

Avaliação da Utilização de Geotêxtil como Elemento de Filtração Aplicado em Pavimento Ferroviário

Matheus Viana de Souza

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, matheusvianadesouza@hotmail.com

Ennio Marques Palmeira

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, palmeira@unb.br

Ivonne Alejandra Maria Gutiérrez Góngora

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, ivonne.gongora@unb.br

RESUMO: O crescimento do transporte ferroviário nos últimos anos apresenta um grande avanço nos sistemas de transportes, tanto nacional quanto internacional. Contudo, deve-se existir uma preocupação relacionada à manutenção das ferrovias, como a realização de um sistema de drenagem econômico e eficiente, para que assim, problemas maiores com a estrutura da via sejam evitados. O presente artigo tem como objetivo analisar a eficácia da utilização de geotêxtil, desempenhando a função de filtro aplicado em estrutura de ferrovia, bem como, possíveis indícios de problemas que o geotêxtil possa sofrer, como colmatação ou cegamento, diminuindo a sua eficiência. Para esta análise, foram considerados os geotêxteis do tipo não-tecido. Concluiu-se que os geotêxteis apresentaram um bom comportamento a filtração em ferrovias. Destaca-se ainda que, alguns cuidados devem ser adotados no momento da instalação dos geotêxteis, para que não ocorram danos com a sua estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Geotêxtil; Filtros; Pavimentos; Ferrovias.

1 INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário no Brasil, desde a inauguração da primeira estrada de ferro em 1854, em especial nos últimos anos, vem apresentando um crescente desenvolvimento em sua infraestrutura.

Segundo a Confederação Nacional dos Transportes – CNT (2013), a rede ferroviária brasileira apresenta aproximadamente trinta e três mil quilômetros de extensão, porém, cerca de nove mil quilômetros não estão em operação.

Considerando a necessidade de melhoria nas vias férreas, novos conceitos de materiais e sistemas de construção e manutenção foram desenvolvidos, como é o caso dos geossintéticos.

Os materiais geossintéticos surgiram em meados da década de 1950 na América do Norte, desenvolvendo melhor suas qualidades e funcionalidades durante as décadas seguintes.

No Brasil, os geossintéticos apareceram de maneira remota no início da década de 1970, e mais

aceleradamente a partir da década de 1990 (PALMEIRA, 2018a).

Os geossintéticos podem desempenhar diferentes funções em uma obra ferroviária, como reforço do solo de fundação, separação entre camadas de diferentes granulometrias, elemento de drenagem, filtração de solo, entre outros.

A drenagem ferroviária constitui como um sistema fundamental para a conservação da via férrea, permitindo que ela se mantenha em pleno funcionamento, isso se dá porque a má drenagem contribui para o abatimento da plataforma ferroviária, para o surgimento de laqueado, além da colmatação do lastro (SANTOS, 2019).

Para a função de filtração, os geossintéticos mais adequados são os geotêxteis ou os chamados geocompostos, que é a associação de dois ou mais geossintéticos.

Entretanto, Silva (2013) relata que para avaliar o desempenho de geotêxteis em obras de drenagem e filtração, é necessário que sejam feitos uma série de ensaios padronizados, com o intuito de se realizar o

correto dimensionamento do sistema, além de se ter uma melhor previsão quanto a vida útil da obra.

2 ESTRUTURA DAS FERROVIAS

De acordo com Nabais (2014), uma ferrovia é composta de dois subsistemas básicos, sendo eles, o de material rodante, do qual fazem parte os veículos tratores e rebocados e, o de via permanente, do qual fazem parte a infraestrutura e a superestrutura ferroviária.

A infraestrutura pode ser definida como o conjunto de obras que irão compor a plataforma da estrada de ferro e que também suporta a superestrutura. É composta por terraplenagem, sistemas de drenagem e obras de arte corrente e especiais como pontes, viadutos e túneis.

A superestrutura da via pode ser definida como o segmento que irá receber os impactos diretos que serão gerados na ferrovia, sendo composto pelo trilho, aparelhos de mudança de via, dormentes, lastro e sublastro, este último, quando assim necessário.

