



Recomendação IGSBrasil 002-2

Características requeridas para o emprego de geossintéticos – Parte 2

2020

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](#), [EN15382](#), e o texto final incorpora as alterações, as sugestões e comentários debatidos e aprovados nas reuniões mensais do GT, abertas a todos os interessados.

O texto publicado em 2014 foi discutido em reuniões que ocorreram entre setembro de 2012 e fevereiro de 2014, com a Mesa Redonda realizada em 27 de junho de 2013. A parte deste texto relacionada aos requisitos a serem cumpridos pelos fabricantes deu origem a ABNT NBR 16757-2, publicada em janeiro de 2020, sendo necessária uma revisão que foi elaborada em reuniões entre fevereiro e julho de 2018, e apresentada 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.

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

SUMÁRIO GERAL

INTRODUÇÃO	3
1 ESCOPO	3
2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	4
3 TERMOS E SÍMBOLOS.....	7
3.1 Termos e definições	7
3.2 Símbolos e abreviações	7
4 CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS	8
4.1 Introdução	8
4.2 Características relevantes por aplicação	9
4.2.1 Emprego na construção de barragens, reservatórios e canais	9
4.2.2 Emprego na construção de túneis e estruturas subterrâneas	10
4.2.3 Emprego na construção de áreas de armazenamento e disposição de resíduos	11
4.2.4 Emprego na infraestrutura de transportes	12
4.3 Características relevantes para condições de uso específicas	13
5 AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE	14
5.1 Apresentação das características.....	14
5.2 Controle de Fabricação	15
5.2.1 Procedimentos de controle de fabricação	15
5.2.2 Ensaios de Controle	15
5.2.3 Marcação, etiquetagem e Declaração de Desempenho	16
5.3 Verificação da conformidade dos valores declarados.....	16
5.4 Inspeção da fábrica e do controle de fabricação	17
5.5 Controle de recebimento na obra e aceitação de produto	17
5.5.1 Conceitos básicos	17
5.5.2 Controle de Recebimento.....	18
5.5.3 Aceitação do produto	18
6 ANÁLISE DA DURABILIDADE	18
6.1 Conceitos gerais.....	18
6.1.1 Mecanismos.....	18
6.1.2 Análise do tempo de vida de serviço.....	19
6.2 Resistência ao intemperismo	20
6.2.1 Ensaios	20
6.2.2 Procedimento mínimo requerido	21
6.3 Frequência dos ensaios de durabilidade a outros fatores de degradação e critérios de aceitação	21
6.4 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até cinco anos	23
6.5 Resistência às condições ambientes padrão para vida de serviço requerida de até vinte e cinco anos	23
6.6 Análise para outros produtos ou condições de uso	24
APÊNDICE A.....	25

INTRODUÇÃO

Esta recomendação IGSBrasil 002-2:2020 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:

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

Esta recomendação indica as propriedades a serem consideradas em projeto com base na aplicação e função a desempenhar, e os métodos de ensaio recomendados, e considera a ABNT NBR 16757-2:2020 no que se refere aos requisitos que os fabricantes devem atender para descrever estes produtos com base em valores declarados das características requeridas para o uso pretendido. 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 de 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 as propriedades relevantes para o emprego dos geossintéticos, os procedimentos para avaliação de conformidade do produto, para o controle de fabricação e a análise de durabilidade, e 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 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

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

ABNT NBR 15856 Geomembranas e produtos correlatos — Determinação das propriedades de tração

ABNT NBR 16757-2 Geossintéticos: Requisitos para aplicação – Parte 2 – Barreiras geossintéticas

ABNT NBR ISO 9862 Geossintéticos – Amostragem e preparação de corpos de prova

ABNT NBR ISO 9863-1 Geossintéticos - Determinação da espessura a pressões especificadas – Parte 1 Camada única

ABNT NBR ISO 9864 – Geossintéticos – Determinação da massa por unidade de área

ABNT NBR ISO 10318-1 Geossintéticos – Termos e Definições

ABNT NBR ISO 10319 Geotêxteis e produtos correlatos – Ensaio de tração de faixa larga

ABNT NBR ISO 10320 – Geotêxteis e produtos correlatos - Identificação em obra

ABNT NBR ISO 12236 Geotêxteis e produtos correlatos – Ensaio de puncionamento estático (punção CBR)

