

Avaliação do Uso de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R) Produzidos em Aparecida de Goiânia-GO em Estruturas de Solo Reforçado (ESR) com Geossintéticos e em Pavimentação

Mateus Porto Fleury

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, engcivilmateusfleury@gmail.com

Eder Carlos Guedes dos Santos

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, edersantos@ufg.br

RESUMO: Apesar da viabilidade da aplicação dos resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em obras geotécnicas relatada em estudos mais recentes, observa-se a falta de uma caracterização tecnológica sistemática das propriedades desses materiais, dado que aproximadamente 23% das usinas brasileiras não realizam ou nunca realizaram ensaios técnicos em seus produtos. Diante disso, este artigo objetiva caracterizar um produto RCD-R, fabricado por uma usina de reciclagem, e analisar a viabilidade da sua aplicação em estruturas de solo reforçado (ESR) com geossintéticos e em pavimentação. Neste sentido, amostras de RCD-R foram coletadas (com intervalos fixos de tempo) e caracterizadas geotecnicamente. Os ensaios laboratoriais executados consistiram nos usualmente empregados para a caracterização de solos e na análise de composição gravimétrica. A análise dos resultados revelou que o RCD-R ensaiado apresentou características geotecnicas bastante semelhantes às observadas para solos. Quanto à aplicação do material, verificou-se que o RCD-R mostrou propriedades em conformidade para aplicação nas obras de interesse.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de Construção e Demolição Reciclado, Caracterização Geotécnica, Aplicação, Estruturas de Solo Reforçado, Pavimentação.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento observado pela indústria da construção civil (ICC) nos últimos anos, ocasionado pelos incentivos governamentais à construção, ocorreu sem significativas mudanças tecnológicas nos métodos construtivos. Assim, este crescimento levou ao aumento do volume gerado de resíduos de construção e demolição (RCD). Apesar da sua geração ser inevitável, quando essa ocorre sem uma gestão eficiente, uma série de impactos são observados, destacando-se: i) ocupação de vias e logradouros públicos, ii) obstrução dos sistemas de drenagem e iii) degradação da paisagem urbana (SCHNEIDER, 2002).

Diante desse cenário, que não ocorre

somente em escala nacional, mas também mundial, estratégias para a reciclagem dos RCD começaram a ser introduzidas em diversos países, como, por exemplo, Turquia (ESIN; COSGUN, 2007), Itália (BLENGINI; GARBARINO, 2010), Portugal (COELHO; BRITO, 2013a; 2013b) e Espanha (RODRÍGUEZ *et al.*, 2014). Neste contexto, a implantação de usinas de reciclagem pode ser vista como uma importante ação para a gestão dos RCD em diversas cidades brasileiras.

Estudos mais recentes buscaram analisar a viabilidade da aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em obras geotécnicas. No geral, verificou-se a conformidade da aplicação do RCD-R como material de preenchimento em estruturas de solo

reforçado (SANTOS; VILAR, 2008; SANTOS; PALMEIRA; BATHURST, 2010; 2013; 2014; VIEIRA; PEREIRA, 2016; ARAÚJO NETO, 2017) e camadas de pavimentos (COSTA; CASTRO; REZENDE, 2010; DELONGUI *et al.*, 2010; LEITE *et al.*, 2011; HERRADOR *et al.*, 2012; SOUZA, 2015; OSSA; GARCIA; BOTERO, 2016; ALMEIDA, 2017; BARBOSA, 2017) e para melhoramento de solo (ARAÚJO JÚNIOR; GUSMÃO; SUKAR, 2010; FARIAS; FUCALE; GUSMÃO, 2010; DIAS, 2014; SANTOS NETO, 2015; MEDEIROS JÚNIOR, GUSMÃO; FUCALE, 2010; MACEDO, 2016). A Tabela 1 apresenta algumas características geotécnicas de RCD-R obtidas na literatura. No entanto, apesar da viabilidade da aplicação dos RCD-R observada na literatura, depara-se com a falta de uma caracterização tecnológica sistemática das propriedades desses materiais. Dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) revelam que 23% das usinas brasileiras não realizam ou nunca realizaram ensaios técnicos em seus produtos (ABRECON,

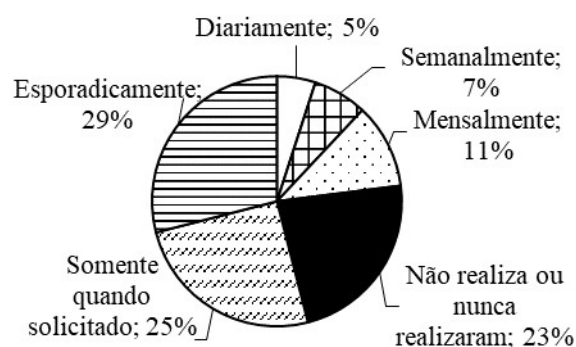


Figura 1. Relação das usinas de reciclagem brasileiras com a realização de ensaios técnicos em seus produtos. – modificada pelo autor (ABRECON, 2015).

