

Influência do Teor e do Comprimento de Fibras de Polipropileno na Resistência à Compressão Simples de um Solo Cimento

Saul Barbosa Guedes

Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Brasil, saubguedes@yahoo.com.br

Roberto Quental Coutinho

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, rqc@ufpe.br

António Joaquim Pereira Viana da Fonseca

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, viana@fe.up.pt

RESUMO: Neste trabalho apresentamos os resultados do comportamento mecânico obtido quando da incorporação de fibras poliméricas, de diâmetro $18 \cdot 10^{-6}$ m, nos teores de 0,0; 0,25; 0,50 e 0,75% e comprimentos de 6 e 24 mm, na matriz cimentícia de uma areia argilosa da Formação Geologia Barreiras com 5% de cimento de alta resistência inicial, objetivando a utilização dessa mistura como material alternativo para uso como revestimento primário em estradas não pavimentadas, garantindo ao mesmo maior resistência às intempéries da região e aos esforços produzidos pelo tráfego atuante. De maneira geral, observou-se que a inclusão das fibras na matriz de solo-cimento contribuiu para o aumento da resistência a compressão simples. Também foi observado que o aumento da resistência foi mais pronunciado quando se utilizou a fibra de comprimento maior (24 mm). Também verificou-se um pequeníssimo aumento, de maneira proporcional, no valor do índice de vazios da mistura solo-cimento-fibra quando do acréscimo do teor de fibras na matriz cimentícia. Por fim, decidiu-se por meio de critérios técnicos e econômicos que, a mistura areia argilosa + 5% cimento + 0,75% Fibra de 24 mm, foi a mistura que apresentou comportamento mecânico mais apropriado para uso como revestimento primário para as estradas de terra existente numa área de preservação ambiental pertencente ao Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcante.

PALAVRAS-CHAVE: Fibras Poliméricas, Solo-Cimento, Comportamento Mecânico.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata de um estudo desenvolvido nos laboratórios de geotecnia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) envolvendo os materiais: solo, cimento e fibras poliméricas, cujo objetivo consistia em, observar o comportamento do material compósito desenvolvido pela união conjunta desses materiais, submetido à compressão não confinada.

O material compósito desenvolvido era para ser utilizado como solução alternativa na construção de um revestimento primário, mais

resistente e de menor custo de construção e manutenção, para as estradas de terra existentes numa área de preservação ambiental pertencente ao Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti (PMAHC), localizado no município do Cabo de Santo Agostinho - PE, distante 41 km da cidade do Recife.

As superfícies de rolamento das estradas de terra existentes no presente parque (PMAHC) encontram-se totalmente deterioradas pelo fenômeno da erosão que atua de maneira intensa na área.

O processo de compactação, juntamente com a incorporação do cimento ao solo do subleito das estradas de terra, são técnicas consideradas

eficientes no aumento da resistência ao solo ao fenômeno da erosão. Entretanto, ao incorporar cimento ao solo, o mesmo adquire maior rigidez, e quando submetido à variação de temperatura e esforço de tração produzidos pelos pneus dos veículos de passeio, a mistura solo-cimento começa a desenvolver rapidamente fissuras que compromete a estrutura do revestimento primário das estradas.

Com o objetivo de assegurar resistência e flexibilidade à mistura de solo-cimento decidiu-se, portanto, incorporar a mesma fibras poliméricas de comprimentos diferentes (6 e 24 mm) e teores distintos (0,0; 0,25; 0,50 e 0,75%).

Os materiais compósitos desenvolvidos foram submetidos a ensaios de resistência à compressão não confinada. Após os ensaios, verificou-se que, de maneira geral, observou-se que a inclusão das fibras na matriz de solo-cimento contribuiu para o aumento da resistência à compressão simples. Também foi observado que o aumento da resistência foi mais pronunciado quando se utilizou a fibra de comprimento maior (24 mm).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Erosão em Estradas de Terra

De maneira geral, a grande maioria das estradas de terra das zonas rurais foi aberta pelos colonizadores de uma forma inadequada, por ter sido orientada basicamente pela estrutura fundiária e pelas facilidades do terreno. Estes caminhos favoreciam, em períodos de chuva intensa, o desenvolvimento de processos erosivos extremamente prejudiciais à pista de rolamento, áreas marginais e à sua plataforma como um todo (Figura 1).