A camada de lastro é uma camada granular que suporta e fornece apoio flexível ao trilho, fixações e dormentes. O lastro, além do contato com a face inferior do dormente, envolve ainda os dormentes em suas faces laterais para impedir sua movimentação nos sentidos longitudinal e transversal (PAIVA, 2016).

Porém, não é recomendado que o lastro de pedra britada se apoie diretamente sobre o solo da plataforma em razão da diferença de granulometria das camadas. Por isso, torna-se conveniente que haja uma camada de material selecionado, com maior capacidade de suporte que o solo subjacente e que apresente propriedades drenantes (ANTAS *et al.*, 2010).

O sublastro pode ser definido como a camada intermediária situada entre a camada de fundação, ou seja, o subleito e a camada de lastro, servindo entre outras funções, a de camada de apoio de lastro.

3 GEOSSINTÉTICOS EM FERROVIAS

De acordo com a ABNT NBR ISO 10318-1:2018, os geossintéticos são produtos poliméricos sintético ou natural, desenvolvido com a finalidade de aplicação em obras geotécnicas, podendo ainda, desempenhar mais de uma função na mesma obra.

Materiais geossintéticos podem exercer diversas funcionalidades, entre elas, a de reforço, drenagem, filtração, separação, etc, podendo ainda ser aplicados tanto na implantação da obra quanto em sua manutenção ou restauração.

Entre os tipos de geossintéticos, alguns tipos podem ser listados, como geogrelhas (GG), geocélula (GL), geocomposto (GC) e, o geotêxtil (GT). A Tabela 1 apresenta os principais tipos de geossintéticos e as suas aplicações mais usuais.

Tabela 1 – Geossintéticos e suas principais funções.

Geossintético / Função	GG	GL	GC	GT
Separação	-	-	X	X
Proteção	-	X	-	X
Filtração	-	-	X	X
Drenagem	-	-	-	X
Controle Erosão	-	X	-	-
Reforço	X	X	X	X

Em que: GG- Geogrelhas, GL- Geocélula, GC- Geocomposto; GT- Geotêxtil.

Segundo Nabais (2014), em obras ferroviárias, os geossintéticos podem ser aplicados dentro ou abaixo da camada de lastro e/ou camada de sublastro.

Conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO 10318-1:2018, geogrelha é um produto com estrutura em forma de grelha, com função predominante de reforço, cuja as aberturas permitem a interação com o meio em que está confinada, sendo constituída de elementos resistentes a tração.

Segundo Palmeira (2018b), geocélula é um produto com estrutura tridimensional aberta, constituídas por células interligadas que confinam mecanicamente os materiais nela inserida, com função predominante de reforço e controle de erosão.

O geocomposto é o geossintético formado pela associação de dois ou mais tipos de geossintéticos como, por exemplo: geotêxtil-georrede; geotêxtil-geogrelha; georrede-geomembrana ou geocomposto argiloso (GCL). (MORAES FILHO, 2018).

Vertematti (2014) define o geotêxtil como um material têxtil plano, permeável fabricado com polímero natural ou sintético, podendo ser do tipo tecido, não-tecido ou tricotado.

Soluções alternativas para exercer a função de Sublastro já são utilizadas, como é o caso do geotêxtil, que age como uma camada de separação entre o lastro e a plataforma.

Além disso, conforme exposto por Antas *et al* (2010), o geotêxtil quando aplicado como camada equivalente de Sublastro, pode desempenhar as funções de reforço, na redução de esforços para a plataforma; função de filtro, impedindo que haja o fenômeno de bombeamento de finos e, função de drenagem.

Os itens 3.1, 3.2 e 3.3 a seguir, descrevem de modo mais detalhado, algumas das funções que os geossintéticos podem desempenhar em uma ferrovia.

3.1 Função de reforço

O geossintético atua como elemento de reforço quando inserido no solo ou em associação com o solo para a melhoria das propriedades de resistência e de deformação do solo natural (Maia, 2016).

Para a condição de reforço, geotêxteis, geogrelhas e geocélulas são os geossintéticos mais utilizados para exercerem esta função, devido a sua alta resistência à tração.

A Figura 1 mostra uma geogrelha sendo implementada como elemento de reforço em um trecho ferroviário.



Figura 1. Geogrelha como elemento de reforço em pavimento ferroviário.

