

## PAVIMENTO DE BAIXO CUSTO COM O USO DO MONTÍCULO DE CUPIM

SANTOS, G. S. S., NASCIMENTO, J. G. M., MARQUES, C. S. A., ALMEIDA, M. J. M. 2018.

\*Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul.

### RESUMO

Pode se entender por pavimento como sendo uma estrutura de diversas camadas dimensionada para suportar o tráfego constante, oferecendo conforto e segurança ao usuário. É considerado pavimento de baixo custo quando se compõem de solos locais in natura para constituir suas bases, ou quando são estabilizadas usando materiais que possuem uma relação de custo inferior às bases convencionais, como solo-cimento, solo-cal. Atualmente existe uma grande variedade de solos, sendo que cada um possui um tipo de característica. Os que possuem as melhores condições são os mais explorados, restando os que são considerados vulneráveis, portando não desempenham determinadas funções. Existem várias alternativas que podem reverter essa situação, permitindo que melhore as propriedades físicas e químicas com o intuito de proporcionar ao mesmo uma maior capacidade de resistência, além de apresentar eficiência em seu desempenho, possui viabilidade econômica e é ambientalmente favorável. Uma das técnicas usadas para esse melhoramento do solo é a estabilização com o uso do montículo de cupim (ninho de cupim). Assim este estudo tem por objetivo analisar a viabilidade técnica do uso do montículo de cupim como estabilizante de solo “*in natura*” para uso em base e/ou sub-base de pavimentos urbanos na região de Santa Fé do Sul, SP, verificando se esta mistura atenderá as normas exigida pelo DNIT para bases e sub-bases de pavimentos flexíveis. Diante deste exposto, espera-se que consigamos comprovar que a substituição do solo pelo montículo de cupim em bases e sub-bases, tenha um melhor desempenho gerando diminuição em gastos com a manutenção das vias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento alternativo, Montículo de cupim, Estabilização do solo.

### INTRODUÇÃO

O déficit de pavimentos urbanos é grande em quase todas as cidades brasileiras abrangendo desde vias principais de cidades de grande porte, até vias de circulação de distritos e conjuntos habitacionais. Como por exemplo é a cidade de São Paulo a qual é altamente desenvolvida e possui um déficit de aproximadamente de 20 milhões de m<sup>2</sup>, e o município de Guarulhos que, mesmo já tendo uma rede pavimentada de 2,7 milhões de m<sup>2</sup>, ainda necessita executar, pelo menos, mais 30% (800 mil m<sup>2</sup>). Em outras regiões do país, a situação, quanto ao déficit de pavimento urbano é ainda mais grave. (ZUPPOLINI,2009)

Isso demonstra a necessidade e a importância do desenvolvimento de uma técnica de pavimentação que minimize os custos de implantação. Uma das alternativas que o engenheiro geotécnico dispõe para viabilizar técnica e economicamente a construção de obra é melhorar as propriedades do solo existente, de modo a criar um novo material capaz de atender da melhor forma às exigências de um projeto. Portanto, a necessidade de atender ao mercado de engenharia, que aspira por soluções que reduzam custos, leva à busca pelo desenvolvimento de novos materiais geotécnicos. Como por exemplo o uso da baba de cupim encontrada em montículo ou o produto DS-328 para a estabilização do solo (RUBENS,2011). O emprego desta tecnologia vem tendo um incremento notável no mundo, e no Brasil já foram construídas importantes obras rodoviárias, aeroportuárias, hidráulicas e industriais a mais de 30 anos, com expressivos resultados.

Diante do exposto este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as vantagens na implantação do uso da baba de cupim, em camadas de base e sub-base em pavimentos de baixo custo em áreas urbanas e qual seu impacto ambiental.

### OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade técnica do uso do montículo de cupim como estabilizante de solo “*in natura*” para uso em base e/ou sub-base de pavimentos urbanos na região de Santa Fé do Sul, SP, verificando se esta mistura oferecerá um índice de suporte similar ao necessário exigido pelo DNIT para bases e sub-bases de pavimentos flexíveis.

### OBJETIVO ESPECÍFICO

- Revisar a literatura sobre pavimentos de baixo custo e estabilização de solos;
- Analisar as propriedades físicas e mecânicas do montículo de cupim;
- Analisar a mistura solo-montículo de cupim para base e sub-base de pavimentos;
- Avaliar os dados obtidos e a viabilidade do seu uso em pavimentos flexíveis.

## TIPOS DE PAVIMENTOS

Para o usuário da via, o pavimento deve ser uma superfície capaz de suportar e resistir aos esforços provocados pelo tráfego constantes de veículos, sendo assim garantindo conforto e segurança para quem se descola pela rodovia. Segundo o DNIT (2006), descreve que: “pavimento é uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semi-espaço, considerado teoricamente como infinito, a qual é designada de subleito”. Do mesmo modo para Souza (1980), o pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformidade. Esta estrutura assim constituída apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações.

Segundo o DNER (1997, p.194), descreve que pavimento é

A estrutura construída após a terraplanagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais tornando mais durável a superfície e rolamento.

O *Glossário de Termos Técnicos Rodoviários* do DNER (1997, p.31) descreve as camadas dos pavimentos como

- a) Camada de rolamento: Camada superior de um pavimento.
- b) Base 1- Camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Esta camada pode ser constituída de brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado, concreto asfáltico ou de cimento Portland. 2- Substrato construído de material inorgânico não metálico, sobre o qual o revestimento é aplicado.
- c) Sub-base Camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base.
- d) Subleito Maciço teoricamente infinito que serve de fundação para um pavimento.
- e) Reforço do subleito Camada em geral de 20 cm de espessura, constituída de material granular grosseiros, compactada, que se aplica no caso do subleito de estradas de terra ter baixa capacidade de suporte, antes da aplicação do revestimento primário ou para criar condições para a execução de agulhamento.

## PAVIMENTO FLEXÍVEL

Os pavimentos rodoviários devem assegurar segurança e conforto aos condutores (funções funcionais), resistir aos esforços induzidos pelo tráfego e às ações climáticas (funções estruturais), ao longo do período de vida útil. Nos pavimentos flexíveis as camadas superiores são formadas por misturas betuminosas, ou seja, por materiais estabilizados geralmente com betume asfáltico, enquanto as camadas inferiores são formadas por materiais granulares ou, eventualmente, camadas de solo estabilizadas com cimento ou brita (MIGUEL, 2009).

Os pavimentos flexíveis caracterizam-se por terem deflexões elevadas em áreas restritas, fazendo intervir intensamente as camadas superficiais da fundação. A utilização de materiais muito deformáveis obriga a espessuras bastante grandes quando as cargas aplicadas são elevadas, ou quando a fundação é de má qualidade, para que esta não seja solicitada acima da sua resistência e entre em rotura (PINTO, 2003).

A camada de base é mais importante ao nível estrutural, pois recebe os esforços induzidos pelo tráfego que circula sobre a camada de desgaste, distribuindo as tensões para a camada de sub-base (REIS, 2009, apud FERNANDES, 2012).

## PAVIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO

Segundo conceituação de Nogami-Villibor (1995) os pavimentos de baixo custo são caracterizados quando se compõem de solos locais *in natura* para constituir suas bases, ou quando são estabilizadas usando materiais que possuem uma relação de custo inferior às bases convencionais, como solo-cimento, solo-cal. Atualmente existe uma grande variedade de solos, sendo que cada um possui um tipo de característica. Os que possuem as melhores condições são os mais explorados, restando os que são considerados vulneráveis, portando não desempenham determinadas funções.

