



CARACTERIZAÇÃO E REAPROVEITAMENTO DO RCD COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA REFORÇO DE SOLO

Thaísa F. Macedo (1); Kalinny P.V. Lafayette (2); Marília G. M. de Oliveira (3)

- (1) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, Brasil - e-mail: thaisa_197@hotmail.com
- (2) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, Brasil - e-mail: klafayette@gmail.br
- (3) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, Brasil - e-mail: mariliaa.oliveiraa@gmail.com

RESUMO

A construção civil vem crescendo em ritmo acelerado, e com isto desencadeia em outros aspectos relevantes tais como a produção de resíduos da construção e demolição (RCD), provocando impactos ao meio ambiente, quando lançados em locais inapropriados. Com isto, é de suma importância que seja realizado um estudo para o reaproveitamento destes resíduos. Através de uma coleta do RCD em uma obra localizada na cidade do Recife, foi possível realizar ensaios de caracterização com o RCD, após o beneficiamento, e ensaios de compactação por Próctor Normal e de resistência ao cisalhamento direto (com adição de fibras de polipropileno). Por meio desses ensaios, obtiveram-se resultados positivos, mostrando que a presença das fibras nos resíduos, fez melhorar suas propriedades, e desta forma, incentivando o reaproveitamento do RCD para o uso em reforço de solo.

Palavras chave: RCD, reaproveitamento, fibras.

1 INTRODUÇÃO

Com o rápido crescimento da população, houve a necessidade de se construir as cidades, com casas, edifícios residenciais e comerciais, hospitais, indústrias, infra-estrutura de esgotamento sanitário, estradas e etc. Tais construções provocam impactos à natureza de forma direta ou indiretamente, como o desmatamento, exploração de jazidas, poluição das águas, do ar e do solo e geração de resíduos.

O desperdício de materiais, devido à insuficiência das técnicas de aplicação dos mesmos, gera os resíduos da construção e demolição (RCD) e tais materiais provém da exploração dos recursos naturais não renováveis, causando mais impacto negativo para o planeta.

Estes resíduos são, muitas vezes, levados para terrenos baldios de forma ilegal, provocando a poluição visual e quando o RCD é misturado com lixo orgânico, por exemplo, podem vir a atrair vetores de doenças como insetos, causando doenças e contaminando o solo e o lençol freático daquele local.

De acordo com tais argumentos, criou-se a Resolução CONAMA nº 307 de julho de 2002 que estabelece procedimentos e critérios para a gestão dos resíduos da construção, e disciplina as ações necessárias para amenizar os impactos ambientais, por parte dos geradores e transportadores do RCD.

Os resíduos da construção e demolição são classificados em quatro classes, de acordo com as possibilidades de reciclagem (A, reciclados como agregados; B recicláveis em outras cadeias como os plásticos e C sem tecnologia de reciclagem economicamente viável) ou periculosidade dos resíduos (Classe D).

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização e analisar a ação das fibras de polipropileno juntamente com o RCD, através do ensaio de resistência ao cisalhamento direto, para obras geotécnicas como o reforço de solo.

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta da amostra

A amostra de RCD (Figura 1) foi obtida através da coleta de material realizada na Escola Politécnica de Pernambuco, proveniente de uma demolição da quadra de esportes, para a execução de uma reforma. Este material foi encaminhado ao Laboratório de Mecânica dos Solos, em que deu início aos ensaios de caracterização.



Figura 1 – Amostra de RCD.

3.2 Ensaios de laboratório

Concluída a coleta, foi possível a realização da composição gravimétrica (Figura 2), em que os materiais constituintes da amostra de RCD foram separados e pesados, de acordo com o tipo de cada material.



Figura 2 – Composição gravimétrica do RCD.

Após a composição gravimétrica, iniciou-se o beneficiamento (Figura 3) da amostra de RCD, em que o material foi triturado com o auxílio de um britador de mandíbulas e em seguida o material foi passado na peneira com 4,8 mm de diâmetro, visando à obtenção de grãos com diâmetros inferiores a 4,8mm.



