



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

JUNHO 2022

NORMA DNIT 380/2022 – PRO

Utilização de geossintéticos em aterros sobre solos moles para obras viárias – Procedimento

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.009899/2021-78

Origem: Revisão da norma DNER – PRO 380/98

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 30/05/2022.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Geossintéticos, obras viárias, aterros, solos moles

Nº total de páginas

22

Resumo

Este documento estabelece diferentes critérios para aplicação de geossintéticos na estabilização e reforço de aterros sobre solos moles em obras viárias. Apresenta também, os principais produtos geossintéticos utilizados e suas propriedades relevantes. Por fim, apresenta as recomendações quanto à estocagem, manuseio e instalação dos geossintéticos e fornece as orientações básicas para execução do seu plano de instalação e acompanhamento técnico da obra.

Abstract

This document establishes different procedures and techniques for stabilizing and reinforcement of landfills on soft soils using geosynthetic products. It also presents, for each technique to be applied, the main geosynthetic products used, together with their relevant properties. Finally, presents recommendations regarding the storage, handling and installation of geosynthetics and provides basic guidelines for the execution of its installation plan and technical monitoring of the work.

Sumário

| | |
|--|---|
| Prefácio | 1 |
| 1 Objetivo | 2 |
| 2 Referências normativas | 2 |
| 3 Definições | 2 |
| 4 Requisitos gerais para aplicação | 3 |

| | |
|---|----|
| 5 Aplicabilidade | 3 |
| 6 Recomendações Básicas para Estocagem, Manuseio e Instalação | 9 |
| 7 Plano de Instalação do Geossintético | 11 |
| 8 Acompanhamento Técnico de Obra (ATO) | 11 |
| Anexo A (Normativo) – Valores de Referência | 13 |
| Anexo B (Informativo) – Aplicação em Reforço de Solo em Obras Viárias | 14 |
| Anexo C (Informativo) – Aplicação em Aterros Sobre Estacas | 15 |
| Anexo D (Informativo) – Aplicação em Colunas Granulares Encamisadas | 16 |
| Anexo E (Informativo) – Funções Exercidas pelos Geossintéticos | 17 |
| Anexo F (Informativo) – Propriedades dos Geossintéticos | 18 |
| Anexo G (Informativo) – Produtos Geossintéticos | 19 |
| Anexo H (Informativo) – Bibliografia | 20 |
| Índice geral | 22 |

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer os critérios para utilização de geossintéticos em aterros sobre solos moles para obras viárias. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os critérios para aplicação de geossintéticos na estabilização e reforço de aterros sobre solos moles em obras viárias. Também apresenta procedimentos que podem ser utilizados a fim de garantir a qualidade da obra final.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 381/2022 – PRO: Projeto de aterros sobre solos moles para obras viárias – Procedimento.
- b) _____. DNIT 436/2022 – TER: Termos técnicos empregados na utilização de geossintéticos em obras viárias – Terminologia.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 10319:2013 – Geossintéticos – Ensaio de tração de faixa larga.
- d) _____. ABNT NBR ISO 10320:2021 – Geossintéticos – Identificação na obra.
- e) _____. ABNT NBR ISO 10321:2013 – Geossintéticos – Ensaio de tração de emendas pelo método da faixa larga.
- f) _____. ABNT NBR 16757-1:2020 – Geossintéticos – Requisitos para aplicação – Parte 1: Geotêxteis e produtos correlatos.
- g) EBGEO (2011). Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements – EBGEO. German Geotechnical Society, English version, Ernst & Sohn.
- h) KEMPFERT, H.-G., GÖBEL, C., ALEXIEW, D. & HEITZ, C. (2004). German recommendations for reinforced embankments on pile-similar elements. 3rd European Geosynthetic Conference – EuroGeo 3, Munich, Germany, Vol. 1, p. 279-284.

3 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições contidas na norma DNIT 436/2022 – TER e as definições a seguir:

3.1 Capacidade de descarga para o estado de tensões representativo (q_w)

É dada pelo produto da permeabilidade ao longo do plano pela sua seção, para o gradiente hidráulico unitário, a qual é dependente do estado de tensões atuante.

3.2 Comportamento em fluência

É a deformação que o geossintético sofre ao longo do tempo quando é submetido a uma carga ou tensão constante. O geossintético pode apresentar maior ou menor suscetibilidade à fluência a depender do polímero que o compõe.

3.3 Deformação característica do reforço geossintético

Deformação na resistência à tração característica garantida pelo fornecedor com nível de confiança mínimo de 95 %.

3.4 Elongação sob tração (ϵ)

Varição do comprimento do material geossintético ao ser tracionado. Pode ser calculada pelo aumento percentual da diferença entre a medida final e a inicial do geossintético.

3.5 Fator de redução (FR)

Fator pelo qual a resistência à tração característica do reforço geossintético deve ser dividida a fim de se obter a resistência à tração disponível. O fator de redução está associado a efeitos conhecidos que minoram a resistência do reforço ao longo da sua vida de serviço como fluência, danos de instalação, danos ambientais e outros. Não deve ser confundido com fator de segurança.

3.6 Interação mecânica com o solo envolvente

Transferência de tensão entre o geossintético e o solo que o envolve. O geossintético é mais eficiente quanto maior for sua interação com o solo, devido a maior mobilização da sua resistência à tração.

3.7 Módulo de Rigidez à tração (J)

Razão entre a força de tração e a deformação correspondente, expressa em kN/m.

3.8 Permissividade (ψ)

Propriedade hidráulica do geossintético que representa a capacidade que este tem de permitir a passagem do fluido perpendicularmente ao seu plano. É dada pela razão entre o coeficiente de permeabilidade normal ao plano e a espessura do geossintético, expressa em s^{-1} .

3.9 Resistência à degradação ambiental

Resistência do geossintético ao se levar em consideração o efeito da degradação ambiental, no qual se incluem ataques por substâncias químicas, ações biológicas, microbiológicas e intempéries.

3.10 Resistência a esforços de instalação

Resistência do geossintético ao se levar em consideração os danos sofridos durante o processo de instalação, causados principalmente pelo lançamento, espalhamento e compactação do material do aterro.

3.11 Resistência à tração característica do reforço geossintético

Resistência à tração garantida pelo fornecedor com nível de confiança mínimo de 95 %, ou seja, com uma probabilidade não superior a 5 % de não ser atingida.

3.12 Resistência à tração disponível do reforço geossintético (T_{disp})

Resistência à tração calculada para as condições de projeto. É a resistência característica dividida pelos fatores de redução.

3.13 Resistência à tração de referência (T_{ref})

Resistência de referência determinada a partir de resultados de ensaios de fluência no reforço, que garante que o geossintético não romperá por fluência ao longo da vida útil da obra.

3.14 Resistência à tração máxima (T_{max})

Resistência à tração máxima obtida em ensaio que melhor represente as condições de carregamento a que o geossintético será submetido na obra, definido com 95 % de confiança, conforme ABNT NBR 16757-1:2020. Para fins deste procedimento T_{max} equivale à resistência à tração característica do reforço.

3.15 Taxa de deformação (ϵ')

Aumento percentual da deformação do geossintético em um determinado tempo, expresso em porcentagem por segundo.

3.16 Transmissividade (θ)

Propriedade hidráulica do geossintético que representa a capacidade que o material tem de permitir a passagem de um determinado fluido ao longo de seu plano. É dada pelo produto da permeabilidade ao longo do plano pela espessura do geossintético.

3.17 Vida de serviço ou vida útil

Período de tempo em que a obra se presta às atividades para as quais foi projetada e construída, com atendimento aos níveis de desempenho previstos nesta norma, considerando-se a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados pelo executor (a vida útil não pode ser confundida com o prazo de garantia legal ou contratual).