Dessa forma existe várias alternativas que podem reverter essa situação, permitindo que melhore as propriedades físicas e químicas com o intuito de proporcionar ao mesmo uma maior capacidade de resistência, além de apresentar eficiência em seu desempenho, possui viabilidade econômica e é ambientalmente favorável. Uma das

técnicas usadas para esse melhoramento do solo é a estabilização com o uso do montículo de cupim (ninho de cupim). Essa estabilização deve-se a baba de cupim, pois segundo a empresa Dynasolo (2011): “a baba de cupim fornece coesão estável e permanente entre as partículas do solo, protegendo-o da ação prejudicial da água, principal causa da deterioração dos pavimentos”.

## ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

A estabilização do solo é uma prática fundamental e tem sido considerada a principal preocupação dos pesquisadores da área de geotécnica e engenharia civil, que buscam soluções eficazes e econômicas. É definida como um processo realizado para estabilizar e suplementar as propriedades de resistência do solo, maximizando as adequações deste, para um determinado uso. Conforme os autores, a estabilização do solo pode ser por métodos mecânicos ou químicos. (FAUFER, 1967, apud MOUSAVI et al. 2017).

O domínio das técnicas de estabilização pode conduzir a reduções nos tempos de execução das obras, viabilizando a industrialização do processo construtivo, propiciando uma economia substancial para o empreendimento (LIMA, 1981, apud PESSOA, 2004).

A estabilização química dos solos refere-se ao procedimento no qual uma quantidade de material químico qualquer (aditivo) é adicionada ao solo natural, para melhorar uma ou mais de suas propriedades de engenharia. Os estabilizantes utilizados podem ser betumes, cimento Portland, cal, e outras matérias determinadas como de baixo custo, como RCD (resíduo de construção e demolição) e Montículo de cupim (PATRICIO, 2015).

## CUPIM – CORNITERMES CUMULANS

Áreas com menos mecanização tem uma grande tendência a aumentar o número de cupinzeiros, assim pastagens mais antigas podem apresentar níveis de infestação mais elevados. Portanto devido a farta quantidade de alimentos que satisfazem essa espécie, as pastagens são ambientes favoráveis a proliferação de montículos de cupim (EMBRAPA, 2009).

Segundo Grassé (1958), os montículos de cupins *cornitermes* possui uma estrutura dividida em uma parte externa dura composta de solo, e que em ninhos maduros possui uma pequena ocupação de indivíduos, em relação a parte interna, que possui uma coloração mais escura se constitui de material fecal e salivar, além de pouco solo e concentra-se a maior parte dos indivíduos da colônia.

Já para Holt e Coventry (1982), o melhoramento do solo alterado pelos cupins, está ligado com o aumento no teor de matéria orgânica, a qual deve-se a incorporação de resíduos vegetais e das secreções fecais e salivar junto com o solo da região, produzido pelos cupins durante a construção dos montículos de cupins (ninho) e das escavações de galerias. E para Lee e Wood (1983), descrevem: “A característica mais importante do solo para os cupins que constroem montículos é a proporção de areia, silte e argila, bem como a distribuição desses constituintes no perfil do solo”.

## METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas com base em livros, teses, sites, revistas periódicas, dissertações, manuais, permitindo alcançar informações necessárias para o início da pesquisa exploratória, além de ser feita uma pesquisa em campo.

Foram analisados os montículos de cupim descartados na região de Paranaíba, MS. Com o propósito de usá-los em pavimentos de baixo custo para vias urbanas, nas camadas de base e sub-base. Após coletado, o solo foi destorroado e deixado ao ar livre para poder secar. Em seguida foi encaminhado ao laboratório de solos da UNIFUNEC- Santa Fé do Sul, SP. Logo, o solo é submetido ao ensaio de granulometria, conforme o método de ensaio da NBR 7181/84: Solos- Análise granulométrica.