Figura 3 – Beneficiamento do RCD.

Posteriormente, iniciaram-se os ensaios com o RCD, baseando-se nas normas do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para Mecânica dos Solos, por não existir normas específicas. A Tabela 1 apresenta a quantificação dos ensaios com a amostra de RCD (fase de demolição).

Tabela 1 - Quantificação dos ensaios realizados.

ENSAIOS	QUANTIDADE
CARACTERIZAÇÃO	07
COMPACTAÇÃO COM PRÓCTOR NORMAL	01
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	16
TOTAL	24

3.3 Fibras de Polipropileno

Em alguns dos ensaios de resistência ao cisalhamento direto foi adicionado ao RCD as fibras de polipropileno de forma aleatória. Estas fibras foram doadas pela ORPEC e possuem as seguintes características: comprimento aproximado de 20 mm; não absorvem água; possuem peso específico de 9,1 Kg/m³; baixa condutividade elétrica térmica e imputrescível.



Figura 3 – Características da fibra de polipropileno

4 RESULTADOS

4.1 Composição Gravimétrica

Através da composição gravimétrica obtiveram-se as percentagens dos materiais constituintes da amostra de RCD. A Figura 4 mostra que a presença do material miúdo ($\varnothing < 4,8\text{mm}$), tijolo e argamassa na amostra de RCD, foram de 13%, 10% e 25% respectivamente. Com isto, a amostra foi utilizada nos ensaios de caracterização, compactação e cisalhamento, com o objetivo de verificar se a quantidade diferenciada de material provoca alterações significativas nos resultados.

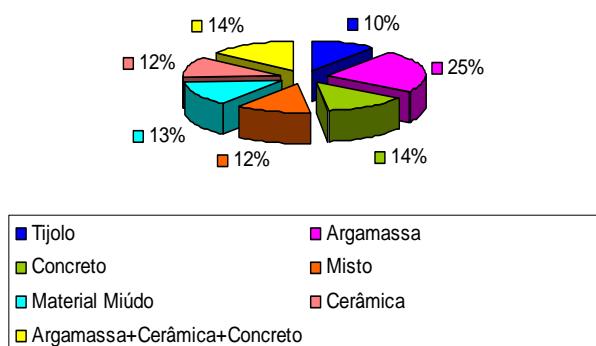


Figura 4 - Composição Gravimétrica dos Constituintes da Amostra de RCD.

4.2 Granulometria

A Tabela 2 obtida através dos resultados da curva granulométrica (Figura 5) mostra de forma clara que o material encontrado em maior percentual é de areia e em menores proporções de silte e argila.

Tabela 2 – Participação de Constituintes com Diâmetro dos Grãos Equivalentes à argila, silte e areia nas amostras investigadas.

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
RCD (fase de demolição)	3,09	4,82	92,09