4 Requisitos gerais para aplicação

Todos os geossintéticos utilizados em obras de aterro sobre solos moles nas aplicações apresentadas na seção 5 deste documento deverão atender aos requisitos apresentados na norma ABNT NBR 16757-1:2020.

5 Aplicabilidade

São apresentadas nos tópicos seguintes as principais aplicações de geossintéticos em aterros sobre solos moles em obras viárias.

5.1 Aplicação em reforço de base de aterro sobre solos moles

Tem como objetivo fundamental melhorar as condições de estabilidade do aterro, incorporando um material de reforço na interface aterro-fundação. A aplicação permite o aumento do Fator de Segurança do aterro, a construção de aterros mais íngremes, junto a uma distribuição mais favorável de tensões, eliminando ou minimizando a necessidade de substituição ou remoção do solo.

5.1.1 Propriedades relevantes do geossintético utilizado em reforço de solos

- Resistência à tração máxima T_{max} [kN/m];
- Elongação sob tração ε [%];
- Taxa de deformação ε' [%/s];
- Módulo de rigidez à tração J [kN/m];
- Comportamento em fluência;
- Resistência a esforços de instalação;
- Resistência à degradação ambiental;
- Interação mecânica com o solo envolvente.

5.1.2 Produtos Utilizados

- Geotêxteis;
- Geogrelhas;
- Geocélulas;
- Geocompostos;
- Geofibras.

5.1.3 Resistência à tração de projeto

- A resistência à tração de projeto é obtida conforme Equação 1:

$$T_{proj} = \frac{T_{disp}}{FS} \quad (1)$$

Onde:

FS é o fator de Segurança, maior ou igual a 1,2;

T_{disp} é a resistência à tração disponível no reforço geossintético, expressa em quilonewtons por metro (kN/m).

- A resistência à tração do reforço disponível é obtida conforme Equação 2:

$$T_{disp} = \frac{T_{ref}}{FR_{dm}FR_{amb}} \quad (2)$$

Onde:

T_{disp} é a resistência à tração do reforço disponível considerando-se a fluência e mecanismos de dano e degradação do reforço, expressa em quilonewtons por metro (kN/m);

T_{ref} é a resistência de referência determinada a partir de resultados de ensaios de fluência no reforço e que garante que o geossintético não romperá por fluência ao longo da vida útil da obra, expressa em quilonewtons por metro (kN/m);

FR_{dm} é o fator de redução contra danos mecânicos ao geossintético;

FR_{amb} é o fator de redução contra danos causados pelo ambiente (danos biológicos e químicos);

- Na falta de resultados de ensaios de fluência, fatores de redução adicionais devem ser utilizados. Nesses casos, T_{ref} pode ser estimada por:

$$T_{ref} = \frac{T_{max}}{FR_{fl}} \quad (3)$$

Onde:

T_{max} é a resistência à tração máxima obtida em ensaio que melhor represente as condições de carregamento a que o geossintético será submetido na obra, expressa em quilonewtons por metro (kN/m);

FR_{fl} é o fator de redução levando em conta a fluência do reforço.

Em situações do aterro que satisfaçam condições de deformação plana, T_{max} pode ser o valor obtido em ensaios de faixa larga, executado de acordo com as normas ABNT NBR 10319:2013 e ABNT NBR 10321:2013.

5.1.3.1 Valores de Referência

- a) Os valores indicativos de FR_{fl} , em função do polímero constituinte do reforço, são apresentados na Tabela A1 do Anexo A.
- b) A Tabela A2 do Anexo A apresenta valores mínimos de FR_{dm} para geotêxteis utilizados como reforço em função do tipo de solo e da massa por unidade de área (M_A) do geotêxtil.
- c) A Tabela A3 do Anexo A apresenta faixas de valores de FR_{dm} para geogrelhas em função da resistência à tração da geogrelha. Quanto maior a severidade esperada para o dano, maior deve ser o valor de FR_{dm} a ser utilizado.

NOTA 1: Valores mínimos de FR_{dm} fornecidos por fabricantes e aplicáveis a seus produtos podem ser utilizados, desde que tenham sido obtidos por laboratórios habilitados e com confiabilidade maior que 95 % (valor maior ou igual à média mais 2 desvios-padrão).

- d) O valor de FR_{amb} é função das características do geossintético e do nível de agressividade do meio onde o geossintético será enterrado. O valor mínimo de FR_{amb} a ser utilizado é 1,10.
- e) Valores mínimos de FR_{amb} fornecidos por fabricantes e aplicáveis a seus produtos podem ser utilizados, desde que tenham sido obtidos por laboratórios credenciados e com confiabilidade maior que 95 % (valor maior ou igual à média mais 2 desvios-padrão).

5.1.4 Rigidez à tração do reforço

O módulo de rigidez à tração (J) do reforço deve ser suficiente para que a força de tração estabilizadora seja mobilizada. A estabilização de aterros sobre solos moles comumente exige reforços com elevados valores de J (tipicamente $J \geq 800$ kN/m) e de resistência à tração.

Os valores de $J_{2\%}$ ou $J_{5\%}$ devem ser utilizados em projetos, e são definidos como os valores de rigidez à tração secante, obtidos em ensaios de tração em faixa

larga para deformações de tração iguais a 2 % e 5 %, respectivamente.

A rigidez à tração do reforço deverá ser determinada em função da força de tração necessária para a estabilização do aterro e da deformação de compatibilidade do reforço, que é a deformação de tração mobilizada no reforço quando da ruptura por cisalhamento dos solos presentes. Análises numéricas podem ser necessárias para situações mais complexas.

5.1.5 Recomendações para reforço de aterros sobre solos moles

O reforço atua na estabilidade do aterro e na redução de deslocamentos laterais, mas sem influência significativa nos recalques, a não ser na utilização de geocélulas de maiores alturas ou multicamadas de reforço na base do aterro, quando, então, reduções nos recalques diferenciais podem ser obtidos. A influência de camada de reforço na estabilidade do aterro tende a ser menos significativa, ou insignificante, para camadas de solo argiloso mole com espessuras maiores que $0,7B$, onde B é a largura da base do aterro.

As aplicações de geossintéticos na base de aterros sobre solos moles estão indicadas na Figura B1 e Figura B2 do Anexo B.

Os geossintéticos comumente utilizados são geogrelhas, geotêxteis do tipo tecido e geocompostos para reforço. Geotêxteis não tecidos típicos geralmente não possuem valores de resistência e rigidez à tração suficientemente elevados para cumprir a função de reforço a contento.

Multicamadas de geogrelha ou de geotêxtil tecido podem ser empregadas visando a criação de uma plataforma de transferência de carga mais rígida na base do aterro. Tal plataforma pode reduzir recalques diferenciais do aterro. Geocélulas convencionais, ou montadas *in situ*, também podem ser utilizadas com o mesmo propósito. As geocélulas montadas *in situ* podem atingir alturas significativamente maiores que as fabricadas tradicionalmente, sendo preparadas com camadas de geogrelha posicionadas na vertical e solidarizadas convenientemente de modo a formar, em planta, unidades celulares em forma de triângulos equiláteros.

Especial atenção deve ser dada à correta orientação do reforço no campo, já que existem reforços uniaxiais (resistência e rigidez à tração significativamente diferentes nas direções normal e paralela à direção do rolo) e biaxiais (resistência e rigidez à tração iguais ou muito próximas nas direções normal e paralela à direção do rolo). A direção de instalação do reforço deve ser tal que suas propriedades mecânicas atendam com segurança às solicitações que lhe serão impostas ao longo das direções de instalação e normal a esta.

