

5. Conclusões e Sugestões

5.1. Conclusões

Na caracterização do solo, o ensaio de Capacidade de Troca Catiônica (CTC) por azul de metileno apresentou bons indícios do tipo de argilomineral presente em maior proporção. É evidente que a comprovação só foi permitida através da análise mineralógica do solo, através da Difratomia de Raios-X (DRX). A argila presente na amostra foi a caulinita, argilomineral desejável para a construção com terra crua, por ser pouco expansiva em razão de sua estrutura química.

Na caracterização das fibras vegetais, as imagens obtidas do Processamento Digital de Imagens (PDI) comprovaram o diâmetro médio superior das fibras de pupunha (50% maior) em comparação as fibras de sisal. A obtenção do peso específico pelo frasco de Chapman demonstrou valores próximos para as duas fibras. Quando se comparam a resistência individual das fibras, as fibras de sisal evidenciaram sua superioridade (13 vezes maior) em relação as fibras de pupunha.

Quanto ao tratamento alcalino (cozimento com cinza coada e extrato pirolenhoso) aplicado nas fibras de pupunha, as imagens do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) comprovaram a ineficiência na retirada de todos os resíduos da superfície da fibra, que possivelmente influenciou na interação fibra/matriz.

Na análise da resistência à compressão simples dos compósitos, observou-se o aumento de resistência, concomitantemente ao avanço do período de cura. Os compósitos com adições de PVA atingiram níveis de resistência inferiores ao mínimo exigido por norma. Embora os resultados não tenham sido satisfatórios (baixa resistência), a princípio, não se descartou a possibilidade de uso deste

aglomerante, desde que a estabilização química seja acompanhada da estabilização física (adição de fibras vegetais, sintéticas, etc). Por sua vez, o solo/RPM apresentou resistências próximas ao corpo de prova de referência (solo/CIM) e acima do recomendado (ABNT, 1984e). Os aglomerantes estudados (PVA e RPM) atribuíram ductilidade e capacidade de deformação pós-fissuração. Aos 35 dias, houve um aumento da tenacidade de aproximadamente 149% do solo/PVA70, 174% do solo/PVA50 e 354% do solo/RPM, em relação ao corpo de prova de referência (solo/CIM). A tenacidade foi obtida calculando-se a área sob a curva tensão x deformação.

Quando se analisou a resistência à compressão diametral, observou-se um comportamento análogo ao ensaio de compressão simples, no sentido de aumento de resistência, com o aumento do período de cura, destacando que, mesmo após a ruptura, os aglomerantes mantiveram unidas as partes rompidas do compósito.

Nos ensaios de absorção por imersão, observou-se o decréscimo da variação volumétrica com o aumento do tempo de cura do compósito. Os corpos de prova de referência (solo/CIM) apresentaram as menores variações, seguidos da matriz solo/RPM, solo/PVA50 e solo/PVA70. Quando se analisou a absorção de umidade, o solo/RPM absorveu em média, 5,0%, valor muito abaixo do máximo exigido por norma que é de 20%, em contrapartida, as matrizes solo/PVA50 e solo/PVA70 absorveram mais do que o recomendado.

No comportamento dos espécimes submetidos aos ensaios de absorção por capilaridade, observou-se um rápido crescimento inicial e a tendência de estabilização, após 180 minutos de ensaio. Nas idades estudadas, notou-se que a absorção foi mais intensa nas matrizes solo/PVA70, solo/PVA50, solo/CIM e solo/RPM. Outro ponto que se deve ressaltar, é o aumento das taxas de absorção concomitante a idade do compósito. A justificativa é que, com a variação volumétrica, provocado pela absorção de água do argilomineral, houve o aparecimento de tensões internas responsáveis pela geração e ampliação de microfissuras. É importante ter em mente que, com o aumento da rigidez, o compósito tem sua capacidade de deformação reduzida. Assim, quando há absorção de água, nas primeiras idades, o corpo de prova com menor rigidez e maior deformabilidade é capaz de absorver melhor essas tensões internas. Em contrapartida, matrizes com maior rigidez não conseguem absorver as tensões geradas, resultando no aumento de microfissuras, com uma maior quantidade e

tamanho de canais, a interligação entre poros é favorecida. Kerali (2001), citando os trabalhos de Lea (1970) e Newman (1986), explica que as pressões internas dos poros acumulam-se dentro dele, tal pressão pode conduzir a um tipo de alívio de tensões, normalmente associada com a interrupção da ligação inter-partícula e inter-fase em materiais à base de cimento, gerando ampliação e/ou criação de canais de interligação entre poros.

Para os ciclos de molhagem e secagem, se observou que a perda de massa foi maior nos corpos de prova solo/PVA70, solo/PVA50, solo/CIM e solo/RPM. Os espécimes estabilizados com PVA ao final do ensaio se mostraram mais frágeis, deformados e com inúmeras fissuras, contrariamente ao observado nas matrizes solo/CIM e solo/RPM. O melhor resultado obtido foi no uso do RPM como estabilizante, não apresentando desgaste superficial significativo nem fissuras.