2015). Diante dessa situação, deve-se ressaltar que a execução de ensaios torna-se importante para i) verificar a qualidade do produto beneficiado, ii) atender às exigências dos consumidores e iii) informar as propriedades dos materiais beneficiados, possibilitando a sua aplicação de forma mais eficiente e segura.

Em Aparecida de Goiânia-GO, encontra-se a única usina do estado de Goiás, a qual possui capacidade de produção para satisfazer a demanda de agregados reciclados em Goiânia-

Tabela 1 – Características geotécnicas de RCD-R obtidas literatura.

Referência	γ (kN/m ³)	SUCS / TRB		CNU / C _c		IP ⁽⁵⁾	$\gamma_{d,máx}$ ⁽⁶⁾ (kN/m ³)	W _{ótima} ⁽⁷⁾ (%)	ISC ⁽⁸⁾ (%)
		(1)	(2)	(3)	(4)				
Motta (2005)	-	-	-	-	-	-	18,30 ^(d)	11,0	75
Santos (2007)	28,19	-	-	-	-	NP ^(a)	18,44 ^(b)	14,9	60
Santos, Vilar,	27,30	-	-	-	-	NP ^(a)	18,20	16,2	-
Palmeira (2010)	27,40	-	-	-	-	7	16,90	18,0	-
Santos (2011)	27,30	-	-	-	-	NP ^(a)	19,30 ^(b)	13,7	-
Dias (2014)	-	SC / A-4		-	-	-	17,60 ^(b)	18,0	-
Souza (2015)	24,40	-	-	37,00 / 3,00	-	NP ^(a)	18,10 ^(c)	11,0	163
Santos Neto (2015)	26,04	SW / A-1-b		11,54 / 1,23		NP ^(a)	-	-	-
		SP / A-1-a		4,19 / 0,74					
Macedo (2016)	26,20	SP / A-1-a		3,82 / 0,81		NP ^(a)	19,10 ^(b)	13,4	-
Barbosa (2017)	26,41	SM / A-1-b		38,86 / 1,73		-	18,55 ^(b)	12,6	25
Araújo Neto (2017)	26,45	SW / -		-		NP ^(a)	17,61 ^(b)	15,5	-
Almeida (2017)	-	SF / A-2-4		126,43 / 7,48		NP ^(a)	16,90 ^(b)	14,8	13
		GP / A-1-a		14,12 / 3,95					

Notas:

(1) Sistema Unificado de Classificação de Solos

(2) Sistema Rodoviário de Classificação – *Transportation Research Board* (TRB)

(3) Coeficiente de não uniformidade

(4) Coeficiente de curvatura

(5) Índice de plasticidade

(6) Peso específico seco máximo

(7) Umidade ótima

(8) Índice de Suporte Califórnia

(a) Não plástico

(b) Energia Proctor Normal

(c) Energia Proctor Modificada

(d) Energia não informada

GO e região metropolitana (FLEURY SIQUEIRA NETO; SANTOS, 2017). No estado, verifica-se que a duplicação de vias e a construção de aterros (para pontes e viadutos) constituem as principais atividades realizadas pelo governo nos últimos anos. Em virtude disso e da proximidade da usina de reciclagem com as cidades circunvizinhas, torna-se interessante investigar a utilização do material beneficiado para a aplicação em obras geotécnicas.

Nesse contexto, este artigo busca caracterizar um produto RCD-R fabricado pela usina de reciclagem, assim como, analisar a sua aplicação como material de preenchimento em estruturas de solo reforçado (ESR) e em camadas de pavimentação.

