

45ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO
19º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA
1º FORUM RODOVIÁRIO, DE TRÂNSITO E DE MOBILIDADE

Brasília, DF - 20 a 23 de setembro de 2016

**ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO COMO
REFORÇO EM SOLO PARA A PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA**

*Paulo de Souza Lima Neto*¹; *Haikel Buganem Busgaib Gonçalves*², *Francisco Heber Lacerda de Oliveira*³
& *Marcos Fábio Porto de Aguiar*⁴

RESUMO

Este artigo trata da análise de melhoramento das características mecânicas de um solo com a utilização de fibras de polipropileno, sendo verificado a sua aplicação na estabilização de um solo para uso em camadas de sub-base ou base de pavimentos rodoviários. Foram estudadas sete situações considerando o solo *in natura*, com dois modos de homogeneização diferentes, um utilizando duas proporções de fibras (0,5% e 1,0%) e outro com quatro situações de misturas com diferentes proporções de fibra, sendo adotadas as quantidades equivalentes de 0,5% à 2,0%. Foram realizados ensaios de caracterização do solo e com os resultados obtidos fez-se uma análise comparativa dos resultados dos ensaios de resistência mecânica com as amostras de solo natural e dos obtidos com os compostos formados pela mistura da fibra com o solo. Com os resultados de Índice de Suporte Califórnia, observa-se que a fibra tanto aumentou a resistência do solo em 16% como apresentou redução nas taxas de expansibilidade em 0,20% se usada em certas quantidades. Assim, a utilização de fibras de polipropileno no solo apresentou valores satisfatórios para utilização em sub-base, de acordo com o DNIT (2006).

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de polipropileno, Reforço, Solos, Pavimento.

ABSTRACT

This study is an analysis of improving the mechanical characteristics of the soil with the use of polypropylene fibers produced in industry, being verified its application in the stabilization of the soil for use in layers of sub-base or base road surface. Seven cases were studied considering the soil without addition of another material, with two different modes of homogenization, one using two fiber proportions (0.5% to 1.0%) and the other with four situations mixtures with different proportions of fiber, being adopted the quantities equivalent to 0.5% to 2.0%. Soil characterization tests were performed and with and with the results obtained was realized a comparative investigation of results of the mechanical resistance obtained with the natural soil samples and obtained with the compounds formed by mixing the fiber with the soil. The results of California Bearing Ratio, was observed that the fiber either increased soil resistance and decreased the expansion rates, when used in certain amounts, thus presenting satisfactory values for use in sub-base according DNIT (2006)

KEY WORDS: Polypropylene fibers, Reinforcement, Soils, Pave.

^{1,2} Alunos de graduação em Engenharia Civil da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905. Fortaleza. Ceará. E-mails: haikelbusgaib@hotmail.com e paulo_lima9@gmail.com.

³ Professor Assistente da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905. Fortaleza. Ceará. E-mail: heberoliveira@unifor.br

⁴ Professor Assistente da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905 e Instituto Federal de Educação do Ceará - IFCE. Av. 13 de Maio, 2081. Fortaleza. Ceará. E-mail: marcosporto@unifor.br

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população e com a degradação do meio ambiente, cada vez mais é necessária a construção em localidades onde o solo não contém uma boa capacidade de suporte. Dessa forma, seja pela baixa capacidade de suporte ou pela sua elevada compressibilidade ou plasticidade é comum que ele não consiga preencher algumas exigências pretendidas em um projeto, necessitando de alguma melhoria ou reforço para que sua utilização seja viável. É função da Engenharia encontrar alternativas com menor custo, menor tempo e que viabilizem a utilização de um solo com baixa capacidade de suporte.

O reforço pode ser entendido como uma melhoria das características do solo por meio de processos físicos ou químicos. Essas técnicas podem ser aplicadas com a utilização de alguns tipos de materiais geossintéticos, fibras como as de politereftalato de etileno (PET), sisal e polipropileno, além das raspas de pneus e dos aditivos (químicos e orgânicos).

Com isso, a utilização de determinados elementos para melhorar as características de solo, para determinadas obras de Engenharia, sobretudo as relacionadas à infraestrutura de transportes, pode ser um fator relevante, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias, quanto para questões relacionadas ao meio ambiente.

As fibras de polipropileno são fibras já utilizáveis em estruturas de concreto e que foram bastante estudadas como reforços em solo na Europa e nos Estados Unidos, tendo resultados satisfatórios em tais localidades.

O presente estudo tem como objetivo verificar o desempenho de misturas de fibras de polipropileno em um solo aceitável para sub-base, com intuito de aumentar sua capacidade de suporte.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O reforço de solos com fibras é uma técnica que já vem sendo utilizada pela humanidade desde muito tempo. Alguns indícios da utilização desta técnica são encontrados em partes da Grande Muralha da China, com a utilização de fibras vegetais e em estradas construídas pelos Incas, no Peru, empregando lã de lhama como reforço (PALMEIRA, 1992).