ABNT NBR ISO 12957-1 Geotêxteis e produtos correlatos - Determinação das características de atrito de interface – Parte 1 Ensaio de cisalhamento direto

ABNT NBR ISO 12957-2 Geotêxteis e produtos correlatos - Determinação das características de atrito de interface – Parte 2 Ensaio de plano inclinado

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 Geotextiles and related products Determination of the resistance to weathering

EN 12225 Geotextiles and related products - Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test

EN12226 Geosynthetics - General tests for evaluation following durability testing

EN 14150 Geosynthetic Barriers – Determination of permeability to liquids

EN 14151 Geosynthetics - Determination of burst strength

EN 14196 Geosynthetics – Test method for measuring mass per unit area of clay geosynthetic barriers

EN 14414 Geosynthetics – Screening test method for determination of chemical resistance for landfill applications

EN 14415 Geosynthetic Barriers -Test method for determining the resistance to leaching

EN 14416 Geosynthetic Barriers – Test method for determining the resistance to roots

EN 14417 Geosynthetic Barriers – Test method for the determination of the influence of wetting-drying cycles on the permeability of clay geosynthetic barriers

EN 14575 Geosynthetic Barriers – 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 Geosynthetics –Guidelines for the assessment of durability

3 TERMOS E SÍMBOLOS

3.1 Termos e definições

Este texto considera os termos definidos na Norma NBR ISO 10318-1, os definidos na Recomendação IGSBrasil 003¹ e os termos a seguir:

3.1.1 Declaração de Desempenho

documento emitido pelo fabricante (exemplo no Apêndice A) que deve acompanhar o produto geossintético fornecido, atendendo ao item 5.2.4

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 da propriedade

3.1.3 valor característico da propriedade

Valor apresentado em catálogos ou outro material de divulgação (que não seja a Declaração de Desempenho), como o valor mínimo ou máximo assegurado 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, expresso como valor nominal e valor de tolerância correspondendo a 95 % do nível de confiança (ver ABNT NBR 16757-2))

3.1.4 valor nominal da propriedade índice [VN]

valor médio obtido no conjunto de ensaios de controle de fabricação do produto já realizados

3.1.5 valor de tolerância da propriedade índice [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%

NOTA O valor de tolerância é geralmente denominado margem de erro

3.2 Símbolos e abreviações

Os símbolos e abreviações definidos a seguir também são aplicados nesta recomendação

B característica básica	fPP polipropileno flexível
C característica de controle	HDPE polietileno de alta densidade
CMD direção transversal à de fabricação	LLDPE polietileno linear de baixa densidade
E Característica específica	MD direção de fabricação
GRB-C Barreira geossintética argilosa	PE polietileno
GRB-P Barreira geossintética polimérica	PVC policloreto de vinila

¹ 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

Um produto geossintético é concebido para atender uma ou mais funções em determinadas aplicações. Ao conceber um produto, o fabricante deve estabelecer um programa rigoroso de controle de qualidade industrial, atendendo a ABNT NBR 16757-2, que especifica os requisitos e os procedimentos a serem aplicados por fabricantes e distribuidores de produtos geossintéticos. As propriedades indicadas nessa norma compõem um conjunto mínimo de controle da fabricação e de informações a serem fornecidas aos usuários e projetistas.

Para atender às necessidades de projeto para uma dada aplicação e função, outras propriedades podem ser necessárias. As principais propriedades características, sua relevância para as condições de uso e o método de ensaio a ser empregado para determiná-las, são apresentados neste item, 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 das barreiras geossintéticas (incluindo os elementos poliméricos de barreira argilosa) 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 deve fornecer a Declaração de Desempenho conforme estabelecido na ABNT NBR 16757-2, com valores declarados das características de controle. Ele não é obrigado a apresentar nessa declaração os valores das propriedades do tipo B ou E, mas é recomendável que possa disponibilizar ao menos os resultados dos ensaios destas propriedades realizados na condição estabelecida como padrão.

