

Projeto de revisão

Características requeridas para o emprego de geossintéticos – Parte 2 Barreiras geossintéticas

Discutido na reunião de 12 de junho de 2018 do GT005

APRESENTAÇÃO

Esta recomendação foi elaborada pelo Grupo de Trabalho criado especialmente para este fim e aprovado pelo Conselho Diretor da IGSBrasil em 12 de junho de 2012. Para o texto base foram consideradas as normas EN13362, EN13491, EN13492, EN13493, EN15382¹, e o texto final incorpora as alterações, sugestões e comentários debatidos e aprovados nas reuniões mensais do GT.

As reuniões, abertas a todos os interessados, ocorreram entre os meses de setembro de 2012 e fevereiro de 2014, e uma Mesa Redonda foi realizada em 27 de junho de 2013. O GT avaliou todas as sugestões recebidas e encaminhou para o Conselho Diretor, na reunião de 18 de fevereiro de 2014, o texto final aprovado solicitando sua publicação. O texto atual incorpora revisão aprovada em reunião do GT em 12 de junho de 2018 e encaminhado para Consulta Pública no Encontro Anual da IGSBrasil de 21 de junho de 2018.

As [empresas, instituições e representantes](#) que participaram das discussões e contribuíram para esta Recomendação são apresentados no fim deste texto.

¹ EN13492: GBR: Characteristics required for use in the construction of liquid waste disposal sites, transfer stations or secondary containment

EN13493: GBR: Characteristics required for use in the construction of solid waste storage and disposal sites

EN15382: GBR: Characteristics required for use in transportation infrastructure

EN13361 GBR: Characteristics required for use in the construction of reservoirs and dams

EN13362 GBR: Characteristics required for use in the construction of canals

EN13491 GBR: Characteristics required for use as a fluid barrier in the construction of tunnels and underground structures

SUMARIO

INTRODUÇÃO	5
1. ESCOPO	6
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	7
3 TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIACÕES	9
3.1 Termos e definições	9
3.2 Abreviações	9
4 CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS	10
4.1 Introdução	10
4.2 Características relevantes por aplicação	11
4.2.1 Emprego na construção de barragens, reservatórios e canais	11
4.2.2 Emprego na construção de túneis e estruturas subterrâneas	12
4.2.3 Emprego na construção de áreas de armazenamento e disposição de resíduos	13
4.2.4 Emprego na infraestrutura de transportes	14
4.3 Características relevantes para condições de uso específicas	15
4.3.1 Permeabilidade a líquidos	15
4.3.2 Permeabilidade ao gás	15
4.3.3 Resistência ao rasgo	15
4.3.4 Resistência ao estouro ou multi axial	15
4.3.5 Características de atrito de interface	15
4.3.6 Resistência ao umedecimento e secagem	15
4.3.7 Resistência à penetração de raízes	16
5. Avaliação da conformidade	17
5.1 Apresentação das características	17
5.2 Controle de fabricação	17
5.2.1 Ensaio de controle	17
5.2.2 Manual de Controle de Fabricação	18
5.2.3 Procedimentos de controle de fabricação	18
5.2.4 Marcação, etiquetagem e Declaração de Desempenho	19
5.3 Verificação de conformidade dos valores das Características de Controle	20
5.4 Inspeção da fábrica e do controle de fabricação	21

5.5 Controle de recebimento na obra e aceitação de produto	21
5.5.1 Conceitos básicos	21
5.5.2 Controle de Recebimento	21
5.5.3 Aceitação do produto	22
6. Análise da durabilidade	23
6.1 Conceitos gerais	23
6.1.1 Mecanismos	23
6.1.2 Análise do tempo de vida de serviço	23
6.2 Ensaio de durabilidade e critérios de aceitação	24
6.2.1 Barreiras geossintéticas poliméricas	24
6.2.2 Barreiras geossintéticas argilosas	25
6.3 Resistência ao intemperismo	26
6.3.1 Ensaio de intemperismo	26
6.3.2 Procedimento mínimo requerido	27
6.4 Outros fatores de degradação	27
6.4.1 Resistência à micro-organismos	27
6.4.2 Resistência à penetração de raízes	27
6.4.3 Resistência ao stress crack	28
6.4.4 Resistência à lixiviação	28
6.4.5 Resistência à oxidação	28
6.4.6 Resistência química para aplicações em aterros sanitários	29
6.5 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até cinco anos	29
6.6 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até vinte e cinco anos	29
6.7 Análise para outros produtos ou outras condições de uso	30
APENDICE A Exemplo de determinação do valor de tolerância	31
APENDICE B Exemplo de Declaração de Desempenho	32

INTRODUÇÃO

Esta recomendação IGSRBrasil IGSR 002-2:2018 Características Requeridas para o Emprego de Geossintéticos – Parte 2: Barreiras geossintéticas, estabelece as propriedades características relevantes de barreiras geossintéticas poliméricas (também conhecidas como geomembranas poliméricas) e de barreiras geossintéticas argilosas (também conhecidas como GCL), e os métodos de ensaio correspondentes para o emprego de geossintéticos na construção de:

- Barragens, reservatórios e canais
- Túneis e estruturas subterrâneas
- Áreas de disposição de resíduos sólidos e líquidos
- Infraestrutura dos transportes.

Esta recomendação indica aos fabricantes como descrever barreiras geossintéticas com base em valores declarados das características requeridas para o uso pretendido, quando ensaiados pelos métodos apropriados. Também inclui procedimentos de avaliação de conformidade, controle de fabricação e análise de durabilidade.

Esta recomendação pode ser usada por projetistas, usuários finais e outras partes interessadas como ferramenta para definir quais funções, propriedades e condições de utilização são importantes para o bom desempenho da obra.

Danos durante a instalação não são abordados neste documento.

1. ESCOPO

Esta recomendação especifica as características relevantes das barreiras geossintéticas, incluindo barreiras poliméricas (também conhecidas como geomembranas poliméricas) e barreiras argilosas (também conhecidas como GCL), quando usadas para controle e desvio de fluxo na construção de: barragens, reservatórios, canais, túneis e outras estruturas subterrâneas, áreas de disposição de resíduos líquidos, estações de transferência ou contenção secundária, áreas de armazenamento e disposição de resíduos sólidos e trabalhos de infraestrutura, bem como os métodos de ensaio apropriados para determinar estas características.

NOTA Casos especiais de aplicação ou especificação podem conter requisitos relacionados a propriedades adicionais e outros métodos de ensaio, desde que tecnicamente relevantes e não conflitantes com as normas brasileiras ou recomendações IGS e IGSBrasil.

Esta Parte 2 da recomendação não se aplica a geotêxteis e produtos correlatos cujos requisitos estão especificados na Parte 1.

Esta recomendação indica procedimentos para avaliação de conformidade do produto, para controle de fabricação e análise de durabilidade, e define os requisitos a serem seguidos por fabricantes e distribuidores com vistas a apresentação das propriedades do produto.

Este documento não cobre aplicações nas quais a barreira geossintética estará em contato com água tratada para consumo humano, sendo que neste caso o projetista deve também se referir a outras normas, requisitos e regulamentos relevantes para este tipo de aplicação.

Este documento não cobre aplicações nas quais a barreira geossintética é instalada em regiões de baixas temperaturas sujeitas a congelamento, sendo que neste caso o projetista deve também se referir a outras normas relevantes para este tipo de aplicação.

Casos especiais podem ter requisitos relacionados a propriedades adicionais e outros métodos de ensaio, desde que tecnicamente relevantes e não conflitantes com as normas brasileiras ou recomendações IGS e IGSBrasil.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta recomendação:

ASTM D570 Standard Test method for water absorption of plastics

ASTM D696 Standard test method for coefficient of linear thermal expansion of plastics between -30 °C and 30°C with a vitreous silica dilatometer.

