



## ANÁLISE DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL REFORÇADO COM FIBRAS DE POLIPROPILENO DE DISTRIBUIÇÃO ALEATÓRIA PARA USO EM REFORÇO DE SOLO.

**Marilia Gabriella Matos de Oliveira (1); Kalinny P. V. Lafayette (2); Marília G. de Mello Silva (3); Cybelle Barbosa Viana (4)**

(1) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Brasil –  
e-mail: mariliaa.oliveiraa@gmail.com

(2) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Brasil –  
e-mail: klafayette@poli.br

(3) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Brasil –  
e-mail: mariliagabriella\_barros@hotmail.com

(4) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Brasil –  
e-mail: cybelle.viana@yahoo.com.br

### RESUMO

A construção civil é uma grande consumidora de recursos naturais e uma das principais responsáveis pela geração de resíduos. Estes resíduos são grandes causadores de contaminação ambiental, além de propiciarem a ocupação descontrolada de áreas urbanas e o desenvolvimento de vetores transmissores de doenças. A reciclagem desse material é de grande importância para o meio ambiente e sociedade, por evitar os problemas já citados, além de reduzir custos de matéria-prima das construtoras. O objetivo desse trabalho foi caracterizar geotecnicamente em laboratório o RCC (resíduo da construção civil) gerado em canteiros de obras. O reforço em questão foi realizado com a utilização de fibras de polipropileno sendo mais uma alternativa capaz de melhorar as propriedades físicas do RCC e proporcionar ao mesmo uma maior capacidade de resistência. Foram realizados ensaios de caracterização física e resistência ao cisalhamento na condição natural. A distribuição das fibras foi realizada de forma aleatória nos teores de 0,25%, 0,5% e 0,75% da massa total de resíduo. Os resultados mostraram que a inclusão de fibras proporciona uma mudança no comportamento do material em relação à situação sem reforço, com o aumento dos parâmetros de resistência ao cisalhamento.

Palavras-chave: resíduo da construção civil; solo reforçado; fibras de polipropileno.

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Resíduos de Construção Civil (RCC)**

O conceito de RCD (resíduo da construção e demolição) ou RCC é motivo de discordância, não só em relação a abrangência das frações que o constitui, como também quanto as atividades geradoras dessas frações (ANGULO, 2000).

De acordo com a Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), conceituou Resíduos da Construção Civil: “são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Segundo Fonseca (2002) os resíduos gerados pelas construções e demolições (RCD), podem ser caracterizados por produtos cerâmicos e produtos à base de cimento, pertencente a uma classe cujo destino encontra-se impróprio ao meio ambiente.

A Resolução nº 307 do CONAMA classifica os RCD da seguinte forma: a) Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados. b) Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, etc. c) Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação. d) Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção como tintas, solventes, óleos e outros.

O resíduo de construção civil, devido ao grande volume produzido pelo setor da construção, gera diversos impactos ambientais, além de impacto social e econômico, por isso a importância da destinação de recursos e esforços no sentido de ampliar os conhecimentos que envolvem o tratamento e a disposição desses resíduos.

Sua geração é contínua e por serem compostos, na sua grande maioria, de materiais recicláveis, podem retornar a cadeia de produção, gerando renda para trabalhadores e lucro para empresas quando reciclados.

A atividade da construção civil gera na cidade de Recife um total de 1.334 ton/dia de resíduos, que corresponde a uma geração per capita de 280 kg/hab.ano (GUSMÃO, 2008).

A redução da geração desses resíduos é bastante complexa, e somente pode ser alcançada em médio ou longo prazo, mas segundo Barboza (2006) algumas medidas práticas podem ser adotadas na execução das obras para diminuir o desperdício dos RCC, entre eles, aperfeiçoar os mecanismos de controle de execução dos serviços, melhorar as condições de estocagem e caminhos de acesso para o transporte dos materiais no canteiro de obra, especificações de materiais cujos resíduos sejam recicláveis, entre outras.

## **1.2 Utilização do RCC e Fibras em Solo Reforçado**

O reaproveitamento do RCC é de grande importância, pois entre suas vantagens pode-se citar a redução do surgimento de áreas clandestinas para disposição desses resíduos, o desenvolvimento de materiais de baixo custo, possibilitando a sua utilização como material em obras de solo reforçado.

Segundo Trindade (2004) a inclusão aleatória de fibras gera um compósito bastante interessante para a engenharia geotécnica. Desta forma os solos reforçados com determinados tipos de fibras podem apresentar melhorias em muitos parâmetros de engenharia, tornando-se aptos a desempenhar determinadas funções que anteriormente não poderiam.