Este documento discute 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 empregados na construção de barragens, reservatórios e canais – funções, 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	B	--
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 na carga máxiima	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 – funções, 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	B	--
Índice de expansão	ASTM D5890	--	B
Permeabilidade à água	ASTM D5897	--	C
Permeabilidade a 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 na carga máxima	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	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 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.

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 percolato 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 – funções, 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	B	--
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 na carga máxima 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 4.4.

Tabela 4.4 Barreiras geossintéticas empregadas em obras de infraestrutura – funções, 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	B	--
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 na carga máxima	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	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.

4.3 Características relevantes para condições de uso específicas

4.3.1 Permeabilidade à 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 multiaxial

Dados de resistência ao estouro ou multiaxial são necessários nas aplicações nas quais a deformação multiaxial 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, conforme estabelece a ABNT NBR 16757-2, exceto para a durabilidade, cujas informações devem ser expressas de acordo com as diretrizes específicas.

O conjunto das Características de Controle consideradas essenciais para o desempenho de uma dada função em uma aplicação específica, forma o conjunto dos ensaios de controle que o fabricante deve realizar. A Tabela 5.1 mostra o modo de apresentação das características conforme definido na ABNT NBR 16757-2.

Tabela 5.1 Apresentação das características de controle obrigatório (ABNT NBR 16757-2)

Característica de controle [C]	VN	VT
Barreiras geossintéticas poliméricas		
Espessura nominal	mm	-mm
Densidade	g/cm ³	-g/cm ³
Resistência à tração na ruptura (nas duas direções)	kN/m ²	-kN/m ²
Deformação na cargamáxima (nas duas direções)	%	+/-%
Resistência ao puncionamento estático ¹	kN	-kN
Barreiras geossintéticas argilosas		
Espessura nominal	mm	-mm
Massa por unidade de área	g/m ²	-g/m ²
Resistência ao descolamento ²	N/m	-N/m
Permeabilidade à água	m/s	+/- m/s
Resistência à tração na ruptura (nas duas direções)	kN/m	-kN/m
¹ norma permite que os fabricantes, que ainda não tenham um banco de dados ou uma correlação robusta entre os ensaios com a norma brasileira, apresentem os resultados obtidos com a ASTM D4833 e neste caso os resultados seriam expressos em N ² para produtos agulhados		

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.

5.2 Controle de Fabricação

5.2.1 Procedimentos 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.

O Fabricante deve estabelecer procedimentos para o controle de todo o processo, desde o recebimento da matéria prima. Os critérios a serem estabelecidos para todo o processo de controle de fabricação estão definidos na ABNT NBR 16757-2. Em relação ao controle da matéria prima, o fabricante deve definir 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.

Os procedimentos de Controle de Fabricação devem fazer parte do sistema de controle de produção interno para assegurar que cada produto atenda os requisitos estabelecidos 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.

5.2.2 Ensaios de Controle

Ensaios no produto acabado devem ser realizados pelo fabricante para controle das propriedades relevantes classificadas como “C” nas Tabelas 4.1 a 4.4, considerando os métodos de ensaio e a frequência indicados na ABNT NBR 16757-2. 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.

5.2.3 Marcação, etiquetagem e Declaração de Desempenho

Todo produto geossintético fornecido deve respeitar o indicado na norma ABNT NBR ISO 10320, com a denominação comercial do produto marcado a cada 5m ao longo de toda a bobina, com o lote de fabricação da bobina indicado em local que possa ser acessado mesmo após a abertura e retirada da embalagem. Cada bobina deve ser protegida por embalagem adequada e ter uma etiqueta com, no mínimo as informações exigidas na norma.

Além destes itens, uma Declaração de Desempenho estabelecida de acordo com os requisitos indicados na ABNT NBR 16757-2 deve acompanhar o produto fornecido, com as seguintes informações mínimas:

a) Todas as informações exigidas na ABNT 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) (ABNT 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 declarados pelo fabricante para as características classificadas como C;

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;

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

O APÊNDICE A apresenta um exemplo de Declaração de Desempenho.

5.3 Verificação da conformidade dos valores declarados

O procedimento para verificação da conformidade do produto pelo fabricante é indicado na ABNT NBR 16757-2 e segue os seguintes passos:

- A verificação da conformidade das características com os valores declarados 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 ABNT NBR ISO 9862. As propriedades devem ser medidas de acordo com as normas correspondentes, em corpos de prova preparados da amostra A.