ASTM D792 Standard test methods for density and specific gravity of plastics by displacement

ASTM D1004 Standard test method for tear resistance (Graves Tear) of plastic film and sheeting

ASTM D1203 Stand. test methods for volatile loss from plastics using activated carbon methods

ASTM D1434 Standard test method for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting

ASTM D1505 Standard test method for density of plastics by the density-gradient technique

ASTM D1603 Standard Test Method for Carbon Black Content in Olefin Plastics

ASTM D4218 Standard Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds By the Muffle-Furnace Technique

ASTM D 4833, Standard test method for index puncture resistance of geomembranes and related products

ASTM D5397 Standard test method for evaluation of stress crack resistance of polyolefin geomembranes using notched constant tensile load test

ASTM D5596 Standard Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics

ASTM D5617 Standard Test Method for Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics

ASTM D5721 Standard Practice for Air-Oven Aging of Polyolefin Geomembranes

ASTM D5747 Standard practice for tests to evaluate the chemical resistance of geomembranes to liquids

ASTM D5819 Standard guide for selecting test methods for experimental evaluation of geosynthetic durability

ASTM D5885 Standard test method for oxidative induction time of polyolefin geosynthetics by high pressure differential scanning calorimetry

ASTM D5887 Standard test method for measurement of index flux through saturated geosynthetic clay liner specimens using a flexible wall permeameter

ASTM D5890 Standard test method for swell index of clay mineral component of GCL

ASTM D5891 Standard Test Method for Fluid Loss of Clay Component of Geosynthetic Clay Liners

ASTM D5993 Standard Test Method for Measuring Mass Per Unit of Geosynthetic Clay Liners

ASTM D6141 Stand. guide for screening clay portion of GCL for chemical compatibility to liquids

ASTMD6496 Standard Test Method for Determining Average Bonding Peel Strength Between Top and Bottom Layers of Needle-Punched Geosynthetic Clay Liners

ASTM D7238 Standard Test Method for Effect of Exposure of Unreinforced Polyolefin Geomembrane Using Fluorescent UV Condensation Apparatus

ASTM G151 Standard practice for exposing non-metallic materials in accelerated test devices that use laboratory light sources

ASTM G155 Stand. practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non metallic materials

ASTM G160, Standard practice for evaluating microbial susceptibility of nonmetallic materials by laboratory soil burial

EN 12224 GTX&GRP Determination of the resistance to weathering

EN 12225 GTX&GRP- Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test

EN12226 GSY - General tests for evaluation following durability testing

EN 14150 GBR – Determination of permeability to liquids

EN 14151 GSY - Determination of burst strength

- EN 14196 GSY – Test method for measuring mass per unit area of clay geosynthetic barriers
- EN 14414 GSY – Screening test method for determination of chemical resistance for landfill applications
- EN 14415 GBR-Test method for determining the resistance to leaching
- EN 14416 GBR – Test method for determining the resistance to roots
- EN 14417 GBR – Test method for the determination of the influence of wetting-drying cycles on the permeability of clay geosynthetic barriers
- EN 14575 GBR – Screening test method for determining the resistance to oxidation
- ISO 62 Plastics — Determination of water absorption
- ISO 175 Plastics — Methods of test for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals
- ISO 527-1 e 4 Plastics -- Determination of Tensile Properties
- ISO 1183-1 Plastics -- Methods for determining the density of non-cellular plastics -- Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method
- ISO 4892-2 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources — Part 2: Xenon-arc lamps
- ISO 9001 Quality management systems -- Requirements
- ISO 11357-6 Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC) — Part 6: Determination of oxidation induction time (isothermal OIT) and oxidation induction temperature (dynamic OIT)
- ISO 11925-2 Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source test
- ISO 13434 GSY- Guidelines for the assessment of durability
- NBR 15856 Geomembranas e produtos correlatos — Determinação das propriedades de tração
- NBR ISO 9862 GSY Amostragem e preparação de corpos de prova
- NBR ISO 9863-1 GSY Determinação da espessura a pressões especificadas – Parte 1 Camada única
- NBR ISO 9864 GYS – Determinação da massa por unidade de área
- NBR ISO 10318 GSY Termos e definições
- NBR ISO 10319 GTX&PC-Resistência à tração – ensaio de faixa larga
- NBR ISO 10320 GTX&PC – Identificação para fornecimento
- NBR ISO 12236 GTX & PC – Ensaio de puncionamento estático (punção CBR)
- NBR ISO 12957-1 GYS Determinação das características de atrito – Parte 1 –Cisalhamento direto
- NBR ISO 12957-2 GYS – Determinação das características de atrito – Parte 2 – Plano inclinado

3 TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIÇÕES

3.1 Termos e definições

Este texto considera os termos definidos na Norma NBR ISO 10318-1: 2018, os definidos na Recomendação IGSBR 003: 2013² e os seguintes:

3.1.1 Declaração de Desempenho – documento emitido pelo fabricante (exemplo no Apêndice B) que deve acompanhar o produto geossintético fornecido, e que deve apresentar os valores declarados das propriedades características de controle e as condições de emprego para as quais o produto foi desenvolvido, incluindo o tempo de exposição ao intemperismo e ao meio ambiente (ver item 5.4.2).

3.1.2 propriedade característica de controle [C] – propriedade controlada pelo fabricante e que deve ser apresentada na Declaração de Desempenho com base em valor declarado.

NOTA A propriedade característica também pode ser apresentada em catálogos ou outro material de divulgação, à exceção da Declaração de Desempenho, diretamente como o valor mínimo e/ou máximo garantido pelo fabricante considerando a condição de 95% de confiança, ou seja, (VN-VT) e/ou (VN+VT)

3.1.3 valor declarado da propriedade - valor estabelecido pelo fabricante com base na interpretação estatística das medidas de seu controle de qualidade interno e expressa como valor nominal e valor de tolerância correspondendo a 95 % do nível de confiança (ver Apêndice A)

3.1.4 valor nominal da propriedade [VN] -valor definido pelo fabricante, determinado como o valor médio obtido no conjunto de ensaios de controle da propriedade característica, realizados em um número considerável de amostras do produto.

3.1.5 valor de tolerância da propriedade [VT] –valor definido pelo fabricante em função dos resultados obtidos nos ensaios de controle de qualidade que serviram para estabelecer o Valor Nominal da propriedade característica. O Valor de tolerância permite estabelecer os valores mínimos e/ou máximos da propriedade garantidos pelo fabricante com um nível de confiança de 95% (ver Apêndice A)

NOTA O valor de tolerância é geralmente denominado margem de erro na bibliografia clássica sobre estatística (Montgomery et al 2004)

3.2 Abreviações

As seguintes abreviações também são empregadas:

- CMD direção transversal à de fabricação
- GRB-C Barreira geossintética argilosa (ou GCL)
- GRB-P Barreira geossintética polimérica (ou geomembranas)
- fPP polipropileno flexível
- MD direção de fabricação
- PE polietileno
- PVC policloreto de vinila.

² IGSBR 003 – Geossintéticos: Termos e Definições Complementares, Associação Brasileira de Geossintéticos – IGSBrasil, disponível em <http://www.igsbrasil.org.br>

4 CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS

4.1 Introdução

As principais propriedades características, sua relevância para as condições de uso e o método de ensaio a ser empregado para determiná-las, são apresentados em tabelas específicas para cada uma das aplicações objeto desta recomendação. A lista de propriedades características relevantes de cada tabela separa estas propriedades em:

- característica de controle obrigatório (C),
- característica básica (B), relevante para todas as condições de aplicação e
- característica específica (E), relevantes para determinadas condições de uso.

Nestas tabelas a indicação “--” significa que a característica não é relevante para a função

Quando uma mesma propriedade deve atender a mais de uma função, a seguinte ordem deve ser considerada: “C” sobrepõe-se a “B”, “B” sobrepõe-se a “E”, “E” sobrepõe-se a “—”.

As funções e condições de uso correspondendo às características marcadas com “E” nas tabelas relacionadas a cada aplicação, são especificadas no item 4.3.

A resina usada na fabricação do geossintético (incluindo os elementos de barreira de GBR-C) deve ser 100% virgem. Produtos à base de PE ou PVC podem conter no máximo 10% de material retrabalhado, obrigatoriamente oriundo do próprio processo de fabricação, sem incluir material reciclado pós-consumo nem pós-industrial.

O fabricante do produto deve fornecer os valores das propriedades obtidos com os métodos de ensaio indicados, como descrito no [item 5.1](#). Para a avaliação dos aspectos de durabilidade, as regras descritas no [item 6](#) devem ser observadas.

NOTA: Casos particulares de aplicação podem requerer propriedades adicionais, preferencialmente a partir de métodos de ensaio padronizados.

Este documento estabelece os ensaios a serem realizados para barreiras geossintéticas poliméricas à base de PE, fPP ou PVC. Para outros polímeros ou barreiras reforçadas, os ensaios para avaliação da durabilidade, sua frequência mínima e os critérios de aceitação devem se basear em recomendações da literatura internacional devidamente justificadas e referenciadas.

4.2 Características relevantes por aplicação

4.2.1 Emprego na construção de barragens, reservatórios e canais

O objetivo principal das barreiras geossintéticas empregadas na construção de barragens, reservatórios e canais é prevenir ou reduzir o fluxo do fluido através da estrutura. Danos durante a instalação não são abordados neste documento. As características relevantes e os métodos de ensaio a serem empregados para determiná-las estão apresentados na Tabela 4.1.

Como normalmente não se aplicam barreiras geossintéticas na face à jusante de barragens (face que não está submersa), este caso não é considerado nesta recomendação.

