obtido pelo solo apresenta plasticidade média.

Mediante o ensaio de compactação na energia PI, foram obtidos os valores de densidade seca máxima e umidade ótima do solo natural, (tabela 04). Com estes valores foram moldados os corpos de prova para o ensaio ISC.

Tabela 04 - Propriedades mecânicas do solo natural

DENSIDADE SECA MÁXIMA (g/m³)	1,465
UMIDADE ÓTIMA (%)	24,5
ISC (%)	13,0
EXPANSÃO (%)	1,81

Fonte do Autor, 2017.

Após o ensaio de ISC foram obtidos os valores de ISC e expansão, mostrados na tabela 04. Estes valores mostram que o solo estudado neste trabalho, pode ser usado no seu estado natural como fundação ou reforço de subleito de rodovias, pois

apresentou expansão abaixo de 2% e um ISC superior a 2%, como recomendado pelo manual de pavimentação do DNIT (DNIT, 2006).

Com o solo aditivado, foram feitos todos os ensaios dos índices físicos, para serem analisados com o solo natural, valores na tabela 05

Tabela 05 - Propriedades físicas do solo aditivado

CARACTERÍSTICAS	NATURAL	0,2%	0,3%	0,4%
LIMITE DE LIQUIDEZ (%)	48	45	44	42
LIMITE DE PLASTICIDADE (%)	35	35	33	31
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)	13	10	11	11
ÍNDICE DE GRUPO	11	-----	-----	-----

Fonte do Autor, 2017.

Realizados todos ensaios previstos e seguido rigorosamente as normas determinadas, foi obtida a caracterização mecânica do solo aditivado e do material de referência (solo natural), cujos valores constam na tabela 06.

Tabela 06- Propriedades mecânicas do solo aditivado submerso

CARACTERÍSTICAS	NATURAL	0,2%	0,3%	0,4%
DENSIDADE SECA MÁXIMA (g/m³)	1,465	1,463	1,459	1,464
UMIDADE ÓTIMA (%)	24,5	25,7	25,6	25,4
ISC (%)	13,0	10,5	12,1	12,1
EXPANSÃO (%)	1,81	0,86	0,90	0,99

Fonte do Autor, 2017.

Os corpos de prova que ficaram expostos ao tempo durante 7 dias, obtiveram os valores de ISC apresentados na tabela 07. Estes valores tem como comparativo o solo natural e a ausência da expansão e que não foi aferida. Ressalta-se que nos 7 dias expostos ao tempo, os corpos de provas, ficaram 5 dias pegando chuva intensa no local em que foi submetido aos testes.

Tabela 07 - Propriedades mecânicas do solo aditivado exposto ao tempo

CARACTERÍSTICAS	NATURAL	0,2%	0,3%	0,4%
DENSIDADE SECA MÁXIMA (g/m ³)	1,465	1,463	1,459	1,464
UMIDADE ÓTIMA (%)	24,5	25,7	25,6	25,4
ISC (%)	13,0	13,20	12,40	10,70
EXPANSÃO (%)	-----	-----	-----	-----

Fonte do Autor, 2017.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da expansão e do ISC o solo A7-5 pode ser utilizado como reforço, expansão menor que 2% e ISC maior que 2%.

Conforme teste em laboratório, as adições de 0,2%, 0,3% e 0,4% de Con-Aid® /CbrPlus® diminuiram em torno de 50% a sua expansão, mas os valores de ISC permaneceram inalterados quando comparados com o solo natural.

As dosagens tiveram como resultado final, valores parecidos, sendo o de 0,2% interessante economicamente e também por reduzir sua expansão em 52,49%.

Com o solo aditivado submerso e o exposto ao tempo, verificou-se uma diminuição no ISC comparado ao do solo natural, o que não torna vantajosa sua utilização para o suporte de carga com o aditivo.

Valores de ISC exposto ao tempo pode ter sofrido variações, já que os corpos de provas ficaram 5 dias recebendo chuvas e só 2 dias de sol, podendo interferir nos seus resultados.

Sugere-se a realização de ensaios, estudando detalhadamente o solo A7-5 e o aditivo.

Sugere-se também, estudo com outros tipos de solos para ver as reações e resultados obtidos com a utilização do aditivo.

Sugere-se o estudo com o solo A7-5, porém com a exposição ao tempo ficando mais dias de sol do que chuva para simular melhor o ambiente do campo.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7181:1984 Versão corrigida 1988: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6459:1984 Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7101:1984 Versão corrigida 1988: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7182:1986 Solo Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 9895: Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1987.

BATISTA, C.F.N. (1976). **Pavimentação**. Editora Globo, volume II, 2ª edição, Porto Alegre, RS. 336p

CON-AID® BRASIL. Disponível em <http://www.conaidbrasil.com/blog/wp-content/uploads/2011/11/Guia-de-Aplica%C3%A7%C3%A3o-Con-Aid-CBRPlus.pdf>. Acesso em: Março 2017

CON-AID® BRASIL. Disponível em <http://www.conaidbrasil.com>. Acesso em: Março 2017.

Confederação Nacional do Transporte (CNT)
[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)
Acesso em março de 2017.

DNIT-DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2006

FRANÇA, Fabrício Carlos. **Estabilização Química de Solos para Fins Rodoviários: Estudo de Caso com o Produto “RBI Grade 81”**. 2003. 104 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

FARIA, Sérgio Fraga Santos. **Fragmentos da história dos transportes**. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Estabilização de Solos para Fins de Pavimentação**. Minas Gerais, 2005. PASTORE E.L., FONTES R.M. (1998) **Caracterização e classificação de solos**. Geologia de Engenharia, Volume I, Oficina de Textos, São Paulo, SP, 197-208