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

- Se o resultado de ensaio para uma dada característica estiver dentro do valor de tolerância dado pelo fabricante, o produto é aceito como satisfatório em relação a esta característica.
- Se o resultado de ensaio para uma dada característica estiver fora de 1,5 vezes o valor de tolerância, o produto não é satisfatório com respeito a esta característica.
- Se o resultado de ensaio para uma dada característica estiver entre 1 e 1,5 vezes o valor de tolerância, corpos de prova preparados a partir da amostra B devem ser ensaiados.
- Se o resultado de ensaio dos corpos de prova da amostra B para a mesma característica estiver dentro do valor de tolerância, 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.

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

Este mesmo procedimento deve ser adotado para o de controle de qualidade do produto recebido na obra.

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 critérios indicados na ABNT NBR 16757-2.

Quando o projetista, ao avaliar os produtos que poderiam atender às necessidades do projeto, verificar que a Declaração de Desempenho não indica que o produto é certificado por uma empresa certificadora, recomenda-se que 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 IGSBrasil 003:2014) 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 IGSBrasil 003:2014) deve exigir que sejam verificados pelo responsável pelo controle de recebimento em campo todos os aspectos relevantes para a obra da Declaração de Desempenho que deve acompanhar 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.

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. O procedimento exigido do fabricante, descrito no item 5.3, deve ser uma referência 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.

Segundo a ISO TS 13434, os principais mecanismos que provocam redução das propriedades mecânicas são:

a) Para as barreiras de polietileno sem reforço:

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

- 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
 - 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 e na ABNT NBR 16757-2.

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 nessas normas, 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 6.2. 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 6.3.

6.2 Resistência ao intemperismo

6.2.1 Ensaaios

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.

Ensaaios 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.

Ensaaios 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)² e Tiba et al (2000)³.

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 na literatura 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. Deste modo, a ABNT NBR 16757-2 também recomenda ensaios acelerados com esta radiação para estabelecer as recomendações sobre tempo de exposição de até um mês a constar da Declaração de Desempenho.

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.

² 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

³ Tiba, C. et al. Atlas Solarimétrico do Brasil. Recife. Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p..

Para definir o tempo equivalente em ensaios acelerados, a radiação UV (radiação com comprimento de onda $<400\text{nm}$) definida na EN12224 é limitada a cerca de 40W/m^2 (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 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.

6.2.2 Procedimento mínimo requerido

Todas 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 dias após a instalação.

A EN 12224 indica as condições de ensaio e as características das lâmpadas fluorescentes a serem empregadas, recomendando que a radiação UV (radiação com comprimento de onda $<400\text{nm}$) seja limitada a cerca de 40W/m^2 (nível a partir do qual poderia ocorrer mudança no mecanismo de degradação por excesso de temperatura nos corpos de prova). Por exemplo, para atingir os 50MJ/m^2 , nível de radiação exigido na análise de resistência ao intemperismo, são necessárias 350h de ensaio com lâmpadas fluorescentes do Tipo I (340nm) se houver exposição contínua dos corpos de prova aos raios UV.

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 máximo que o material pode ser exposto em campo, considerando a aplicação e função específica do produto. Os tempos máximos de exposição em campo do material são definidos em função da porcentagem de resistência à tração retida nos corpos de prova após exposição, sob a radiação total UV estimada para um mês de verão (50MJ/m^2) ou um ano (495MJ/m^2), devendo o produto ensaiado apresentar ao menos 75% de resistência retida. Ensaios mais longos serão necessários para materiais que devem ser expostos por períodos superiores.

6.3 Frequência dos ensaios de durabilidade a outros fatores de degradação e critérios de aceitação

A ABNT NBR 16757-2 estabelece a frequência dos ensaios a serem realizados para avaliação da durabilidade, o método de ensaio a ser adotado pelo fabricante, e os critérios de aceitação do produto para garantia da durabilidade em meio ambiente normal (solo e água naturais com pH entre 4 e 9 e temperatura de até 25°C). Novos ensaios de durabilidade devem ser realizados sempre que ocorrer uma mudança significativa no processo de fabricação.

