

1

INTRODUÇÃO

Os solos são materiais complexos e apresentam comportamentos distintos entre si, ou seja, cada solo tem um comportamento próprio. Portanto, é normal que não atendam inicialmente as necessidades dos projetos de engenharia, fazendo-se necessária a melhoria dos parâmetros de resistência do solo, sendo este um dos principais desafios para os engenheiros geotécnicos.

Quando se possui recursos financeiros suficientes e materiais de boa qualidade disponíveis, uma das opções mais utilizadas é a remoção dos solos pobres e substituição por outros com propriedades melhores, com o objetivo de atender as exigências e garantir a segurança de projeto. Em casos onde não seja possível a sua remoção, a alternativa é melhorar as propriedades do solo existente. Para isso conta-se com diferentes técnicas, dentre as quais as mais comuns são: a compactação mecânica (modificando as características físicas originais do solo), a estabilização por processos químicos (uso de materiais que reagem em combinação do solo com a água, por exemplo, a cal, o cimento, cinzas, etc.), a adição de um elemento de reforço (inclusão de geotêxteis, geogrelhas ou fibras) e a mistura de diferentes tipos solos, com objetivo de se melhorar o arranjo estrutural do solo e aumentar os parâmetros de resistência.

A técnica de adição de elementos de reforço no solo foi desenvolvida há mais de três mil anos pelos Babilônicos e Chineses (Festugato, 2008) utilizando fibras vegetais (palha) no solo argiloso com o propósito de melhorar a resistência mecânica. A mistura de dois materiais distintos é conhecida como compósito, que é a união de dois materiais com propriedades distintas (o solo e o reforço), com o objetivo de atingir melhores resultados mecânicos. Em geral, o material de reforço é adicionado ao solo no intuito de melhorar a resistência, a tenacidade, diminuir a propagação de fissuras (melhorar a resistência à tração), melhorar a coesão do solo, a trabalhabilidade, a impermeabilização, entre outros.

Existem diversos tipos de fibras que são utilizadas ao redor do mundo, podendo ser divididas em dois grandes grupos: as fibras sintéticas, que são compostas por materiais artificiais, produto de processos industriais, que tem a vantagem de possuírem propriedades constantes e bem definidas, e de ter em maior resistência ao intemperismo; e as fibras naturais, que são em sua maioria de origem vegetal (orgânicas), não são

constantes em suas características físicas (diâmetro, e comprimento), sendo sujeitas à degradação biológica, mas ainda assim fornecem bons resultados, são mais sustentáveis, possuem baixo custo no processo de preparação, reduzem o gasto de energia para produzi-las. É uma forma de reciclagem que contribui com a preservação do meio ambiente.

Este trabalho visa avaliar o comportamento da areia com a adição de fibras de coco verde seca através da melhoria dos parâmetros mecânicos de resistência ao cisalhamento. As fibras de coco são obtidas da casca da fruta, que tem um grande consumo nas cidades litorâneas do Brasil, e muitas vezes não tem uma disposição final adequada, sendo descartados nos lixões, ou é depositada em aterros sanitários sem nenhum processo de aproveitamento (Ishizaki *et. al.*, 2006). O reforço do solo, feito a partir das fibras de coco, nasce como uma proposta de emprego para materiais reciclados (Sotomayor, 2014).

O consumo de coco verde, segundo o Sindicato Nacional dos Produtores de Coco (SINDCOCO, 2015), cresce consideravelmente, ampliando suas exportações nos produtos elaborados pelas empresas associadas (leite de coco, coco ralado, água de coco, etc.). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2012), identifica a casca do coco como um problema já que a casca representa a 85% do peso bruto do fruto, equivalente a 70% do lixo gerado nas praias brasileiras, transformando-se em um sério problema ambiental. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA, 2015), a produção de coco em toneladas por ano no Brasil, desde 2005 até 2014, é quase constante, com uma produção em torno de 1.900.000 toneladas/ano.

Atualmente as fibras de coco verde são utilizadas em colchões, estofamentos de veículos, palmilhas, aglomerados, fios, etc. e o uso das fibras para melhoria das características de diferentes materiais tem sido estudado por diversos pesquisadores nos últimos anos no Brasil, obtendo bons resultados.

Toledo Filho (2001) realizou uma pesquisa com materiais compósitos reforçados com fibras naturais, onde se realizou a caracterização experimental e ensaios de impermeabilização nas fibras de coco e sisal para melhorar as características físicas e mecânicas das mesmas.

Fabio Tomczak (2010) estudou a estrutura e propriedades das fibras de coco e curauá do Brasil, avaliando o comportamento mecânico, físico, e químico das fibras de coco, obtendo assim os parâmetros de resistência da fibra de coco.

Zaccour (2013) avaliou o comportamento mecânico de um solo argiloso reforçado com fibras de coco, realizando ensaios triaxiais num solo argiloso reforçado com fibra moída e com diferentes comprimentos, sendo adicionadas diferentes porcentagens de fibra.