Não devem ser realizadas emendas de camadas de reforço ao longo da direção longitudinal do aterro, nem em direção perpendicular à direção mais solicitada (Figura B3 do Anexo B). Antes da instalação da camada de reforço devem ser retiradas pedras, troncos, tocos e quaisquer elementos que possam causar danos ao reforço.

No caso de excesso de elementos contundentes que possam danificar o reforço, uma camada de aterro de serviço deve ser executada sobre a fundação, sobre a qual será instalado o reforço, de forma a isolar a camada de reforço dos elementos que possam danificá-la. Profissional qualificado deve aprovar a instalação do reforço antes da sua cobertura com aterro.

O aterro deve ser lançado de forma que as “ondas” de solo mole provocadas em fundações menos resistentes, (resistências não drenadas inferiores a 20 kPa), não provoquem a formação de rugas ou dobras na camada de reforço. Para minimizar os efeitos citados, é apropriado lançar o aterro com as suas bordas avançadas em relação ao centro. Para o caso de fundações mais resistentes (resistências não drenadas superiores a 20 kPa), deve-se lançar o aterro com a sua parte central avançada em relação às bordas, pois facilita o esticamento da camada de reforço.

Quanto a análises de estabilidade, aplicam-se também as recomendações constantes na norma DNIT 381/2022 – PRO.

Deve ser analisada a possibilidade de ruptura dentro do aterro (para materiais de aterro fraco) e a expulsão do solo mole de fundação. Esta última possibilidade pode ocorrer no caso de solos de fundação muito moles e/ou aterros muito altos com utilização de reforços muito resistentes. Caso as condições sejam favoráveis, o

enrijecimento do aterro pela presença do reforço pode fazer com que o mesmo se comporte como se fosse uma placa rígida, recalçando de forma relativamente uniforme, podendo expulsar o solo de fundação. Isso pode acontecer, principalmente, quando geocélulas ou múltiplas camadas de reforço rígido e resistente são empregadas.

Outros mecanismos de ruptura do conjunto aterro-reforço-solo mole podem ocorrer e devem ser verificados.

5.2 Aplicação em adensamento de solos compressíveis

A utilização de geossintéticos no processo de adensamento de solos compressíveis tem como objetivo fundamental acelerar os recalques, facilitando a drenagem de água no solo, proporcionando o ganho de resistência ao cisalhamento do solo de fundação.

5.2.1 Propriedades relevantes do geossintético utilizado em adensamento de solos compressíveis

- a) Transmissividade θ [m^2/s];
- b) Capacidade de descarga q_w [$\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$] para o estado de tensões representativo;
- c) Resistência à tração máxima T_{max} [kN/m].

5.2.2 Produtos Utilizados

- a) Geotêxteis;
- b) Geocompostos;
- c) Geoespaçadores.

NOTA 2: Para aceleração do processo de adensamento de solos compressíveis podem ser empregados elementos drenantes denominados geocompostos para drenagem vertical: geocompostos tipicamente com 100 mm de largura e 3 mm a 5 mm de espessura, fornecidos com grande comprimento, constituídos de um geoespaçador envolto por um geotêxtil não tecido.

NOTA 3: Os geocompostos são inseridos por cravação dentro da massa de solo com o propósito de reduzir o comprimento máximo de drenagem, a qual passa a ser predominantemente horizontal, resultando na aceleração do processo de adensamento, e, conseqüentemente, dos recalques.

5.3 Aplicação em aterros sobre estacas

A utilização de geossintéticos em aterros sobre estacas contribui para uma distribuição mais homogênea de tensões, o que permite otimização dos espaçamentos entre estacas e/ou redução das dimensões de seus capitéis.

5.3.1 Propriedades relevantes do geossintético utilizado em aterros sobre estacas

- Resistência à tração máxima T_{max} [kN/m];
- Elongação sob tração ε [%];
- Taxa de deformação ε' [%/s];
- Módulo de rigidez à tração J [kN/m];
- Comportamento em fluência;
- Resistência a esforços de instalação;
- Resistência à degradação ambiental;
- Interação mecânica com o solo envolvente.

5.3.2 Produtos Utilizados

- Geotêxteis;
- Geogrelhas.

5.3.3 Resistência à tração de projeto

Para definição das resistências à tração utilizar as recomendações dispostas em 5.1.3.

5.3.4 Rigidez à tração do reforço

Para definição da rigidez à tração utilizar as recomendações dispostas em 5.1.4.

5.3.5 Recomendações para aterros sobre estacas

No caso de utilização de camada de reforço geossintético, devem ser observadas as seguintes condições em relação à distância de centro a centro das estacas (s), ilustrada na Figura C2 do Anexo C, e diâmetro das estacas ou diâmetro equivalente do capitel (d) (Kempfert *et al.* 2004, EBGeo 2011), sendo o diâmetro equivalente do capitel igual ao diâmetro do círculo com área em planta igual à do capitel:

- No caso de cargas estáticas: $(s - d) \leq 3$ m;
- No caso de elevadas cargas móveis: $(s - d) \leq 2,5$ m;
- $d/s \geq 0,15$;
- $h/(s - d) > 0,8$, onde h é a altura de aterro total acima do capitel;
- $h^* \geq (s - d)$, onde h^* é a altura de aterro de material granular acima do capitel;
- No caso de elevadas cargas móveis: $h/(s - d) > 2$;
- $0,5 < s_x/s_y < 2,0$.

Caso a existência do solo mole de fundação seja considerada no projeto, a razão entre os valores de módulo de reação das estacas e do solo mole circundante ($k_s, p/k_s, w$) deve ser maior que 75, de forma a garantir mobilização total de arqueamento no aterro, como admitido na teoria.

Com relação à camada de reforço, quanto mais próxima a camada de reforço das cabeças das estacas (ou dos capitéis), melhores são as condições para se atingir máxima eficiência do reforço. Entretanto, o contato direto com o elemento de suporte (capitel ou cabeça da estaca) pode provocar danos no reforço. Assim, deve-se adotar uma distância segura entre a camada de reforço inferior e as cabeças das estacas ou capitéis para evitar danos ao reforço por abrasão ou cortes ao longo das bordas das estacas ou capitéis. Para minimizar os eventuais riscos apresentados, as seguintes condições devem ser atendidas (Kempfert *et al.* 2004, EBGeo 2011):

- Emprego de, no máximo, duas camadas de reforço.
- $z \leq 0,15$ m para uma camada única de reforço (Figura C3 do Anexo C).

- c) $z \leq 0,3$ m para duas camadas de reforço (Figura C3 do Anexo C).
- d) No caso de duas camadas de reforço, o espaçamento entre elas deve ser de 0,15 m a 0,30 m.
- e) Resistência à tração de dimensionamento do reforço ≥ 30 kN/m e deformação de tração máxima na ruptura ≤ 12 %.
- f) Sobreposições de extremidades de camadas de reforços são geralmente permitidas, mas devem ocorrer somente imediatamente acima das estacas (ou capitéis) e somente na direção secundária de sollicitação. O comprimento de sobreposição não deve ser menor que d .

Tanto o dimensionamento, quanto a especificação do reforço geossintético devem ser realizados por meio da aplicação de métodos já consolidados na literatura. Tendo em vista uma variação significativa dos resultados de estimativas de forças e deformações obtidas por distintos métodos disponíveis, recomenda-se uma abordagem conservadora e instrumentação geotécnica apropriada em obras de maiores vultos. Fatores de redução apropriados devem ser utilizados nas propriedades relevantes do reforço.