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

Os ensaios requeridos e critérios de aceitação para produtos fabricados com HDPE, LLDPE, FPP e PVC estão resumidos na Tabela 6.1. Para polímeros diferentes destes ou barreiras reforçadas, a ABNT NBR 16757-2 indica que a frequência mínima dos ensaios para avaliação da durabilidade e o critério de aceitação devem se basear em recomendações da literatura internacional devidamente justificadas e referenciadas.

No caso de barreiras geossintéticas argilosas, os elementos geossintéticos estarão classificados no grupo de geotêxteis ou de barreiras geossintéticas poliméricas, devendo atender aos critérios respectivos. Quando aos componentes argilosos, recomenda-se ensaios a cada 50t para avaliação do índice de inchamento (ASTM D5890), que deve ser igual ou superior a 24mL/2g, e da perda de fluido (ASTM D5891), que deve ser menor ou igual a 18mL.

Tabela 6.1 Ensaios para verificação da qualidade e critérios de aceitação de barreiras geossintéticas poliméricas.

Característica	polímero	Critério de aceitação
Teor de negro de fumo (ASTM D4218/1603) ¹	HDPE, LLDPE	entre 2 e 3%
	fPP	entre 2 e 15%
Dispersão de negro de fumo (ASTM D5596) ¹	PE	9/10 vistas na categoria 1 ou 2 e no máximo 1 vista na categoria 3
Tempo de oxidação indutiva (ASTMD3895/5885)	PE	Mínimo 100min (ASTM D3895) ou mínimo de 400min (ASTM D5885)
Resistência ao stress crack (ASTM D5397)	HDPE	≥500h
Resistência à oxidação (EN 14575)	PE, fPP	Resistência à tração retida ≥ 75 % após ensaio a 85°C por 90 dias
Resistência à lixiviação (EN14415 método A)	PVC	Resistência à tração retida ≥ 75 %, com perda de massa ≤ 5 % e sem sinal visível de degradação
Peso molecular do plastificante (ASTM D2124)	PVC	≥ 400
Resistência à perda de voláteis (ASTM D1203)	PVC	≤ 0,5% para espessura ≥ 1mm
¹ para produtos aditivados com negro de fumo		

No caso de barreiras geossintéticas argilosas, os elementos geossintéticos estarão classificados no grupo de geotêxteis ou de barreiras geossintéticas poliméricas, devendo atender aos critérios respectivos. Quando aos componentes argilosos, recomenda-se ensaios a cada 50t para avaliação do índice de inchamento (ASTM D5890), que deve ser igual ou superior a 24mL/2g, e da perda de fluido (ASTM D5891), que deve ser menor ou igual a 18mL.

Outros fatores de degradação podem também ser objeto de avaliação em função das solicitações de projeto:

- Resistência à micro-organismos: Em função das solicitações de projeto pode haver interesse em avaliar a resistência à micro-organismos. A barreira geossintética ensaiada de acordo com a EN12225 deve manter uma resistência retida não inferior a 75%. 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.

- Resistência à penetração de raízes: Barreiras ensaiadas de acordo com a EN 14416 não devem apresentar sinais visíveis de penetração por raízes.
- Resistência química: Barreiras geossintéticas empregadas em aplicações nas quais o meio ambiente não possa ser classificado como normal (água e solo naturais com pH entre 4 e 9 e temperatura <25°C) devem ser ensaiadas de acordo com a EN14414, pelo procedimento adequado (A para ácido diluído, B para álcali, C para solvente orgânico, D para chorume sintético e E para chorume/percolado específico do sítio), e apresentar resistência à tração retida após ensaio $\geq 75\%$.

6.4 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 um tempo de exposição aos raios UV superior a três dias, conforme item 6.2.

Neste caso a Declaração de Desempenho do produto deve indicar que o produto pode atender a obras nas quais a vida de serviço de projeto prevista 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.

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

Uma barreira geossintética submetida aos ensaios de durabilidade especificados pela ABNT NBR 16757-2 e que atenda os critérios de aceitação nela definidos (ver 6.3), pode ser considerada como tendo suficiente durabilidade para uma vida de serviço prevista de até 25 anos, desde que seja utilizado em um ambiente considerado normal (solo e água naturais com pH entre 4 e 9 e temperatura de até 25°C). As exigências da norma brasileira não incorporam avaliação de mudanças nas propriedades mecânicas de produtos a serem aplicados em meio ambiente com temperatura inferior a 0°C.