A Segunda Guerra Mundial trouxe vários avanços científicos e um deles foi a estabilização de solos, pois em tal período houve a necessidade de construção de rotas militares. Já no contexto moderno, com o grande desenvolvimento da humanidade e com o grande avanço na área de construção civil, inevitavelmente ocorre uma grande exploração de solos com uma boa capacidade de suporte, reduzindo a disponibilidade de tais solos. Desta forma nasce a necessidade de pesquisas para que sejam encontradas alternativas viáveis que solucionem o problema de solos com baixa capacidade de suporte, que na maioria das vezes não podem ser empregados em determinadas obras de Engenharia Civil (CLAUMANN, 2007).

Em relação às fibras, por ser recente o emprego, não existe uma dosagem predefinida, desta forma é necessário o estudo diferenciado em relação a quantidade e comprimento para cada tipo de solo a ser utilizado. As de polipropileno vem sendo bastante estudadas na atualidade assim sendo declarada uma das fibras mais promissoras existentes, já que os estudos comprovam que com a adição destas fibras ocorre o aumento a resistência à tração, assim sendo viável sua aplicação em vários setores da construção civil, como estabilização dos solos, material para terraplenos, pavimentação entre outros (TRINDADE et al, 2004).

Um material compósito é constituído por uma matriz e um elemento de reforço e são desenvolvidos para otimizar os pontos fortes de cada uma destas duas fases, ou seja, a junção de dois ou mais matérias formando um único material com características e propriedades diferentes dos materiais de origem (BUENO et al, 1996).

Compactando a mistura de solo com fibras gera-se um material compósito denominado fibrossolo. Pesquisas demonstraram que a inclusão de fibras causa o aumento na parcela atritiva e coesiva do solo, dessa forma aumentando também sua resistência à tração. O fibrossolo tem um grande potencial para a utilização em aterros de estadas, maciços de barragens de terra entre outros, visto o aumento da resistência ao cisalhamento (BUENO et al, 1996).

A adição de fibras no solo faz com que tal tenha um comportamento particular quando comparado ao solo natural. As modificações causam um aumento na capacidade de suporte do solo e na redução da compressibilidade de tal. Como qualquer reagente químico utilizado no solo deve-se dosar de forma correta a quantidade de fibras para que seja adquirido a maior quantidade de ganhos possíveis nos desempenhos mecânicos de tal solo. (TEIXEIRA et al, 1995).

Procurando compreender mais sobre a interação entre solo e fibra, foi estabelecida uma analogia entre o elemento de reforço de solo e uma estaca cravada, Figura 1. Em sistemas de estacas pode-se existir estacas comprimidas ou tracionadas, dependendo das forças externas aplicadas a estas. As estacas, por sua vez, induzem deformações ao solo. (MCGOWN et al. 1978).

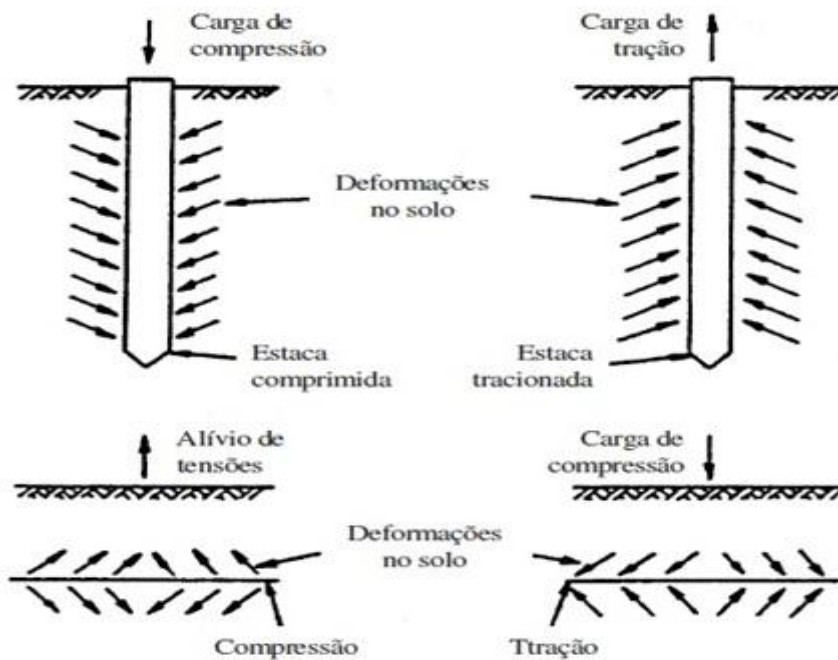


Figura 1: Comparação de estaca com elemento de reforço de solo (McGown et al., 1978)

Já no sistema com solo reforçado ocorre o contrário, os carregamentos externos de compressão ou alívio de tensões agem na massa de solo provocando deformações internas que acabam por transferir esforços para os elementos de reforço. Porém as deformações internas do solo envolvidas nestas condições não são iguais às envolvidas no sistema de estacas. Assim demonstra-se que o solo reforçado com fibras possui uma maior resistência e menor deformabilidade, pois as fibras dissipam os esforços empregados a tal solo. Para obter o máximo benefício das inclusões as estacas devem estar dispostas na direção das deformações principais dentro da massa de solo (MCGOWN et al. 1978).