A deformação de tração máxima inicial no reforço deverá ser menor ou igual a 5 %, e a deformação adicional por fluência ao longo da vida útil da obra deverá ser inferior a 2 %. Em situações em que incertezas possam ocorrer em relação a deformações na superfície do aterro, a deformação máxima de serviço do reforço não deverá exceder a 3 %.

Devem ser utilizados métodos consolidados na literatura para realização de análises de estabilidade global. Os softwares utilizados nestas análises devem considerar a presença das estacas, ou colunas granulares, e da camada de reforço geossintético. Além disso, deve ser verificada a possibilidade de ocorrência de deslizamento lateral do solo de aterro sobre a camada de reforço nas bordas do aterro, analisando se esse mecanismo é capaz de provocar esforços de tração adicionais na camada de reforço que precisam ser considerados no projeto.

5.4 Aplicação em colunas granulares encamisadas

Colunas encamisadas com geossintéticos atuam como elementos portantes e de drenagem, semelhantes a colunas granulares convencionais, com a vantagem de conferirem maior capacidade de suporte devido ao confinamento proporcionado pelo geossintético, o qual também auxilia na manutenção da integridade do material de preenchimento, reduzindo recalques residuais.

Sua execução consiste em cravação de camisa metálica para posterior instalação do geossintético, seguido por seu preenchimento, de forma que exige aterro de conquista para o acesso e tráfego de equipamentos pesados. Sobre as colunas ainda é necessária execução de camada granular com função de colchão drenante, sendo possível o aproveitamento do aterro de conquista para esse fim, desde que o mesmo tenha sido executado com material compatível. Na Figura D1 do Anexo D, apresenta-se seção esquemática da solução apresentada.

NOTA 4: Colunas granulares encamisadas com geotêxteis do tipo tecido de elevada rigidez à tração, também podem ser utilizadas na redução de recalques de aterros sobre solos moles. As colunas granulares encamisadas também auxiliam a drenagem do solo mole da fundação. No entanto, deve-se levar em conta que tais colunas são mais compressíveis que estacas de concreto.

5.4.1 Propriedades relevantes do geossintético utilizado em colunas granulares encamisadas

- a) Rigidez à tração J [kN/m] (tipicamente, superior a 700 kN/m);
- b) Comportamento em Fluência;
- c) Permissividade ψ [s-1];
- d) Resistência a esforços de instalação;
- e) Resistência à degradação ambiental.

5.4.2 Produtos Utilizados

a) Geotêxteis.

Constituídos de Polivinil Álcool (PVA) ou Poliéster (PET).

Diâmetros usuais: 0,5 m a 1,5 m, sendo 0,6 m a 1,0 m os mais comuns.

NOTA 5: São usualmente empregados produtos sem costura para evitar operação de costura individual e redução de resistência à tração decorrente da própria costura.

6 Recomendações Básicas para Estocagem, Manuseio e Instalação

6.1 Estocagem

A estabilidade dos geossintéticos frente às intempéries e ações de produtos/materiais adjacentes, enquanto estocados, varia de um produto para outro, devendo ser atendidas as recomendações do fabricante.

As recomendações de caráter geral incluem:

- a) Manter a embalagem original intacta, sempre que possível, até o momento e local de sua utilização.
- b) Em caso de estocagem ao ar livre, cobrir o geossintético com lona preta de polietileno, para proteção contra ação de raios ultravioleta e eventual absorção de água.
- c) Em qualquer situação, o plano de apoio das bobinas de geossintético deve estar seco, livre de terra, óleo, solventes e enxurradas, podendo-se utilizar, para tanto, pranchas de madeira ou estrados.
- d) Em caso de estocagem de maneira imprópria (exposição ao sol, enxurradas, solventes, etc.) recomenda-se sacrificar as primeiras voltas externas da bobina, aproveitando-se somente o material intacto.

6.2 Transporte e deslocamentos

- a) Deve ser feito de forma a preservar a embalagem original, mantendo-se intacto o suporte central de papelão, plástico ou metal.

- b) Deslocamentos por pequenas distâncias podem ser feitos por empilhadeiras, pás carregadeiras, minitratores e rolamento manual, sempre com o devido cuidado para não rasgar nem perfurar, tanto a embalagem quanto o geossintético.

6.3 Cortes

- a) As bobinas podem ser desenroladas por rolamento no solo, desde que este esteja seco e firme; se necessário, pode-se utilizar um cavalete.
- b) Para cortar o geossintético, utilizam-se tesouras, estiletes ou facas.

6.4 Reparos

- a) Quando o geossintético apresentar danos por perfuração ou rasgo, é preciso cobrir a área afetada com um manchão do próprio material.
- b) O traspasse mínimo, em todas as direções, deverá ser igual ao comprimento da sobreposição indicado no plano de instalação. A título indicativo, recomenda-se um traspasse mínimo de 30 cm além da área afetada em todas as direções. Por exemplo, um rasgo em linha reta com 40 cm de comprimento, exigiria um manchão de 60 cm x 100 cm.
- c) Se o manchão for posicionado em planos inclinados ou verticais, recomenda-se costurá-lo manualmente ao geossintético, evitando seu deslocamento.

6.5 Instalação

6.5.1 Execução da União

6.5.1.1 Direção da união

Posicionar de forma a minimizar as solicitações na região de união de duas mantas. Por exemplo, no caso de um geossintético de reforço, recomenda-se que as linhas de união estejam posicionadas paralelamente à direção de maior tracionamento.

6.5.1.2 União por simples sobreposição

- a) O comprimento da sobreposição depende do tipo de geossintético e deve garantir a transmissão dos esforços de tração solicitantes.

- b) O sentido da sobreposição deve levar em conta o lançamento dos materiais sobre a manta, as ações do vento ou o fluxo de água.

6.5.1.3 União por grampeamento

- a) Quando o solo-base permite e as condições construtivas e/ou de solicitação exigem, a união por sobreposição pode ser complementada por meio de grampeamento.
- b) Situações comuns para realização de grampeamento incluem:
- Locais de ventos intensos durante a construção;
 - Obras nas quais o lançamento de material sobre o geossintético poderia provocar dobramento ou desunião durante a construção;
 - Locais onde usuários ou presença de pessoas estranhas possa desfazer a sobreposição.

6.5.1.4 União por costura

- a) Empregada em substituição à sobreposição e ao grampeamento quando estes se mostrarem insuficientes ou onerosos, é realizada de forma mecânica em geotêxteis e manual em geogrelhas.
- b) A depender do tipo de aplicação, tipo de costura e tipo/resistência da linha, a perda de resistência à tração do geossintético pode variar tipicamente na faixa de 10 % a 60 %.
- c) Na costura mecânica, a resistência à tração é menor que a do próprio geossintético em virtude de perdas decorrentes da perfuração do geossintético pela agulha, sendo necessário levar em conta tal perda, quantificando-a por meio de ensaios de tração de faixa larga.

6.5.2 Limpeza de solo-base

Durante a instalação do geossintético, evitar qualquer tipo de contaminação (lama, óleo, solventes, etc.) sob risco de perda da eficiência e/ou resistência mecânica.

6.5.3 Instalação direta no solo-base sem terraplenagem

- a) Raízes, galhos, vegetação nativa que não sejam prejudiciais podem permanecer na superfície do solo atuando como estiva natural;
- b) Objetos perfurantes como grandes galhos, raízes de árvores, pedras de grande porte, arames, ferragens etc. devem ser eliminados para evitar perfurações e rasgos.

6.5.4 Presença de água

No caso da presença de água parada ou em movimento deve-se fazer um planejamento prévio, pois:

- a) Dependendo da natureza do geossintético, ele poderá saturar-se e sofrer aumento sensível de peso, dificultando a instalação;
- b) O geossintético poderá boiar, dificultando a instalação;
- c) O geossintético poderá sofrer esforços de arrasto, dificultando a instalação.