Posteriormente serão realizados ensaios de limite de liquidez (LL), seguindo a NBR 6459/84: Solos- Determinação do limite de liquidez, e o ensaio de limite de plasticidade (LP) o qual foi baseado na norma da NBR 7180/84: Solos- Determinação do limite de plasticidade. Estes ensaios são necessários para a classificação do solo e podem definir a quantidade de finos no solo, estabelecendo a variação com o seu comportamento com a interferência do teor de umidade e a média dos valores de umidades encontrados é o LP, esses valores não devem ser diferentes da média em mais de 5%.

Em seguida, será desenvolvido o ensaio de compactação segundo a NBR 7182/84: Solos- Ensaio de Compactação. O qual visa melhorar as propriedades do solo através da redução dos seus vazios pela aplicação de pressão, impacto ou vibração.

Por último é realizado o ensaio de CBR, de acordo com a norma da DNIT- 172/2016-ME: Solos- Determinação do índice de suporte de Califórnia utilizando amostras não trabalhadas-método de ensaio, este serve de base para o dimensionamento de pavimentos.

## NORMAS

Para esse estudo serão utilizadas as normas de projeto de pavimentos segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) órgão federal vinculado ao Ministério dos Transportes e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a saber:

- DNIT- 172/2016-ME: Solos- Determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR) utilizando amostras não trabalhadas- método de ensaio;
- NBR 6459/84: Solos- Determinação do limite de liquidez;
- NBR 7180/84: Solos- Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7181/84: Solos- Análise granulométrica;
- NBR 7182/84: Solos- Ensaio de Compactação.

## RESULTADOS

### Limite de Liquidez

De início foram separados 200 gramas de cupim e realizado o procedimento. Durante os ensaios serão feitos com 5%, 10% e 15% de cupim.