Muitas delas, ao terem evoluído originalmente de pequenas trilhas e caminhos utilizados pelos primeiros grupos de pessoas que se estabeleceram nas mais diversas regiões, apresentam traçados atravessando locais cujos solos mostram grande fragilidade em termos de suporte.

À medida que o tráfego cresce, tais caminhos tornam-se estradas recebendo, entre outros serviços, melhoramentos graduais na forma de

revestimento primário de sua superfície de rolamento. A maioria, mesmo assim, são executados sem obediência a quaisquer princípios básicos de engenharia (BAESSO e GONÇALVES, 2003).



Figura 1. Exemplo de erosão na plataforma de uma das estradas existentes no PMAHC

2.2 Estabilização de Solos com o Uso do Cimento

Por se tratar de uma camada exposta (diferentes da camada de base ou sub-base que se encontra protegida pelo revestimento asfáltico ou de concreto), o revestimento primário encontra-se mais susceptível à ação das condições climáticas do ambiente em que foi construído, sendo necessário analisar a sua durabilidade diante dos agentes externos que atuam sobre ele.

Com o objetivo de tornar o solo da área do parque mais resistente ao fenômeno da erosão, decidiu-se incorporar ao mesmo cimento, pois a adição de cimento ao solo produz modificações substanciais em suas propriedades. O mesmo desenvolve influência nos seguintes parâmetros: resistência à compressão simples e tração diametral, rigidez inicial; módulo de deformação, deformação volumétrica, condutividade hidráulica e resistência ao ataque químico.

O cimento tem a função de desenvolver uma estrutura capaz de minimizar os efeitos das variações de umidade do solo, que desenvolvem grandes forças de tração e compressão no interior de massas porosas.

2.3 Materiais Compósitos

Em se tratando dos materiais cimentados, sabe-se que os mesmos apresentam: alta rigidez, fragilidade, baixa resistência à tração e tendência de fissuração por secagem. Enquanto, os materiais poliméricos apresentam: baixo módulo de elasticidade, ductilidade variável, resistência à tração moderada e são extremamente versáteis (TAYLOR, 1994).

Sendo assim, com o objetivo de desenvolver um material com comportamento mecânico que satisfaça determinadas aplicações na engenharia decidiu-se nesta pesquisa desenvolver um material compósito.

Material compósito é a combinação de dois ou mais materiais que tem propriedades que os materiais componentes isoladamente não apresentam.

Os materiais compósitos apresentam características mais apropriadas de resistência mecânica, rigidez, ductilidade, fragilidade, capacidade de absorção de energia de deformação e comportamento pós-fissuração, quando comparados com os elementos que deram origem.

Em todas as áreas do conhecimento um grande número de novos materiais pode ser desenvolvido a partir da combinação de outros. Para tanto, é necessário que se conheça as propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais de constituição e como eles podem ser combinados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados na pesquisa foram:

3.1.1 Solo

Com base na sua composição granulométrica (Tabela 1), o solo utilizado na pesquisa era composto em sua grande parte pela fração areia, 64%, seguida da fração argila, 32%, portanto, o solo foi classificado como sendo uma areia argilosa (SC) da Formação Geológica Barreiras.

A fração considerada fina do solo apresentou limite de liquidez (LL) igual a 30% e limite de

plasticidade (LP) de 18%, portanto, apresentando índice de plasticidade de 12%. Com base nos resultados dos índices de Atterberg e por meio do gráfico de plasticidade desenvolvido por Artur Casagrande, a fração fina do solo pertencia ao grupo das Argilas Inorgânicas de Baixa Plasticidade.