Tabela 4.1 Barreiras geossintéticas empregadas na construção de barragens, reservatórios e canais – características relacionadas e métodos de ensaio a serem empregados

Características	Método de ensaio	GBR-P	GBR-C
Espessura	NBR ISO 6893-1	C	C
Densidade	ISO1183-1, ASTM D1505 ou D792	C	--
Massa por unidade de área	ASTM D5993 ou EN14196	--	C
Expansão térmica	ASTM D696	C	--
Índice de expansão	ASTM D5890	--	B
Permeabilidade à água	ASTM D5897	--	C
Resistência à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Deformação à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Resistência à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	C
Deformação à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	B
Resistência ao puncionamento estático ²	NBR ISO12236	C	B
Resistência ao descolamento	ASTM D6496	--	C
Resistência ao rasgo	ASTM D1004	B	--
Resistência ao estouro	EN14151 ASTM D5617	E	E
Características de atrito	NBR ISO12957-1 e 2	E	E
Umedecimento/secagem	EN 14417	--	E
Resistência à penetração de raízes	EN 14416	E	E
Durabilidade	De acordo com item 6	C	C

Relevância da característica: “C” controle obrigatório, “B” relevante para todas as condições de uso, “E” relevante para condições de uso específicas (ver 4.3) e “--” não relevante

¹ Para GBR-P reforçadas deve ser usada a ISO 527 partes 1 e 4, corpo de prova tipo 2 com 50mm de largura e velocidade de 5mm/min. Indique em todos os casos a máxima resistência medida de acordo com o método de ensaio.

² A resistência ao puncionamento pode ser determinada a partir de ensaios utilizando a norma ASTM D4833 desde que exista uma correlação robusta que permita indicar o valor correspondente ao que seria obtido pela NBR ISO 12236. Na ausência de correlação a Declaração de Desempenho deve indicar que foi utilizada a norma ASTM e que este valor difere do resultado da norma NBR ISO.

4.2.2 Emprego na construção de túneis e estruturas subterrâneas

O objetivo principal das barreiras geossintéticas empregadas na construção de túneis e estruturas subterrâneas é controlar o fluxo do fluido através das paredes da estrutura. As características relevantes e os métodos de ensaio a serem empregados para determiná-las estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Barreiras geossintéticas empregadas em túneis e estruturas subterrâneas – características relacionadas e métodos de ensaio a serem empregados.

Características	Método de ensaio	GBR-P	GBR-C
Espessura	NBR ISO 6893-1	C	C
Densidade	ISO1183-1, ASTM D1505 ou D792	C	--
Massa por unidade de área	ASTM D5993 ou EN14196	--	C
Expansão térmica	ASTM D696	C	--
Índice de expansão	ASTM D5890	--	B
Permeabilidade à água	ASTM D5897	--	C
Permeabilidade à líquidos	EN 14150	E	--
Permeabilidade ao gás	ASTM D1434	E	--
Resistência à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Deformação à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Resistência à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	C
Deformação à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	B
Resistência ao puncionamento estático ²	NBR ISO12236	C	B
Resistência ao descolamento	ASTM D6496	--	C
Resistência ao rasgo	ASTM D1004	B	--
Resistência ao estouro	EN14151 ASTM D5617	E	E
Características de atrito	NBR ISO12957-1 e 2	E	E
Reação ao fogo ³	ISO 11925-2	B	B
Umedecimento/secagem	EN 14417	--	E
Resistência à penetração de raízes	EN 14416	E	E
Durabilidade	De acordo com item 6	C	C

Relevância da característica: “C” controle obrigatório, “B” relevante para todas as condições de uso, “E” relevante para condições de uso específicas (ver 4.3) e “—” não relevante

¹ Para GBR-P reforçadas deve ser usada a ISO 527 partes 1 e 4, corpo de prova tipo 2 com 50mm de largura e velocidade de 5mm/min. Indique em todos os casos a máxima resistência medida de acordo com o método de ensaio.

² A resistência ao puncionamento pode ser determinada a partir de ensaios utilizando a norma ASTM D4833 desde que exista uma correlação robusta que permita indicar o valor correspondente ao que seria obtido pela NBR ISO 12236. Na ausência de correlação a Declaração de Desempenho deve indicar que foi utilizada a norma ASTM e que este valor difere do resultado da norma NBR ISO.

³ Apenas ensaio em armação de metal

4.2.3 Emprego na construção de áreas de armazenamento e disposição de resíduos

O objetivo principal de barreiras geossintéticas empregadas na construção de áreas de armazenamento e disposição de resíduos sólidos é prevenir o movimento de fluidos através da construção e prevenir que o percolado proveniente dos materiais dispostos penetre no solo circundante. Isto inclui o emprego de barreiras como revestimento basal, lateral ou de cobertura.

O objetivo principal de barreiras geossintéticas empregadas na construção de áreas de disposição de resíduos líquidos, estações de transferência para resíduos líquidos e contenções secundárias para líquidos é prevenir ou reduzir o movimento de fluidos através da estrutura. Isto inclui o emprego destas barreiras como revestimento basal, lateral ou como cobertura flutuante.

As características relevantes e os métodos de ensaio a serem empregados para determiná-las estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Barreiras geossintéticas usadas na construção de áreas de armazenamento e disposição de resíduos – características relacionadas e métodos de ensaio a serem empregados.

Características	Método de ensaio	GBR-P	GBR-C
Espessura	NBR ISO 6893-1	C	C
Densidade	ISO1183-1, ASTM D1505 ou D792	C	--
Massa por unidade de área	ASTM D5993 ou EN14196	--	C
Expansão térmica	ASTM D696	C	--
Índice de expansão	ASTM D5890	--	B
Permeabilidade à água	ASTM D5897	--	C
Permeabilidade à líquidos	EN 14150	B	--
Permeabilidade ao gás	ASTM D1434	E	--
Resistência à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Deformação à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Resistência à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	C
Deformação à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	B
Resistência ao puncionamento estático ²	NBR ISO12236	C	B
Resistência ao descolamento	ASTM D6496	--	C
Resistência ao rasgo	ASTM D1004	B	--
Resistência ao estouro	EN14151 ASTM D5617	E	E
Características de atrito	NBR ISO12957-1 e 2	E	E
Umedecimento/secagem	EN 14417	--	E
Resistência à penetração de raízes	EN 14416	E	E
Durabilidade	De acordo com item 6	C	C

Relevância da característica: "C" controle obrigatório, "B" relevante para todas as condições de uso, "E" relevante para condições de uso específicas (ver 4.3) e "--" não relevante

¹ Para GBR-P reforçadas deve ser usada a ISO 527 partes 1 e 4, corpo de prova tipo 2 com 50mm de largura e velocidade de 5mm/min. Indique em todos os casos a máxima resistência medida de acordo com o método de ensaio.

² A resistência ao puncionamento pode ser determinada a partir de ensaios utilizando a norma ASTM D4833 desde que exista uma correlação robusta que permita indicar o valor correspondente ao que seria obtido pela NBR ISO 12236. Na ausência de correlação a Declaração de Desempenho deve indicar que foi utilizada a norma ASTM e que este valor difere do resultado da norma NBR ISO.

4.2.4 Emprego na infraestrutura de transportes

Este item se refere às características relevantes de barreiras geossintéticas empregadas nos trabalhos de infraestrutura dos transportes tais como: estradas, ferrovias, pistas de aeroportos, e os métodos de ensaio correspondentes. Túneis e outras estruturas subterrâneas são discutidos em 4.2.2.

O objetivo principal de barreiras geossintéticas empregadas nestas obras é controlar o fluxo de líquidos através da construção e limitar eventual contaminação das águas subterrâneas ou nascentes. Danos durante a instalação não são abordados neste documento. As características relevantes e os métodos de ensaio a serem empregados para determiná-las estão apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.4 Barreiras geossintéticas empregadas em obras de infraestrutura – características relacionadas e métodos de ensaio a serem empregados.

Características	Método de ensaio	GBR-P	GBR-C
Espessura	NBR ISO 6893-1	C	C
Densidade	ISO1183-1, ASTM D1505 ou D792	C	--
Massa por unidade de área	ASTM D5993 ou EN14196	--	C
Expansão térmica	ASTM D696	C	--
Índice de expansão	ASTM D5890	--	B
Permeabilidade à água	ASTM D5897	--	C
Permeabilidade à líquidos	EN 14150	B	--
Permeabilidade ao gás	ASTM D1434	E	--
Resistência à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Deformação à tração na ruptura ¹	NBR 15856	C	--
Resistência à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	C
Deformação à tração na ruptura	NBR ISO 10319	--	B
Resistência ao punção estático ²	NBR ISO12236	C	B
Resistência ao descolamento	ASTM D6496	--	C
Resistência ao rasgo	ASTM D1004	B	--
Resistência ao estouro	EN14151 ASTM D5617	E	E
Características de atrito	NBR ISO12957-1 e 2	B	B
Umedecimento/secagem	EN 14417	--	E
Resistência à penetração de raízes	EN 14416	E	E
Durabilidade	De acordo com item 6	C	C

Relevância da característica: “C” controle obrigatório, “B” relevante para todas as condições de uso, “E” relevante para condições de uso específicas (ver 4.3) e “--” não relevante

¹ Para GBR-P reforçadas deve ser usada a ISO 527 partes 1 e 4, corpo de prova tipo 2 com 50mm de largura e velocidade de 5mm/min. Indique em todos os casos a máxima resistência medida de acordo com o método de ensaio.

² A resistência ao punção pode ser determinada a partir de ensaios utilizando a norma ASTM D4833 desde que exista uma correlação robusta que permita indicar o valor correspondente ao que seria obtido pela NBR ISO 12236. Na ausência de correlação a Declaração de Desempenho deve indicar que foi utilizada a norma ASTM e que este valor difere do resultado da norma NBR ISO.