Se o produto atender aos requisitos exigidos na ABNT NBR 16757-2, sua Declaração de Desempenho pode indicar seu emprego em projetos com vida de serviço prevista de até 25 anos, desde que aplicado em meio ambiente normal, e que os cuidados no transporte e estocagem recomendados pelo fabricante tenham sido atendidos.

6.6 Análise para outros produtos ou condições de uso

Os ensaios estabelecidos para a verificação da durabilidade definidos na ABNT NBR 16757-2 são ensaios de rastreio, concebidos para avaliar o comportamento em condições extremas e não permitem estimar o tempo de vida de útil do produto. O tempo de 25 anos foi estabelecido com base na experiência de campo, para condições ambientes normais, considerando que no momento da publicação da ISO/TS 13434 produtos instalados há mais de 25 anos e que atendiam estes critérios ainda mantinham bom comportamento. Na realidade, é muito provável que os produtos aprovados por estes critérios possam atender a vidas de serviço muito superiores.

Em projetos com vidas de serviço requeridas superiores a 25 anos, ou no caso de materiais e condições de uso diferentes das especificadas na ABNT NBR 16757-2, o conjunto das solicitações mecânicas, físicas, químicas e biológicas a que o produto estará submetido, deve ser objeto de uma avaliação conjunta projetista/fabricante. O geossintético deve ter sua durabilidade reavaliada em relação às condições de uso propostas no projeto (ver ISO TS 13434), o que pode incluir a necessidade de ensaios específicos ou evidência documental de durabilidade sob estas condições. Nestes casos, a garantia da durabilidade fornecida pelo fabricante é específica para o projeto em questão e dada em função das condições de emprego acordadas com o projetista.

Apêndice A

PRODUTO A <i>(Nome comercial do produto) – DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO</i>
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 ABNT NBR 16757-2 <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 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 - Listar as características controladas indicando norma de ensaio e valor nominal e valor de tolerância)</i>
DURABILIDADE E EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO <i>(Indicação das condições de emprego atendendo a ABNT NBR 16757-2)</i> <i>por exemplo:</i> -A ser coberto em até três dias após a instalação -Previsto para ser durável por até 25 anos em solo 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>

PARTICIPANTES

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

Instituição/Empresa	Representantes		
ABIQUIM	Odair Teixeira		
ALLONDA	Nathália P. B. de Castro		
AUTONOMO	Altair Dasmasceno		
BIDIM	Emy Tominaga	Demetrius Guimarães	Gisele Filipin de Oliveira
	Luiz Flavio Barr	Claudilene L. Carvalho	
BRASKEN	Celso Luiz Lotti	Gustavo Gori Lusa	Nayara F. Andrade
	Cristiano de Lima Rolla	Gustavo Lombardi	
CETCO BUN	Javier Calderon	Mayara S Carlos	
CONSULTORES	Indiara Giugni Vidal (coordenadora)		
ENGEPOL/NORTENE	André Skortzaru	Carolina Palomiro	Roberto Hashimoto
	Andréia Machado	Jefferson Matsui	
GEOSOLUÇÕES	Vinicius Rocha		
HUESKER	Danilo Sampaio	Emília M. de Andrade	
ITA	Delma Vidal (coordenadora)		
OBER SA	Carlos Vinicius Benjamim	Fernando Lavoie	
MACCAFERRI	Daniele Martin Ojea	Emerson Mazzo	José Roberto de Campos
	Emerson José Ananias	Jaime da Silva Duran	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	Lucas D. do Nascimento	Tiago Roberto Escudero
	Jefferson Lins da Silva		

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 (coordenadora)
LONAX	Emerson Diego da Silva
MACCAFERRI	Jaime da Silva Duran

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

NEOPLASTIC	Daniel Moreno Meucci
NORTENE/ENGEPOL	Sergio Luiz da Costa Jr.
RAMALHO	Hersio A.Ranzani Jr
TESIS	Joelmir Arcanjo Gomes
TRI Ambiental	Julio Ferreira
USP EESC	Jefferson Lins da Silva