A adição de fibras vegetais (pupunha e sisal) proporcionou aumento da resistência à compressão simples e diametral da matriz estudada (solo/RPM). Independente da idade de cura (7 ou 35 dias), as resistências foram mais elevadas para os compósitos com fibras de sisal do que para fibras de pupunha. Convém mencionar a diferença de resistência das fibras, o sisal é 13 vezes mais resistente do que a pupunha. Observou-se que a inclusão das fibras vegetais ocasionou o decréscimo do módulo de elasticidade em comparação aos espécimes de referência (solo/RPM). Comportamento análogo ao observado por Barbosa (1996) e Ghavami et al. (1999).

Os resultados demonstram que o uso do PVA na estabilização de solo para a produção de Blocos de Terra Comprimido (BTC), não é indicado (nas proporções estudadas, 50 e 70%). Tanto a resistência à compressão simples quanto a taxa de absorção de água, não atingiram os índices mínimos exigidos por norma (ABNT, 1984e). Em contrapartida, o solo/RPM apresentou excelente resistência mecânica e resistência a ação da água.

A estabilização química criou barreiras que impediram que as fibras absorvessem água. A estabilização mecânica gerou tensões internas que comprimiram as fibras vegetais, impedindo o inchamento das mesmas, ou seja, os métodos de estabilização, utilizadas nesta pesquisa, interagem e se complementam. A estabilização química com RPM atribuiu ductilidade e tenacidade a matriz, além da significativa melhoria na durabilidade do compósito.

A estabilização mecânica conduziu a espécimes com uma melhor interação entre fibra/matriz. Por fim, a estabilização física aumentou a resistência mecânica, além do aumento na capacidade de absorção de energia pós-fissuração.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

- Existe a necessidade de melhorar o tratamento superficial da fibra vegetal. A presença de resíduos na superfície da fibra pode afetar negativamente, sabe-se que o comportamento dos compósitos fibrosos estão vinculados a interação entre a fase dispersiva e a fase matriz. As imagens do MEV ilustraram a presença de resíduos mesmo após o tratamento em solução alcalina.
- Propõe-se também um estudo mais abrangente sobre as curvas de compactação geradas pela metodologia utilizada (compactação estática), com uma maior variedade de solos, considerando a influência do atrito gerado entre a parede do molde e o solo compactado. Além da análise da estrutura das argilas presentes no solo após a compactação, sobretudo em relação à resistência mecânica e taxa de absorção capilar de espécimes moldados no ramo ascendente e descendente da curva.
- As diluições de PVA (50 e 70%) não apresentaram boa resistência aos ensaios de absorção de água, apresentando índices mínimos acima do limite máximo exigido por norma (ABNT, 1984f), porém, para se descartar a possibilidade de uso deste aglomerante, sugere-se estudos de diluições de 20, 30 e 40%. Soluções com 10% de PVA e 90% de água, em testes iniciais desta pesquisa, demonstraram ser insuficiente para resistir aos ensaios de absorção.
- A porcentagem adicionada de resina poliuretana de mamona (RPM) foi de 23%, valor referente a umidade ótima do ensaio de compactação quasi-estática. Sugere-se a avaliação da resistência mecânica e durabilidade de outras proporções até o limite em que o RPM deixe de ser aglomerante e passe a ser considerado matriz.
- O ensaio de absorção por capilaridade é uma adaptação da NBR 9779 (ABNT, 1995) que trata da determinação da absorção de água por

capilaridade de argamassas e concretos endurecidos. Um dos parâmetros de cálculo é a área molhada (mancha úmida). Para argamassas e concretos se desconsidera a variação volumétrica do corpo de prova, porém, para as matrizes de solo esta variação não pode ser desconsiderada. Sugere-se estudos para a adequação do ensaio em que se considere esta variação.

- Quanto ao uso das fibras de pupunha, sugere-se o estudo de fibras com comprimentos variados de 15, 20, 30 e 35 mm, além de frações volumétricas de 1% e 2%. Outras fibras, resíduos da agroindústria, poderiam ser incluídas, como o caso das fibras do bagaço da cana-de-açúcar.
- Propõe-se o estudo da influência da estabilização química utilizando outros aglomerantes, como a substituição parcial do cimento por cinzas pozolânicas (cinza da casca do arroz, bagaço da cana-de-açúcar, lodo de estação de tratamento de água, etc.), além de resinas naturais extraídos de plantas e/ou frutos, como a linhaça, palma forrageira, babosa e outros.
- Correlação entre os dados obtidos nos espécimes cilíndricos e em espécimes prismáticos (Blocos de Terra Comprimida), considerando como parâmetros de influência, a forma e o tamanho.