Em obras ferroviárias, a utilização desses materiais pode ser dada nas camadas de lastro e de sublastro, melhorando assim, a sua capacidade de deformação.

3.2 Função de filtração e drenagem

O geossintético pode ser utilizado como forma alternativa de material de filtro, podendo substituir camadas de materiais granulares, como por exemplo, os filtros de areia.

Segundo Tavares (2009), os geossintéticos quando estiverem atuando como filtros, permitem a passagem dos fluidos perpendicularmente aos seus planos, evitando o arrastamento das partículas sólidas.

Ainda de acordo com Tavares (2006), a função de filtração pode ser considerada em duas situações distintas: evitar o arrastamento de partículas em suspensão e no interior de maciços terrosos,

permitindo a passagem de água, mas impedindo a passagem de partículas sólidas.

Materiais como os geotêxteis e os geocompostos (Figura 2) são comumente utilizados nessa função. De acordo com Maia (2016), geotêxteis são empregados para evitar a migração do solo para dentro do agregado drenante ou de tubulações, enquanto mantém o fluxo do sistema.

Para a função de drenagem, o geossintético atua como sendo um dreno que é capaz de transportar o fluido presente para o solo que possua uma menor permeabilidade.



Figura 2. Material Geossintético do tipo geocomposto.

3.3 Função de separação

Os geossintéticos quando utilizado como material de separação, evitam que materiais de diferentes granulometrias se misturem, impedindo assim, uma contaminação do material de lastro, por exemplo.

Assim como a função de drenagem, os materiais mais adequados para a função de separação são os geotêxteis e os geocompostos.

Para ferrovias, tanto os geotêxteis quanto os geocompostos, atuam diretamente na prevenção de bombeamento de partículas finas.

A Figura 3 ilustra o momento de instalação da manta geotêxtil como elemento de separação, na execução de uma obra ferroviária.



Figura 3. Instalação de manta geotêxtil como elemento de separação.

4 GEOTÊXTEL COMO ELEMENTO DE FILTRO

O geotextil como elemento de filtro pode apresentar como vantagens, se comparado com os filtros granulares, a facilidade e rapidez de instalação e a ocupação de um menor volume de material.

Para que o geotêxtil trabalhe adequadamente como um filtro, é necessário que ele atenda a alguns critérios, como: critério de retenção, critério de permeabilidade, critério anticolmatção e critério de sobrevivência e durabilidade.

O critério de retenção tem como objetivo, analisar se o geotêxtil será capaz de reter as partículas de solo, impedindo que ocorra uma passagem excessiva dessas partículas.

Alguns métodos que podem ser adotados são os do Comitê Francês de Geotêxteis e Geomembranas (CFGG) de 1986, o critério estabelecido por Giroud, de 1992, entre outros.

O critério de permeabilidade visa garantir que o filtro geotêxtil manterá um valor de coeficiente de permeabilidade suficientemente maior que o do solo em contato e compatível com as necessidades do regime de fluxo e as características da obra (PALMEIRA, 2018a).

Alguns critérios de permeabilidade podem ser adotados, como por exemplo, o de Giroud (1982), Carrol Jr (1983), Lafleur (1999), entre outros.

O Critério anticolmatção permite verificar se o geotêxtil adotado não sofrerá com nenhum mecanismo de colmatção durante o uso.

O critério de sobrevivência e durabilidade tem como objetivo garantir que o filtro possuirá propriedades mecânicas suficientes para resistir a danos durante o manuseio, a instalação e a execução da obra (PALMEIRA, 2018b).

A pesquisa desenvolvida por Rosete (2010), foi analisada a durabilidade de geossintéticos em obras

ferroviárias. Foram avaliados, diferentes tipos de geossintéticos, entre eles, o geotêxtil. Os ensaios realizados foram o de abrasão e de verificação de danificação durante a instalação.

De acordo ainda com a autora, a aplicação de geotêxteis para separação e filtração, geralmente, o geotêxtil consegue cumprir a sua função, mesmo com um certo nível de danos, tornando-os assim, uma boa escolha para desempenhar tal função.

O estudo realizado por Santos (2011) relata a aplicação do geotêxtil como elemento de filtração, em uma obra de manutenção de trechos da malha ferroviária uruguaia, no ano de 2001.