4.3 Características relevantes para condições de uso específicas

4.3.1 Permeabilidade a líquidos

Dados sobre a permeabilidade a líquidos são necessários quando a passagem de fluidos possa colocar em risco a saúde, a segurança e eficiência da obra, ou quando houver risco ao meio ambiente. A decisão de incluir este requisito deve ser tomada pelo projetista.

NOTA: É importante lembrar que para a barreira geossintética cumprir corretamente sua função, é preciso que o controle de qualidade da instalação e os procedimentos construtivos possam garantir a integridade do produto durante sua vida de serviço pois danos durante a fase construtiva podem gerar situações de fluxo através da barreira bem mais significativos que os relacionados à sua permeabilidade característica.

4.3.2 Permeabilidade ao gás

Dados sobre a permeabilidade ao gás são necessários quando existirem gases no solo que possam colocar em risco a saúde ou a segurança, quando eles forem ambientalmente induzidos ou quando de coberturas em áreas de disposição de resíduos sólidos ou líquidos. A decisão de incluir este requisito deve ser tomada pelo projetista.

NOTA: Uma GBR-C só pode ser usada como única barreira ao gás quando houver garantia de que ela permaneça hidratada durante sua atuação como barreira. No momento ainda não existe norma de ensaio publicada para avaliar a permeabilidade ao gás deste tipo de barreira.

4.3.3 Resistência ao rasgo

Dados de resistência ao rasgo de barreiras poliméricas são necessários quando são instaladas em taludes ou superfícies inclinadas ou se o produto for exposto a solicitações mecânicas.

4.3.4 Resistência ao estouro ou multi axial

Dados de resistência ao estouro ou multi axial são necessários nas aplicações nas quais a deformação multi axial das barreiras geossintéticas puder ocorrer como resultado de recalques, deformações de projeto ou situações acidentais.

4.3.5 Características de atrito de interface

Dados de características de atrito de interface são necessários quando o produto é aplicado numa situação onde possa ocorrer movimento entre o geossintético e o material adjacente, podendo colocar em perigo a estabilidade dos trabalhos. As características de atrito podem ser medidas por um ensaio de cisalhamento direto (NBR ISO12957-1) ou, no caso de cargas normais inferiores a 50 kPa, por um ensaio de plano inclinado (NBR ISO 12957-2).

NOTA: Recomenda-se que em casos específicos ensaios com material de campo sejam realizados para a determinação correta das características de atrito entre todos os materiais empregados.

4.3.6 Resistência ao umedecimento e secagem

Dados sobre a resistência de GBR-C a ciclos de umedecimento e secagem podem ser necessários quando as condições de uso do produto puderem submetê-lo a esta condição.

4.3.7 Resistência à penetração de raízes

Dados sobre penetração de raízes podem ser necessários em todas as aplicações nas quais o geossintético é exposto a solos com vegetação de recuperação.

5. Avaliação da conformidade

5.1 Apresentação das características

As propriedades características relevantes classificadas nas [Tabelas 4.1 a 4.4](#) como **C** (Características de Controle), para cada função a ser desempenhada pelo geossintético, devem ser fornecidas pelo fabricante com base na interpretação estatística das medidas de seu controle de qualidade interno e expressas na Declaração de Desempenho como valores nominais e valores de tolerância correspondendo a 95% do nível de confiança (ver [APENDICE A](#) e IGSBR 003:2013³), exceto para a durabilidade. Informações de durabilidade devem ser expressas de acordo com as diretrizes do [item 6](#).

O conjunto das Características de Controle consideradas essenciais para o desempenho da função em uma aplicação específica, forma o conjunto dos ensaios de controle que o fabricante deve avaliar conforme apresentado em 5.2.

Exames físicos ou ensaios preliminares podem indicar para certos produtos ensaiados, por algum dos métodos de ensaio referenciados nas Tabelas 4.1 a 4.4, valores obtidos situados abaixo (ou acima) do limiar de sensibilidade estabelecido para o método de ensaio. Neste caso particular, o fabricante pode declarar o valor como sendo inferior (ou superior) ao limiar de sensibilidade do ensaio.

A propriedade característica do tipo C pode ser apresentada em catálogos ou outro material de divulgação como o valor mínimo ou máximo garantido pelo fabricante considerando a condição de 95% de confiança, ou seja, (VN-VT) e/ou (VN+VT).

5.2 Controle de fabricação

5.2.1 Ensaios de controle

Ensaio devem ser realizados pelo fabricante para controle das propriedades declaradas de um produto, considerando os métodos de ensaio e a frequência indicados neste documento.

Quando uma modificação na matéria prima (formulação ou fornecedor) ou no procedimento de fabricação puder afetar as propriedades declaradas ou o uso do produto, novos ensaios de controle devem ser realizados, considerando as propriedades que possam ser afetadas ou que devem ser confirmadas.

NOTA: Se um fabricante puder provar que as mudanças não alteram as propriedades do produto, os ensaios de controle podem seguir a frequência recomendada sem necessidade de novos ensaios.

O Controle de Fabricação deve definir a frequência dos ensaios para as propriedades relevantes classificadas como “C” nas Tabelas 4.1 a 4.4.

As [Tabelas 5.1 e 5.2](#) resumem estes ensaios e indicam as frequências mínimas de ensaio para as aplicações desta recomendação. Em relação ao controle da matéria prima, o fabricante deve definir

³ IGSBR 003 – Geossintéticos: Termos e Definições Complementares, Associação Brasileira de Geossintéticos – IGSBrasil, disponível em <http://www.igsbrasil.org.br>

os critérios de aceitação tanto da matéria prima como de outros materiais introduzidos no processo e os procedimentos para garantir que estes sejam cumpridos. Os resultados dos ensaios devem ser registrados e estar disponíveis para inspeção.

As amostras para os ensaios de controle devem ser obtidas de acordo com a NBR ISO 9862, retiradas da linha de produção normal, usando os mesmos materiais e processos de fabricação a serem utilizados para o processo de fabricação completo. O tamanho da amostra deve ser grande o suficiente para permitir determinar as características especificadas nas [Tabelas 5.1 e 5.2](#). Amostras artesanais, pequenos lotes experimentais e outros protótipos desenvolvidos podem ser ensaiados pelos mesmos métodos, mas não podem ser usados para estabelecer valores característicos em ensaios de controle.

NOTA: Um lote de fabricação é a quantidade continuamente produzida de um produto para a mesma matéria-prima e de acordo com a mesma especificação de produção. Para geossintéticos tecidos um carretel de urdume, definido como um lote único de elementos de urdidura numa máquina de produção é considerado um lote de fabricação.

5.2.2 Manual de Controle de Fabricação

Um esquema de controle de fabricação deve ser estabelecido e documentado em manual antes de um produto ser colocado no mercado. Subsequentemente, qualquer mudança fundamental na matéria prima e aditivos, processos de fabricação ou esquema de controle que afete as propriedades ou uso de um produto deve ser registrada neste manual.

O manual deve incluir os procedimentos de controle de fabricação relevantes para as propriedades declaradas, como confirmado pelos ensaios de controle.

5.2.3 Procedimentos de controle de fabricação

Os procedimentos de Controle de Fabricação devem fazer parte do sistema de controle de produção interno para assegurar que cada produto atenda aos requisitos e que os valores medidos estejam conformes aos valores declarados.

O fabricante deve estabelecer os itens aplicáveis e registrá-los em seu Manual de Controle de Fabricação. As tarefas do fabricante devem ser descritas em detalhe incluindo os tipos de ensaios a serem realizados e a frequência destes ensaios.

Quando relevante, o procedimento indicado no item [5.3](#) deve ser usado para verificar a conformidade do produto para uma ou mais características.

O controle da durabilidade (procedimento, frequência e critérios) é apresentado no item 6.

Tabela 5.1 Características requeridas e frequência mínima para ensaios de controle e avaliação de qualidade para barreiras geossintéticas poliméricas

Característica de controle (C)	(VN, VT)	Normas ^a	Frequência mínima
Espessura nominal	(mm, -mm)	NBR ISO 9863-1	1 por bobina
Densidade	(g/cm ³ , -g/cm ³)	ISO1183-1 / ASTM D 792 ou D1505	1 a cada 90t
Resistência à tração na ruptura	(kN/m ² , -kN/m ²) Nas duas direções	NBR 15856	1 a cada 9t para PE e PP 1 a cada 18t para PVC
Deformação à tração na ruptura	(%, +/-%) Nas duas direções	NBR 15856	1 a cada 9t para PE e PP 1 a cada 18t para PVC
Resistência ao puncionamento estático ¹	(kN,-kN)	NBR ISO 12236	1 a cada 20t
	(N, -N)	ASTM D4833	

¹O ensaio pela ABNT NBR ISO deve ser sempre a primeira opção. O emprego da ASTM é permitido na para a determinação da resistência ao puncionamento considerando que muitos projetistas se valem de normas e recomendações americanas e que alguns produtos de fabricantes brasileiros ainda não têm histórico de ensaios com a norma ABNT. Os métodos de ensaio não são equivalentes e seus resultados podem não ser correlacionáveis. Os fabricantes que ainda fazem o controle considerando a ASTM devem buscar correlações robustas entre os resultados obtidos pelas duas normas para poderem expressar seus resultados conforme a norma brasileira ajustar seu sistema de controle para esta norma a médio prazo.

