

Danos de instalação causados por resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R) em geogrelhas – Uma avaliação qualitativa

Mateus P. Fleury

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil, mateusfleury@usp.br

Eder C. G. Santos

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

Jefferson L. Silva

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil, jefferson@sc.usp.br

RESUMO: Os impactos causados pelos resíduos da indústria da construção civil estimulam a adoção de técnicas de beneficiamento que tornam os resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) atrativos como material de preenchimento em obras geotécnicas. Contudo, para a utilização do compósito geossintético-RCD-R, faz-se fundamental investigar os danos de instalação que o material de aterro pode causar ao elemento de reforço. Nesse contexto, este trabalho objetiva quantificar os danos instalação gerados por RCD-R em dois tipos de geogrelha. Para tanto, foram simulados os processos construtivos de uma camada de solo reforçado. Uma geogrelha com fibra de álcool polivinílico (PVA) e uma com fibra de poliéster (PET) foram adotadas como material de reforço. Investigou-se a influência da altura de lançamento do material e da compactação com rolo vibratório. Análises visuais foram realizadas em corpos de prova para quantificar os danos de abrasão, contusão, separação e corte nos elementos longitudinais, transversais e nós. Os resultados mostraram predominância de danos caracterizados por abrasão seguido de separação e contusão. Conclui-se que a variabilidade do RCD-R e as distintas características físicas das geogrelhas são responsáveis pela distinção dos danos verificados em cada geogrelha.

PALAVRAS-CHAVE: Geogrelhas, Danos de instalação, Altura de queda, Compactação, Análise visual.

ABSTRACT: The impacts caused by construction industry wastes has led to the adoption of management strategies that promote the use of recycled construction and demolition wastes (RCDW) in geotechnical works. However, the use of recycled aggregates and geosynthetic materials must be assessed considering the installation damages that the backfill material (RCDW) can cause to the polymeric material (geosynthetics). In this way, this paper aims to quantify the installation damages caused by the RCDW on geogrids. The construction process of geosynthetic reinforced soil layers was simulated including poly(vinyl) alcohol and polyester geogrids as reinforced elements. This paper assesses damages caused by RCDW launch (drop height of 0 m, 1 m and 2 m) and vibratory roller compaction. Specimens were taken for visual analysis (optical microscope STMDLX Stereo Zoom) to quantify damages characterized by abrasion, splitting, contusion and cut in the longitudinal and transversal ribs as well as the junctions. The results revealed the preponderance of abrasion damages followed by splitting and contusion, in this order. It was possible to conclude that the RCDW variability and the geogrids different physical characteristics affected the individual geogrids damages observed.

KEY WORDS: Geogrids, Installation damages, Drop height, Compaction, Visual analysis.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria da construção civil (ICC) nas últimas décadas atrelado a uma gestão ineficiente dos materiais de construção têm causado problemas ambientais decorrentes da elevada geração dos resíduos. Nesse âmbito, estratégias de gestão começaram a ser implantadas para reduzir, reutilizar, reciclar, comportar, incinerar e aterrar os chamados ‘resíduos de construção e demolição’ (RCD) com o objetivo de diminuir a problemática da geração desses resíduos (Peng et al., 1997).

No que se trata da reciclagem, diversos autores estudaram a aplicação dos materiais beneficiados - os chamados ‘resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R)’ em obras geotécnicas, como, por exemplo, em estrutura de solo reforçado (Santos, 2007; Santos et al., 2009; Santos et al., 2010; Vieira & Pereira, 2016). Neste contexto, é importante avaliar o comportamento do material não somente de forma isolada, mas sim em conjunto com os demais materiais utilizados nas obras.