Os trechos em questão, segundo o autor, eram muito antigos, portanto o lastro de brita do leito ferroviário foi executado diretamente sobre o solo fino de base. Devido a aplicação das cargas exercidas pelas locomotivas e suas composições, precipitações pluviométricas no decorrer do tempo, houve uma intensa migração de partículas finas do solo de base para o lastro ferroviário, ocasionando o chamado bombeamento de finos, que, por consequência ocasionou a contaminação do lastro de brita e deformação excessiva do leito ferroviário, em diferentes pontos.

O estudo, por fim, constatou que a implementação do geotêxtil nos trechos em questão, atuou não somente como filtro, mas também como elemento de drenagem e, apresentou grande eficácia, em que preveniu a contaminação do lastro, por meio da redução do bombeamento de finos e a eliminação de deformações mais acentuadas ao longo da via. Além disso, melhorou o escoamento das águas ao sistema de drenagem. Santos (2011) ressalta ainda que, o processo aumentou a vida útil da infraestrutura da via e que, os custos relacionados a manutenção tornaram-se menos onerosos.

O caso de obra relatado por Vertematti (2011), trata-se também de um trecho ferroviário, chamado alça da Boa Vista, que atua no trajeto Santos/Araraquara/Santos, no ano de 1991, em que apresentava problemas, principalmente, o bombeamento de finos, por meio do sublastro, que ocasionava a deterioração mecânica dos sublastro como também gerava deformações permanentes no nível do trilho.

O solo do local era composto de siltito e argilito estratificados, que possuem como características, serem extremamente finos, uniformes, expansivos e de difícil drenagem, conforme cita o próprio autor.

O autor afirma ainda que, foi estudado a viabilidade de ser realizada, a substituição do solo local por outro mais estável, enquanto a instabilidade interna do solo. Porém, a realização dessa metodologia exigia materiais de empréstimo

especiais, grandes movimentos de terra, boas condições meteorológicas, etc. Devido a esses fatores, constatou-se que a soma desses fatores encarecia a solução, levou os responsáveis a pesquisarem uma alternativa mais econômica e menos vulnerável as intempéries, na qual foi escolhida a implementação do geotêxtil.

Com isso, a implementação do geotêxtil, além de atuar como elemento de filtro, atuou também como elemento de separação entre camadas.

Vertematti (2011) constatou que a solução se mostrou tecnicamente eficiente, prevenindo a expansão e bombeamento do solo-base para dentro do lastro.

Algumas vantagens citadas pelo autor foram: menores volumes de escavação e bota-fora; execução simples e rápida do sistema drenante; maior rapidez de execução; não necessidade de importação/compactação do solo argiloso e; redução de cerca de 20% nos custos globais da implantação da nova linha, demonstrando a eficiência desse sistema, como sendo uma solução mais econômica e de menor impacto ambiental.

Nicolato (2019), apresentou em seus estudos, uma análise laboratorial sobre a presença do geotêxtil em pavimento ferroviário. Para este estudo, foram utilizados três tipos de geotêxteis com gramaturas diferentes, inseridos entre um material granular e um solo fino. Foi aplicado um carregamento cíclico, com frequência de 1 Hz, para que fosse simulado o tráfego ferroviário.

Os resultados obtidos foram favoráveis, pois evidenciaram a eficácia do geotêxtil como elemento de filtro e, que atuou também como elemento de separação entre camadas. Notou-se que os geotêxteis não sofreram maiores danos, com a condição de aplicação do carregamento cíclico.

5 PROBLEMAS ASSOCIADOS AO GEOTÊXTEL

Os geotêxteis apresentam, de maneira geral, um bom desempenho em sua atuação como filtro. Porém, para que este desempenho não seja comprometido, são necessários alguns cuidados.

Um dimensionamento apropriado e uma boa instalação, garantem que o geotêxtil possa executar corretamente a sua função.

Uma das possíveis causas de mau funcionamento do geotêxtil está associada a danos causados no momento de instalação do produto, como por exemplo, o tráfego direto de caminhões no momento da instalação, podendo assim, fazer com que o geotêxtil sofra algum dano quanto a sua propriedade física, como rasgos e desgastes.