MATERIAIS E METODOS

O solo foi extraído de uma jazida localizada próxima da Av. Eta Gavião, em Itaitinga, Ceará, coordenadas geográficas 3 ° 52' 43'' S/ 38 ° 32' 20'' O. Na localidade foram retirados cerca de 250 kg de solo, em uma profundidade de 3 metros. Visualmente, o solo era de coloração mais avermelhada, com alguns pedregulhos típicos de solos lateríticos encontrados nas regiões tropicais.

Primeiramente foram feitos ensaios laboratoriais com o solo in natura para determinar os parâmetros iniciais do estudo, desta forma foi possível classificá-lo de acordo com o TRB (Transportation Research Board) e determinar sua umidade ótima. Esses parâmetros iniciais serão importantes para a realização dos posteriores ensaios de determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), onde serão comparados os resultados obtidos do solo natural e da mistura de solo e fibra. Todos os ensaios foram feitos no laboratório da universidade de acordo com as normas técnicas brasileira.

Ensaio e resultados para classificação do solo in natura:

- Análise Granulométrica, ABNT (1984a):

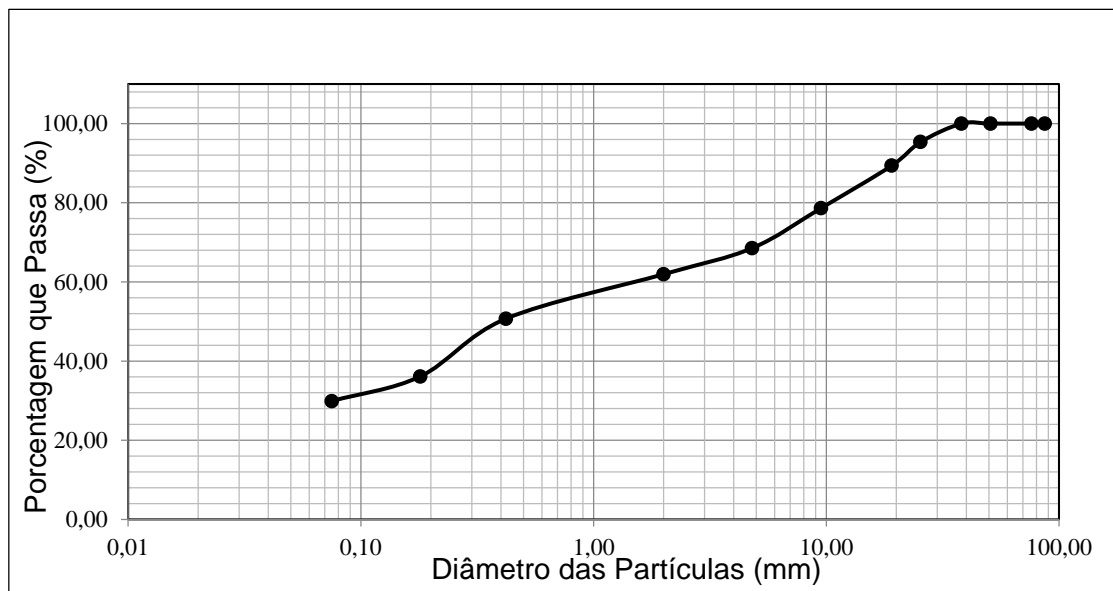


Figura 2: Gráfico Porcentagem que passa(%) X Diâmetro de partículas (mm).

Tabela 1- Resultados do ensaio de granulometria por peneiramento.

Resumo da Granulometria	
Pedregulho (>4,8mm)	31,47%
Areia Grossa (4,8mm-2,0mm)	6,59%
Areia Média (2,0mm-0,42mm)	11,25%
Areia Fina (0,42mm-0,075mm)	20,81%
Silte, Argila (<0,075mm)	29,88%
Total.....	100,00%

Com a obtenção da curva granulométrica nota-se que o solo possui uma granulometria contínua, com presença de grãos de vários tamanhos e pode-se classifica-lo, de acordo com o TRB (Transportation Research Board), como A-2-4, ou seja um solo argiloso com presença de pedregulhos.

- Limites de Atteberg, ABNT (1984b):

De acordo com os parâmetros de classificação desenvolvidos por Atterberg pode-se concluir que o solo tem uma plasticidade média já que possui um IP de 7,73%.