Diante disso, a utilização desse material em estruturas de solo reforçado (ESR) com geossintético deve levar em consideração os danos causados pelo material de preenchimento ao reforço polimérico. Diversos estudos (Santos et al., 2012; Barbosa & Santos (2013), Vieira & Pereira, 2015; Barbosa et al., 2016, Fleury, 2018) quantificaram a diminuição de resistência de materiais geossintéticos devido aos danos causados por agregados reciclados durante a instalação. Contudo, apesar da perda de resistência imediata característica desse tipo de dano, a possível exposição das fibras facilitaria a degradação química do material polimérico, comprometendo ainda mais a sua funcionalidade (Duvall 1994, Santos, 2011).

Desse modo, além da determinação dos fatores de redução de resistência dos materiais poliméricos, faz-se necessário analisar qualitativamente os danos gerados por essas atividades.

Mediante ao exposto, este estudo objetiva i) avaliar qualitativamente os danos de instalação causados pelo lançamento e compactação de RCD-R em geogrelhas; ii) comparar os danos causados pela ação isolada e pela ação conjunta dos condicionantes de dano analisados; e iii)

comparar os danos causados nas faces de geogrelhas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste estudo, foram simulados os processos construtivos de uma camada de ESR com geossintético. Um tipo de RCD-R foi adotado como material de preenchimento e diferentes geogrelhas como elementos de reforço. A partir da simulação de dois condicionantes de dano (altura de queda e compactação), foi possível avaliar os seus efeitos isolado e em conjunto.

2.1 Materiais

Este estudo empregou duas geogrelhas unidirecionais (Figura 1): i) uma com filamentos de álcool polivinílico (PVA) e ii) outra de poliéster (PET). Segundo o fabricante, a geogrelha de PVA possui resistência à tração na ruptura (T_{ult}) igual a 35 kN/m, rigidez secante com 2% de deformação ($J_{sec2\%}$) igual a 400 kN/m e abertura da malha de 25 x 35 mm (transversal e longitudinal, respectivamente). Já a geogrelha de PET possui o mesmo valor de T_{ult} que a geogrelha de PVA (35 kN/m), apresenta $J_{sec2\%}$ igual a 550 kN/m e uma abertura da malha de 25 x 25 mm. Ambas as geogrelhas são utilizadas em ESR com geossintéticos.

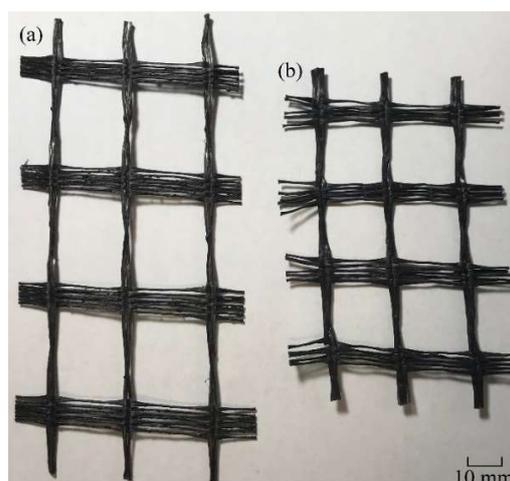


Figura 1. Geogrelhas empregadas no estudo: (a) com filamentos de álcool polivinílico (PVA) e (b) com filamentos de poliéster (PET).

O RCD-R utilizado neste estudo foi fornecido por uma usina de beneficiamento localizada em Aparecida de Goiânia-GO. Informações adicionais sobre a usina e os procedimentos de reciclagem podem ser consultados em Fleury et al. (2017). As características geotécnicas do RCD-R são apresentadas nas Tabelas 1 e 2 e na Figura 2. Observa-se que o material apresenta potencial para aplicação em ESR com geossintéticos tendo em vista que atende às faixas granulométricas preconizadas pela FHWA (2010), NCMA (2010) e BSI (2010).

Tabela 1. Características geotécnicas do RCD-R.

Peso específico dos grãos (γ)	27,18 kN/m ³
Classificação SUCS ^(a)	SP-SM ^(b)
Índice de Plasticidade	Não plástico
Peso específico seco máximo ($\gamma_{d\ max}$) ^(c)	17,65 kN/m ³
Umidade ótima ($w_{ótima}$) ^(c)	15,4%

^(a) Sistema Unificado de Classificação de Solos (ASTM D 2487 (ASTM, 2006));

^(b) Areia mal graduada com silte;

^(c) Energia Proctor normal;

Tabela 2. Materiais constituintes do RCD-R.