Tabela 5.2 Características requeridas para ensaios de controle e avaliação de conformidade de produtos para barreira geossintética argilosa.

Características de controle (C)	(VN, VT)	Normas	Frequência mínima
Espessura	(mm, -mm)	NBR ISO 9863-1	1 a cada 4000m ² e no mínimo 1 por lote de fabricação
Massa por unidade de área	(g/m ² , -g/m ²)	EN 14196	1 a cada 4000m ² e no mínimo 1 por lote de fabricação
Resistência ao descolamento ¹	(N/m, -N/m)	ASTMD6496	1 a cada 4000m ² e no mínimo 1 por lote de fabricação
Permeabilidade à água	(m/s, +/- m/s)	ASTM D5887	1 por 360000m ²
Resistência à tração na ruptura	(kN/m, -kN/m) Nas duas direções	NBR ISO 10319	1 por 20000m ²

¹ para produtos em não tecido agulhados

5.2.4 Marcação, etiquetagem e Declaração de Desempenho

Todo produto geossintético fornecido deve respeitar o indicado na norma NBR ISO 10320. Para que ele possa ser considerado um produto capaz de desempenhar as funções indicadas para a aplicação, é preciso também que uma Declaração de Desempenho acompanhe o produto fornecido com as seguintes informações:

a) Todas as informações exigidas na NBR ISO 10320

- Fabricante (nome da empresa, endereço e CNPJ do fabricante ou importador)
- Fornecedor (nome da empresa, endereço e CNPJ do fornecedor ou importador)
- Nome do produto (nome comercial)

- Tipo do produto
- Identificação da unidade
- Massa nominal bruta da unidade
- Dimensões da unidade
- Massa por unidade de área (g/m²) (NBR ISO 9864)
- Polímero(s) principal(is) (para cada elemento constituinte do produto)
- Classificação do produto usando termos definidos na NBR ISO 10318

b)As aplicações para as quais o produto foi desenvolvido conforme indicado nesta recomendação;

c)Os valores nominais e valores de tolerância garantidos pelo fabricante para as características relacionadas às aplicações desempenhadas, classificadas como CC conforme indicado em [4.2](#) e nas Tabelas [5.1](#) e [5.2](#);

d)A utilização de material reciclado, quando superior a 10% ou não proveniente do processo de fabricação, indicando a porcentagem e a origem deste material;

e)As condições de estocagem e instalação;

f)As condições de durabilidade conforme indicado no item 6;

g)Para produtos certificados, o número do certificado, as condições e o período de validade do certificado, bem como o nome do certificador.

O [APÊNDICE B](#) apresenta um exemplo de documento acompanhando o produto.

5.3 Verificação de conformidade dos valores das Características de Controle

A verificação da conformidade das características com os valores definidos em 5.1 deve ser baseada em medidas feitas em duas amostras representativas (A e B) tomadas em duas bobinas diferentes.

A amostragem deve estar de acordo com a NBR ISO 9862. As características dadas nas [Tabelas 5.1 e 5.2](#) devem ser medidas de acordo com as normas correspondentes, em corpos de prova preparados da amostra A.

Se os resultados de ensaio para uma característica particular estiverem dentro do valor de tolerância dado pelo fabricante, o produto é aceito como satisfatório em relação a esta característica.

Se os resultados de ensaio para uma característica particular estiverem fora de 1,5 vezes o valor de tolerância, o produto não é satisfatório com respeito a esta característica.

Se os resultados de ensaio para uma característica particular estiverem entre 1 e 1,5 vezes o valor de tolerância, corpos de prova preparados a partir da amostra B devem ser ensaiados.

Se os resultados de ensaio dos corpos de prova da amostra B para as mesmas características estiverem dentro do valor de tolerância dado, o produto é aceito como satisfatório para esta característica. Se os resultados de ensaio estiverem fora do intervalo de tolerância, o produto não é aceito.

NOTA1: O nível de confiança 95% corresponde ao valor nominal menos e/ou mais 1,0 valor de tolerância.

NOTA2: O Apêndice A apresenta um exemplo de cálculo do valor de tolerância.

5.4 Inspeção da fábrica e do controle de fabricação

Para que a qualidade de um produto seja mantida é recomendável que a empresa tenha certificação ISO 9001, ou que uma inspeção da fábrica e do controle de fabricação seja feita por empresa especializada ou órgão certificador ao menos uma vez ao ano, buscando avaliar se as condições de fabricação são mantidas constantes, e se o fabricante atende aos cuidados indicados em [5.2](#).

NOTA: Recomenda-se que o projetista, ao avaliar os produtos que poderiam atender às necessidades do projeto, solicite ao fabricante indicações sobre o procedimento de controle de fabricação e garantia de qualidade do produto, além das características de controle relativas à aplicação e função a desempenhar.

5.5 Controle de recebimento na obra e aceitação de produto

5.5.1 Conceitos básicos

A Especificação de Projeto (ver IGSR 003:2013) deve indicar os Critérios de Recebimento na obra e de Aceitação do produto, de modo a garantir que o produto recebido cumpra de fato as necessidades do projeto.

Consideram-se Critérios de Recebimento as condições relativas às verificações feitas no momento da chegada do produto na obra. Eles estão associados à pré-aceitação do produto e incluem verificar se o produto cumpre todos os requisitos indicados em 5.5.2.

Os Critérios de Aceitação do produto estão relacionadas à fase de pré-aceitação (produto satisfaz as Condições de Recebimento) e às exigências de controle de qualidade estabelecidas pelo projetista (ver 5.5.3).

5.5.2 Controle de Recebimento

Todo produto entregue na obra deve ser submetido a um controle de recebimento a fim de evitar eventuais falhas e garantir que o produto recebido seja de fato o produto adquirido. Deste modo, para que este controle possa ser realizado corretamente, o produto geossintético a ser entregue na obra deve ter claramente indicados os requisitos descritos no item [5.2.4](#), e a especificação de projeto (ver IGSRBrasil 003:2014¹⁴) deve exigir que sejam verificados pelo responsável pelo controle de recebimento em campo todos os aspectos relevantes para a obra, considerando a norma NBR ISO 10320 Geossintéticos: Identificação na obra, os dados da Etiqueta e os aspectos da Declaração de Desempenho acompanhando o produto.

NOTA: O controle de recebimento não deve ser confundido com controle de qualidade para aceitação do produto, nem substituí-lo. Ele objetiva apenas garantir que o produto entregue seja o especificado pelo projetista.

O produto aprovado no Controle de Recebimento é encaminhado para a amostragem da Verificação de Qualidade (ver 5.5.3) e estocagem até a aceitação definitiva do produto e sua instalação na obra. O material recebido deve ser estocado conforme as indicações do fabricante.

¹⁴ IGSRBrasil 003 – Geossintéticos: Termos e Definições Complementares, Associação Brasileira de Geossintéticos – IGSRBrasil, disponível em <http://www.igsbrasil.org.br>

5.5.3 Aceitação do produto

A aceitação definitiva do produto ocorre após ele ser pré-aceito no Controle de Recebimento e ter sido aprovado na Verificação da Qualidade estabelecida nos critérios de aceitação de produto conforme indicado na Especificação de Projeto. Estes procedimentos são estabelecidos pelo projetista em função da dimensão e responsabilidade da obra, e o procedimento indicado no item [5.3](#) deve ser uma referência também para a aceitação ou recusa de um produto em campo.

6. Análise da durabilidade

6.1 Conceitos gerais

6.1.1 Mecanismos

A durabilidade de barreiras geossintéticas depende de sua capacidade de resistir aos vários mecanismos que causam degradação e sua avaliação deve seguir as diretrizes da ISO TS 13434.

A degradação por intemperismo é a degradação de uma barreira geossintética em atmosfera sob condições naturais de luz do sol, precipitação, etc. Trata-se de processo foto-oxidativo, e o principal estimulante é a radiação ultravioleta.

Os principais mecanismos que provocam redução das propriedades mecânicas são:

a) Para as barreiras de polietileno sem reforço:

- ataque oxidativo acelerado por temperatura elevada, exposição a raios UV ou solicitações mecânicas repetidas;
- mudança nas propriedades devido ao ataque químico;
- "stress cracking", ou seja, ruptura mecânica da barreira sintética a tensões inferiores à resistência de escoamento, na presença de certos produtos químicos.

b) Para as barreiras de polipropileno com e sem reforço (fPP):

- ataque oxidativo acelerado por exposição a raios UV
- mudança nas propriedades devido ao ataque químico.

c) Para barreiras de policloreto de vinila sem reforço (PVC):

- exposição a raios UV ou solicitações mecânicas repetidas
- ataque microbiológico, incluindo a ação de bactérias e fungos e a penetração de raízes;
- lixiviação dos componentes solúveis da barreira geossintética, afetando direta ou indiretamente as propriedades mecânicas ou sua resistência a outras formas de degradação;
- mudança nas propriedades devido ao ataque químico.

e) Para barreira argilosas GBR-C (GCL):

- troca iônica e degradação dos aditivos;
- ciclos de umedecimento e secagem;
- durabilidade de elementos poliméricos que constituem a barreira (geotêxteis, fios, GBR-P).