2 METODOLOGIA

2.1 Coleta das Amostras

Para a realização deste trabalho, foram coletadas 3 (três) amostras de RCD-R denominado 'brita graduada simples' (BGS) da usina de reciclagem em Aparecida de Goiânia-GO. As amostras foram coletadas em intervalos quinzenais, seguindo as recomendações preconizadas pela norma brasileira (NBR) 10007 – Amostragem de Resíduos Sólidos (ABNT, 2004) – e NBR Norma Mercosul (NM) 26– Agregados – Amostragem (ABNT, 2009). Com intuito de obter uma amostra representativa da pilha de RCD-R, a camada mais superficial de 100 mm de material foi removida, para que as coletas ocorressem em um ponto mais interior da pilha, e em diferentes ponto, conforme ilustrado na Figura 2. A Tabela 2 apresenta as datas de coleta e as massas secas das amostras coletadas.

2.2 Caracterização e Aplicação do RCD-R

Os procedimentos dos ensaios de caracterização estão apresentados na Tabela 3. Os ensaios foram realizados, no Laboratório de Geotecnia

Tabela 2 – Plano de coleta realizado e massas secas das amostras coletadas.

Amostra	Data da amostragem	Massa seca (kg)
RCD-R 01	01/11/2016	92,09
RCD-R 02	16/11/2016	66,92
RCD-R 03	29/11/2016	101,38



Figura 2. Localização dos pontos de coleta na pilha de RCD-R.

(LabGEO) da Universidade Federal de Goiás (UFG), seguindo as recomendações das normas brasileiras vigentes, com exceção do ensaio de composição gravimétrica. Este último foi realizado conforme a metodologia proposta por Santos (2007), tomando-se 10 kg de RCD-R, sendo estes peneirados e lavados na peneira de abertura 4,76 mm. Em seguida, o material retido foi seco em estufa por 24 horas e, posteriormente, procedeu-se com a separação visual dos diferentes componentes. Atribui-se como solo todo o material passante na peneira de abertura 4,76 mm durante o peneiramento e lavagem.

Para a avaliação dos RCD-R como materiais em camada de pavimentos, tomou-se como base a norma NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e reparo de concreto sem função estrutural (ABNT, 2004), DNIT 141 – Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente (DNIT, 2010) e a ASTM D1241-00 – “Standard specification for materials for soil-aggregate subbase, base, and surface courses” (ASTM, 2000).

Para a análise dos RCD-R em estruturas de

Tabela 3 – Procedimentos técnicos adotados.

Procedimentos Técnicos (normas)
NBR 6508: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica (ABNT, 2016a) ^{a b}
NBR 7181: Solo: análise granulométrica (ABNT, 2016b) ^c
NBR 6459: Solo: determinação do limite de liquidez (ABNT, 2016c) ^a
NBR 7180: Solo: determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2016d) ^a
NBR 7182: Solo: ensaio de compactação (ABNT, 2016e) ^{a d}
NBR 9895: Solo: índice de suporte Califórnia – Método de Ensaio (ABNT, 2016f) ^{a d e}

Notas:

^a Preparação de amostra com secagem prévia ao ar

^b Os resultados serão expressos em peso específico dos grãos (kN/m³)

^c Sedimentação, peneiramento fino e grosso

^d Sem realização do ensaio de expansão

^e Energia Proctor normal em cilindro grande com reuso de material

solo reforçado (ESR) com geossintéticos, tomou-se como referências as recomendações da BS 8006 (BSI, 2010), FHWA (2010); EBGEO (2011¹ *apud* VIEIRA; PEREIRA, 2015) e NCMA (2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização Geotécnica dos RCD-R

Neste subitem são apresentados os resultados da caracterização geotécnica das três amostras de RCD-R coletadas.

3.1.1 Composição Gravimétrica

Os resultados obtidos pelo ensaio de análise gravimétrica (Tabela 4) revelaram a predominância de quatro materiais constituintes em todas as amostras: i) solo, ii) concreto, iii) argamassa e iv) cerâmica vermelha (tijolos). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2007, 2011), Oliveira *et al.* (2011), Herrador *et al.* (2012) e Mália *et al.* (2013). Constatou-se que os quatro materiais citados compõem, em média, 97,27% da massa das amostras, com coeficiente de variabilidade (CV) igual a 0,81%. Com menos de 5% do material sendo composto por outros materiais (rocha

Tabela 4 – Composição gravimétrica das amostras ensaiadas (em porcentagem).

Constituinte	Amostras		
	RCD-R 01	RCD-R 02	RCD-R03
Solo	47,38	57,85	51,47
Concreto	40,42	18,44	30,58
Argamassa	8,39	17,24	12,97
Cerâmica	1,51	2,83	2,72
Cerâmica polida	0,18	1,39	0,48
Rocha alterada	1,50	1,11	1,15
Outros ⁽¹⁾	0,63	1,14	0,64

Nota: ⁽¹⁾ Inclui: carvão, fibrocimento, gesso, madeira, material asfáltico, metal, papel, plástico e vidro.

alterada, cerâmica polida, metais, tecido, papelão, etc.), pode-se classificar os RCD-R analisados como Classe A (CONAMA, 2012).