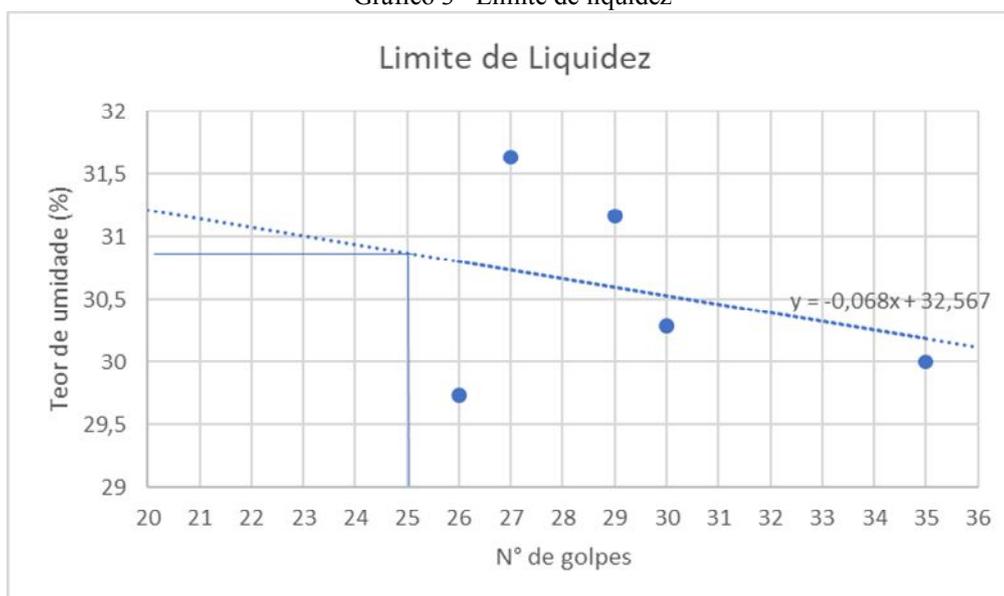
Tabela 5– Limite de liquidez do cupim

Ensaio com 100% de cupim- amostra de 200 gramas					
Cap nº	12	24	28	36	61
Nº de golpes	35	30	26	29	27
Peso S+C+A (g)	14,29	14	15,59	13,59	13,24
Peso S+C	13,48	13,17	14,68	12,82	12,68
Peso cap	10,78	10,43	11,62	10,35	10,91
Peso do solo seco	2,7	2,74	3,06	2,47	1,77
teor de umidade	30,00	30,29	29,74	31,17	31,64
h(%) média	30,57				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo a NBR 6459/84, após os dados coletados deve-se construir um gráfico de teor de umidade (%) por número de golpes e ajustar uma reta pelos pontos assim obtidos. Em seguida no mesmo gráfico com o número de golpes 25, tem-se o teor de umidade, o qual é o limite de liquidez.

Gráfico 3– Limite de liquidez



Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto o valor de limite de liquidez é de 30,87 %. Existem duas maneiras corretas de chegar a este valor, uma é pela equação da reta obtida, onde se substitui o valor de golpes conhecido em x, e encontra o teor de umidade em y. outra maneira é demonstrando uma reta no golpe analisado, subindo até a reta e rebatendo no teor de umidade.

### Limite de Plasticidade

Segundo a NBR 7180/84, deve-se considerar satisfatório os valores de umidade obtidos, quando nenhum deles diferir de uma respectiva média de mais de 5% dessa média. O resultado final deverá ser expresso em porcentagem e aproximando o inteiro mais próximo. Da mesma maneira do limite de plasticidade foram analisados os teores de 5%, 10% e 15%.

Tabela 6– Limite de plasticidade com 5% de cupim

Ensaio com 5% de cupim- amostra de 100 gramas					
Cap n°	64	49	26	65	28
Peso S+C+A (g)	13,57	13,37	12,49	13,49	14,1
Peso S+C	13,22	13,09	12,14	13,14	13,74
Peso cap	11,22	11,4	10,09	11,15	11,74
Peso do solo seco	2,0	1,69	2,05	1,99	2,0
teor de umidade	17,50	16,57	17,07	17,59	18,00
h(%) média	17,35				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificação:

$$LP + 5\% = 17,35 + 5\% = 18,25\%$$

$$LP - 5\% = 17,35 - 5\% = 16,50\%$$

As umidades devem estar entre 16,50% e 18,25%, sendo assim o limite de plasticidade está em torno de 17,37%.

Tabela 7– Limite de plasticidade com 10% de cupim

Ensaio com 10% de cupim- amostra de 100 gramas					
Cap n°	35	2	23	20	14
Peso S+C+A (g)	13,27	13,2	12,95	14,52	12,97
Peso S+C	13	12,93	12,6	14,21	12,64
Peso cap	10,92	11,03	10,48	12,25	10,7
Peso do solo seco	2,08	1,90	2,12	1,96	1,94
teor de umidade	12,98	14,21	16,51	15,82	17,01
h(%) média	15,31				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificação:

$$LP + 5\% = 15,31 + 5\% = 16,10\%$$

$$LP - 5\% = 15,31 - 5\% = 14,60\%$$

As umidades devem estar entre 14,60% e 16,10%, sendo assim o limite de plasticidade está em torno de 15,35%.

Tabela 8– Limite de plasticidade com 15% de cupim

Ensaio com 15% de cupim- amostra de 100 gramas					
Cap nº	46	16	61	15	63
Peso S+C+A (g)	12,11	13,71	13,01	13,67	13,38
Peso S+C	11,86	13,4	12,86	13,29	12,95
Peso cap	10,11	11,05	11,01	10,99	10,66
Peso do solo seco	1,75	2,35	1,85	2,3	2,29
teor de umidade	14,29	13,19	8,11	16,52	18,78
h(%) média	14,18				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificação:

$$LP + 5\% = 14,18 + 5\% = 14,90\%$$

$$LP - 5\% = 14,18 - 5\% = 13,50\%$$

As umidades devem estar entre 13,50% e 14,90%, sendo assim o limite de plasticidade está em torno de 14,20%.