Com isto, faz-se necessário o estudo do RCC, por meio da sua caracterização e análise do comportamento mecânico com a adição de fibras de polipropileno, com relação à atuação da engenharia, Silva (2007) retrata que a mesma deve criar meios de diminuir as agressões que vem cometendo à natureza.

## **2      OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi caracterizar geotecnicalemente misturas de RCC com fibras de polipropileno com vistas à aplicação em solo reforçado em obras de engenharia civil.

## **3      METODOLOGIA**

### **3.1    Materiais Utilizados**

As amostras de RCC foram coletadas em uma obra na cidade do Recife na qual se encontrava na fase de alvenaria. A Figura 1 mostra a coleta sendo realizada no canteiro de obra com auxílio de uma pá e o armazenamento do material em bombonas.



Figura 1: Material sendo coletado e armazenado em bombonas no canteiro de obra.

O material coletado corresponde ao de Classe A (Figura 2) de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA.



Figura 2: Material coletado no canteiro de obra.

As fibras de polipropileno utilizadas foram selecionadas de acordo com algumas características como uniformidade, pelo fato de serem quimicamente inertes, não absorverem água, apresentarem uma baixa condutividade elétrica/ térmica, serem imputrescível assim como pela grande disponibilidade no mercado. As fibras apresentam um comprimento aproximado de 20mm, e massa específica igual a 9,1 kg/m<sup>3</sup>, conforme a Figura 3.



Figura 3: Fibras de polipropileno.

### 3.2 Composição Gravimétrica

Primeiramente foi realizada a separação tátil-visual com a finalidade de conhecer os materiais que constituem a amostra. Depois os resíduos são pesados e em seguida é realizado um beneficiamento utilizando um britador de mandíbulas.

### 3.3 Ensaios de Laboratório

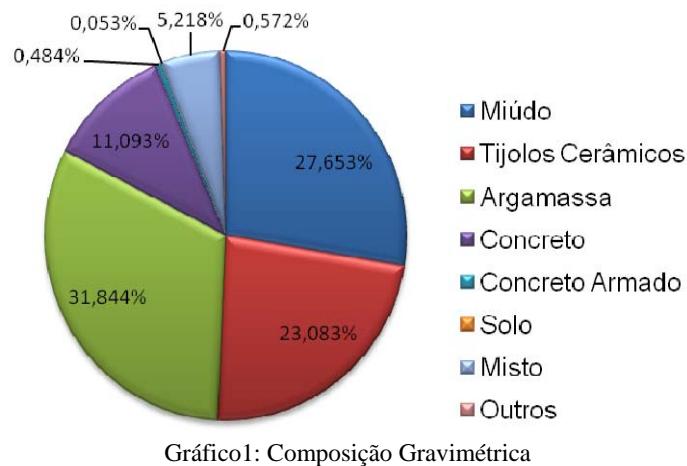
Foram realizados ensaios de caracterização física, compactação e resistência ao cisalhamento direto de acordo com as normas NBR 7181:84 e NBR 7182:86, com a finalidade de obter resultados que pudessem verificar a qualidade do material, juntamente com a adição de quantidades aleatórias de fibras de polipropileno para uso em solo reforçado.

A resistência ao cisalhamento foi realizada em corpos de provas na umidade obtida no ensaio de compactação. As tensões normais aplicadas foram de 50, 100, 150 e 200kPa com distribuição aleatória de fibras de 0,25%, 0,50% e 0,75% da massa total de RCC e velocidade de 0,24 mm/min.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Composição Gravimétrica

O gráfico 1 apresenta os percentuais que cada constituinte representa na amostra de RCC.



De acordo com a Gráfico 1, a participação do material miúdo ( $\varnothing < 4,8\text{mm}$ ), tijolo e argamassa da amostra foram de 27,653%, 23,083% e 31,844% respectivamente. Pode-se observar também a presença da porcentagem denominada como outros, que corresponde ao percentual de papel, plástico, madeira, vidro, gesso, isopor e metal que foi 0,572%. Este tipo de resíduo foi desprezado, atendendo

ao requisito estabelecido pela norma da ABNT NBR 15115:2004, que estabelece que devem ser evitadas as presenças de madeiras, plásticos, gessos, forros, tubulações, papeis ou quaisquer materiais orgânicos ou não inertes (percentual máximo aceito de 2%).