Evidencia-se ainda, a presença em média de 29,81% de concreto, com CV = 36,94%, na composição das amostras, material que confere ao resíduo reciclado melhor comportamento mecânico, podendo ser considerado como um material valioso para as usinas de reciclagem.

3.1.2 Distribuição Granulométrica

A análise da distribuição granulométrica das amostras mostrou não ser afetada quando se utiliza defloculante hexametáfosfato de sódio. Esse comportamento decorre da pouca quantidade de partículas finas (silte e argila) encontradas na composição das amostras (Tabela 5). A distribuição granulométrica sem defloculante (SD) das três amostras ensaiadas e da amostra RCD-R 02 com defloculante (CD)

¹ EBGEO (2011) Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures Using Geosynthetic Reinforcements – EBGEO. German Geotechnical Society: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.

Tabela 5 – Frações granulométricas segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995) – em porcentagem.

Frações	Amostras		
	RCD-R 01	RCD-R 02	RCD-R 03
Matacão	-	-	-
Pedra-de-mão	1,0	1,0	2,5
Pedregulho	63,0	52,5	59,0
Areia	28,0	36,6	30,5
Silte	8,0	10,0	8,0
Argila	-	-	-

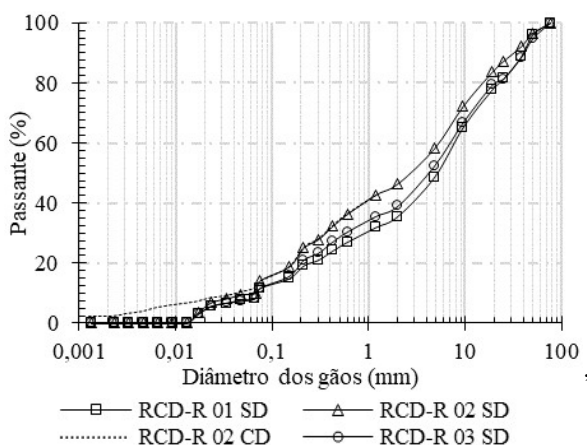


Figura 3. Distribuição granulométrica das amostras.

estão apresentadas na Figura 3.

É possível observar que há uma pequena variabilidade das curvas granulométricas, o que remete a um processo de produção padronizado realizado pela empresa fornecedora. Apesar desta pequena variabilidade, constata-se que a melhor maneira de apresentar as curvas granulométricas é por meio de uma faixa granulométrica. Neste caso, as amostras RCD-R 02 SD e RCD-R 01 SD retratam os limites máximos e mínimos, respectivamente, da faixa granulométrica proposta.

Quanto a sua classificação, segundo a NBR 6502 – Rochas e solos (ABNT, 1995) –, as três amostras são consideradas como pedregulho areno-siltoso. Segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), a amostra RCD-R 01 é classificada como pedregulho bem graduado com silte (GW-GM), enquanto as demais amostras são classificadas como areia mal graduada com silte (SP-SM). Já o sistema de classificação rodoviário (*Transportation Research Board* – TRB) classifica as amostras

RCD-R 01 e RCD-R 03 como A-1-a (pedregulho bem graduado) e a amostra RCD-R 02 como A-1-b (areia bem graduada).

Desse modo, observa-se que as amostras apresentam granulometria que varia entre pedregulho e areia com distribuição bem ou mal graduada.

3.1.3 Peso específico dos grãos

Os valores de peso específico dos sólidos passante na peneira 4,76 mm foram de 26,77 kN/m³, 26,76 kN/m³ e 26,99 kN/m³ para as amostras RCD-R 01, 02 e 03, respectivamente. O valor médio encontrado foi igual a 26,84 kN/m³ com pequena variação (CV = 0,49%). Este resultado encontra-se de acordo com estudos realizados pela literatura (Tabela 1) e dentro do intervalo do peso específico do solo da região de Goiânia-GO (LUIZ, 2012). Portanto, pode-se afirmar que as partículas do RCD-R menores que 4,76 mm tendem a apresentar valores de peso específico semelhantes ao solo da região a qual lhes deram origem.