6.1.2 Análise do tempo de vida de serviço

As disposições e os métodos de verificação deste item têm por base o estado da arte, conhecimento e experiência acumulada até o momento e atendem ao indicado na ISO TS 13434.

A indicação do fabricante da capacidade de um determinado produto atender a um prazo de vida de serviço requerida em projeto de até 5 anos ou de até 25 anos, conforme requisitos indicados neste item, não pode ser interpretada como uma garantia dada pelo fabricante, mas sim como um meio para selecionar os produtos cuja adequabilidade ao projeto está sendo avaliada.

Ao indicar que um produto pode atender a uma determinada vida de serviço nas condições ambientes assumidas como padrão: solo e água naturais com pH entre 4 e 9 e temperatura do solo

menor que 25°C, o fabricante sinaliza que, se o produto for submetido a processos de recebimento, armazenamento, instalação e manutenção apropriados, ele pode atender a um requisito de vida de serviço de projeto inferior ou igual ao indicado, considerando apenas os fatores de degradação relacionados ao meio ambiente.

A norma ISO TS 13434 deve ser considerada para situações de aplicação diferentes da condição padrão (solo e água naturais com $4 < \text{pH} < 9$ e $t < 25^\circ\text{C}$), ou tempos de vida de serviço superiores a 25 anos, que exigem análises específicas.

Todas as barreiras geossintéticas a serem expostas ao intemperismo por mais de 3 dias devem ter sido submetidas a ensaios de intemperismo conforme discutido em 6.3. Os ensaios para avaliação da durabilidade sob outros fatores de degradação atuando em meio ambiente considerado normal pela ISO TS 13434 (solo e água naturais com pH entre 4 e 9 e temperatura menor ou igual a 25°C), e seus critérios de aceitação estão discutidos em 6.2.

6.2 Ensaios de durabilidade e critérios de aceitação

6.2.1 Barreiras geossintéticas poliméricas

A Tabela 6.1 apresenta a frequência, por linha de produção, e os critérios de aceitação recomendados para os ensaios de durabilidade de barreiras geossintéticas poliméricas. Qualquer mudança na formulação ou no processo de fabricação exige novos ensaios de durabilidade.

O principal procedimento para avaliação do comportamento de uma barreira geossintética em um ensaio de durabilidade é pela comparação das propriedades em tração (resistência à tração e deformação na ruptura) dos corpos de prova submetidos à degradação e de corpos de prova da sub-amostra de controle (ver EN12226).

NOTA: A sub-amostra de controle e as sub-amostras a serem submetidas aos ensaios de durabilidade devem ser coletadas da mesma amostra, de modo que apresentem características as mais próximas possível em função do processo de fabricação. Elas devem ser ensaiadas pelo mesmo método de ensaio adotado para a propriedade de referência, a fim de verificar se a redução imposta pela degradação é aceitável.

Quando critérios de aceitação são expressos em termos de propriedades de tração, serão aceitos os geossintéticos cuja alteração da resistência à tração original e da deformação à ruptura do material seja inferior a 25%. Em casos específicos, métodos de avaliação adicionais são necessários.

No caso de barreiras geossintéticas poliméricas fabricadas com diferentes espessuras, mas com os mesmos processos de fabricação e formulação, pode ser ensaiada apenas a de menor espessura.

O item 6.4 apresenta considerações sobre algumas das características de controle ou relevantes para determinadas condições de emprego que devem ser analisadas para verificação da durabilidade.

Tabela 6.1 Análise de durabilidade de barreiras geossintéticas poliméricas: Métodos de ensaio, frequência e critérios de aceitação.

Característica	Método de ensaio	Frequência	Critério de aceitação
Teor de negro de fumo (para PE ou fPP aditivados com negro de fumo)	ASTM D 4218 ou D1603	1 a cada 9t para HDPE e 1 a cada 20t para LLDPE e fPP	entre 2 e 3% para HDPE e LLDPE entre 2 e 15% para fPP
Dispersão de negro de fumo (para PE aditivado com negro de fumo)	ASTM D 5596	1 a cada 20t produzidas	a cada 10 vistas pelo menos 9 nas categorias 1 ou 2 e no máximo 1 na categoria 3 (considerar apenas aglomerados aproximadamente esféricos)
Tempo de oxidação indutiva (para PE)?	ASTM D3895 ou ASTM D5885	1 a cada 90 t produzidas	mínimo 100 min para ASTM D3895 mínimo 400 min para ASTM D5885
Resistencia ao stress crack (Para HDPE)	ASTMD5397	1 a cada 1000t produzidas	mais de 500h de solicitação
Resistencia a oxidação (ensaio a 85°C por 90 dias) (para PE e fPP)	EN 14575	1 a cada 5 anos ²	resistência à tração retida > 75%
Resistência à lixiviação (para PVC)	Método A da EN14415	1 a cada 5 anos ²	resistência à tração retida > 75%, com perda de massa <5% e sem sinal visível de degradação
Peso molecular médio do plastificante (para PVC)	ASTM D2124	1 a cada 5 anos	mínimo de 400
Resistência à perda de voláteis (para PVC)	ASTM D1203	1 a cada 5 anos	máximo de 0,5% para espessura ≥1mm

6.2.2 Barreiras geossintéticas argilosas

Os elementos poliméricos das barreiras geossintéticas argilosas devem ter sua durabilidade avaliada em função do tipo de componente: fibras, filamentos e geotêxteis devem atender à Parte 1 desta recomendação, elementos em barreiras geossintéticas poliméricas devem atender a 6.2.1 se estiverem presentes no produto. Os argilo-minerais componentes devem atender a Tabela 6.2.

Tabela 6.2 Análise de durabilidade do componente argiloso de barreiras geossintéticas argilosas: Métodos de ensaio, frequência e critérios de aceitação.

Característica	Método de ensaio	Frequência	Critério de aceitação
Índice de inchamento (mL/2g)	ASTM D5890	1 a cada 50 t	≥24
Perda de fluido (mL)	ASTM D5891	1 a cada 50 t	≤18

6.3 Resistência ao intemperismo

6.3.1 Ensaios de intemperismo

Dois tipos de ensaios diretos costumam ser utilizados para analisar a resistência ao intemperismo dos materiais: ensaios com tempo real de exposição e ensaios acelerados.

Ensaios com tempo real de exposição são usados para determinar os efeitos de raios UV em vários materiais de construção. Estes ensaios podem fornecer informações sobre a degradação dos materiais, mas tem a desvantagem de exigir longos períodos de ensaio, em condições variáveis e de difícil controle, podendo produzir resultados não representativos.

Ensaios adotando um processo de aceleração envolvem tipicamente um ambiente controlado com corpos de prova expostos alternativamente a períodos de radiação UV e de aspersão de água. As principais variáveis neste tipo de ensaio são: comprimento de onda e energia emitida pelas lâmpadas, temperatura da superfície do corpo-de-prova (tipicamente entre 50 e 75°C), frequência do ciclo UV/aspersão de água, tempo total de exposição UV, tempo total de ensaio e a radiação total recebida em MJ/m².

A relação entre o tempo de exposição em ensaio e o tempo real de exposição à radiação solar em um local específico é um fator importante a ser considerado na análise dos resultados de ensaio. A estimativa da radiação à exposição UV num determinado período é feita através dos dados de radiação solar global total para o período, assumindo que de 6% a 9% da radiação global chega a superfície terrestre na forma de radiação UV. Atlas solarimétricos apresentando dados sobre o território brasileiro estão disponíveis, por exemplo, em Pereira et al (2006)⁵ e Tiba et al (2000)⁶.

Para os ensaios acelerados, as normas europeias e a ISO TS 13434 adotam os valores de radiação global do sul da Europa. A análise dos dados de radiação global considerando os valores apresentados em Pereira et al. (2006) mostra que a região do Brasil submetida a situação mais crítica num mês de exposição é a região sul do país, em dezembro, para a qual considerando-se uma porcentagem de radiação UV média de 7,5% da radiação global, tem-se um valor próximo de 50 MJ/m² de radiação UV, valor idêntico ao adotado pela União Europeia.

Para barreiras geossintéticas poliméricas costuma também ser verificada a resistência a um ano de exposição. Analisando-se o valor médio acumulado anual das cinco regiões brasileiras tem-se o valor estimado de 6,6GJ/m², que para uma porcentagem de radiação UV de 7,5% da radiação global, indicam para um ano de exposição 495 MJ/m², para o período analisado.