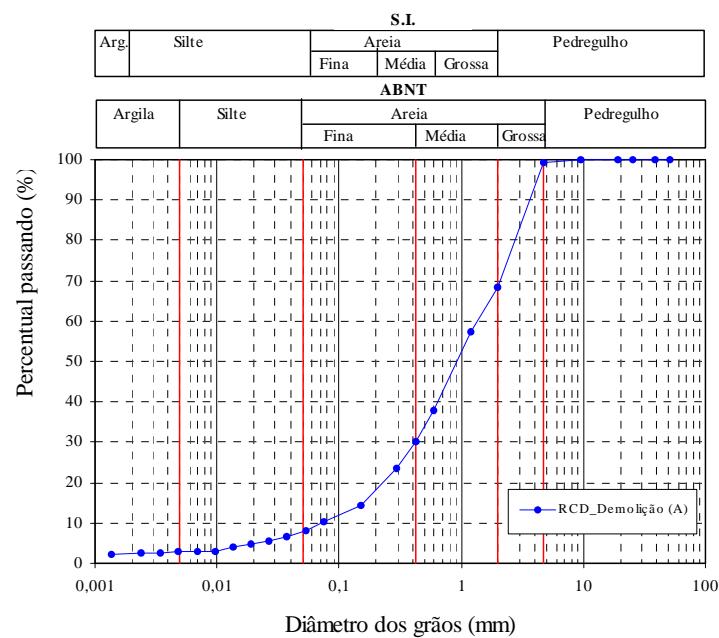


Figura 5 – Curva granulométrica da amostra de RCD.

A amostra de Resíduo da Construção e Demolição (RCD) não apresentou limite de liquidez (LL) nem limite de plasticidade (LP) por se caracterizar como material tipicamente arenoso.

4.3 Compactação

Para a obtenção da curva de compactação utilizou-se para a realização do ensaio a energia de Próctor Normal. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos do ensaio de compactação. A Figura 6 mostra a curva de compactação sem o reuso de material.

Tabela 3 – Valores de Wot e ρ_d máx.

Amostra	Wot (%)	ρ_d máx (g/cm ³)
RCD (Amostra de RCD)	21	1,579

Os valores de umidade ótima (Wot) e de densidade máxima específica dos grãos (ρ_d máx) foram necessários para a moldagem dos corpos de prova do ensaio de resistência ao cisalhamento direto.

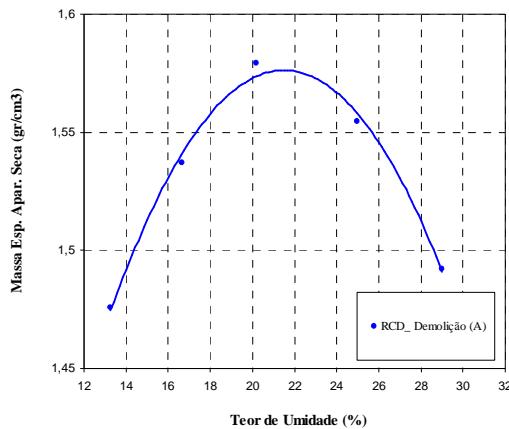


Figura 6 – Curva de compactação da amostra de RCD.

4.4 Granulometria resultante do material compactado

Com o material resultante do ensaio de compactação, realizou-se o ensaio de granulometria com o intuito de comparar as curvas. Através destas, observou-se que não houve alteração significativa dos grãos após a compactação, como mostra a Figura 7. Segundo Santos (2007) e Silva (2008), o RCD foi submetido ao longo de sua produção a várias etapas como: geração, transporte, disposição em áreas de triagem, transporte para o beneficiamento, transporte para disposição em áreas de armazenamento.

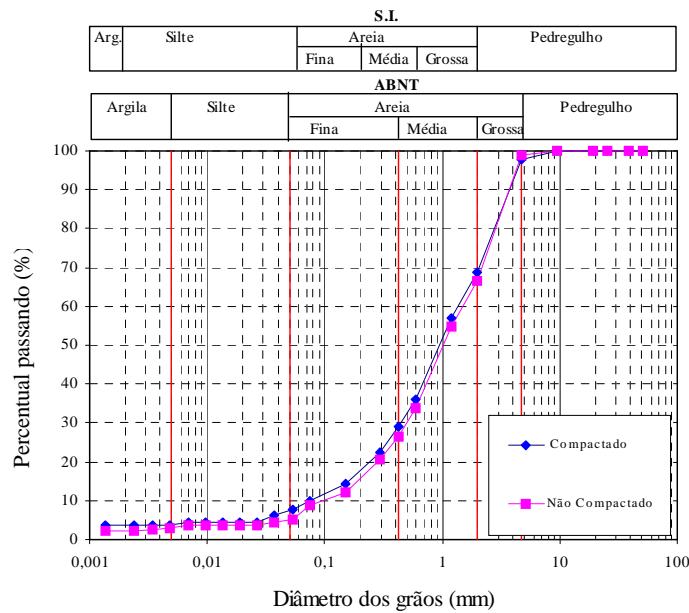


Figura 7 - Curvas granulométricas com RCD compactado e não compactado.