Solo ^(a)	58,97 %
Concreto	27,27 %
Argamassa	9,24 %
Cerâmica	2,25 %
Cerâmica polida	1,05 %
Outros	1,22 %

^(a) Material passante na peneira de 4,76 mm;

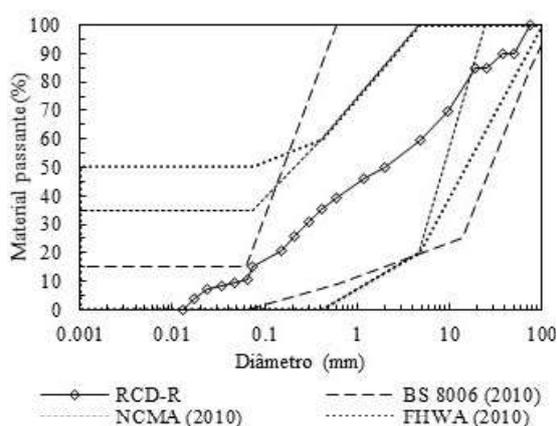


Figura 2. Distribuição granulométrica do RCD-R em estudo – modificado pelo autor (FHWA, 2010; NCMA 2010; BSI, 2010).

2.2 Métodos

A simulação do processo construtivo da camada de uma ESR com geossintéticos foi realizado

numa instalação experimental que possui uma área útil de 31,2 m² (3,90 m no sentido transversal e 8,00 m no sentido longitudinal).



Figura 3. Instalação experimental – modificado pelo autor (Fleury, 2018).

Inicialmente, compactou-se uma camada de RCD-R (100 mm de espessura) acima de uma base de concreto (Figura 4a). Essa primeira camada foi nomeada ‘camada de RCD-R inferior’. Acima desta foram posicionadas amostras de geogrelhas (3,90 m, na direção transversal, por 1,10 m, na direção longitudinal; conforme apresentado na Figura 4b). Para cada terço de amostra na direção transversal, ou seja, a cada 1,30 m, foi lançado RCD-R de distintas alturas de queda: 0 m (H0), 1 m (H1) e 2 m (H2; conforme apresentado na Figura 4c) com auxílio de uma mini retroescavadeira. Em seguida, o material lançado foi compactado de modo a ter uma camada de 200 mm de RCD-R (Figura 4d), a qual foi nomeada ‘camada de RCD-R superior’.

Preservou-se um trecho não compactado (N) para verificar a influência da altura de queda nos danos de instalação. Nos trechos compactados buscou-se avaliar os danos causados pelos métodos de compactação e pela altura de queda

As camadas de RCD-R inferior e superior foram compactadas com seis passadas de rolo vibratório (massa operacional de 1400 kg; 900 mm de comprimento). Ao final desses processos, verificou-se, por meio de ensaios de frasco de areia, um grau de compactação igual a 89% da energia Proctor normal.

Por meio deste programa experimental, 12 configurações de ensaios foram avaliadas considerando distintas alturas de queda e a realização ou não do processo de compactação. A Tabela 3 apresenta a nomenclatura adotada para cada configuração de ensaio. Tomando