Tabela 2- Resultados dos ensaios de LL,LP E IP

Limite de Liquidez	(LL):	31,5%
Limite de Plasticidade	(LP):	23,77%
Índice de Plasticidade	(IP):	7,73%

- Ensaio de compactação, ABNT (1986b):

O ensaio de compactação foi elaborado de acordo com o método exposto no capítulo anterior, visto que a energia utilizada nos ensaios foi a intermediária (26 golpes por camada). Com isso foi possível a elaboração da curva de compactação, a obtenção da umidade ótima do solo que foi de 14,5% e o peso específico aparente seco máximo que de 1,98 gf/cm³ demonstrada no Gráfico 4.3.

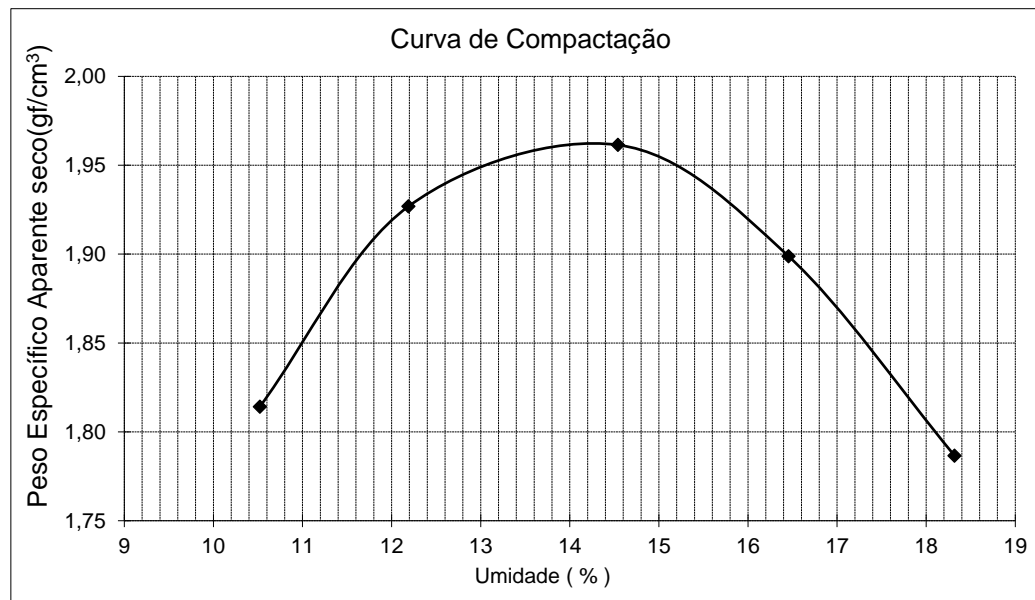


Figura 3: Corpo de prova modo 1 a direita e corpo de prova modo 2 a esquerda.

- Ensaio de Índice de suporte Califórnia, DNER (1994) (encontra-se na análise de resultados);

Ensaio para solo adicionado de fibras (resultados se encontram na análise de resultados):

- Ensaio de compactação, ABNT (1986b);

- Ensaio de Índice de suporte Califórnia, DNER (1994);

A fibra utilizada no estudo foi a Fibromac-24, escolhida por conta de seu comprimento de 24mm, além de ter um diâmetro de 18 μm em seção circular e área de superfície específica de 244 m^2/kg , assim de acordo com estudos preliminares feitos e comparado a outras fibras pode trazer melhores resultados como reforço. Alguns dados adicionais de propriedades físicas e mecânicas estão presentes na Tabela 1.

Tabela 3: Especificações das fibras Fibromac-24.

Propiedades Físicas	Unidades	Medidas
Diâmetro	μm	8
Seção		circular
Comprimento	Mm	24
Alongamento	%	80
Matéria-prima		polipropileno
Peso Específico	g/cm^3	0,91
Propriedades Mecânicas		
Temperatura de fusão	$^{\circ}\text{C}$	160
Temperatura de ignição	$^{\circ}\text{C}$	365
Resistência á tração	Mpa (N/mm^2)	300
Módulo de Young	Mpa	3000

ANÁLISE DE RESULTADOS

A primeira análise que pode ser feita é relacionada a compactação, como mostrado na Figura 2, ocorreu uma queda na umidade ótima do solo reforçado em relação ao solo *in natura*. Dessa forma é possível concluir que as fibras não retém água, pois caso ocorresse alguma retenção iria ocorrer um aumento na porcentagem de umidade ótima do solo.