4.5 Resistência ao Cisalhamento

O ensaio de resistência ao cisalhamento foi executado na condição natural e saturado (com e sem adição de fibras para as duas condições), para simular em laboratório as situações do material em campo, isto é, quando o nível do lençol freático estiver elevado o ensaio é saturado e quando o nível estiver baixo o ensaio é natural.

A velocidade aplicada ao ensaio de cisalhamento foi de 0,24 mm/min e as tensões normais utilizadas foram de 50kPa, 100kPa, 150kPa e 200kPa, com um deslocamento máximo de 10 mm. Através destas

aplicações foi possível obter as curvas de tensão versus deformação (Figuras 8, 9, 10 e 11), em que houve comportamento de pico em todas as situações, antes de atingir 2 mm de deslocamento horizontal. Ao ultrapassar o pico, a curva decresce até se estabilizar ou se anular (tensão de 50kPa).

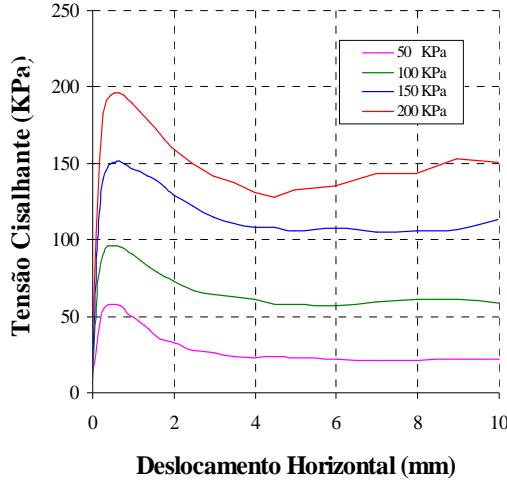


Figura 8 - Curva Tensão X Deformação – RCD (natural sem fibra).

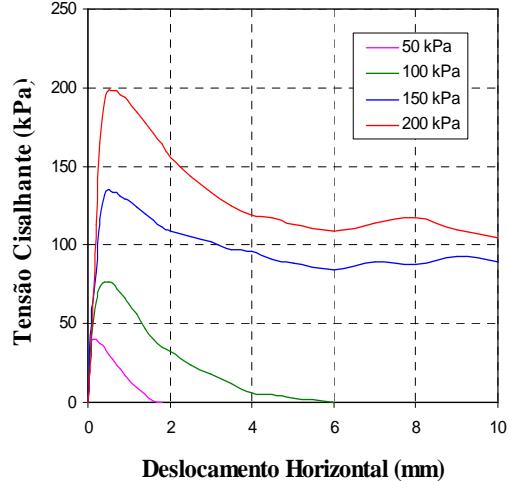


Figura 9 – Curva Tensão X Deformação – RCD (saturado sem fibra).

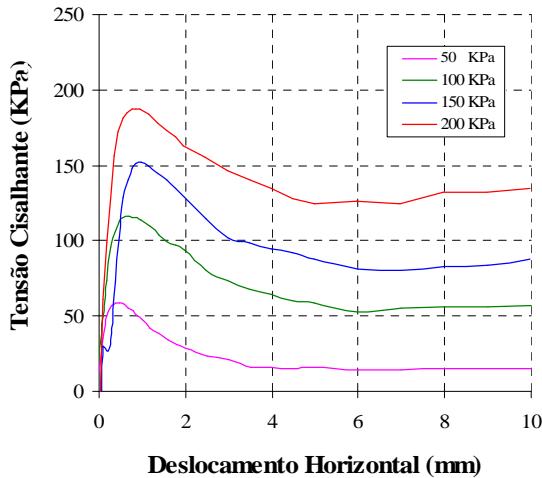


Figura 10 - Curva Tensão X Deformação – RCD (natural com fibra).