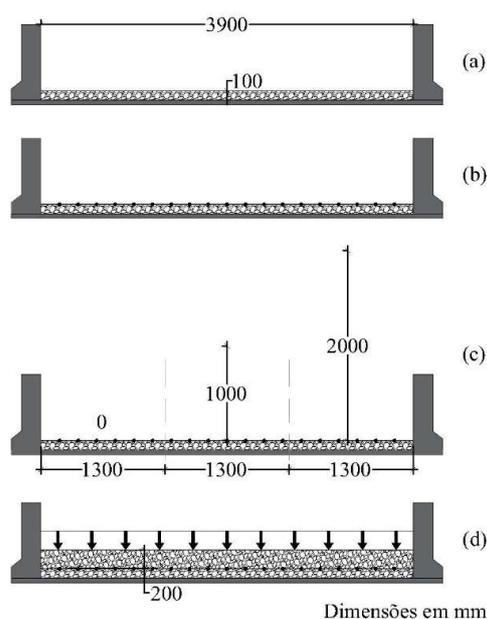


Figura 4. Sequência construtiva da camada de solo reforçado: (a) compactação da camada de RCD-R inferior (100 mm), (b) posicionamento das amostras de geogrelhas, (c) preenchimento da instalação com o procedimento de lançamento com distintas alturas de queda, e (d) compactação da camada de RCD-R superior (200 mm).

Tabela 3. Nomenclaturas das configurações de ensaio.

PVA-H0-N	PET-H0-N
PVA-H1-N	PET-H1-N
PVA-H2-N	PET-H2-N
PVA-H0-C	PET-H0-C
PVA-H1-C	PET-H1-C
PVA-H2-C	PET-H2-C

como exemplo a configuração PET-H0-C, esta refere-se à configuração de ensaio com geogrelha de poliéster (PET), altura de queda de zero metros (H0) e com compactação (C) da camada de RCD-R superior.

Após o processo executivo e a aferição do grau de compactação da camada de RCD-R superior, as amostras de geogrelha foram exumadas com auxílio de pá e enxada. A região central da amostra com 100 cm² (Figura 5) foi cortada para realização de uma investigação visual empregando-se um microscópio óptico (STMDLX StereoZoon), de modo a avaliar a ocorrência de danos. Os danos foram categorizados da seguinte forma:

- Abrasão: diminuição da espessura do revestimento; pode apresentar coloração

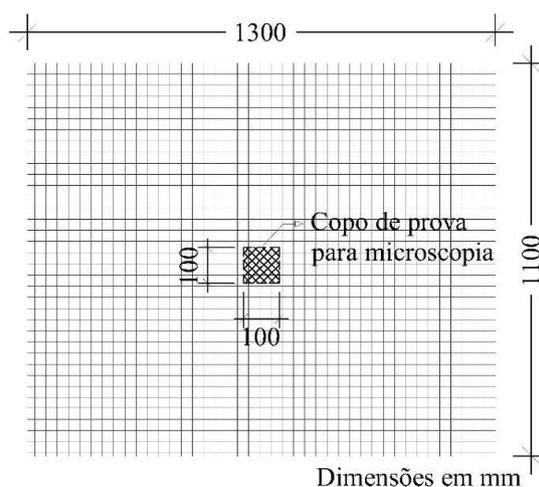


Figura 5. Região das amostras de geogrelha cortada para obtenção do corpo de prova para análise microscópica.

diferenciada devido à exposição das fibras;

- Separação: divisão ou segmentação do elemento analisado em dois ou mais elementos;
- Contusão: elementos que sofreram danos pontuais e apresentam-se esmagados ou achatados; e
- Corte: elemento rompido completamente.

Os quatro tipos de danos caracterizados anteriormente foram avaliados nas duas interfaces da geogrelha. A face 'A' refere-se à região da geogrelha em contato com a camada de RCD-R superior, enquanto a face 'B' remete ao contato entre a geogrelha e camada de RCD-R inferior. Em cada face, verificou-se a ocorrência dos danos em cada elemento da geogrelha separadamente, ou seja, nos elementos longitudinais, transversais e nos nós (encontro entre elementos longitudinais e transversais).

Os danos foram quantificados pela razão (percentual) entre a quantidade de elementos que apresentaram dano (e_d) e a quantidade de elementos totais analisados (e_a) na área analisada. Os cálculos de danos foram realizados com a Equação 1.

$$DANO = \frac{\sum e_d}{\sum e_a} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

No caso de um mesmo elemento apresentar vários danos da mesma categoria, computou-se apenas uma unidade de elemento com dano. Já

quando um mesmo elemento apresentou duas ou mais categorias de dano distintas, atribuiu-se uma unidade para cada categoria de dano.

