

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho foi possível chegar as seguintes conclusões.

A adição de fibras de coco nos solos arenosos proporciona o surgimento de um novo material geotécnico com características próprias. Isso pode ser verificado observando os resultados que apresentam as melhorias das propriedades mecânicas do material.

A seguir são sintetizadas as principais conclusões relacionadas ao comportamento das propriedades físicas das misturas, seguido das conclusões relacionadas ao comportamento mecânico da matriz arenosa reforçada através da realização de ensaios triaxiais, conforme o enfoque dado no programa experimental.

Sobre o comportamento das propriedades físicas das misturas pode-se concluir que:

- O teor de fibra de coco utilizada em cada corpo de prova apresenta comportamentos de trabalhabilidade diferentes segundo a mistura avaliada, identificando que em misturas com 0,25% de fibra o trabalho de homogeneização foi mais simples do que para teores maiores, além de apresentar uma coesão aparente a qual foi mais notória nos compósitos que tinham um teor de 0,50% de fibra. Para teores de 0,75% de fibra a homogeneização foi mais difícil, pois foram criadas pequenas aglomerações de fibras entre a areia.
- As propriedades índices das misturas (densidade dos grãos, curva granulométrica e índice de vazios máximo e mínimo) não apresentaram variações consideráveis em comparação com as propriedades da areia pura, ressaltando que cada mistura apresenta comportamentos próprios influenciados pelo teor e comprimento de fibra utilizada.

Sobre o comportamento mecânico da matriz arenosa reforçada com fibras de coco através da realização de ensaios triaxiais pode-se concluir que:

- A adição de fibras de coco aumenta levemente a condutividade hidráulica nas misturas variando em função do teor de fibra utilizada, aumentando a permeabilidade até 46% com um teor de fibra de 0,75%, sem mudar a ordem de grandeza do parâmetro, o que indica que as fibras de coco facilitam a criação de maiores espaços vazios ajudando a água a fluir através dos corpos de prova.
- Na mistura elaborada com fibra de coco impermeabilizada observou-se que a condutividade hidráulica diminuiu em 50% comparando com o resultado obtido para a areia pura, o que poderia significar que a sílica coloidal utilizada reagiu internamente no corpo de prova criando zonas de baixa permeabilidade, protegendo ao redor da fibra efeitos de mineralização e reduzindo ao mesmo tempo o fluxo da água através do corpo de prova.
- A adição das fibras de coco como reforço na areia aumentou a resistência em todas as misturas, mostrando melhorias de acordo com teor e comprimento da fibra utilizada. Para teores de fibra menores o ganho de resistência foi menor e a variação volumétrica não apresentou diferenças em relação à areia pura. Já as misturas com maiores teores de fibra a resistência aumentou com o incremento de fibra, sendo que as variações volumétricas passam a serem consideráveis.
- Houve um acréscimo do ângulo de atrito e geração de uma coesão aparente em todas as misturas avaliadas em comparação com a areia pura, a qual apresenta um ângulo de atrito de  $32,54^\circ$  e coesão nula. Nas misturas, estes parâmetros são influenciados pelo teor e comprimento das fibras de coco, observou-se o aumento do ângulo de atrito com o incremento do teor de fibra, já o valor da coesão variou de acordo o comprimento e distribuição das fibras utilizadas, relação que foi percebida na determinação dos parâmetros obtidos através das trajetórias de tensões.
- A partir das avaliações feitas, considerando os parâmetros de resistência, apresenta-se a mistura A050C50 (areia com 0,50% de fibra de 50 mm de comprimento) como sendo o compósito que apresentou os melhores resultados, com o ângulo de atrito 20% maior que o resultado da areia pura e um intercepto coesivo de 50,43 kPa.
- Analisando-se o alongamento e ruptura das fibras, identificou-se que as mesmas trabalharam em tração nos corpos de prova submetidos a ensaios triaxiais, em algumas amostras este alongamento chegou 20% do comprimento inicial das

fibras, sendo que muitas delas chegaram a romper. As variações dependeram da tensão de confinamento e carregamento aplicadas.

- Das imagens de tomografia observou-se que a adição da fibra de coco poderia ser distribuída internamente em três formas, a primeira distribuindo-se de forma equitativa alinhando-se na maioria de forma horizontal, a segunda formando grupos de fibras acumuladas apresentando-se em alguns pontos como aglomerados de fibra (situação verificada em misturas com alto teor de fibra) e a terceira uma situação mista (boa distribuição e aglomeração de fibras). Observou-se também que a porosidade concentrou-se na região de contato entre as camadas de compactação e também ao redor das fibras.
- A mistura preparada com fibras impermeabilizadas (AI050C50) foi selecionada em face aos bons resultados apresentados na avaliação dos parâmetros de resistência (A050C50); verificou-se que a impermeabilização mudou discretamente o comportamento das curvas tensão-deformação aumentando a resistência. Essas mudanças acarretaram um aumento de 4% (41,25°) no ângulo de atrito e redução de em 17% na coesão (41,41 kPa) em relação aos resultados da mistura A050C50. Ressalta-se ainda que a impermeabilização contribui com o aumento da vida útil das fibras.

Com base nos resultados e avaliações realizadas podemos dizer que a fibra de coco satisfaz o objetivo desta dissertação, agregando um incremento significativo na resistência mecânica do solo, sugerindo, portanto que a fibra de coco verde tem grande potencial para ser utilizada como reforço geotécnico de baixo custo e com aspectos ambientais corretos, uma vez que a fibra representa ser um resíduo urbano em abundância no Brasil.

## **5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

No desenvolvimento desta dissertação, e no decorrer dos ensaios foram surgindo diferentes situações que exigiram a tomada de decisões sobre o avanço do cronograma experimental, com a finalidade de cumprir os procedimentos e conseguir bons resultados, gerando-se neste processo diferentes ideias e alternativas que não foram contempladas no início, motivo que nos permite sugerir temas para pesquisas futuras que ajudarão a continuar com a ampliação do conhecimento e a continuidade dos estudos sobre o uso da fibra de coco como material de reforço, e citando-as a seguir.

- Realizar ensaios triaxiais às misturas avaliadas nesta pesquisa e sugerir novas misturas com comprimentos de fibra maiores em corpos de prova de maiores dimensões, com o objetivo de acompanhar de melhor forma o comportamento das fibras no interior dos corpos.
- Realizar ensaios triaxiais de extensão em misturas similares aos desta pesquisa, para verificação de diversos tipos de comportamento;
- Desenvolver ensaios triaxiais a partir de misturas preparadas com areia e fibras de coco naturais e impermeabilizadas com Sílica Coloidal sujeitas a processos de intemperismo em diferentes intervalos de tempo, com o objetivo de determinar o tempo de vida útil para o qual poderia ser utilizada a fibra de coco impermeabilizada, controlando os tempos de ganho e perda de resistência no processo.
- Desenvolver modelos constitutivos para análise numérica que reproduza o comportamento de solos reforçados com fibras de coco, o que é de fundamental importância para a simulação de obras geotécnicas, em especial aterros sobre solos moles e cobertura de aterros sanitários.