#### 4.2 Caracterização do RCC

O Gráfico 2 apresenta a curva granulométrica do ensaio da amostra de RCC onde é observado que é composta predominantemente por materiais que se enquadram na faixa de areia, tendo-se em menor proporção valor correspondente a silte e argila como mostra a Tabela 1. A amostra não apresentou os limites de consistência (Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade). A densidade real foi de 2,68 g/m<sup>3</sup> resultado típico de material arenoso.

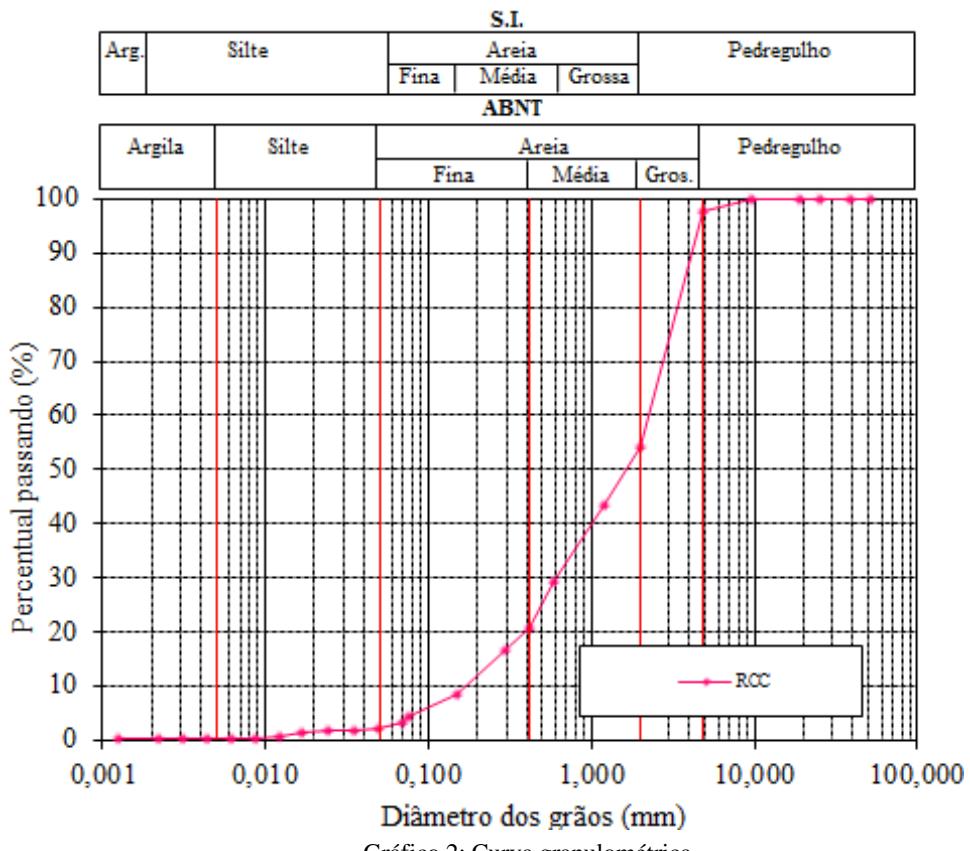


Gráfico 2: Curva granulométrica.

Tabela 1: Percentual de argila, silte e areia nas amostras de RCD.

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedregulho (%)
0,93	0,75	96,05	2,27

#### 4.3 Ensaio de Compactação

O Gráfico 2 apresenta a curva de compactação encontrada na execução do ensaio aplicando a energia de Proctor Normal. A curva fornece um valor da massa específica seca máxima ( $\rho_d$ ) igual a 1,53 g/cm<sup>3</sup> e umidade ótima ( $W_{ot}$ ) de 22,96%.

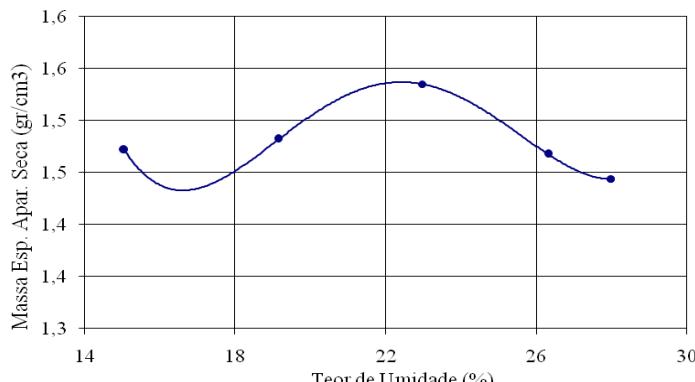


Gráfico 3: Curva de Compactação

#### 4.4 Ensaio de Cisalhamento Direto

Pode-se observar que em todas as amostras as tensões cisalhantes são crescentes ao longo do deslocamento até atingir a tensão de pico. Essa tensão ocorre no início do cisalhamento com deslocamento menor que 2mm e logo após permanece praticamente constante até 10mm de deslocamento horizontal, Gráficos 4 e 5.