Outro ponto é a instalação do material em locais em que o aterro presente não possua um material adequado, como ilustra a Figura 4, onde o geotêxtil foi instalado em um aterro sem a devida limpeza.



Figura 4. Instalação de geotêxtil em aterro inadequado.

Problemas relacionados ao mau posicionamento do filtro e a má instalação da camada de geotêxtil no em drenos também pode comprometer a sua eficiência, fazendo com que seja corrompida a função de drenagem.

Instalações que venham a ser realizadas, onde sejam aplicados de diferentes tipos de geotêxteis, isto é, de especificações distintas como abertura aparente dos poros, permissividade, etc., em uma mesma camada de solo, como é ilustrado na Figura 5, pode agir de maneira inadequada, pois é necessário que seja executado conforme o projeto dimensionado, seguindo os critérios determinados, para que assim, ocorra o desempenho esperado para a função do geotêxtil.



Figura 5. Instalação de diferentes tipos de geotêxtil em uma mesma camada de solo.

6 RESULTADOS

A adoção de materiais geossintéticos em obras ferroviárias apresenta uma solução alternativa para a construção de uma nova via ou na manutenção de uma já existente.

O geotêxtil mostra-se eficiente no papel em que se propõe a cumprir, desde a substituição de material de sublastro, como também como elemento de separação entre as camadas.

Conforme demonstrado nos trabalhos de Rosete (2010), Santos (2011), Vertematti (2011) e Nicolato (2019), o geotêxtil

Vale ressaltar também, que o geotêxtil é um elemento que apresenta grandes vantagens, quando este é comparado com os filtros granulares tradicionais, conforme demonstrado na pesquisa de Vertematti (2011). A facilidade de sua execução gera um ponto positivo, principalmente em manutenção de ferrovias que se encontram ativas, fazendo assim, que o tempo de reparo possa ser menor do que se fosse executado o método tradicional.

Nicolato (2019) concluiu em seu estudo que, o ensaio sem geotêxtil mostrou-se mais sensível ao umedecimento das camadas, tendo os deslocamentos aumentado mais significativamente do que nos ensaios com geotêxtil. A água de inundação, ao entrar no sistema, tende a aumentar o bombeamento de finos, porém, a presença do geotêxtil, atuando como elemento de separação e filtração conseguiu reter consideravelmente essas partículas.

Santos (2011) também verificou que o geotêxtil que foi utilizado nos trechos em questão, exerceu dupla função, servindo como elemento de filtro e elemento de drenagem, apresentando uma boa eficiência, trazendo como benefícios a obra, o impedimento da contaminação do lastro, considerando que houve uma diminuição do bombeamento de finos e de deformações mais acentuadas ao longo da via, como também, a melhora do escoamento das águas ao sistema de drenagem.

Em todos os casos analisados, foi evidenciado de forma clara que, a presença do geotêxtil, contribuiu também com o aumento da vida-útil da obra ou situação analisada, como nos casos dos ensaios laboratoriais, dando um maior espaçamento entre as manutenções necessárias quanto a este assunto.

Métodos e critérios de dimensionamento de um geotêxtil devem ser executados no momento de planejamento da utilização de um geotêxtil, não só em obras ferroviárias, para que assim, seja possível estabelecer melhor os critérios de seleção do tipo de geotêxtil e que também, certifique que o seu desempenho será aquele desejado para a situação específica.

Porém, cuidados e atenção devem ser empregados

no momento de sua instalação. Vale ressaltar também que, caso ocorra algum dano durante a instalação, o material deve ser substituído para que assim não comprometa todo o conjunto da obra. Entretanto, o trabalho de Rosete (2010) evidencia que, mesmo havendo danos na instalação, como realizado em alguns dos casos estudados, o geotêxtil comportou-se ainda de maneira boa e eficaz.

7 CONCLUSÕES

Os geotêxteis, aplicados com a função de filtração, como avaliado neste trabalho, apresentaram um bom desempenho em obras de ferrovias, conforme consta nos trabalhos de Rosete (2010), Santos (2011), Vertematti (2011) e Nicolato (2019).

Problemas associados a utilização do geotêxtil como elemento de filtro, representam uma quantidade muito baixa, se comparado com a quantidade total de aplicações desse elemento.