Na geogrelha de PVA foram analisadas, para cada configuração de ensaio, 9 unidades de cada elemento (longitudinal, transversal e nó); enquanto que para a geogrelha de PET, devido sua menor abertura (Figura 1), avaliou-se 12 unidades de cada elemento. Assim, supondo que o cenário PET-H0-C apresentou 6 fibras longitudinais com dano caracterizado por abrasão, concluiu-se que 50% (6/12) dos elementos longitudinais do cenário apresentaram danos de abrasão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise visual em ambas as faces (A e B) dos corpos de prova obtidos a partir das amostras de geogrelhas submetidas aos as diferentes configurações de ensaio estão apresentadas, em termos percentuais, nas Tabelas 3 e 4 (primeira referente à geogrelha de PVA e a segunda à geogrelha de PET).

De maneira geral os resultados apontam incidência principal de danos caracterizados por abrasão, independentemente do tipo de elemento analisado (longitudinal, transversal ou nó). Resultados semelhantes foram reportados por Austin (1997), Richardson (1998), Cho

Tabela 3. Danos (em porcentagem) nas faces A e B da geogrelha PVA, obtidos a partir da análise visual.

Configuração de ensaio	Elementos longitudinais			Elementos transversais			Nós		
	Abrasão	Contusão	Separação	Abrasão	Contusão	Separação	Abrasão	Contusão	Separação
Face A									
PVA-H0-N	0	0	0	17	0	0	11	0	0
PVA-H1-N	11	0	22	33	0	0	0	11	0
PVA-H2-N	11	0	0	39	0	0	11	0	0
PVA-H0-C	22	0	11	11	11	0	11	0	0
PVA-H1-C	22	11	11	11	0	0	22	0	0
PVA-H2-C	11	11	11	22	0	0	0	0	0
Face B									
PVA-H0-N	11	0	0	17	0	0	11	0	0
PVA-H1-N	11	0	22	22	0	0	11	0	0
PVA-H2-N	6	0	0	22	0	0	0	0	0
PVA-H0-C	39	0	11	39	0	0	22	0	0
PVA-H1-C	22	11	11	11	0	0	0	0	0
PVA-H2-C	11	22	11	22	0	0	33	11	0

Notas: PVA, geogrelha de álcool polivinílico; PET, geogrelha de poliéster; H0, altura de queda de zero metro; H1, altura de queda de 1,0 m; H2, altura de queda de 2,0 m; N, não compactação da camada de RCD-R superior; C, compactação da camada de RCD-R superior.

Tabela 4. Danos (em porcentagem) nas faces A e B da geogrelha de PET, obtidos a partir da análise visual.

Configuração de ensaio	Elementos longitudinais			Elementos transversais			Nós		
	Abrasão	Contusão	Separação	Abrasão	Contusão	Separação	Abrasão	Contusão	Separação
Face A									
PET-H0-N	13	0	0	25	0	0	8	8	0
PET-H1-N	0	0	0	42	0	0	8	0	0
PET-H2-N	8	0	0	17	0	0	17	17	0
PET-H0-C	8	0	0	17	0	0	8	0	0
PET-H1-C	17	8	0	38	0	8	17	0	0
PET-H2-C	0	0	0	25	8	0	8	0	0
Face B									
PET-H0-N	17	8	0	33	0	0	33	8	0
PET-H1-N	8	17	0	25	0	0	17	0	0
PET-H2-N	17	0	0	25	0	0	25	0	0
PET-H0-C	17	8	0	33	8	0	25	0	0
PET-H1-C	8	17	0	21	0	8	0	0	0
PET-H2-C	25	8	0	29	0	0	25	8	0

Nota: PVA, geogrelha de álcool polivinílico; PET, geogrelha de poliéster; H0, altura de queda de zero metro; H1, altura de queda de 1,0 m; H2, altura de queda de 2,0 m; N, não compactação da camada de RCD-R superior; C, compactação da camada de RCD-R superior.

et al. (2006), Lim & McCartney (2013) e Rosete et al. (2013). Portanto, nesta análise de resultados dar-se-á foco aos danos de abrasão.