3.1.4 Limites de Atterberg

A análise dos resultados dos limites de Atterberg (plasticidade e liquidez) revelou que as amostras não apresentaram limite de plasticidade, e logo foram consideradas como não plásticas (NP). Essa característica difere do solo da região metropolitana de Goiânia-GO, os quais apresentam limite de plasticidade e comportamento laterítico.

3.1.5 Compactação

O ensaio de compactação com energia Proctor Normal revelou um peso específico seco máximo ($\gamma_{d_máx}$) médio de 18,47 kN/m³, com CV = 2,43%, e umidade ótima ($w_{ótima}$) média de 14,17%, com CV = 10,80%. As curvas de compactação das três amostras de RCD-R estão apresentadas na Figura 5.

As divergências encontradas nos valores de

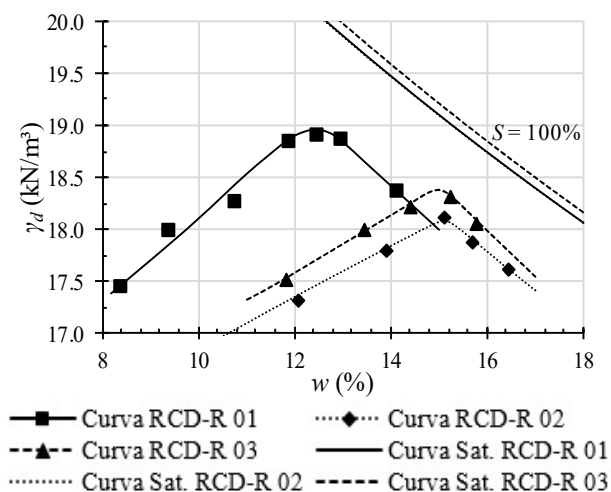


Figura 5. Pontos e curvas de compactação.

$\gamma_{d\text{ máx}}$ e $W_{ótima}$ decorrem devido à composição do material. Considerando que a amostra RCD-R 01 apresenta menor teor de materiais cerâmicos, a sua umidade ótima tende a diminuir, e, devido ao seu elevado teor de concreto, o peso específico seco máximo tende a aumentar. Estas análises estão de acordo com os estudos de Brito, Pereira e Correia (2005), Silva, Brito e Dhir (2014) e Cardoso *et al.* (2016).

3.1.5 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Os resultados do ensaio de índice de suporte Califórnia (ISC) revelaram um valor médio igual a 26%, com CV = 44,35%. É possível observar que os valores máximos de ISC encontram-se, em média, 7,45% abaixo da umidade ótima de cada amostra, revelando um comportamento peculiar do material em estudo. Os corpos de prova compactados com maiores umidades nas amostras RCD-R 01 e 02 escorregaram do cilindro após a pesagem, impossibilitando a realização do ensaio de penetração. A Figura 6 apresenta o resultado do ensaio de ISC.

3.2 Aplicação Geotécnica

As principais características que validam a aplicação do RCD-R nas obras geotécnicas de interesse no estudo estão relacionadas ao seu índice de plasticidade, à sua distribuição

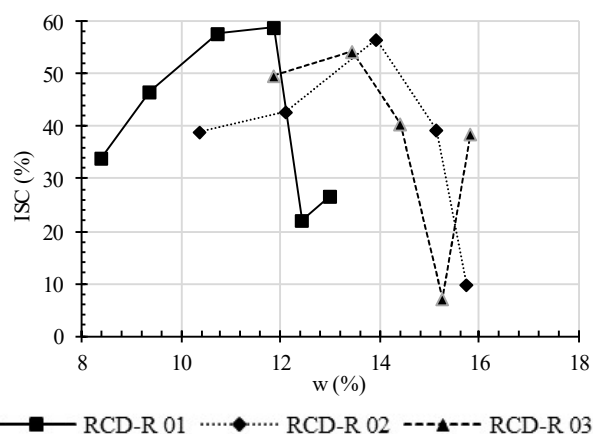


Figura 6. Índice de suporte califórnia – ISC.

granulométrica e ao seu ISC. Por apresentarem comportamento não plástico, o RCD-R em estudo está de acordo com as normas nacionais e internacionais analisadas para aplicação em obras de pavimentação e em estruturas de solo reforçado.

Quanto à distribuição granulométrica, verificou-se que a faixa granulométrica obtida está dentro de uma das gradações preconizadas pela NBR 15116 (ABNT, 2004), DNIT 141 (DNIT, 2010) e ASTM D1241-00 (ASTM, 2000) para obras de pavimentação (Figura 7).