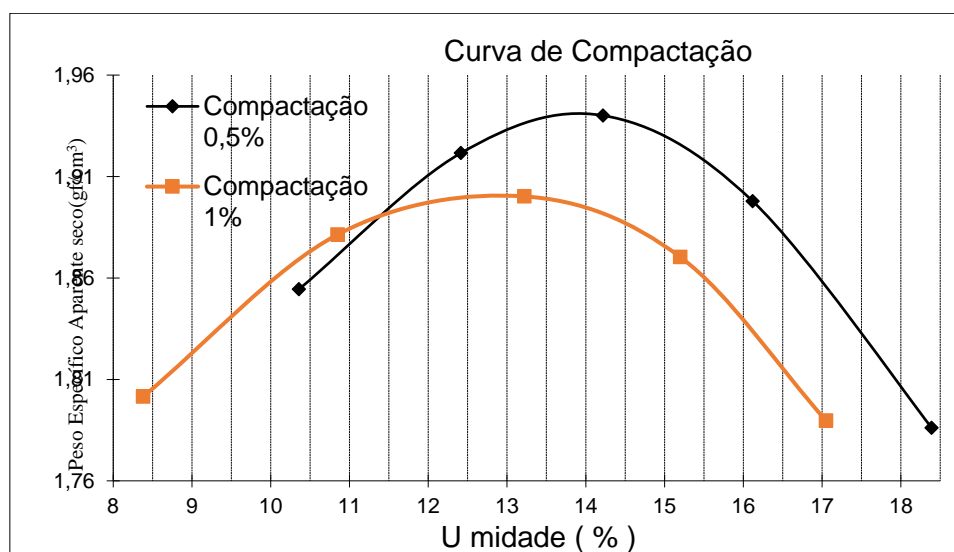


Figura 4: Umidade x Peso Específico Aparente Seco solo com 0,5% e 1,0% de fibras.

O ensaio de compactação, em si, pressupõe que o processo de preparo da amostra proceda primeiramente com a aplicação das fibras ao solo e em seguida com a adição da água. Esse processo de preparo de amostra e homogeneização foi denominado, para esse trabalho, de modo 1. Desta forma as compactações só foram feitas com as porcentagens de 0,5% e 1,0% de fibras de polipropileno pelo motivo de nos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC), utilizando o modo 1 de homogeneização, ocorre um decréscimo na curva de ISC. Assim com essa descoberta percebe-se que os resultados das curvas de compactação só servem para uma análise comparativa de retenção d'água e mudança de peso específico aparente seco. Com isso, pode-se concluir que os resultados obtidos com essas duas porcentagens são suficientes para afirmar que a fibra não absorve água e que interfere muito pouco no peso específico aparente seco do solo.

O que foi percebido em relação a homogeneização pelo modo 1 é que as fibras se amontoam com o solo, formando certos conglomerados de fibrossolo, que retêm a água e dificulta o processo de homogeneização da mistura.

Quando feito o ensaio de compactação utilizando o modo 1, percebeu-se que o corpo de prova ficou bem dividido por camadas, ou seja, a coesão entre as camadas foi afetada possivelmente pela formação dos aglomerados e pelo desfio das fibras no processo de homogeneização, que podem ter dificultado a interação do solo com fibras e a camada precedente. Para justificar estas conclusões, quando desmoldado o corpo de prova foi percebido que era facilmente separada camada por camada do corpo de prova após compactação. Na Figura 5 é possível verificar essa divisão de camadas após o processo de compactação.



Figura 5: Corpo de prova separado por camadas.

Com tal problemática descoberta foi testado a solução de homogeneização modo 2, na qual foi primeiramente homogeneizado o solo com a água tentando alcançar a umidade ótima e depois adicionando as fibras. Desta forma foi possível obter aumentos significativos nos valores de ISC, visto que não ocorre um grande desfio das fibras e há uma maior facilidade no processo de homogeneização. Assim as fibras interagem em blocos de maior espessura com o solo e não formam os aglomerados que ocorrem no processo de homogeneização modo 1. Na Figura 6 é possível verificar 2 corpos de prova desmoldados, os dois com 1% de fibras, um compactado com o modo 1 e o outro com o modo 2.



Figura 6: Corpo de prova modo 1 a direita e corpo de prova modo 2 a esquerda.

Com a Figura 6 é possível perceber visivelmente como o corpo de prova homogeneizado pelo modo 2 aparenta ter uma maior coesão que o compactado com o modo 1, o qual apresenta ranhuras nas localidades das divisas de camadas.

Para uma melhor análise comparativa dos resultados foi elaborado o gráfico da Figura 7 no qual foram reunidas as curvas de compactação de 6 corpos de provas da Tabela 4, com solo *in natura*, adicionado com diferentes porcentagens de fibras e modo de homogeneização. Estas 6 curvas foram selecionadas por conta das umidades, nesses ensaios, estarem mais próximas a umidade ótima.

Tabela 4: Resultados do ensaio de ISC para solo *in natura* diversas porcentagens de fibras.