Quando aos demais tipos de danos analisados, nota-se que os danos caracterizados por contusão e separação foram mais incidentes nos elementos longitudinais se comparado aos elementos transversais e nós. Não foram observados danos de corte em nenhum tipo de elemento analisado, razão pela qual ocultou-se estes resultados nas Tabelas 3 e 4.

A seguir serão analisadas, separadamente, a influência da i) altura de queda, ii) compactação e iii) ação conjunta da altura de queda e compactação nos danos visuais causados pela simulação do processo construtivo de ESR.

3.1 Altura de Queda

Para avaliar a influência da altura de queda, buscou-se comparar as configurações de ensaio que não apresentaram compactação.

Observou-se a maior ocorrência, em ambas geogrelhas, de danos caracterizados por abrasão nos elementos transversais comparados com os demais elementos. Nota-se que, no geral, a quantidade de danos por abrasão que ocorreram na geogrelha de PET foram superiores aos que ocorreram na geogrelha de PVA.

Verificou-se que a menor altura de lançamento possível (aqui referida como altura de zero metro – H0) foi responsável por causar danos visuais às geogrelhas, porém, para maiores alturas queda (H1 e H2), a quantidade de elementos com danos de abrasão foi maior. Contudo, vale ressaltar que o aumento da altura de queda não causou um aumento proporcional dos danos visuais.

Notou-se que, na geogrelha de PVA, ambas faces (A e B) apresentaram maior quantidade de danos caracterizados por abrasão para as alturas de queda de 1,0 m (H1) e 2,0 m (H2) se comparada ao cenário sem altura de queda. Contudo, verificou-se menor quantidade de danos de abrasão ocorreu na face B.

Já no caso da geogrelha de PET, verificou-se que o cenário sem altura de queda causou maior quantidade de dano de abrasão se comparado aos cenários com alturas de queda de 1,0 m (H1) e 2,0 m (H2) (com exceção do cenário PET-H1-N na interface A). Diante disso,

verifica-se que a geogrelha de PET é menos resistente aos danos de instalação em comparação com a geogrelha de PVA, pois o simples contato da geogrelha com o material de preenchimento (RCD-R) propiciou danos.

Analisando cada geogrelha isoladamente, verificou-se que ambas faces (A e B) apresentaram percentuais de elementos danificados semelhantes. A pequena variação dos percentuais encontrados nas faces A e B pode estar associado a variabilidade do material de preenchimento (RCD-R). Deste modo, esse resultado revela que os danos foram causados não somente pela camada de material acima da geogrelha, mas também pela situada abaixo.

3.2 Compactação

No caso da geogrelha de PVA, observou-se que as faces A e B apresentaram maiores percentuais de danos de abrasão nos elementos longitudinais com a compactação da camada. Já no caso dos elementos transversais e nós, as faces A e B apresentam resultados opostos. Na face A, os percentuais de danos de abrasão causados devido à compactação foram iguais ou inferiores se comparado ao cenário sem compactação. Já na face B, verificou-se maiores percentuais de danos com a compactação da camada.

No caso da geogrelha de PET, observou-se que os percentuais de dano de abrasão causados pela compactação foram, em todos os elementos analisados (longitudinais, transversais e nós) e em ambas faces (A e B), iguais ou inferiores aos percentuais de dano identificados no cenário sem compactação.

Por outro lado, a geogrelha de PVA apresentou percentuais superiores de danos de abrasão causados pela compactação na face B. Esse resultado revela que o processo de compactação causou mais danos de abrasão na geogrelha de PVA devido ao contato da geogrelha com a camada inferior, o que reforça a importância de avaliar os danos causados nessa interface (geogrelha-camada inferior).