6.5.5 Proteção superficial

- a) Em todas as obras em que o geossintético fique exposto às intempéries, sua superfície deverá ser protegida contra insolação (raios ultravioletas), objetos contundentes, incêndio e vandalismo.
- b) A camada de proteção pode ser feita com camada de sacrifício (outra camada de geossintético sobreposta), vegetação, empedramento, argamassa, muros, concreto projetado etc.

6.5.6 Lançamento de aterro

- a) Os equipamentos não deverão andar diretamente sobre o geossintético;
- b) Se o solo-base for firme, os equipamentos de terraplenagem poderão andar sobre uma camada de aterro de 30 cm espalhada sobre o geossintético, desde que não haja danos ao geossintético;

- c) Se o solo-base for mole, recomenda-se camada mínima inicial de 50 cm de aterro para o tráfego de trator e caminhões;
- d) Em obras sobre solos muito moles (resistências não drenadas inferiores a 20 kPa), o aterro deve ser lançado com suas bordas avançadas em relação ao centro, minimizando formação de rugas e dobras no reforço;
- e) Em obras sobre solos mais resistentes (resistências não drenadas superiores a 20 kPa), recomenda-se o avanço do aterro em forma de cunha (parte central avançada em relação às bordas), para que eventuais ondas de expulsão de solo mole sejam liberadas lateralmente;
- f) A largura total do geossintético deve ultrapassar em, pelo menos, 50 cm o pé do aterro, a fim de garantir total separação e eventual drenagem das águas de consolidação.

6.5.7 Lançamento de agregados

Quando o lançamento e/ou espalhamento de agregados sobre o geossintético for feito com grãos maiores que 10 cm e/ou de alturas maiores que 2 m, certos cuidados devem ser tomados para prevenir perfurações e rasgos:

- a) Forrar o geossintético com camada granular amortecedora, com grãos menores lançados de menor altura;
- b) Em obras de grande responsabilidade, realizar ensaios simulados de campo ou laboratório.

6.5.8 Agregados sob o geossintético

Quando instalado sobre agregados graúdos (diâmetros superiores a 5 cm), sem prévia regularização com agregados menores, recomenda-se deixar o geossintético folgado para que se conforme à superfície sem se danificar ao receber as camadas superiores.

7 Plano de Instalação do Geossintético

Todo projeto deverá conter um plano de instalação do geossintético, no qual deverão ser definidos, no mínimo:

- a) Disposição das mantas, com indicação da direção, sentido e ordem de instalação;

- b) Tipo de união das mantas adotado. No caso de união por sobreposição, deverão ser detalhados:
 - Comprimento da sobreposição;
 - Direção e sentido da sobreposição;
 - Fixação da sobreposição (peso, grampos, etc.).
- c) Procedimentos e detalhes construtivos de preparo do solo-base, sobrelarguras, engastes, lançamento de materiais, cuidados com o transporte, estocagem e manuseio.

Sugere-se adoção das recomendações apresentadas na seção 6, somadas às recomendações do fabricante do geossintético.

8 Acompanhamento Técnico de Obra (ATO)

Para garantia do atendimento às prescrições e especificações de projeto bem como do cumprimento do plano de instalação, deve-se realizar acompanhamento técnico de obra atentando-se aos seguintes pontos:

- a) Identificação do geossintético conforme a ABNT NBR ISO 10320:2021: fabricante e/ou fornecedor, nome do produto, tipo de produto, identificação da unidade, massa nominal bruta da unidade em kg, dimensões da unidade (do material, não da embalagem) do produto em bobina medindo o comprimento e a largura, ambos em metros, ou para outros produtos (por exemplo, folhas bolsas ou tubos) medindo o número de itens por comprimento por largura (ambas em metros), classificação do produto, principais tipos de matéria-prima que desempenham a função (para cada componente) e a identificação por cor exclusiva ao nome e tipo de produto (somente para produtos identificados por marcação de cor).
- b) Conformidade do geossintético: verificação da qualidade, quantidade e apresentação do produto, de acordo com as especificações técnicas de projeto, por meio de retirada de amostras e ensaios em laboratório para verificação dos valores aceitáveis das características relevantes do produto.
- c) Verificação das condições de preparo do solo-base, de acordo com as especificações.

- d) Correta orientação e disposição das mantas.
- e) Qualidade de execução das uniões: sentido, comprimento, bordas, costura, rendimentos.
- f) Posicionamento das mantas: ação de vento, água, veículos, comprimento de ancoragem.
- g) Integridade das mantas: vandalismo, roubo, circulação de veículos e equipamentos, ataques químicos e físicos, furos, rasgos etc.
- h) Lançamento de materiais: características, natureza, granulometria, altura de queda, equipamento, sentido, direção, espessura da primeira camada, grau de compactação.

_____/Anexo A

Anexo A (Normativo) – Valores de Referência

Tabela A1 – Valores mínimos do fator de redução (FR_{fl}) para geossintéticos no caso de ausência de resultados de ensaios de fluência

| Polímero constituinte | Valor mínimo de FR_{fl} |
|---------------------------|---------------------------|
| Álcool Polivinílico (PVA) | 2,0 |
| Poliamida (PA) | 2,2 |
| Poliéster (PET) | 2,2 |
| Polietileno (PE) | 4,0 |
| Polipropileno (PP) | 4,5 |

Fontes: Den Hoedt (1986), Koerner (1998), Lawson (1986) e Task Force #27 (1991).

Tabela A2 – Valores mínimos de fator de redução de danos mecânicos (FR_{dm}) para geotêxteis

| Tipo de material de aterro | Tamanho máximo do grão (mm) | 140 < M_A ≤ 200 (g/m ²) | 200 < M_A ≤ 400 (g/m ²) | M_A > 400 (g/m ²) |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Pedras | < 200 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| Pedregulhos | <100 | 1,35 | 1,30 | 1,25 |
| Areias | < 4 | 1,30 | 1,25 | 1,20 |
| Siltes e argilas | < 0,06 | 1,20 | 1,15 | 1,10 |

Fontes: Azambuja (1994), Koerner (1998), Jewell & Greenwood (1988) e Palmeira (2018).

Tabela A3 – Faixas de valores mínimos de fator de redução de danos mecânicos FR_{dm} para geogrelhas

| Tipo de material de aterro | Tamanho máximo do grão (mm) | $T_{max} \leq 50$ kN/m | $T_{max} > 50$ kN/m |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| Pedras | < 200 | 1,20 – 1,70 | 1,10 – 1,50 |
| Pedregulhos | < 100 | 1,15 – 1,50 | 1,15 – 1,25 |
| Areias | < 2 | 1,10 – 1,25 | 1,05 – 1,20 |
| Siltes e argilas | < 0.06 | 1,05 – 1,15 | 1,05 – 1,10 |

Fontes: Azambuja (1994), Jewell & Greenwood (1988) e Palmeira (2018).