% DE FIBRAS E MODOS	ISC	Umidade	Expansão
Solo <i>in natura</i>	19,10%	14,02%	0,24%
Solo <i>in natura</i>	21,00%	13,70%	0,25%
Solo <i>in natura</i>	31,00%	14,09%	0,21%
0,5% de fibras Modo 1	16,30%	14,10%	0,22%
0,5% de fibras Modo 1	15,60%	13,46%	0,14%
1,0% de fibras Modo 1	18,30%	12,50%	0,06%
1,0% de fibras Modo 1	14,60%	12,90%	0,02%
0,5% de fibras Modo 2	28,70%	15,13%	0,23%
0,5% de fibras Modo 2	29,10%	13,57%	0,26%
1,0% de fibras Modo 2	30,80%	13,52%	0,05%
1,0% de fibras Modo 2	30,60%	13,84%	0,08%
1,5% de fibras Modo 2	31,30%	13,52%	0,10%
1,5% de fibras Modo 2	30,70%	15,20%	0,14%
2,0% de fibras Modo 2	33,00%	13,40%	0,32%
2,0% de fibras Modo 2	36,00%	14,3%	0,28%

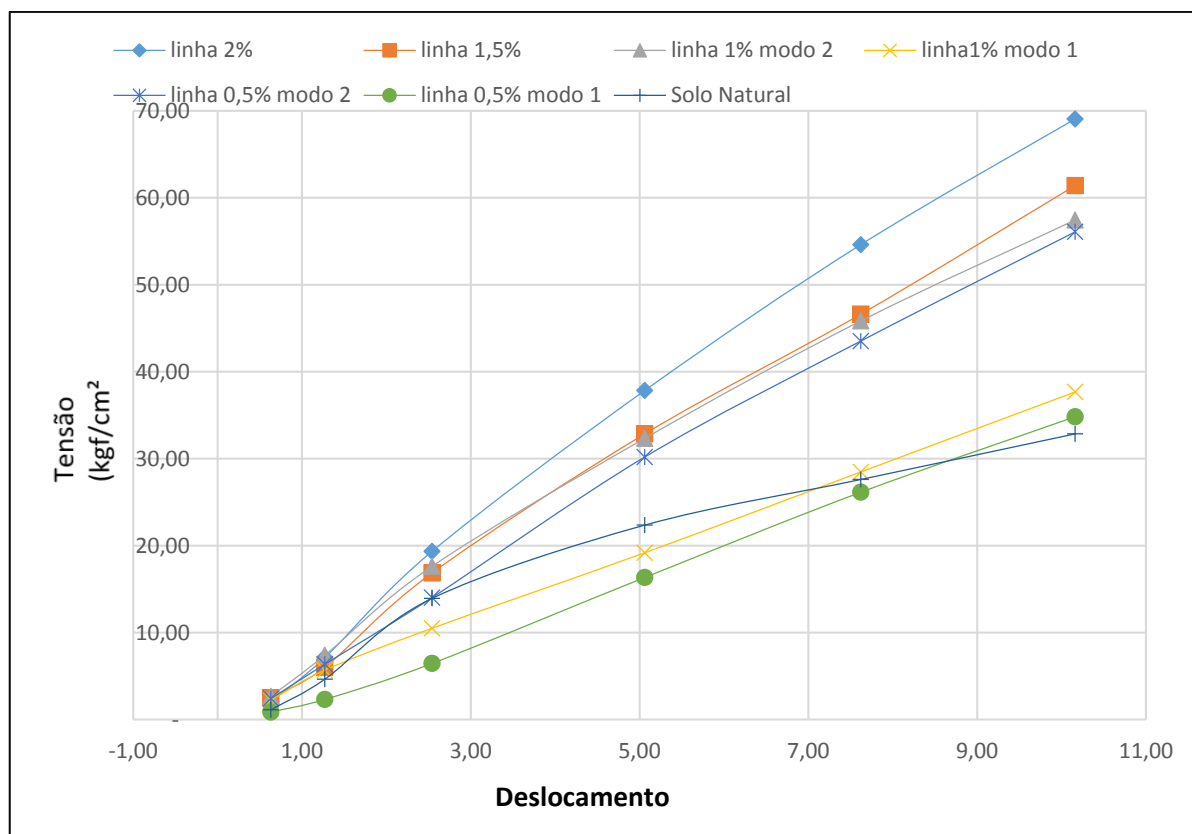


Figura 7: Gráfico Deslocamento (mm) x Tensão(Kgf/cm²) (comparativo de todas as porcentagens).

Com o gráfico da Figura 7 é possível retirar várias conclusões, a primeira seria relacionando a curva de solo natural com as curvas de 0,5% e 1% homogêneas pelo modo 1. Percebe-se que as tensões iniciais, quando moldado o corpo de prova de acordo com o modo 1, caíram em relação a do solo *in natura*, assim ocorrendo uma diminuição dos valores de ISC, já que para o cálculo desse valor utiliza-se as leituras dadas nos primeiros 2 e 4 minutos. Essa menor tensão de suporte inicial pode ter ocorrido devido à falta de coesão entre as camadas do corpo de prova moldado com a homogeneização modo 1.

Continuando a análise, do deslocamento de 5,06 mm ao de 7,62 mm, a curva do solo *in natura* está sofrendo uma suavização na sua ascendência, já as curvas do solo com 0,5% e 1,0% de fibras que foram homogêneas pelo modo 1, continuam tendo um aumento constante e por fim terminando com uma tensão de suporte maior que a do solo *in natura* no ponto onde o deslocamento é de 10,16 mm, ou seja, a fibra neste caso só está começando a ter alguma influência quando o deslocamento é maior que 7,62 mm.