Apesar da variabilidade inerente do material de preenchimento (RCD-R), acredita-se que a diferença nos resultados encontrados em cada geogrelha (PVA e PET) pode ser relacionada a diferença entre suas características físicas,

como: área sólida em planta, espessura dos elementos e polímero constituinte).

3.3 Ação Conjunta da Altura de Queda e Compactação

Na geogrelha de PVA, notou-se que os danos de abrasão, separação e contusão apresentaram percentuais semelhantes nas duas faces (A e B) quando analisados os elementos longitudinais e transversais. No caso dos nós, os percentuais de dano observados nas faces A e B foram muito diferentes. Ressalta-se que em ambas faces foi observado que as ações conjuntas dos danos (lançamento e compactação) causaram percentuais de danos de separação e de contusão inferiores aos percentuais dos cenários sem a ação conjunta dos danos.

No caso da geogrelha de PET, verificou-se que, em ambas faces, a ação conjunta dos danos causou, nos nós da geogrelha, danos de abrasão em percentuais iguais ou inferiores aos causados pela ação individual da compactação ou da altura de queda. Já no caso dos demais elementos (longitudinais e transversais), verificou-se que a ação conjunta causou pequenas modificações nos percentuais de dano verificados em ambas as faces, porém sem um comportamento claro, dificultando a obtenção de uma conclusão.

A dificuldade da obtenção de correlações entre os cenários e os dados observados reitera a complexidade que cerca os danos causados às geogrelhas, tendo em vista que estão relacionados a fatores ligados às características físicas da geogrelha e do material de preenchimento. Contudo, os danos ocasionados pelo lançamento e pela compactação do RCD-R mostraram-se dentro do esperado e não inviabilizaria a utilização desse novo material de preenchimento.

4 CONCLUSÃO

Por meio da simulação dos processos construtivos (lançamento e compactação) de uma camada de ESR composta por RCD-R e geogrelhas, foram investigados os danos por meio de uma análise visual. Com os resultados apresentados neste estudo, conclui-se:

- Houve uma predominância de danos de abrasão em todos os elementos analisados, seguido por danos de separação e de contusão, nesta ordem. Não foram observados danos de corte nos cenários investigados;
- O aumento da altura de queda não propiciou aumento proporcional dos danos investigados;
- Os danos causados pela ação de compactação na interface entre a geogrelha de PVA e a camada de RCD-R inferior foram superiores em relação aos danos causados na interface entre a mesma geogrelha e a camada de RCD-R superior. Contudo, não foi observado o mesmo comportamento para a geogrelha de PET;
- Na maioria dos elementos investigados, o cenário com ação conjunta dos danos (altura de queda e compactação) causaram menor quantidade de dano se comparada isoladamente a ação de cada condicionante;
- Os percentuais de danos quantificados em cada geogrelha foram próximos nas duas faces. Contudo, as duas geogrelhas não apresentaram, para uma mesma configuração de ensaio, percentuais de dano semelhantes. A divergência dos resultados encontrados para cada geogrelha pode ser relacionada a variabilidade do material de preenchimento (RCD-R) e pela diferença entre as características físicas das geogrelhas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pela bolsa concedida ao primeiro autor durante do seu mestrado (PPG-GECON). Os agradecimentos são estendidos ao Laboratório de Geotecnia (LabGEO) da Universidade Federal de Goiás (UFG), ao Laboratório de Geossintéticos da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) e à empresa Renove Gestão e Solução em Resíduos Ltda. (RNV Resíduos) por todo o apoio dado para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