Com os resultados obtidos da granulometria e dos índices de Atterberg ($\phi < 0,002 \text{ mm} = 30\%$ e $IP = 12\%$), determinou-se o índice de atividade, $IA = 0,4$, que indica, que a argila presente no solo é considerada como inativa.

Com base nos valores dos coeficientes obtidos e por meio do ábaco de classificação MCT, o solo estudado foi caracterizado como sendo um solo de comportamento de uma areia argilosa do tipo laterítica (LAö).

A curva característica do solo é do tipo bimodal. De acordo com Miguel, Teixeira e Padilha (2006) a curva característica do tipo bimodal é típica de solos nos quais a distribuição dos poros é mal graduada, ou seja, de granulação aberta, concordando dessa maneira com os resultados obtidos na análise granulométrica.

Tabela 1. Composição granulométrica do solo estudado de acordo com a ABNT.

Fração	Tamanho dos Grãos	Composição do Solo
Matacão	$25.10^{-2} \text{ m} < \phi < 1 \text{ m}$	0%
Pedra	$7,6.10^{-2} \text{ m} < \phi < 25.10^{-2} \text{ m}$	0%
Pedregulho	$4,8.10^{-3} \text{ m} < \phi < 7,6.10^{-2} \text{ m}$	0%
Areia Grossa	$2.10^{-3} \text{ m} < \phi < 4,8.10^{-3} \text{ m}$	3%
Areia Média	$42.10^{-5} \text{ m} < \phi < 2.10^{-3} \text{ m}$	21%
Areia Fina	$5.10^{-5} \text{ m} < \phi < 42.10^{-5} \text{ m}$	40%
Silte	$5.10^{-6} \text{ m} < \phi < 5.10^{-5} \text{ m}$	4%
Argila	$\phi < 5.10^{-6} \text{ m}$	32%

3.1.2 - Cimento

O cimento utilizado foi de alta resistência inicial conhecido também como cimento de cura rápida. O cimento utilizado era da marca MIZU Cimentos Especiais, da Fábrica Pacatuba ã SE. Os resultados dos ensaios químicos, físicos e mecânicos do cimento utilizado encontra-se detalhado na Tabela 2.

Tabela 2. Ensaios químicos, físico e mecânicos do lote de cimento CP V ã ARI ã RS (Fonte: SEVERO, 2011).

Ensaios Químicos			
Perda de Fogo	RS	SO ₃	CaO Livre
4,50%	0,54%	3,50%	2,15%
Ensaio Físico	Ensaios Mecânico Resistência a Compressão Simples		
Massa Específica	1 Dia	3 Dias	7 Dias
3,12 g/cm ³	19,7 MPa	20,7 MPa	29,4 MPa

3.1.3 - Fibras

As fibras utilizadas na presente pesquisa foram disponibilizadas pela empresa MACCAFERRI, na forma de filamentos contínuos. O polímero sintético utilizado na fabricação das fibras foi o polipropileno (PP). De maneira sucinta, pode-se dizer que o processo de fabricação deste tipo de fibra consiste basicamente em fundir o polipropileno granulado e forçar sua travessia em orifícios muito pequenos (por exemplo, tipo chuvaire) que moldam os filamentos contínuos, ou seja, submeter o polipropileno granulado ao processo de extrusão. Posteriormente, estes filamentos são submetidos a vários processos de melhoramento das suas propriedades mecânicas e recortados em determinados comprimentos uniformes.

Na Tabela 3 detalham-se as propriedades físicas, mecânicas e de aplicação das fibras utilizadas na pesquisa.

Em se tratando das propriedades mecânicas, sabe-se que as mais importantes são a resistência, a deformação e a rigidez à tração, obtidas a partir dos resultados dos ensaios de tração das fibras.

O ensaio de tração consiste em prender o corpo de prova com garras adequadas, pelas suas duas extremidades, e sujeitá-lo a um esforço de tração até o mesmo romper aplicando uma determinada velocidade de deformação.