Para definir o tempo equivalente em ensaios acelerados, a radiação UV (radiação com comprimento de onda <400nm) definida na EN12224 é limitada a cerca de 40W/m² (nível a partir do qual poderia ocorrer mudança no mecanismo de degradação por excesso de temperatura nos corpos de prova), o que implica em longos tempos de ensaio para representar um ano de exposição. Por exemplo, se lâmpada de 340nm for utilizada de modo ininterrupto, são necessárias 350h de exposição aos raios

⁵ Pereira, EB, Martins, FR, Abreu, SL e Rüther, R. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2006.60p. ISBN 85-17-00030-7. ISBN 978-85-17-00030-0

⁶ Tiba, C. et al. Atlas Solarimétrico do Brasil. Recife. Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p..

UV no ensaio acelerado para se representar um mês de exposição, e 3465h de exposição aos raios UV no ensaio acelerado para se representar um ano de exposição (144 dias).

Comparações entre intemperismo acelerado e natural baseadas na exposição à radiação tem se mostrado geralmente corretas, apesar do erro em alguns casos individuais poder exceder 50%. A temperatura, altitude, umidade e o equipamento de ensaio utilizado nos ensaios de tempo real tem influência significativa na correlação.

6.3.2 Procedimento mínimo requerido

Todos as barreiras geossintéticas devem passar por ensaios de intemperismo acelerado nos quais corpos de prova são submetidos simultaneamente à ciclos de radiação UV, umidade e choques térmicos, de acordo com a ISO TS 13434 e a EN 12224, a menos que sejam cobertos em até 3 (três) dias a partir da instalação.

NOTA: Para uma gama de produtos idênticos, exceto pela espessura, apenas o produto com a menor espessura precisa ser submetido aos ensaios de intemperismo, podendo-se estender os resultados do ensaio aos outros produtos da gama.

A EN12224 indica as condições de ensaio e as características das lâmpadas fluorescentes a serem empregadas, recomendando que a radiação UV (radiação com comprimento de onda <400nm) seja limitada a cerca de 40W/m² (nível a partir do qual poderia ocorrer mudança no mecanismo de degradação por excesso de temperatura nos corpos de prova).

A relação entre a resistência à tração apresentada pelo produto ao fim do ensaio, denominada resistência retida, e a resistência à tração da amostra virgem, determinam o tempo que o material pode ser exposto em campo, considerando a aplicação. Uma resistência retida igual ou superior a 75% é exigida para que o fabricante possa recomendar o produto para um determinado tempo de exposição.

A Declaração de Desempenho do produto deve indicar o tempo máximo de exposição de acordo com os critérios indicados neste item

6.4 Outros fatores de degradação

6.4.1 Resistência à micro-organismos

Barreiras geossintéticas instaladas nas aplicações listadas nesta recomendação devem manter as propriedades de tração após ensaios de acordo com a EN12225 de modo a cumprir os critérios estabelecidos em [6.2](#).

Quando o solo em contato com a barreira geossintética for um meio anaeróbico ou tiver atividade biológica acentuada, métodos alternativos de ensaio devem ser utilizados.

6.4.2 Resistência à penetração de raízes

As barreiras instaladas nas aplicações listadas nesta recomendação não devem apresentar sinais visíveis de penetração por raízes após serem ensaiados de acordo com a EN 14416.

6.4.3 Resistência ao stress crack

As barreiras geossintéticas poliméricas e os materiais poliméricos de GBR-C constituídos de HDPE (PEAD) devem ser ensaiados para avaliar a resistência ao stress crack.

Corpos de prova devem ser obtidos na direção de menor resistência à tração no escoamento (geralmente a direção transversal à de fabricação).

O relatório de ensaio deve indicar os casos de ruptura antes de atingir 500h que se devem apenas a alongamento excessivo (sem romper) e que forem desconsiderados.

No caso de GBR-P com superfícies texturizadas, o ensaio deve ser conduzido numa amostra do mesmo material com superfícies lisas. Esta amostra deve ser tomada de uma das seguintes fontes:

- a) GBR-P de superfície lisa no estágio pré-texturização na fábrica (se possível);
- b) numa amostra coletada de alguma superfície lisa na zona da bobina reservada para solda na borda da bobina.

O critério de aceitação deve ter um resultado de ensaio $\geq 500h$.

NOTA: Este critério de aceitação foi estabelecido por pesquisas conduzidas pelo Geosynthetics Institute em cooperação com a USEPA, que aumentaram a exigência inicial de 300h para 500h em 2014 (GRI GM 13 2016)¹⁷.

6.4.4 Resistência à lixiviação

As barreiras geossintéticas instaladas nas aplicações listadas nesta recomendação devem ser ensaiadas para avaliar sua resistência à lixiviação sob certos líquidos específicos de acordo com a EN 14415, quando necessário.

Todos os seguintes critérios de avaliação dos resultados deste ensaio devem ser empregados:

- não deve haver sinal visível de degradação;
- as propriedades de tração após ensaios devem cumprir os critérios estabelecidos em [6.2](#);
- a perda em massa da amostra não deve ser superior a 5% sob os Métodos A e B, e 25% sob o Método C. O Método C é somente exigido para o emprego na construção de áreas de disposição e estocagem de resíduos sólidos e de disposição de resíduos líquidos, e estação de transferência ou de contenção secundária destes resíduos.

Barreiras geossintéticas que vierem a ser instaladas em aplicações nas quais a exposição ao intemperismo for superior a um ano devem também ser ensaiadas de acordo com a EN14415 seguido do procedimento descrito na EN14575. As propriedades de resistência à tração devem cumprir os critérios estabelecidos em [6.2](#).

6.4.5 Resistência à oxidação

Todas as barreiras geossintéticas instaladas nas aplicações listadas nesta recomendação devem ser ensaiadas quanto à sua resistência à oxidação de acordo com a EN 14575 e o item [6.2](#). As condições

⁷ <http://www.geosynthetic-institute.org/grispecs/gm13.pdf>

de exposição devem ser de 85°C e 90 dias. No caso de GBR-C os elementos geotêxteis e fios de reforço devem ser ensaiados de acordo com a ISO 13438. A resistência à tração remanescente (resistência retida) deve responder aos critérios estabelecidos em 6.2.

É possível que aditivos para estabilização incluídos na formulação possam ser lixiviados por água ou soluções de material orgânico ou inorgânico que venham a estar em contato com a barreira. É importante avaliar os efeitos de uma possível lixiviação no comportamento do geossintético em ensaios de envelhecimento térmico. A resistência a lixiviação permite avaliar esta influência.

6.4.6 Resistência química para aplicações em aterros sanitários

Barreiras geossintéticas empregadas em todas as aplicações objeto desta recomendação devem ser ensaiadas de acordo com a EN14414, procedimentos A e B (ácido diluído e álcali)

Barreiras geossintéticas empregadas na estocagem de resíduos líquidos e sólidos devem ser ensaiadas de acordo com a EN14414, pelos procedimentos A e B (ácido diluído e álcali), C (Solventes orgânicos), procedimento D (chorume sintético) e, para algumas considerações de projeto específicas, o procedimento E (chorume/percolado específico do sitio).

Em todos os casos os seguintes critérios de avaliação dos resultados de ensaio devem ser aplicados: não deve haver sinal visual de degradação e a resistência à tração retida deve cumprir o critério estabelecido em [6.2](#)

6.5 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até cinco anos

Nas aplicações onde o geossintético tem uma vida de serviço de menos de cinco anos, em solo e água naturais, e as consequências da falha são baixas, apenas ensaios de intemperismo são necessários, caso o fabricante queira indicar tempo de exposição aos raios UV superior a três dias, conforme item [6.3.3](#).

Neste caso a Declaração de Desempenho do produto deve indicar que o produto pode atender a obras nas quais sua vida de serviço seja de até cinco anos, desde que em contato com solo e água naturais, com pH entre 4 e 9 e temperatura de trabalho inferior a 25°C, desde que os cuidados durante a estocagem e instalação e o tempo de exposição ao intemperismo indicados sejam observados.

6.6 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até vinte e cinco anos

Nas aplicações com vida de serviço de até 25 anos em água e solo naturais, com valores de pH entre 4 e 9 e temperatura menor ou igual a 25° C, a durabilidade pode ser garantida com base em ensaios de rastreio (screening tests) (ver ISO 13434 ou ASTM D5819).

A [Tabela 6.1](#) lista os ensaios a serem realizados e os critérios de aceitação para que as barreiras geossintéticas poliméricas sejam consideradas aptas a atender projetos com tempo de vida de serviço de até 25 anos, cujas condições estabelecidas na ISO TS 13434.

No caso das barreiras geossintéticas argilosas, seus componentes poliméricos devem atender aos critérios estabelecidos nas Partes 1 e 2 desta recomendação (geotêxteis e fios – Parte 1 desta recomendação e barreiras geossintéticas poliméricas – Parte 2), e o argilo-mineral deve atender aos critérios indicados na Tabela 6.2.