American Society for Testing and Material – ASTM

- (2006). D 2487-06: *Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System)*. Overland Park (KS): ASTM International, 12 p.
- Austin, R. A. (1997). Effects of installation Activities and Fire Exposure on Geogrid Performance. *Geotextiles and Geomembranes*, 15, p. 367-376.
- Barbosa, F. A. S. & Santos, E. C. G. (2013). Geogrid mechanical damages due to recycled construction and demolition wastes. *Proceedings 14th International Waste Management and Landfill Symposium*, Vol. 1, Paris, France, September 2013, 8 p.
- Barbosa, F. A. S., Silva, E. M. & Santos, E. C. G. (2016). Polypropylene (PP) geosynthetics strength reduction due installation damages caused by construction and demolition waste (RCDW). *Anais XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, October 2016, 6p.
- British Standard Institution (BSI) (2010) BSI 8006-1: *Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills*. BSI. 260 p.
- Cho, S. D.; Lee, K. W.; Cazzuffi, D. A. & Jeon, H. Y. (2006). Evaluation of combination effects of installation damage and creep behavior on long-term design strength of geogrids. *Polymer Testing*, v. 25, n. 6, p. 819-828.
- Duvall, D. E. (1994). Impact of product structure on the stability and durability of coated poly(ethylene terephthalate) geogrids. *Geotextiles and Geomembranes*, v. 13, n. 3, p.133-145.
- 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. & Samtani, N. C.. FHWANHI- 10-024. FHWA, Washington, DC. 332 p.
- Fleury, M. P. (2018). *Resistência de Geogrelhas após Danos Mecânicos Causados por Resíduos de construção e Demolição Reciclados (RCD-R)*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, 157 p.
- Fleury, M. P.; Siqueira Neto, N.; Santos, E. C. G. (2017). Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) na região metropolitana de Goiânia-GO. *Anais IV Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro Oeste (GEOCENTRO)*, Goiânia-GO, v. 2, p. 634 – 639.
- Lim, S. Y. & McCartney, J. S. (2013). Evaluation of effect of backfill particle size on installation damage reduction factors for geogrids. *Geosynthetics International*, 20, No. 2, p. 62–72.
- 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.
- Peng, C. L.; Scorpio, D. E. & Kitbert, C. J. (1997). Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction management and economics*, v. 1, n. 15, p.49-58.
- Richardson, G. N. (1998). Field Evaluation of Geosynthetic Survivability in aggregate road base. *Geotechnical Fabrics Report*, p.34-38.
- Rosete, A.; Lopes, P. M.; Pinho-Lopes, M. & Lopes, M. L. (2013). Tensile and hydraulic properties of geosynthetics after mechanical damage and abrasion laboratory tests. *Geosynthetics International*, v. 20, No. 5, 358–374.
- Santos, E. C. G. (2007). *Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 168 p.
- Santos, E. C. G. (2011). *Avaliação Experimental de Muros Reforçados Executados com Resíduos de Construção Demolição Reciclados (RCD-R) e Solo Fino*. 2011. 216 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 216 p.
- Santos, E. C. G.; Bueno, B. S. & Palmeira, E. M. (2012). Strength reduction of geosynthetics used in RSW built with RCDW as backfill material. *Proceedings 5th European Conference on Geosynthetics – EUROGEO 5*, Valencia. Spain, IGS-Spanish Chapter, Madrid, Spain, 4, pp. 481–485.
- Santos, E. C. G.; Vilar, O. M & Palmeira, E. M. (2010). The use of recycled construction and demolition waste in geosynthetic reinforced structures: Influence of the recycling process. *Proceedings 6th International Conference on Environmental Geotechnics*, New Delhi, India, Tata McGraw Hill, New Delhi, India, vol. 1, pp. 1105–1108.
- Santos, E. C. G.; Vilar, O. M. & Assis, A. P. (2009). Statistical Analysis of Geotechnical Parameters of Recycled Construction and Demolition Waste (RCDW). *Proceedings 17th International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering*. Alexandria - Egito.
- Vieira, C. S. & Pereira, P. M. (2015). Damage induced by recycled Construction and Demolition Wastes on the short-term tensile behaviour of two geosynthetics. *Transportation Geotechnics*, v. 4, p.64-75.
- Vieira, C. S. & 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.