Fatores que podem influenciar no bom desempenho do filtro podem ser estimados, por meio de um bom dimensionamento, utilizando, por exemplo, os métodos de retenção de partículas de Giroud (1982), Carrol Jr (1983), Lafleur (1999); critérios de permeabilidade ou permissividade de Christopher e Holtz (1985), Lefleur (1999), entre outros, avaliando as condições onde será aplicado, bem como, nos cuidados para com a instalação do geotêxtil na obra.

De modo geral, os geotêxteis aplicados como sistema de filtro apresentam maiores vantagens quando comparada com filtros granulares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade de Brasília e ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes pelo apoio concedido a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018). *NBR 10318-1: Geossintéticos*. 49 p.
- Antas, P.M; Vieira, A. (2010). *Estradas- Projeto Geométrico e de terreplagem*. Interciencia: São Paulo, 1ª ed, 261 p.
- Carrol Jr, R.G. (1983). *Geotextile Filter Criteria*. Transportation Research Recorder, Vol. 916, pp. 46-53.
- Christopher, B.R.G.; Holtz, R.D. (1985). *Geotextile engineering manual. Report number FHWA-TS-86/203*. Washington, DC. Federal Highway Administration.1044 p.

- Confederação Nacional do Transporte - CNT (2013). *O sistema ferroviário brasileiro*. 58 p.
- Giroud, J.P. (1982). *Discussion on Filter Criteria for Geotextiles*. Proceedings of the Second International Conference on Geotextiles, Vol. 4, Las Vegas, NV, USA, August 1982, pp. 36-38.
- Giroud, J.P. (1992). *Geotextile Filter Design Guide*. Geosynthetics in Filtration, Design and Erosion Control, Koerner, R.M., Ed., Elsevier Applied Science, London, UK, Proceedings of the Fifth Geosynthetic Research Institute Seminar, held in Philadelphia, PA, USA, December 1991, pp. 19-34.
- Lafleur, J. (1999). *Selection of geotextiles to filter broadly graded cohesionless soils*. Geotextiles and Geomembranes, Vol. 17, pp. 299-312.
- Maia, K. C. A. P. (2016). *Funções dos Geossintéticos. Geosynthetics in Pavement Engineering – IGS Brasil*. 2p.
- Moraes Filho, I.P. (2018). *Avaliação da abertura de filtração de geotêxteis sob diferentes condições de solicitação mecânica*. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 142p.
- Nabais, E.M. (2014). *Manual Básico de Engenharia Ferroviária*. Oficina de textos: São Paulo, 1ª ed, 344 p.
- Nicolato, L. (2019). *Geotêxtil como elemento de separação em pavimentos ferroviários*. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 117 p.
- Paiva, C.E.L. (2016). *Super e Infraestrutura de ferrovias*. Campus: São Paulo, 1ª ed, 308 p.
- Palmeira, E.M. (2018a). *Geossintéticos em meio ambiente*. Oficina de textos: São Paulo, 1ª ed, 294 p.
- Palmeira, E.M. (2018b). *Notas de Aulas*
- Rosete, A.J.C.P (2009). *Durabilidade de geossintéticos em obras ferroviárias – abrasão e DDI*. Universidade do Porto 136p.
- Santos, J.C.S. (2019). *Estudo dos tipos de drenagem na ferrovia norte-sul no trecho de santa rita a gurupi – to*. Universidade de Gurupi. 22p.
- Santos, L.F. (2011). *Utilização de geotêxtil como elemento de separação, filtração e drenagem em malha ferroviária - Uruguai*. Departamento Técnico de Atividades Bidim, 7 p.
- Silva, J.L.V. (2013). *Colmatação Biológica de Geotêxteis*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Geotécnica. 126p.
- Tavares, P. J.F. (2009). *Reforço de Substrutura de Vias Férreas com Geossintéticos*. Universidade do Porto 84p.
- Vertematti, J.C. (2011). *Geotêxtil BIDIM utilizado como filtro e separação sob o lastro do trecho ferroviário da alça de boa vista*. Departamento Técnico - Atividade Bidim, 11 p.
- Vertematti, J.C. (2014). *Manual Brasileiro de Geossintéticos em meio ambiente*. Oficina de textos: São Paulo, 1ª ed, 572 p.