A análise do atendimento da distribuição granulométrica dos RCD-R para obras de

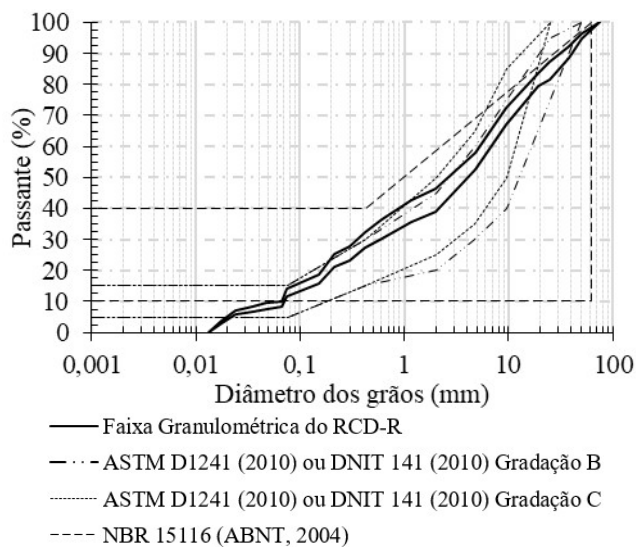


Figura 7. Faixa granulométrica das amostras de RCD-R e gradações de materiais para aplicação em obras de pavimentação – modificada pelo autor (ABNT, 2004; DNIT, 2010; ASTM, 2000).

estrutura de solo reforçado mostrou que a faixa granulométrica obtida atende as gradações preconizadas pela BS 8006 (2010) e FHWA (2010), porém apresenta um pequeno trecho fora da gradação preconizada pela NCMA (2010), conforme apresentado na Figura 8. Além disso, verificou-se que as amostras também atendem à normativa EBGEO (2011¹ apud VIEIRA; PEREIRA, 2015) que legitima a sua aplicação em estruturas de solo reforçado de agregados classificados pelo SUCS como SP e GW.

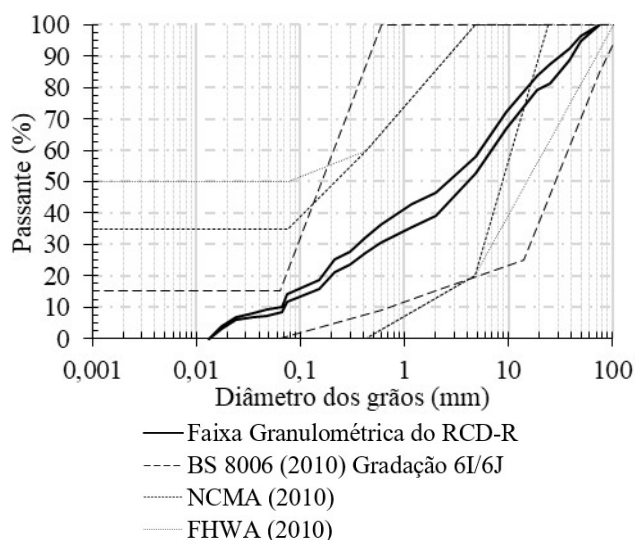


Figura 8. Faixa granulométrica das amostras de RCD-R e gradação de materiais para aplicação em estruturas de solo reforçado – modificada pelo autor (BS 8006, 2010; NCMA, 2010; FHWA, 2010).

Os valores de ISC são avaliados na aplicação em obras de pavimentação no Brasil. Com o ISC médio encontrado igual a 26%, o RCD-R estudado atendeu aos valores preconizados pela NBR 15116 (ABNT, 2004) para aplicação como material de reforço de subleito ($ISC \geq 12$). A normativa DNIT 141 (DNIT, 2010) ressalta que o ISC deve ser superior a 60% da energia Proctor modificada para a aplicação como base de pavimentos. Diante disso, como o ensaio foi realizado com energia Proctor normal, não foi possível fazer esta análise.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, um agregado reciclado produzido por uma usina de reciclagem localizada em Aparecida de Goiânia-GO foi coletado para caracterização geotécnica e posterior análise de sua aplicação em obras geotécnicas. Com este estudo, conclui-se que:

- O RCD-R ensaiado apresentou pequena variabilidade de suas características geotécnicas, o que remete a um processo de produção padronizado realizado pela empresa recicladora;
- No geral, o agregado reciclado em estudo apresentou comportamento não plástico e granulometria entre areia e pedregulho, variando de bem a mal graduada;
- Suas características estão em conformidade com duas normativas para a aplicação em estruturas de solo reforçada com geossintéticos;
- A partir dos ensaios realizados de caracterização mecânica, que limitou-se à energia de Proctor normal, comprovou-se a viabilidade de aplicação do RCD-R ensaiado como material para camada de reforço de subleito em pavimentação.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor; ao Laboratório de Geotecnia (LabGEO) da Universidade Federal de Goiás (UFG); e ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG – GECON), pelo apoio fornecido. Os autores também agradecem a parceria da empresa Renove Gestão e Solução em Resíduos Ltda (RNV Resíduos) por todo o apoio dado para a realização do estudo.