Sotomayor (2014) realizou um estudo no qual avaliou o comportamento carga-recalque de uma areia reforçada com fibra de coco submetida a ensaios de placa em grande escala, utilizando o material com as mesmas características mecânicas e físicas utilizadas nesta pesquisa.

Neste trabalho pretende-se contribuir para uma melhor interpretação e compreensão do comportamento do solo reforçado com fibras de coco verde, a fim de recomendar as misturas que apresentarem os melhores resultados, potencializando o uso destas misturas solo-fibra em obras de terra e contribuindo com a diminuição da poluição causada pelo descarte inadequado destes resíduos.

1.1

OBJETIVOS E AÇÕES

1.1.1

Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o comportamento mecânico de uma areia reforçada com fibras de coco, em diferentes teores e comprimentos, a fim de se obter resultados que garantam a melhoria da resistência ao cisalhamento da mistura areia-fibra em comparação com os resultados da areia pura.

1.1.2

Objetivos Específicos e Ações

A partir do objetivo geral é necessário estabelecer os seguintes objetivos específicos para alcançar os resultados desejados:

- Caracterizar fisicamente a areia e as misturas de areia-fibra através de ensaios de laboratório normatizados.
- Estudar os comportamentos Tensão Desviadora vs. Deformação Axial e Deformação Volumétrica vs. Deformação Axial da areia com e sem reforço, através da realização de ensaios triaxiais drenados CID.
- Avaliar os parâmetros de resistência mecânica ao cisalhamento da areia com e sem reforço, considerando a influencia da adição das fibras no ganho de resistência quando a deformação axial atinge 14%.

- Avaliar o comportamento das fibras em ruptura e alongamento em uma mistura onde serão aplicadas distintas tensões confinantes, mediante a medição das fibras e observação visual dos corpos de prova após o cisalhamento.
- Analisar o comportamento interno da mistura solo-fibra através de ensaio de Tomografia.
- Aplicar o processo de impermeabilização nas fibras naturais de uma mistura selecionada em base a seus resultados e verificar mudanças no comportamento causadas areia-fibra, pela impermeabilização.

Tabela 1: Ações da pesquisa

Objetivos específicos	Ações
Realizar ensaios de caracterização à areia pura e misturas	• Determinar Curva granulométrica. • Determinar Densidade Relativa dos Grãos (Gs). • Determinar os Índices de vazios.
Estudar o comportamento Tensão-Deformação e de Deformação Volumétrica-Axial.	• Preparo das misturas areia - fibra (variando o comprimento e teor de fibras). • Realizar os ensaios triaxiais em tensões efetivas de (50, 100, 150 kPa) para cada mistura. • Elaborar curvas do comportamento Tensão - Deformação e de Deformação Volumétrica - Axial. • Avaliar do comportamento das curvas elaboradas para cada mistura.
Avaliar as características mecânicas da areia com e sem reforço.	• Elaborar as trajetórias de tensões para determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento da areia com e sem reforço. • Determinar e discutir a melhoria dos parâmetros de resistência ao cisalhamento na areia e as misturas segundo o teor de fibra e variação de comprimentos, selecionando a mistura com melhores resultados.
Avaliar o estado das fibras após a ruptura.	• Selecionar os corpos de prova para análise. • Averiguar a distribuição das fibras no corpo de prova cisalhado. • Segregar os materiais e medir o comprimento das fibras avaliando as transformações ocorridas.
Analisar o estado interno de um corpo de prova submetido a altas tensões confinantes após o cisalhamento.	• Preparação do corpo de prova selecionado para o ensaio de Tomografia. • Coletar e processar as imagens em formato 3D. • Analisar os resultados das imagens 3D.

Objetivos específicos	Ações
Aplicar o processo de impermeabilização à mistura que apresentar os melhores resultados nos ensaios triaxiais.	• Investigar informação sobre processos de impermeabilização. • Impermeabilizar as fibras de coco com o método selecionado, avaliando mudanças físicas nas fibras. • Preparar a mistura e realizar o ensaio triaxial. • Obter os parâmetros de resistência e comparar seus resultados com os obtidos para a areia pura e a mistura areia-fibra sem impermeabilização.

(Fonte: Elaboração própria)

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, de acordo com as etapas de pesquisa realizadas, iniciando com este capítulo introdutório (Capítulo 1), seguido do Capítulo 2, onde é apresentada uma revisão da literatura existente, compreendendo os tópicos referentes aos principais assuntos abordados nesta pesquisa.

No Capítulo 3 é descrito detalhadamente o programa experimental como também é apresentada uma descrição dos materiais utilizados, dos equipamentos e dos métodos de ensaios, bem como as variáveis investigadas em cada fase do trabalho.

O Capítulo 4 consiste na apresentação e análise dos resultados, considerando aspectos referentes à deformabilidade e resistência ao cisalhamento dos materiais estudados, executados conforme o planejamento experimental.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões que representam a síntese do conhecimento adquirido durante a realização deste trabalho, onde se encontram também as sugestões para futuros trabalhos.