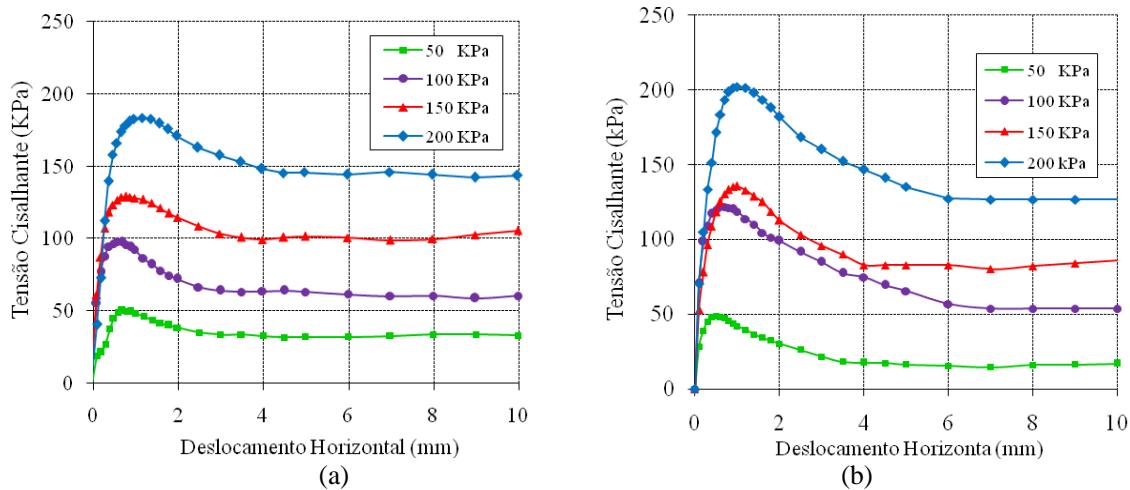


Gráfico 4: Curvas tensão cisalhante x deslocamento horizontal (a) Amostra sem fibra (MACEDO, 2009). (b) Amostra com 0,25% de fibra.

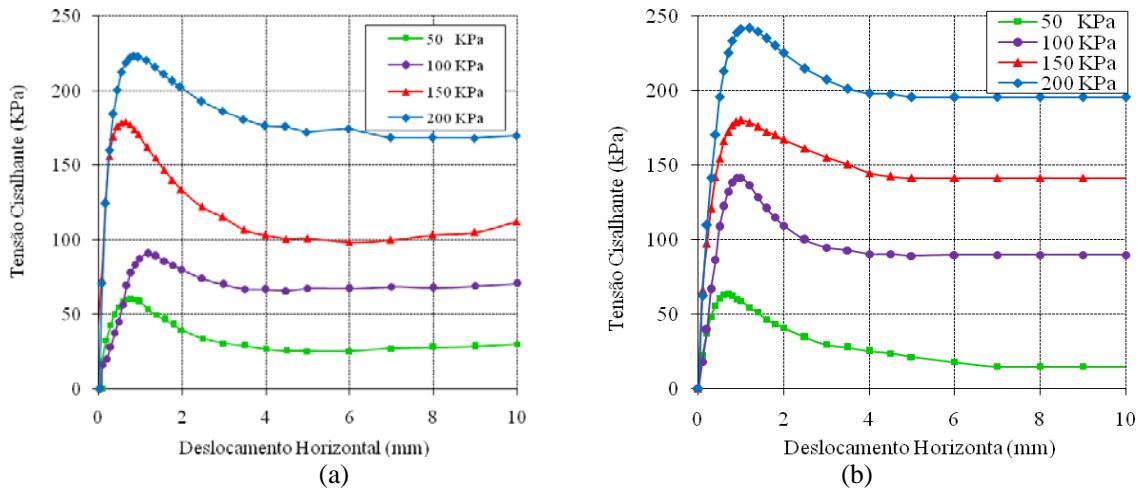


Gráfico 5: Curvas tensão cisalhante x deslocamento horizontal (a) Amostra com fibra 0,5% (MACEDO, 2009). (b) Amostra com 0,75% de fibra

O Gráfico 6 apresenta as envoltórias de resistência com diferentes adições de fibras de polipropileno no RCC.