REFERÊNCIAS

- Almeida, N. (2017) *Análise de viabilidade técnica para a utilização de resíduos de construção e demolição no subleito e na base de um pavimento em concreto permeável*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 147 p.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2000) D 1241-00: *Standard Specification for materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses*. Overland Park (KS): ASTM International. 3 p.
- Araújo Júnior; E.L.; Gusmão, A.D. e Sukar, S.F. (2010) Uso de resíduo de construção e demolição (RCD) em estacas de compactação para melhoramento de solos. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2010, Gramado. XV COBRAMSEG, 2010. v. CD ROM., 6p.
- Araújo Neto, O.G. (2017) *Ensaio de arrancamento de geogrelha com equipamento de pequenas dimensões aplicado a compostos de resíduos de construção*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife. 97 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1995). NBR 6502: *Rochas e solos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004) NBR 10007: *Amostragem de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004) NBR 15116: *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e reparo de concreto sem função estrutural – Requisitos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2009) NBR NM 26: *Agregados - Amostragem*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016a) NBR 6508: *Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016b) NBR 7181: *Solo: análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016c) NBR 6459: *Solo: determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016d) NBR 7180: *Solo: determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016e) NBR 7182: *Solo: ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2016f) NBR 9895: *Solo índice de suporte Califórnia - Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) (2015) *Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015*. Disponível em: <https://issuu.com/sanchocom/docs/relatorio-pesq2015_abrecon?embed_cta=read_more&embed_context=embed&embed_domain=abrecon.org.br&embed_id=6666802%2F37960095>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- Barbosa, K. R. M. (2017) *Degradação de geogrelhas em estradas não pavimentadas executadas com resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R)*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 121 p.
- Blengini, G.A. e Garbarino, E. (2010) Resources and waste management in Turin (Italy): The role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. *Journal of Cleaner Production*, p. 1021 – 1023.
- British Standards Institution (BSI) (2010) BS-8006. *Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills*. BSI, 260p.
- Brito, J. Pereira, A.S. e Correia, J.R. (2005) Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 27(4), p.429-433.
- Cardoso, R.; Silva, R.V.; Brito, J. e Dhir, R. (2016) Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. *Waste Management*. Lisboa, p. 131-145.
- Coelho, A. e Brito, J. (2013a) Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 15 p.
- Coelho, A. e Brito, J. (2013b) Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: economic sensitivity analysis. *Journal of Cleaner Production*, 9 p.
- Costa, L.C.S.; Castro, A.P. e Rezende, L.R. (2010) Avaliação do desempenho de um pavimento executado com RCD após quatro anos de funcionamento. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2010, Gramado. XV COBRAMSEG, v. CD ROM., 10p.
- Delongui, L.; Pinheiro, R.J.B.; Pereira, D.S. e Piovezan, G.T.A. (2010) Caracterização dos resíduos da construção civil em Santa Maria (RS) e sua aplicação em pavimentação. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, 2010, Gramado. XV COBRAMSEG, v. CD ROM, 7p.
- Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes (DNIT) (2010) DNIT 141: *Pavimentação - Base*

- estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço*. Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes (DNIT) (2010) DNIT 141: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço*. Rio de Janeiro.
- Dias, M.C.C. (2014) *Viabilidade do uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistemas de cobertura de aterro sanitário*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 111 p.
- Esin, T. e Cosgun, N. (2007) A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. *Build and Environment*, v. 42, 1667-1674.
- Farias, A.B.; Fucale, S.P. e Gusmão, A.D. (2010) Análise do uso de resíduos da construção civil (RCC) em estacas de compactação por meio de investigação laboratorial e de campo. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2010, Gramado. XV COBRAMSEG, v. CD ROM., 8p.
- Federal Highway Administration (FHWA) (2010) *Design and construction of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes – Volume I*. In: Berg, R.R.; Christopher, B.R. e Samtani, N.C. FHWA-NHI-10-024. FHWA, Washington, DC, 332 p.
- Fleury, M.P.; Siqueira Neto, N. e Santos, E.C.G. (2017) Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na Região Metropolitana de Goiânia-GO. Anais do 4º Simpósio da Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro-Oeste (GEOCENTRO), 2017, Goiânia. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, p. 640-645.
- Herrador, R.; Perez, P.; Garach, L. e Ordonez, J. (2012) Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing. *Journal of Transportation Engineering*. p. 182-190.
- Leite, F.C.; Motta, R.S.; Vasconcelos, K.L. e Bernucci, L. (2011) Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. *Construction and Building Materials*. São Paulo, p. 2972-2979.
- Luiz, G.C. (2012) *Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: Estudo de caso – Município de Goiânia*. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-075/2012, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 246 p.
- Macedo, M.C. (2016) Investigação sobre o comportamento geomecânico de misturas de solo com resíduos de pneus e resíduos de construção e demolição. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 117 p.
- Mália, M. Brito, J. Pinheiro, M.D. e Bravo, M. (2013) Construction and demolition waste indicators. *Waste Management & Research*, 31(3), p.241-255.
- Medeiros Júnior, R.A.; Gusmão, A.D. e Fucale, S.P. (2010) Investigação laboratorial do uso de resíduo da construção civil como agregado graúdo em estaca de compactação argamassada. Anais do XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2010, Gramado. XV COBRAMSEG, v. CD ROM., 8p.
- Motta, R.S. (2005) Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 141 p.
- National Concrete Masonry Association (NCMA) (2010) *Segmental Retaining Walls Best Practices Guide: for the Specification, Design, Construction, and Inspection of SRW Systems*. USA: VA. 64 p.
- Oliveira, M.E.D. Sales, R.J.M. Oliveira, L.A.S. e Cabral, A.E.B. (2011) Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. *Eng. Sanit. Ambient.* Fortaleza, p. 219-224.
- Ossa, A.; Garcíá, J.L. e Botero, E. (2016) Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for pavement construction industry. *Journal of Cleaner Production*. p. 379-386.
- Rodríguez, G. Medina, C. Alegre, F.J. Asensio, E. e Sánchez de Rojas, M. I. (2014) Assessment of C&DW plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 9 p.
- Santos Neto, F.C. (2015) *Uso de resíduos da construção civil para melhoramento de solos colapsíveis*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 139 p.
- Santos, E.C.G. (2007) *Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado*. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Geotecnia, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 168 p.
- Santos, E.C.G. (2011) *Avaliação Experimental de Muros Reforçados Executados com Resíduos de Construção Demolição Reciclados (RCD-R) e Solo Fino*. Tese de Doutorado - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 216 p.
- Santos, E.C.G. e Vilar, O.M. (2008) Use of recycled construction and demolition wastes (RCDW) as backfill of reinforced soil structures. Proceedings of the 4th European Conference on Geosynthetics – EUROGEO 4, Edinburgh, UK, IGS-UK Chapter, London, UK, artigo 199.
- Santos, E.C.G.; Palmeira, E.M. e Bathurst, R.J. (2010) Construction of a full-scale wrapped face geogrid reinforced wall using recycled construction and demolition waste as backfill material. Proceedings of

- the 9th International Conference on Geosynthetics, Guarujá, Brazil, IGS-Brazilian Chapter/ABMS, Sao Paulo, Brazil, vol. 4, pp. 1769–1772.
- Santos, E.C.G.; Palmeira, E.M. e Bathurst, R.J. (2013) Behaviour of a geogrid reinforced wall built with recycled construction and demolition waste backfill on a collapsible foundation. *Geotextiles and Geomembranes*, v. 39, p.9-19.
- Santos, E.C.G.; Palmeira, E.M. e Bathurst, R.J. (2014) Performance of two geosynthetic reinforced walls with recycled construction waste backfill and constructed on collapsible ground. *Geosynthetics International*, v. 21, n. 4, p.256-269.
- Schneider, D. M. (2003) *Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo. 130 p.
- Silva, R.V. Brito, J. e Dhir, R.K. (2014) Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials*, 65, p.201-217.
- Souza, M.V.R. (2015) *Comportamento mecânico de um agregado reciclado como base de pavimento flexível a partir de um modelo físico*. Tese de Doutorado - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 125 p.
- Vieira, C.S. e Pereira, P.M. (2015) Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 103, p.192-204.
- Vieira, C.S. e Pereira, P.M. (2016) Interface shear properties of geosynthetics and construction and demolition waste from large-scale direct shear tests. *Geosynthetics International*, v. 23, n. 1, p.62-70.