Entende-se por plasticidade, que quanto maior o teor de umidade implica em menor resistência. Com os resultados obtidos, tem-se com menor teor o de 15% de cupim. A partir desse teor, serão realizados os ensaios de Proctor e CBR. Os mesmos já estão sendo executados e até fim do mês terá sido finalizados, assim que finalizados estarei solicitando uma substituição de projeto.

## CONCLUSÃO

Pelo estudo inicial feito, mas ainda incompleto, já foi possível verificar que o montículo de cupim é uma alternativa viável para estabilização de solo.

Como dito anteriormente, o trabalho ainda não está concluído, porém até o fim deste mês estará concluído.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- AUGUSTO, C. R. M., BENTO, F.A., DA COSTA, J.R.P., DA SILVA, M. A. **A Utilização Do Aditivo Baba de Cupim Sintético para Reforço de Subleitos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Anhembi Morumbi: São Paulo, SP, 2015. 82p.
- 2- BLOG BABA DE CUPIM. **Histórico da Estabilização Química de Solos**. 2010. Disponível em: <http://babadecupim.blogspot.com.br/>. Acessado em: 29 março. 2018.
- 3- CORRÊA, A. A. R. **Incorporação de partículas lignocelulósicas e “baba de cupim sintética” no adobe**. Tese (doutorado), Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2013. 201 p.
- 4- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de pavimentação**. 2006. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/719\\_manual\\_de\\_pavimentacao.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/719_manual_de_pavimentacao.pdf). Acessado em: 30 março. 2018.
- 5- DYNASOLO. **DS328: A Tecnologia da baba de cupim na construção Civil**. Disponível em: <http://dynasolo.com.br/ds328s.htm>. Acessado em: 29 março.2018.
- 6- FARIA, O.B., BATTISTELLE, R. A. G., NEVES, C. Influência da adição de “baba de cupim sintética” na resistência à compressão e absorção de água de solo-cimento compactado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 127-136, jul./set. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v16n3/1678-8621-ac-16-03-0127.pdf>. Acessado em: 15 abril. 2018.
- 7- LATERSOLO. **Técnicas de construção de pavimentos- Parte 1 Sub-base e Bases**. 2015. Disponível em: <http://www.latersolo.com.br/wp-content/uploads/2015/03/T%C3%A9cnicas-de-Constru%C3%A7%C3%A3o-de-Pavimentos-Parte-I.pdf>. Acessado em: 11 abril. 2018.
- 8- LIMA, D.C. **Algumas considerações relativas a aspectos da estabilização dos solos, em particular à estabilização solo-cal**. 1981. 171f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-SP, 1981.



- 9- MARQUES, G. L. O. **Notas de Aula. Pavimentação.** 2012. 210p. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acessado em: 16 abril. 2018.
- 10- MIGUEL, O. M. L. **Misturas betuminosas- determinação das características para o cálculo dos pavimentos.** 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, FEUP, Porto-PT, 2009.
- 11- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos.** São Paulo: 1995. 213p.
- 12- PATRICIO, J. D. **Estudo de solos modificados por adição de polímeros para uso em pavimentos rodoviários.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2015.
- 13- ROJAS, J. W. J. **Estabilização de solos.** 2015. 65p. Coleção Ciências do Pampa [recurso eletrônico] /Universidade Federal do Pampa. Campus Caçapava do Sul. n. 1. Caçapava do Sul. Disponível em: [http://200.132.138.126/wp/cadernos/wp-content/uploads/2015/10/N%C2%BA-1\\_Estabiliza%C3%A7%C3%A3o-de-solos.pdf](http://200.132.138.126/wp/cadernos/wp-content/uploads/2015/10/N%C2%BA-1_Estabiliza%C3%A7%C3%A3o-de-solos.pdf). Acessado em: 16 abril. 2018.