Anexo B (Informativo) – Aplicação em Reforço de Solo em Obras Viárias

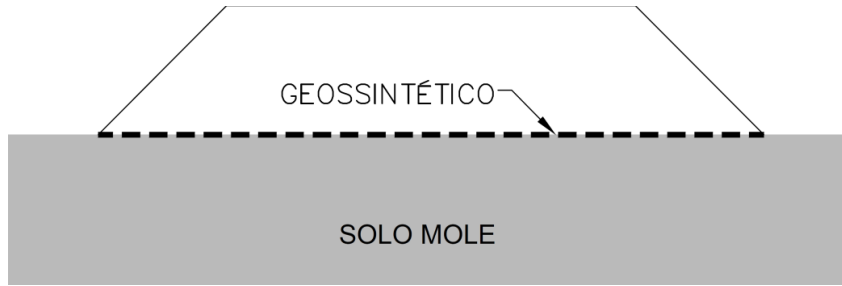


Figura B1 – Aplicação de reforço com geossintético na base de aterro sobre solo mole

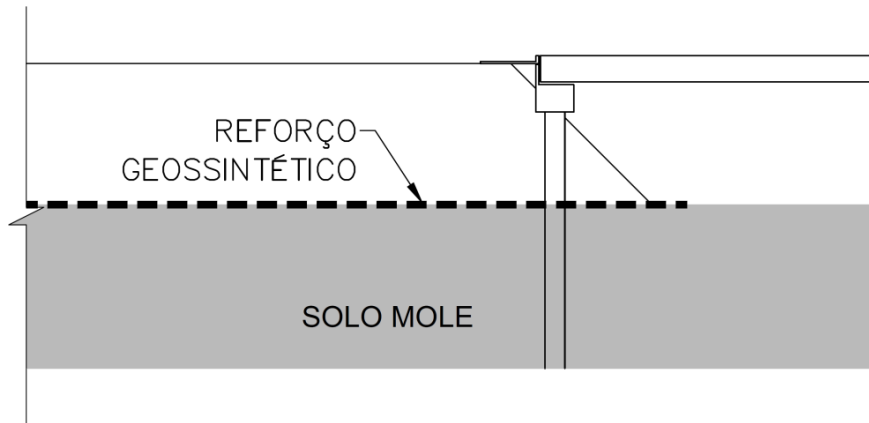


Figura B2 – Reforço de geossintético na base de aterro Classe I (encontro de ponte)

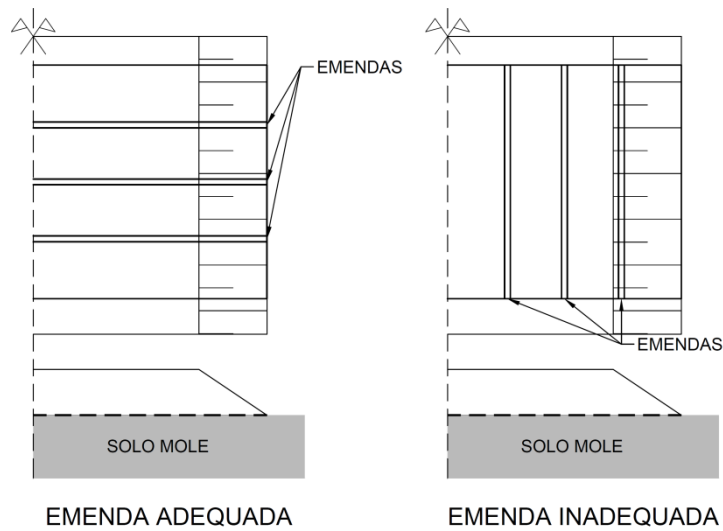


Figura B3 – Emendas da camada de reforço

Anexo C (Informativo) – Aplicação em Aterros Sobre Estacas

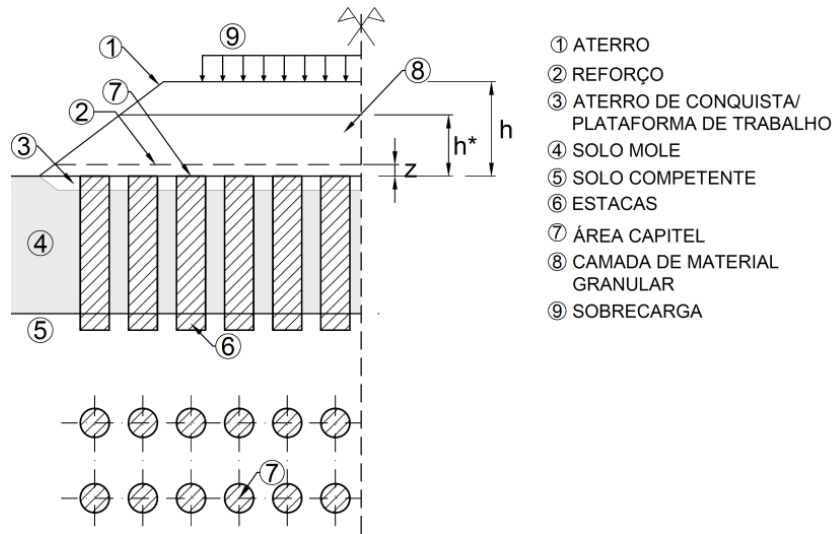


Figura C1 – Aplicação em aterro estaqueado

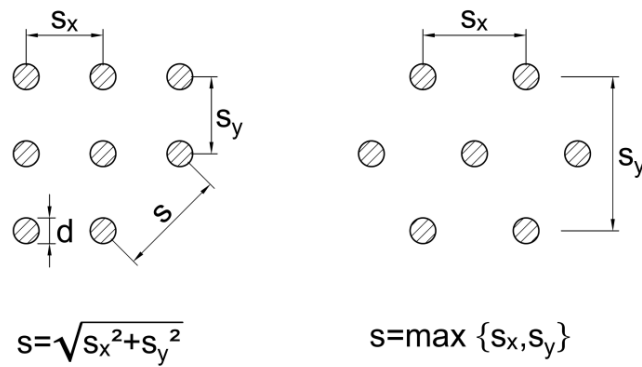


Figura C2 – Arranjo das estacas em planta

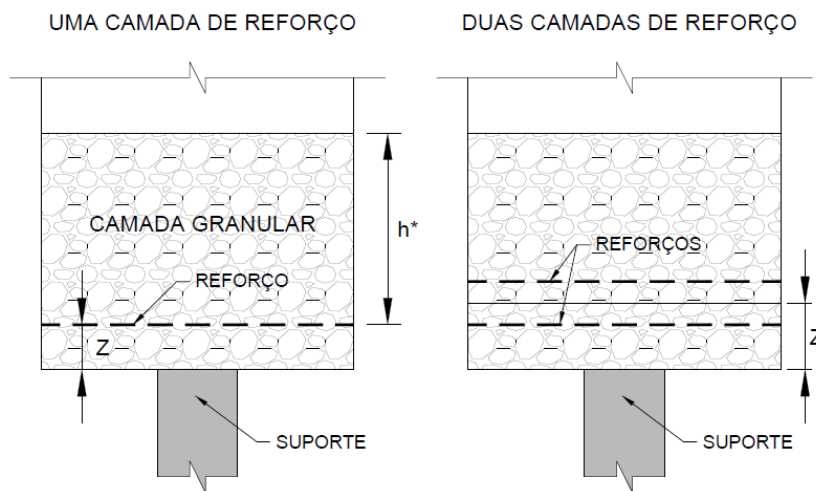


Figura C3 – Posição da camada de reforço (z)