Durante o ensaio registram-se a força de tração e o alongamento correspondente. De posse do gráfico: Força *versus* Deformação Linear, determinam-se parâmetros, sendo os mais usuais a máxima resistência à tração alcançada, sua respectiva deformação de ruptura e o módulo de elasticidade tangente inicial que é obtido em função da relação força com a

deformação.

Tabela 3. Propriedades físicas, mecânicas e de aplicação das fibras (FONTE: MACCAFERRI).

Propriedades Físicas:	Modelo da Fibra	
	6 mm	24 mm
Diâmetro - (10^{-6} m)	18	
Seção	Circular	
Comprimento - (mm)	6	24
Alongamento - (%)	80	
Matéria-prima	Polipropileno	
Peso Específico - (g/cm ³)	0,91	
Propriedades Mecânicas:		
Temperatura de Fusão - (°C)	160	
Temperatura de Ignição - (°C)	365	
Resistência à Tração - (MPa) - (n/mm ²)	300	
Módulo de Young - (MPa)	3000	
Aplicação:		
Campo de Aplicação Indicados	Concreto Projetado, Pré-Fabricados, Pavimentos, Pisos e Revestimentos.	
Quantidades de Fibras por kilo	720.000.000	150.000.000
Área Superficial Específica - (m ² /kg)	244	225
Dosagem (Recomendação Mínima)	600 g/m ³	
Forma de Apresentação	As Fibras Sintéticas são Acondicionadas em sacos Hidrossolúveis de 600 g	

3.2 Métodos

3.2.1 Métodos Iniciais

O teor de cimento utilizado foi de 5,0 % em relação à massa de solo total seca, a densidade máxima seca de projeto e a umidade ótima das misturas foram de 1,98 g/cm³ e 11,0%, respectivamente.

Esses parâmetros foram definidos, em estudos anteriores por meio de ensaios de comportamento mecânico, como sendo os teores viáveis para aplicação da mistura de solo-cimento como material contra erosão e como revestimento primário para as estradas não pavimentadas pertencentes ao PMAHC.

Após fixar os parâmetros citados, em seguida foram moldados corpos de prova de solo cimento com fibras de 6 e 24 mm de

comprimentos. Para cada comprimento utilizado, foram moldados corpos de prova com quatro diferentes teores em relação a massa de solo + cimento total seca. Os teores utilizados foram: 0,00; 0,25; 0,50 e 0,75%.

Após preparar os materiais nas proporções calculadas, foi dado início ao processo de moldagem dos corpos de prova (CP). Os CPs possuíam um diâmetro de 70 mm e uma altura de 140 mm. Todos os CPs foram compactados em quatro camadas e de maneira estática por meio de uma prensa automatizada. Em seguida, foi dado início aos procedimentos necessários para realização do Ensaio de Resistência à Compressão Não Confinada conforme procedimentos contidos na norma NBR-12253 (ABNT 1992) e recomendações observadas em trabalhos acadêmicos.

3.2.2 Ensaio de Resistência à Compressão Não Confinada

Após o período de cura de dezenove dias em câmara úmida, antes de serem imersos em um recipiente com água durante dois dias, colou-se na superfície lateral dos CPs, utilizando cola do tipo instantânea, os suportes de fixação dos sensores de deformações denominados LDT (Linear Displacement Transducers = Transdutores de Deslocamento Linear).

Os suportes dos LDTs foram fixados de maneira a formarem entre si um ângulo de 180° com o centro do CP, visando, o registro das deformações axiais dos lados opostos (Figura 2).

Depois da colocação dos LDTs, encostou-se a base da célula de carga no topo do corpo de prova por meio da realização de uma pequena pré-carga de 5,0 N.

Para o rompimento dos corpos de prova utilizou-se uma célula de carga de modelo externo com capacidade máxima 20,0 kN.

Em seguida regulou-se a prensa automática para a velocidade de deformação de 1,00 mm/minuto (conforme estabelecido pela NBR-12253/1992) por meio de ajustes realizados em dois dispositivos de controle.