Relacionando as diversas curvas de solo com fibras homogêneas de acordo com o modo 2 com a curva de solo natural, é possível perceber que de acordo com o aumento da porcentagem de fibras maiores são as tensões suportadas pelo solo, desta forma aumentando os valores de ISC de 21% do solo *in natura* para 36% quando adicionado 2% de fibras.

Quando relacionado as curvas obtidas com homogeneização utilizando o modo 1 com as que utilizaram o modo 2, é possível afirmar de vez que para melhorar as tensões de suporte do solo deve ser utilizado o segundo modo, visto que dessa forma tem-se uma maior coesão entre as camadas assim fazendo com que ocorra um maior aumento na tensão de suporte do solo, diferente do primeiro modo

que devido à falta de coesão entre as camadas, quando empregado a carga no solo não ocorria mudanças significativas na tensão suportada.

Em relação a expansão é possível perceber ao visualizar o gráfico da Figura 8 que de acordo com a porcentagem de fibras e o modo de homogeneização ocorrem alterações na expansão. Quando comparado as expansões do modo 1 e modo 2 de homogeneização percebe-se que o primeiro modo apresenta uma menor porcentagem de expansão, tal resultado pode ser justificado pela maior interação do solo com a fibra, visto que essa por conta de estar mais desfiada possa impedir, de forma mais satisfatória, a expansão do solo.

Para o modo 2 de homogeneização é perceptível que a curva de expansão sofre várias alterações, aumentando um pouco para a porcentagem de 0,5% de fibras, depois decaindo bastante para a porcentagem de 1,0% e voltando a ter um aumento de expansão a partir de 1,5%.

Essas alterações podem ser explicadas por conta das fibras que quando homogeneizadas pelo modo 2 não sofrem tanto desfio, dessa forma atuando como blocos, explicado anteriormente, chegando em uma porcentagem ideal de fibras para expansão, onde os vazios causados pelas fibras conseguem ser ainda sobrepostos por solo, no caso do presente estudo seria 1,0%; depois desta porcentagem as fibras aumentam a quantidade de espaços vazios e o solo não consegue supera-lo, dessa forma ocorrendo a percolação de água para tais localidades e causando um aumento na expansão do solo.

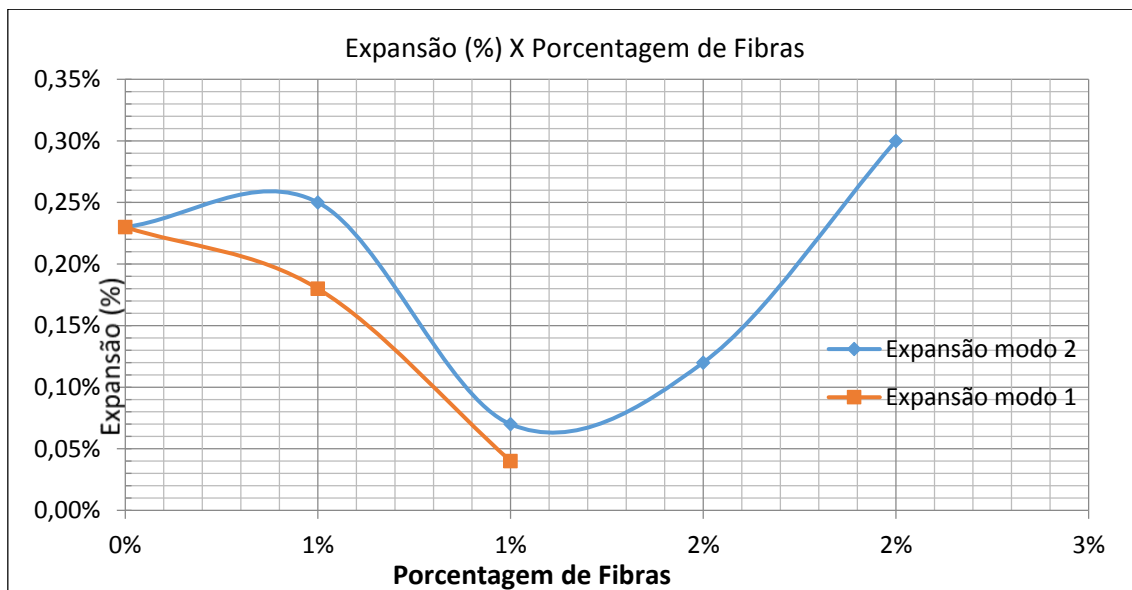


Figura 8: Expansão (%) X Porcentagem de Fibras.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para o solo estudado com adição de fibras foi possível analisar que quanto maior a quantidade de fibras adicionadas maior o crescimento da sua curva de Índice de Suporte Califórnia, porém com certas adições pode-se perceber que a diferença é mínima. Além do aumento no suporte foi possível analisar que as fibras, até uma certa porcentagem, diminuem a expansão do solo, dessa forma também podendo ser utilizada com esse propósito.