De acordo com Macedo et al. (2009) o comportamento do material sem fibra apresenta um intercepto de coesão e um ângulo de atrito inferior ao comportamento do material com adição de fibras em diferentes teores.

À medida que há adição de fibras, verifica-se um aumento na coesão e no ângulo de atrito, esse aumento foi cerca de 78% e 20% respectivamente, entre as amostras sem fibras e amostras com 0,75% de fibras (Tabela 2), comprovando desta forma um bom desempenho do material.

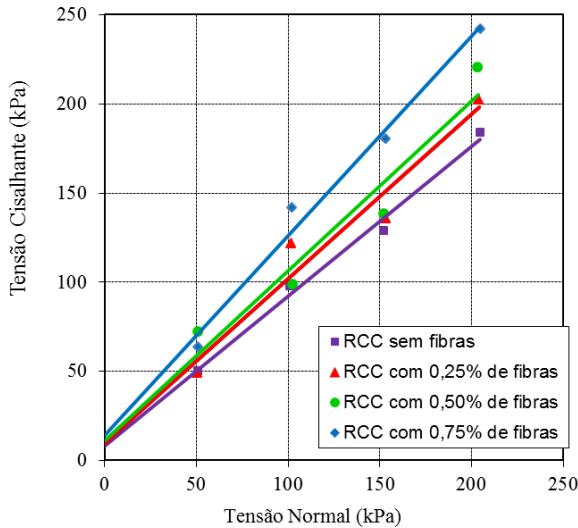


Gráfico 6: Envoltórias de resistência da amostra de RCC com e sem fibras.

Tabela 2: Valores da coesão e do ângulo de atrito da amostra de RCC com e sem fibras.

Reforço	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (º)
Amostra RCD sem fibra	8,12	40,07
Amostra RCD com fibra 0,25%	9,53	42,76
*Amostra RCD com fibra 0,50%	11,02	43,61
Amostra RCD com fibra 0,75%	14,41	48,15

\*Macedo et al. (2009)

## 5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

- A análise granulométrica e os ensaios de densidade real classificaram o solo como um material predominantemente arenoso;
- Nas envoltórias de resistência, observa-se em geral, uma tendência em aumentar a tensão cisalhante máxima, à medida que há um acréscimo do confinamento do material com incrementos de tensões normais. Esse comportamento do RCC com inclusão aleatória de fibras proporciona um aumento no intercepto de coesão e ângulo de atrito de aproximadamente 78% e 20% respectivamente, entre as amostras sem fibras e amostras com inclusão aleatória de 0,75%;
- O presente trabalho faz parte de um estudo recente, sobre as características e o comportamento do RCC com adição de fibras de polipropileno para fins geotécnicos. Outras análises estão em andamento, com o objetivo de obter uma alternativa de interesse para projetos de construção e de obras geotécnicas. Desta forma é intenção contribuir para o desenvolvimento de novos materiais a serem empregados na geotecnia e dar uma destinação adequada aos resíduos da construção civil, além da criação de um mercado com materiais reciclados.

## **6 REFERÊNCIAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181, Solo – Análise Granulométrica – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7182, Solo – Ensaio de Compactação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** 10p Rio de Janeiro, 2004.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados.** São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil.

BARBOZA, D. S. **Aproveitamento dos rejeitos da construção civil para confecção de blocos de vedação.** Monografia apresentada como requisito parcial de avaliação ao curso de Engenharia Civil, oferecido pela UDC – União Dinâmica de Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu, 2006.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005, 131p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (2002). Resolução nº. 307 de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

FONSECA, B. F. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeito de construção e demolição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos 2002, p3.

GUSMÃO, A.D. **Manual de gestão dos resíduos da construção civil.** Pernambuco, Camaragibe 2008, p39.

MACEDO, T. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; GUSMÃO, A. D.; FUCALE, S. **Reaproveitamento de agregados reciclados de RCD para utilização em obras geotécnicas.** III Encontro Nacional Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS 2009.

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, 2004. REM. 6 p.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao laboratorista Fabio Ferreira dos laboratórios LMS (laboratório de mecânica dos solos) e LACC (laboratório avançado de construção civil) da Escola Politécnica de Pernambuco.