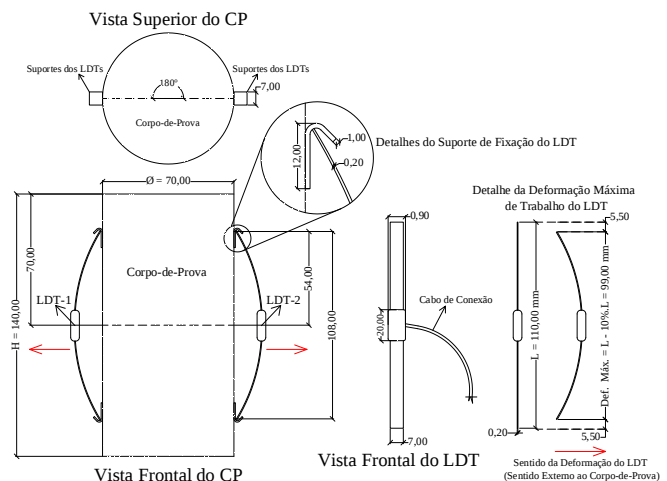


Figura 2. Detalhes em milímetros dos transdutores linear de deslocamento (LDT) e dos seus locais de fixação

Finalizados os ajustes necessários, iniciou-se o ensaio de compressão, onde os dados da carga aplicada com suas respectivas deformações eram obtidos a cada dois (02) segundos e armazenados num ficheiro Excel por meio do programa TRIAX (Figuras 3 e 4).

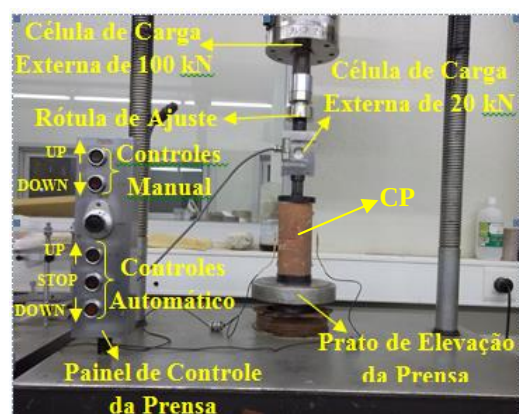


Figura 3. Detalhes dos controles de ajustes da prensa usada no ensaio de compressão simples



Figura 4. Detalhes do sistema eletrônico de aquisição dos dados

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Por meio dos cálculos realizados no programa Excel, ilustra-se o gráfico da média da resistência à compressão simples (RCS) em função da variação dos teores e dos comprimentos das fibras (Figuras 5 e 6).

Inicialmente, observa-se para os dois tipos de fibras analisadas uma variação significativa nos resultados do ensaio, embora estejam contidos no intervalo de aceitação de 10 % da resistência média.

Os resultados apresentados em ambos os gráficos são referentes apenas à resistência desenvolvida pela coesão de ligação do cimento (resistência química), grau de compactação aplicado (resistência física) e influência da presença das fibras (resistência física) na matriz. Ou seja, o valor da tensão última de ruptura encontra-se subtraída do valor da tensão de sucção que estava presente.

O valor da influência da sucção foi considerado mínimo, uma vez que, em média, seu valor correspondeu a 3,22 % do valor da resistência proporcionada pelos fatores descritos no parágrafo anterior.

De maneira geral, observou-se que a inclusão das fibras na matriz de solo-cimento contribui para o aumento da resistência à compressão simples.

Pode-se verificar que o aumento da resistência foi mais pronunciado quando se utilizou a fibras de comprimento maior (24 mm).