Com base nos resultados obtidos pelos estudos realizados é possível compreender que dependendo da forma que ocorra a homogeneização, diferentes serão os resultados. Assim, como o trabalho tem

como intuito o aumento do ISC do solo temos como conclusão que o modo 2 de homogeneização é o mais viável para utilização em campo. Dessa forma quando utilizado em campo deve-se primeiramente homogeneizar o solo com água até alcançar valores próximos a umidade ótima para que depois sejam misturadas as fibras e compactada toda a mistura.

Existe sim uma viabilidade para a utilização de fibras de polipropileno como reforço de solos, pois dependendo do tipo de solo que será empregado, diferentes resultados serão obtidos. No caso do tipo de solo estudado, que é um solo facilmente encontrado no estado do Ceará, foi obtido um aumento de cerca de 15% no ISC com a adição de 2% de fibras.

O resultado não fez com que o solo aumentasse o seu ISC viável para utilização em camada de sub-base para um solo com ISC que possa ter uma empregabilidade em camada de base, pois de acordo com os métodos de dimensionamento de pavimentos utilizados pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), para que fosse possível a empregabilidade em uma camada de base iria ser necessário um $ISC \geq 80\%$ ou $ISC \geq 60\%$, dependendo do número N, e expansão $\leq 0,5\%$.

Como o estudo demonstrou que as fibras, dependendo da porcentagem, façam com que a expansão diminua. Pode-se concluir que caso em certa localidade exista algum tipo de solo com bom índice de suporte mas seja bastante expansivo a utilização da porcentagem de 1,0% de fibras teria viabilidade para diminuir tal expansibilidade.

Além deste caso em campo, se ocorresse do solo ter um ISC menor que 20%, provavelmente com a adição de fibras iria ocorrer um aumento nos valores de ISC, podendo fazer com que o solo chegasse a um ISC maior que 20%, assim fazendo com que uma camada de solo utilizável como reforço de subleito, com a adição de fibras, passe a ser utilizada como camada de sub-base, já que nos métodos de dimensionamento de pavimentos utilizado pelo DNER, um solo para que seja utilizado como sub-base deve ter um $ISC \geq 20\%$ e expansão $\leq 1,0\%$.

Um dos estudos futuros de principal relevância deve ser a determinação da viabilidade econômica da utilização das fibras como reforço, fazendo um comparativo com outros métodos de reforço de solo para que seja possível ser feito uma comparação de viabilidade.

Outro estudo de grande relevância seria a adição de cimento ao solo e depois adicionado as fibras, visto que essas já são utilizadas em concreto e podem ter uma melhor interação com a presença de cimento no solo, podendo desta forma ter um maior aumento no ISC.

Devem ser feitos estudos utilizando cisalhamento direto e triaxial, dessa forma comparando os ângulos de atritos dos grãos do solo *in natura* com o solo adicionado de fibras, verificando se ocorre um grande aumento nos ângulos que caso ocorra tal aumento, iria também obter um ganho na resistência de cisalhamento. Desta forma podendo verificar a utilização de fibras em taludes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-7181**: Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984a.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS–ABNT.**NBR-7180**: Determinação dos limites de Atterberg. Rio de Janeiro, 1984c

CLAUMANN,C.D.S; **Comportamento de solos siltosos quando reforçados com fibras e melhorados com aditivos químicos e orgânicos**. Curitiba, 2007. Dissertação(Mestrado em Engenharia) – UFPR.

PALMEIRA,E. M. Geossintéticos: **tipos e evolução nos últimos anos**. In: SEMINÁRIO SOBRE APLICAÇÕES DE GEOSSINTÉTICOS EM GEOTECNIA. **Geossintéticos 92...** Brasília, p.1-12, 1992.

TRINDADE, T. P.; LASBIK, I.; LIMA, D. C.; SILVA, C. H. C.; BARBOSA, P. S. A. **Latossolo vermelho – amarelo reforçado com fibras de polipropileno de distribuição aleatória: estudo em laboratório**. Minas Gerais, p.6 ,2004.

BUENO, B.S.; LIMA, D.C.; TEIXEIRA, S.H.C.; RIBEIRO, N.J. Soil fiber reinforcement: basic understanding. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY, 3., 1996, San Diego. **Proceedings...** v.1, p.878-884 ,1996.

TEIXEIRA, S. H. C.; BUENO, B. S.; LIMA, D. C. Estudo do comportamento de solos reforçados com fibras aleatórias. **Relatório parcial PIBIC CNPQ/ UFV**, Viçosa, 1995.

McGOWN, A.; ANDRAWES, K.Z.; AL-HASANI, M.M. **Effect of inclusion properties on the behavior of sand**. *Geotechnique*, London, v.28, n.3, p.327-346, 1978