Anexo D (Informativo) – Aplicação em Colunas Granulares Encamisadas

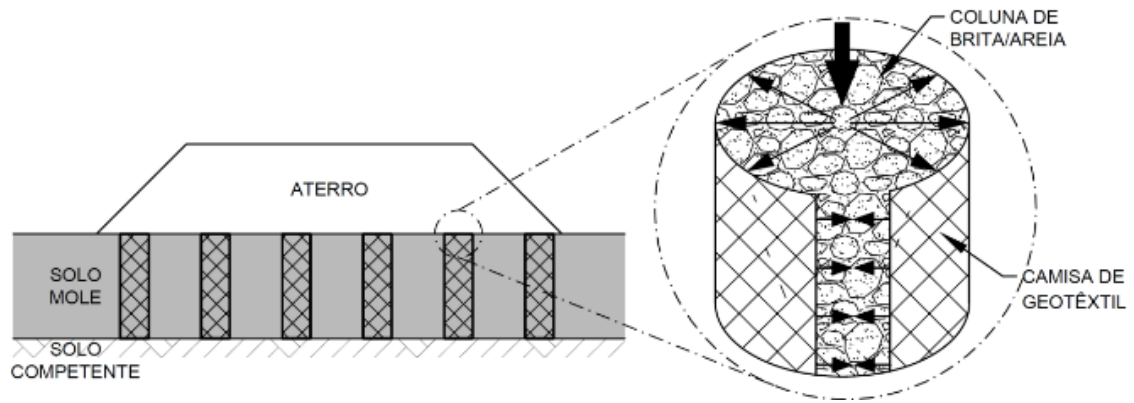


Figura D1 – Seção esquemática conceitual da solução em coluna encamisada

_____/Anexo E

Anexo E (Informativo) – Funções Exercidas pelos Geossintéticos

As descrições das principais funções exercidas pelos geossintéticos, resumidas na Tabela E1, são apresentadas a seguir:

- Separação: ação de impedir a mistura ou interação de materiais adjacentes;
- Proteção: redução de tensões prevenindo ou reduzindo danos a uma superfície, camada ou estrutura adjacente;
- Filtração: retenção de partículas (solo ou outros materiais) sob ação do fluxo de água, ao mesmo tempo em que se permite passagem livre do fluido;
- Drenagem: captação e condução de fluidos em direção a um coletor principal;
- Reforço: emprego da resistência à tração do geossintético para melhorar o comportamento mecânico do solo;
- Barreira: bloqueio ou redução da passagem de fluidos (líquidos ou gases).

Tabela E1 – Funções dos vários geossintéticos nos projetos de engenharia

| Geossintético | Separação | Proteção | Filtração | Drenagem | Reforço | Barreira |
|--|-----------|------------------|-----------|----------|---------|------------------|
| Geotêxtil | X | X | X | X | X | X ⁽¹⁾ |
| Geogrelha | | - | - | - | X | - |
| Georrede | - | X | - | X | - | - |
| Geomanta | - | X | - | - | - | - |
| Geocélula | - | X | - | - | X | - |
| Geotira | - | - | - | - | X | - |
| Geoespaçador | - | - | - | X | - | - |
| Barreira geossintética polimérica (Geomembrana) | X | - | - | - | - | X |
| Barreira geossintética argilosa (Geocomposto argiloso) | - | X | - | - | - | X |
| Geocomposto | | | X | X | X | |
| Fôrma têxtil | | | X | | | |
| Geobarra | | | | | X | |
| Geoexpandido | | X ⁽²⁾ | | | | |
| Tubo dreno geossintético (Geotubo) | - | - | - | X | - | - |
| Geofibras | - | - | - | - | X | - |

(1) Quando impregnado com material asfáltico

(2) Utilizado na construção de aterros leves, reduzindo as tensões verticais

Anexo F (Informativo) – Propriedades dos Geossintéticos**Tabela F1 – Propriedades dos geossintéticos em função da aplicação**

| Propriedade | Aplicação em reforço de solo em obras viárias | Aplicação em adensamento de solos compressíveis | Aplicação em aterros sobre estacas | Aplicação em colunas granulares encamisadas |
|--|--|--|---|--|
| Capacidade de descarga para o estado de tensões representativo (q_w) | - | X | - | - |
| Comportamento em fluência | X | - | X | X |
| Elongação sob tração (ϵ) | X | - | X | - |
| Interação mecânica com o solo envolvente | X | - | X | - |
| Permissividade (ψ) | - | - | - | X |
| Taxa de deformação (ϵ') | X | - | X | - |
| Transmissividade (θ) | - | X | - | - |
| Resistência a esforços de instalação | X | - | X | X |
| Resistência à degradação ambiental | X | - | X | X |
| Resistência à tração (T) | X | X | X | - |
| Módulo de Rigidez à tração (J) | X | - | X | X |

_____/Anexo G

Anexo G (Informativo) – Produtos Geossintéticos**Tabela G1 – Produtos geossintéticos a serem utilizados em função da aplicação**

| Geossintético | Aplicação em reforço de solo em obras viárias | Aplicação em adensamento de solos compressíveis | Aplicação em aterros sobre estacas | Aplicação em colunas granulares encamisadas |
|--------------------------|--|--|---|--|
| Geotêxteis | X | X | X | - |
| Geogrelhas | X | - | X | - |
| Geocélulas | X | - | - | - |
| Geocompostos | X | X | - | - |
| Geofibras | X | - | - | - |
| Geoespaçadores | - | X | - | - |
| Geossintéticos Tubulares | - | - | - | X |

_____/Anexo H

Anexo H (Informativo) – Bibliografia

- a) AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS. ASTM D3786/D3786M-18. Standard Test Method for Bursting Strength of Textile Fabrics—Diaphragm Bursting Strength Tester Method. West Conshohocken (EUA), 2018.
- b) _____. ASTM D4491/D4491M-20e1. Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity. West Conshohocken (EUA), 2020.
- c) _____. ASTM D4533/D4533M-15. Standard Test Method for Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles. West Conshohocken (EUA), 2015.
- d) _____. ASTM D4632/D4632M-15a. Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles. West Conshohocken (EUA), 2015.
- e) _____. ASTM D4716/D4716M-20. Standard Test Method for Determining the (In-plane) Flow Rate per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using a Constant Head. West Conshohocken (EUA), 2020.
- f) _____. ASTM D4751-20b. Standard Test Methods for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile. West Conshohocken (EUA), 2020.
- g) _____. ASTM D4884/D4884M-14a. Standard Test Method for Strength of Sewn or Bonded Seams of Geotextiles. West Conshohocken (EUA), 2014.
- h) _____. ASTM D4886-18. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Geotextiles (Sandpaper/Sliding Block Method). West Conshohocken (EUA), 2018.
- i) _____. ASTM D5101-12(2017). Standard Test Method for Measuring the Filtration Compatibility of Soil-Geotextile Systems. West Conshohocken (EUA), 2017.
- j) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 10318-1:2018 – Geossintéticos Parte 1: Termos e definições. Rio de Janeiro, 2018.
- k) _____. ABNT NBR 9862 – Geossintéticos: amostragem e preparação de corpos de prova para ensaios. Rio de Janeiro, 2013.
- l) _____. ABNT NBR 9863-1 – Geossintéticos: determinação da espessura a pressões especificadas – Parte 1: camada única. Rio de Janeiro, 2013.
- m) _____. ABNT NBR 10318 – Geossintéticos: termos e definições. Rio de Janeiro, 2013.
- n) _____. ABNT NBR 12236 – Ensaio de punção estático (punção CBR). Rio de Janeiro, 2013.
- o) _____. ABNT NBR 12956 – Geotêxteis e produtos correlatos: determinação da abertura de filtração característica. Rio de Janeiro, 2013.
- p) _____. ABNT NBR 12957 – Geossintéticos: determinação das características de atrito – parte 1: ensaio de cisalhamento direto. Rio de Janeiro, 2013.
- q) _____. ABNT NBR 12958 – Geotêxteis e produtos correlatos: determinação da capacidade de fluxo no plano. Rio de Janeiro, 2013.
- r) _____. ABNT NBR 13433 – Geossintéticos: ensaio de perfuração dinâmica (ensaio de queda de cone). Rio de Janeiro, 2013.
- s) _____. ABNT NBR 15226 – Geossintéticos: determinação do comportamento em deformação e na ruptura, por fluência sob tração não confinada. Rio de Janeiro, 2005.
- t) _____. ABNT NBR 15228 – Geotêxteis e produtos correlatos: simulação do dano por abrasão – ensaio de bloco deslizante. Rio de Janeiro, 2005.
- u) _____. ABNT NBR 15332 – Geotêxteis e produtos correlatos: determinação das características de permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento. Rio de Janeiro, 2005.