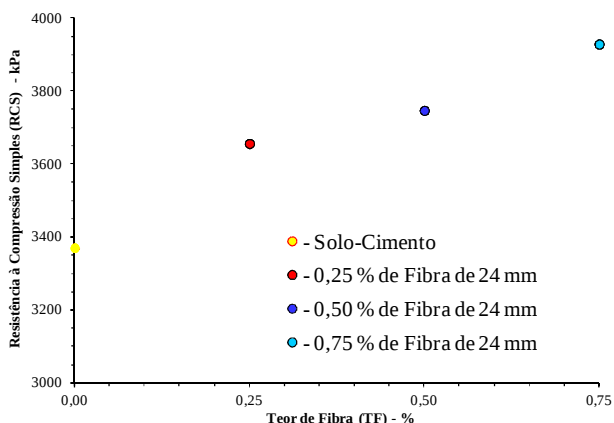


Figura 5. Média da resistência à compressão simples versus teor da fibra de 24 mm

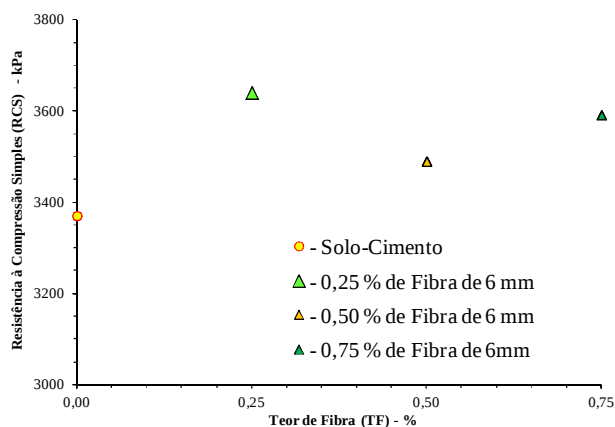


Figura 6. Média da resistência à compressão simples versus teor da fibra de 6 mm

Também observou-se que, para o menor teor de fibra incorporado à matriz de solo-cimento, as resistências obtidas pelo material foram praticamente iguais, independentemente do tamanho das fibras.

Como ambas as fibras foram inseridas na matriz com o mesmo teor, para o mesmo peso, a fibra de menor tamanho tem maior quantidade de filamentos, a mesma ficou mais bem distribuída em toda a matriz da estrutura do corpo de prova quando comparada com a fibra de 24 mm.

A fibra de maior comprimento compensa a sua distribuição na estrutura de todo o corpo de prova com base no maior número de contato desta e os grãos do solo e cimento.

Observa-se que é fundamental obter uma boa homogeneização das fibras na matriz, pois só assim, se consegue aumentar a probabilidade de maior quantidade de fibras que se cruzam no plano de ruptura.

Para o teor de 0,50 % de fibras, incorporadas à matriz de solo-cimento, já se observa um aumento da resistência para a fibra de maior comprimento, e uma redução na resistência à compressão simples quando do uso da fibra menor. Embora com fibra de menor tamanho ainda se obtém superior resistência ao solo-cimento. Justifica-se esse resultado com base na problemática, para maiores teores, de uma perfeita separação e homogeneização da fibra de 6 mm quando comparada com a fibra de 24 mm de comprimento.

Durante o processo de moldagem notou-se que, por mais que o processo de separação das fibras por sopragem através de jatos de ar fosse

eficiente, as fibras de menor tamanho sempre apresentavam maior resistência para se separarem, principalmente no momento de misturar com o solo-cimento úmido e, no momento da compactação formavam um emaranhado.

Dessa maneira, sempre que se utilizava maior teor das fibras de menor tamanho, mais a mistura apresentava emaranhados das mesmas, dificultando, a melhor distribuição das fibras ao longo da estrutura do maciço do CP.

Assim, muitos filamentos de fibras ficavam concentrados em uma única parte da estrutura da matriz, ou até mesmo aderidos entre si funcionando como um único filamento de diâmetro duplicado ou superior, dependendo da quantidade de filamentos unidos.

As fibras de 24 mm, também apresentaram um pouco de dificuldade, tanto no processo de separação, quanto no processo de homogeneização com o solo-cimento úmido, porém em proporção inferior quando comparado com as fibras de 6 mm.

Por apresentarem maior distribuição na matriz do solo-cimento, assim como um maior número de contatos entre os grãos do solo juntamente com os grãos do cimento, as fibras maiores apresentam um resultado mais visivelmente linear da relação Teor de Fibra *versus* Resistência à Compressão Simples, quando comparadas com as fibras de menor tamanho.