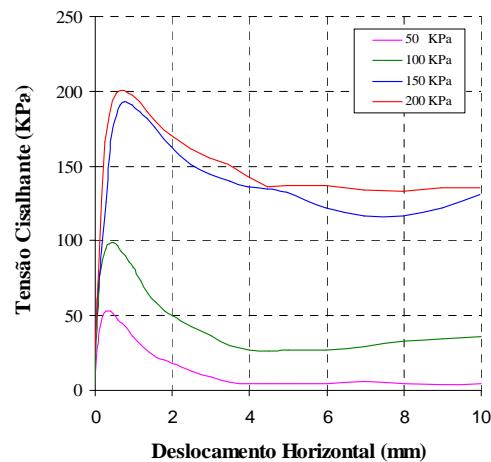


Figura 11 - Curva Tensão X Deformação – RCD (saturado com fibra).

As envoltórias de resistência (Figura 12) demonstraram bons ajustes lineares, resultando nos parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito), que se encontram na Tabela 4. A adição de fibras no RCD apresentou ângulos de atrito (\emptyset) superiores às amostras sem fibras, independente de ser natural ou inundada. Esses resultados mostraram que a adição das fibras no RCD fez melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, incentivando sua utilização em obras geotécnicas, como reforço de solo. A Tabela 4 revela os parâmetros de resistência provenientes das envoltórias.

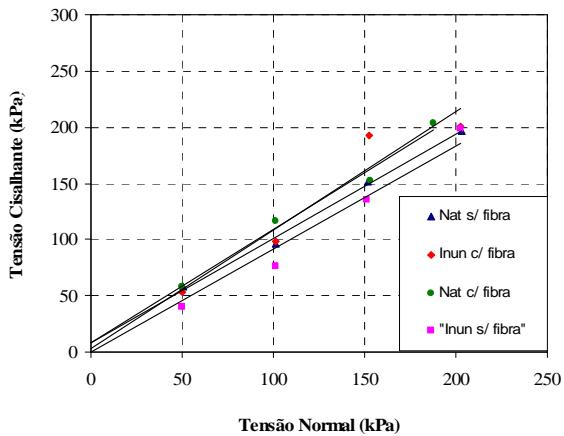


Figura 12 – Envoltórias de resistência da amostra de RCD.

Tabela 4 – Parâmetros de resistência da Amostra de RCD

Amostra (demolição)	Coesão (kPa)	ϕ ($^{\circ}$)
(natural – sem fibra)	8,37	42,8
(natural - com fibra)	8,52	45,2
(inundado – sem fibra)	0	42,6
(inundado - com fibra)	2,87	46,5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos dos ensaios realizados em laboratório, mostrou-se que a variedade de materiais constituintes da amostra de RCD e pelo seu beneficiamento não interferiu no comportamento dos grãos após a compactação, mostrando sua capacidade de suportar impactos. Além disso, a adição das fibras no RCD, fez melhorar suas propriedades de resistência, sendo assim, uma alternativa viável para utilização em obras geotécnicas, como reforço de solo.

6 REFERÊNCIAS

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (2002). Resolução n°. 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.

ORPEC. Disponível em: < www.orpecengenharia.com.br > acesso em 09 de julho de 2008.

SANTOS, E. G. C. (2007) **Aplicação de resíduos da construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solos reforçados**. São Carlos (Dissertação Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 173p.

SILVA, T. C. R. ; FUCALE, S. P. ; FERREIRA, S. R. M. ; GUSMAO, A. D. . **Investigação Laboratorial do Comportamento Mecânico de RCD para Uso em Estacas de Compactação**. In: **XI CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA**, 2008, Coimbra. XI CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 2008.

VALENÇA L. (2009). Comunicação verbal.