- v) AZAMBUJA, E. (1994). *Investigação do Dano Mecânico em Geotêxteis Não Tecidos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- w) BRITISH STANDARDS INSTITUTION BS8006: Code of practice for strengthened-reinforced soils and other fills. United Kingdom, 2010.
- x) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-PRO 380/98: Utilização de geossintéticos em obras rodoviárias. Rio de Janeiro, 1998.
- y) DEN HOEDT, G. (1986). Creep and relaxation of geotextile fabrics. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 4, p. 83-92.
- z) FONSECA, E C A & PALMEIRA E M (2019). Evaluation of the accuracy of design methods for geosynthetic reinforced piled embankments. *Canadian Geotechnical Journal* 56: 761-773 [dx.doi.org/10.1139/cgj-2018-0071](https://doi.org/10.1139/cgj-2018-0071).
- aa) HINCHBERGER S D & ROWE R K (2003). Geosynthetic reinforced embankments on soft clay foundations: predicting reinforcement strains at failure. *Geotextiles and Geomembranes* 21: 151-175.
- bb) HOLTZ R D, CHRISTOPHER B R & BERG, R R (1997). *Geosynthetic Engineering*. BiTech Publishers Ltd., British Columbia, BC, Canadá, 452 p.
- cc) IGS-BRASIL (2020). *Características requeridas para o emprego de geossintéticos – Parte 2*. IGS Brasil – Associação Brasileira de Geossintéticos.
- dd) JEWELL, R.A. & GREENWOOD, J.H. (1988). Long term strength and safety in steep soil slopes reinforced by polymer materials. *Geotextiles and Geomembranes* 7, p. 81-118.
- ee) KOERNER, R.M. (1998). *Designing with geosynthetics*. 4th Edition, Prentice-Hall, New Jersey, USA, 761 p.
- ff) LAWSON, C.R. (1986). Geosynthetics in soil reinforcement. *Symposium on Geotextiles in Civil Engineering*. Institution of Engineers of Australia, Newcastle, pp. 1-35.
- gg) PALMEIRA, E.M. (2018). *Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente*. Editora Oficina de Textos, São Paulo, SP, 294 p.
- hh) ROWE, R K & SODERMAN K L (1985). An approximate method for estimating the stability of geotextile-reinforced embankments. *Canadian Geotechnical Journal* 22(3): 392-398.
- ii) TASK FORCE #27 (1991). *Guidelines for the design of mechanically stabilized earth walls*. AASHTO-AGC-ARTBA Joint Committee, Washington, DC, USA.
- jj) VERMATTI, J C (COORD) (2015). *Manual Brasileiro de Geossintéticos*, Editora Blucher, São Paulo, SP, 570 p.

Índice geral

| | | | | |
|--|---------|---|---------------------------------|------------|
| Abstract..... | 1 | Permissividade (Ψ)..... | 3.8..... | 3 |
| Acompanhamento Técnico de Obra (ATO)..... | 8 | Plano de Instalação do Geossintético | 7 | 11 |
| Agregados sob o geossintético | 6.5.8 | Prefácio | | 1 |
| Anexo A (Normativo) - Valores de Referência ... | 13 | Presença de água | 6.5.4 | 10 |
| Anexo B (Informativo) – Aplicação em Reforço de Solo em Obras Viárias | 14 | Produtos Utilizados..... | 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2, 5.4.2..... | 4, 6, 7, 9 |
| Anexo C (Informativo) – Aplicação em Aterros Sobre Estacas | 15 | Propriedades relevantes do geossintético utilizado em reforço de solos | 5.1.1..... | 4 |
| Anexo D (Informativo) – Aplicação em Colunas Granulares Encamisadas..... | 16 | Propriedades relevantes do geossintético utilizado em adensamento de solos compressíveis..... | 5.2.1..... | 6 |
| Anexo E (Informativo) – Funções Exercidas pelos Geossintéticos..... | 17 | Propriedades relevantes do geossintético utilizado em aterros sobre esacas | 5.3.1..... | 7 |
| Anexo F (Informativo) – Propriedades dos Geossintéticos | 18 | Propriedades relevantes do geossintético utilizado em colunas granulares encamisadas | 5.4.1..... | 8 |
| Anexo G (Informativo) – Produtos Geossintéticos | 19 | Proteção superficial | 6.5.5..... | 10 |
| Anexo H (Informativo) - Bibliografia | 20 | Recomendações Básicas para Estocagem, Manuseio e Instalação | 6 | 8 |
| Aplicabilidade..... | 5 | Recomendações para aterros sobre estacas | 5.3.5..... | 7 |
| Aplicação em adensamento de solos compressíveis... 5.2 | 6 | Recomendações para reforço de aterros sobre solos moles | 5.1.5..... | 5 |
| Aplicação em aterros sobre estacas | 5.3 | Referências Normativas | 2 | 2 |
| Aplicação em colunas granulares encamisadas 5.4 | 8 | Reparos | 6.4..... | 9 |
| Aplicação em reforço de base de aterro sobre solos moles | 5.1 | Requisitos gerais para aplicação..... | 4 | 3 |
| Capacidade de descarga para o estado de tensões representativo (q_w) | 3.1 | Resistência à degradação ambiental..... | 3.9..... | 3 |
| Comportamento em fluência | 3.2 | Resistência a esforços de instalação | 3.10..... | 3 |
| Cortes..... | 6.3 | Resistência à tração característica do reforço geossintético..... | 3.11..... | 3 |
| Definições | 3 | Resistência à tração de projeto..... | 5.1.3, 5.3.3. 4, 7 | |
| Deformação característica do reforço geossintético | 3.3 | Resistência à tração de referência (T_{ref})..... | 3.1.3..... | 3 |
| | 2 | Resistência à tração disponível do reforço geossintético (T_{disp}) | 3.12..... | 3 |
| Direção da união | 6.5.1.1 | Resistência à tração máxima (T_{max}) | 3.14..... | 3 |
| Elongação sob tração (ϵ)..... | 3.4 | Resumo | | 1 |
| Estocagem | 6.1 | Rigidez à tração do reforço..... | 5.1.4, 5.3.4. 5, 7 | |
| Execução da União | 6.5.1 | Sumário | | 1 |
| Fator de redução (FR)..... | 3.5 | Taxa de deformação (ϵ')..... | 3.15..... | 3 |
| Índice geral..... | 22 | Transmissividade (θ) | 3.16..... | 3 |
| Instalação..... | 6.5 | Transporte e deslocamentos | 6.2..... | 9 |
| Instalação direta no solo-base sem terraplenagem... 6.5.3 | 10 | União por costura..... | 6.5.1.4 | 10 |
| Interação mecânica com o solo envolvente | 3.6 | União por grampeamento..... | 6.5.1.3 | 10 |
| Lançamento de agregados..... | 6.5.7 | União por simples sobreposição..... | 6.5.1.2 | 9 |
| Lançamento de aterro | 6.5.6 | Valores de referência | 5.1.3.1 | 5 |
| Limpeza de solo-base | 6.5.2 | Vida de serviço ou vida útil..... | 3.17..... | 3 |
| Módulo de Rigidez à tração (J) | 3.7 | | | |
| Objetivo..... | 1 | | | |