Os valores das resistências à compressão não confinada obtidas para o teor de 0,75 % são justificadas também com base nas alegações descritas no parágrafo anterior. Por isso, a resistência desenvolvida pelas fibras de 6 mm (devido ao aumento proporcionado pelo número de contatos entre os grãos da matriz do solo + cimento com as fibras) ainda continuou aumentando, porém, em proporção menor quando comparadas com as fibras de comprimento igual a 24 mm.

Com base nos resultados obtidos, em se tratando do aumento da resistência em função do teor de fibras, pode-se definir que o teor ótimo para as fibras de 6 mm de comprimento é de 0,25% e para as fibras de 24 mm o teor ótimo é de 0,75%. Para a fibra menor, parece que a matriz de solo-cimento reforçada com

elevados teores contém uma quantidade muito grande de filamentos, de tal modo que, cada um deles provavelmente não fica suficientemente envolvido entre as partículas do solo-cimento para que o mecanismo de reforço (transferência de tensões entre os grãos do solo + cimento para a fibra) seja acionado linearmente.

Na Tabela 4 detalha-se o aumento em percentagem das resistências à compressão não confinada obtidas em função do comprimento e do acréscimo do teor de fibras em relação à matriz do solo-cimento sem reforço.

Tabela 4. Acréscimo de resistência obtida em função das variáveis comprimento e teor da Fibra

Solo + 5% de Cimento (kPa)	Teor de Fibra (%)	Resistência Média Obtida (kPa)	Acréscimo de Resistência à Compressão Simples (%)
Solo + 5% de Cimento + Fibra de 6 mm			
3370	0,25	3640	8,0
	0,50	3489	3,5
	0,75	3591	6,6
	Solo + 5% de Cimento + Fibra de 24 mm		
	0,25	3656	8,5
	0,50	3747	11,2
	0,75	3929	16,6

5 CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios e análises dos resultados obtidos, chegamos às seguintes conclusões:

é A inclusão das fibras na matriz de solo-cimento contribuiu para o aumento da resistência à compressão não confinada, sendo este aumento mais pronunciado para a fibra de comprimento maior (24 mm).

é Possivelmente pode-se alegar que a fibra maior se distribui de maneira mais homogênea entre os contatos dos grãos do solo cimentado, passando influenciar de maneira mais significativa na resistência à compactação.

é Ficou evidenciado que o aumento da extensão desenvolvida durante o processo de ruptura dos corpos de prova é proporcional ao aumento do teor de fibras incorporadas à matriz de solo-cimento.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor manifesta o seu agradecimento ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a FACEPE, ao CNPq e aos professores orientadores do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *Dosagem para Camada de Pavimento*, NBR-12253/Procedimento. Rio de Janeiro. 04 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *Dosagem para Camada de Pavimento*, NBR-12253/Procedimento. Rio de Janeiro, 1992. 04 p.
- Baesso, D. P. e Gonçalves, F. L. R. *Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de Manutenção*. Florianópolis: DER. 236 p.
- Departamento Nacional DE Estrada DE Rodagem (1994). *Solos Compactados com Equipamento Miniatura: Determinação da Perda de Massa por Imersão*, ME-256. Rio de Janeiro. 6 p.
- Miguel, M. G.; Teixeira, R. S.; Padilha, A. C. C. (2006) *Soil-Water Characteristic Curves for the Lateritic Soil of the City of Londrina Region*. Revista de Ciência e Tecnologia, Londrina, v. 12, n. 24, p. 63-74.
- Severo, R. N. F. (2011) *Caracterização Geotécnica da Falésia da Ponta do Pirambu em Tibau do Sul-RN Considerando a Influência do Comportamento dos Solos nos Estados indeformado e Cimentado Artificialmente*. 280 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) ã Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco ã UFPE, Recife, 2011.
- Taylor, G. D. (1994) *Materials in Construction*. Longman Scientific e Technical, 2a ed. London. 284 p.