Estes métodos não se destinam a previsão do tempo de falha, sendo em geral ensaios de rastreo, sob condições extremas, em virtude da necessidade de resposta de curto prazo, que não simulam as condições em serviço.

A ISO TS 13434 enfatiza que estes ensaios e critérios tem por base a experiência atual, e que o tempo máximo de vida de serviço de um dado produto pode ser bastante superior a 25 anos.

Os produtos que satisfazem os critérios do item 6.4, que a Declaração de Desempenho do produto indique que o mesmo atende obras com vida de serviço de projeto prevista de até 25 anos, quando aplicado em solo e água naturais, com pH entre 4 e 9 e temperatura do solo inferior a 25°C, desde que os cuidados durante a estocagem e instalação e o tempo de exposição ao intemperismo indicados sejam observados.

6.7 Análise para outros produtos ou outras condições de uso

Para materiais e condições de uso outras que as especificadas em [6.5](#) e [6.6](#) o geossintético deve ter a durabilidade avaliada em relação às condições de uso propostas (ver ISO TS 13434). Isto inclui ensaios específicos, como por exemplo de resistência microbológica (EN12225), ensaios que considerem as condições de solicitação, ou evidência documental de durabilidade nas condições de projeto.

Devido à complexidade das variáveis envolvidas, as análises para outras condições de uso são específicas a uma determinada condição de projeto, e cada obra exige uma análise específica a ser realizada considerando as recomendações da ISO TS 13434.

APENDICE A Exemplo de determinação do valor de tolerância

A.1 O valor nominal da propriedade índice (VN) é um valor definido pelo fabricante, determinado como o valor médio obtido no conjunto de ensaios de controle da propriedade índice realizados em um número considerável de amostras do produto.

A.2 O valor de tolerância (VT) é um valor definido pelo fabricante em função dos resultados obtidos nos ensaios de controle de qualidade que serviram para estabelecer o Valor Nominal da propriedade. O Valor de tolerância permite estabelecer os valores mínimos e/ou máximos da propriedade índice garantidos pelo fabricante com um nível de confiança de 95%.

NOTA O valor de tolerância é geralmente denominado margem de erro na bibliografia clássica sobre estatística (Montgomery et al 2004)

A.3 Cálculo do Valor de tolerância

Para uma dada média populacional μ , baseada em um número de amostras analisadas, n , maior que 30 ($n > 30$), o valor de tolerância da propriedade índice do produto definido pelo fabricante, para um nível de confiança de 95% pode ser determinado por (Montgomery et al 2004¹⁸):

(a) quando valores mínimo e máximo são exigidos:

$$VT = \frac{1,96 \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \quad (1a)$$

(b) quando apenas o valor mínimo ou o valor máximo é exigido:

$$VT = \frac{1,64 \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \quad (1b)$$

Sendo VT o valor de tolerância para um nível de confiança de 95%, σ o desvio padrão populacional (se o desvio-padrão populacional σ não é conhecido, ele pode ser substituído pelo desvio-padrão amostral s , desde que n seja maior que 30) e n o número de amostras ensaiado.

A.4 Os valores mínimo e máximo da propriedade índice para o intervalo de confiança de 95% são dados respectivamente por $(\bar{x} - VT)$ e $(\bar{x} + VT)$, sendo \bar{x} o valor da média amostral, adotado como valor nominal da propriedade.

A.5 Exemplo de aplicação

Para um produto que durante sua produção e controle de qualidade (ver item 5) teve sua resistência à tração na direção de fabricação determinada em 100 amostras obtendo:

(a) *Resistência à tração na força máxima*

Para um valor da média amostral (valor nominal) igual a 20,0 kN/m e desvio padrão amostral (s) igual a 2,0 kN/m, o valor de tolerância para um nível de confiança de 95% pode ser calculado pela equação 1b como:

$$VT = (1,64 \times 2,0)/10 = 0,33 \text{ kN/m}$$

Sendo o valor mínimo garantido pelo fabricante igual a 19,7kN/m.

(b) *Deformação na força máxima*

Para um valor da média amostral (valor nominal) igual a 15% e desvio padrão amostral (s) igual a 5%, o valor de tolerância para um nível de confiança de 95% pode ser calculado pela equação 1a como:

$$VT = (1,96 \times 5)/10 = 1,0\% \quad \text{valor garantido pelo fabricante no intervalo } 14\% < \varepsilon_{\max} < 16\%.$$

⁸ Montgomery, D. C., Runger, G. C., Hubele, N. F. Estatística Aplicada à Engenharia, Editora LTC, 2o Edição, 2004.

APENDICE B Exemplo de Declaração de Desempenho

PRODUTO A (<i>Nome comercial do produto</i>) – DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO
FABRICANTE (<i>Nome ou marca identificatória do fabricante, endereço completo e CNPJ do fabricante ou do importador</i>):
CONTROLE DE FABRICAÇÃO CERTIFICADO (<i>se houver</i>) (<i>Empresa certificadora, número do certificado de controle de fabricação e data</i>):
Atende a NBR ISO 10320:2013 e a recomendação IGSBrasil 002-2:2018 (<i>Normas ou recomendações atendidas</i>)
Geossintético aplicável a (<i>Indicar as possíveis aplicações - ver itens 4.2.1 a 4.2.4</i>):
Tipo (<i>Indicar o tipo de geossintético conforme NBR ISO 10318-1</i>):
Apto a desempenhar a função de Barreira de fluxo
POLÍMERO PRINCIPAL (<i>Declaração do(s) polímero(s) componente(s) principal(is)</i>):
CARACTERÍSTICAS DE CONTROLE (<i>Valores declarados das características controladas</i>) Listar as características controladas indicando norma de ensaio e valor nominal e valor de tolerância
DURABILIDADE E EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO (<i>Indicação das condições de emprego atendendo a NBR ISO 13434 e a IGSBrasil 002-2</i>) <i>por exemplo</i> : -A ser coberta em até três dias a contar do dia da instalação -Previsto para ser durável por um mínimo de 25 anos em solos e água naturais com 4<pH<9 e temperaturas do solo <25°C
<i>Apresentar também no documento acompanhando o produto:</i> FORNECEDOR (<i>Nome ou marca identificatória, endereço completo e CNPJ do fornecedor ou do importador</i>) CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO: (<i>Recomendações do fabricante de como o produto deve ser armazenado</i>) DADOS DO LOTE DE FABRICAÇÃO (<i>Dados da unidade –identificação, massa por unidade de área (NBR ISO 9864), massa nominal bruta, comprimento,...</i>):

Tomaram parte na elaboração do Projeto aprovado em 2014 com participação presencial:

Instituição/Empresa	Representantes		
ABIQUIM	Odair Teixeira		
ALLONDA	Nathália P. B. de Castro		
AUTONOMO	Altair Dasmasceno		
BIDIM	Emy Tominaga Luiz Flavio Barr	Demetrius Guimarães Claudilene L. Carvalho	Gisele Filipin de Oliveira
BRASKEN	Celso Luiz Lotti Cristiano de Lima Rolla	Gustavo Gori Lusa Gustavo Lombardi	Nayara F. Andrade
CETCO BUN	Javier Calderon	Mayara S Carlos	
CONSULTORES	Indiara Giugni Vidal (coordenadora)		
ENGPOL/NORTENE	André Skortzaru Andréia Machado	Carolina Palomiro Jefferson Matsui	Roberto Hashimoto
GEOSOLUÇÕES	Vinicius Rocha		
HUESKER	Danilo Sampaio	Emília M. de Andrade	
ITA	Delma Vidal (coordenadora)		
OBERSA	Carlos Vinicius Benjamim	Fernando Lavoie	
MACCAFERRI	Daniele Martin Ojea Emerson José Ananias	Emerson Mazzo Jaime da Silva Duran	José Roberto de Campos Paulo Rocha
NEOPLASTIC	Daiani A. M. Santos	Daniel Moreno Meucci	Vanessa R. S. Dela Torre
PIMENTA D'AVILA	Paula de Mello Martins		
ROMA	Hersio A.Ranzani Jr	Marcos F.Leme	Tais F.S.Paes
SANSUY	Carlos E.P.da Fonseca		
USP EESC	Clever A P Valentin Jefferson Lins da Silva	Lucas D. do Nascimento	Tiago Roberto Escudero

Tomaram parte na elaboração do Projeto aprovado em 2014 com participação via email:

Participante	Instituição/Empresa	Participante	Instituição/Empresa
Denise C. Urashima	CEFET MG	Patricia Yoshimura	SANSUY
Mag Geisely Lima	ITA	Paulo Viana	LTEC/UEG

Tomaram parte na elaboração do Projeto de revisão de 2018 com participação presencial:

Instituição/Empresa	Representantes	
ITA	Delma Vidal	
MEXICHEM	Demétrius Guimarães	
NEOPLASTIC	Daniel Moreno Meucci	
NORTENE	Andréia Machado	Sergio Costa
OBERSA	Silvio Luis Palma	Samira Tessaroli de Souza
TESIS	Joelmir Arcanjo Gomes	
USP EESC	Jefferson Lins da Silva	