

## **INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA IRRADIÂNCIA NO PROCESSO DE FOTODEGRADAÇÃO DE GEOTÊXTEIS DE POLIPROPILENO**

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND IRRADIANCE ON THE PHOTODEGRADATION PROCESS OF POLYPROPYLENE GEOTEXTILES**

Carneiro, José Ricardo, *Construct-Geo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, rcarneir@fe.up.pt\**

Lopes, Maria de Lurdes, *Construct-Geo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, lcosta@fe.up.pt*

*\*autor para correspondência*

#### **RESUMO**

Durante o seu tempo de vida, os geossintéticos podem ser expostos a vários agentes de degradação, como a radiação solar e outros agentes climatéricos. A resistência dos geossintéticos ao envelhecimento climatérico pode ser avaliada por ensaios de campo ou laboratório, estes últimos envolvendo condições de degradação aceleradas. Neste trabalho, dois geotêxteis não-tecidos de polipropileno com diferentes teores do aditivo Chimassorb 944 (0,2% e 0,4%, em massa) foram submetidos, em laboratório, a vários ensaios de envelhecimento climatérico. Estes ensaios eram formados por três passos: exposição à radiação ultravioleta, pulverização com água e condensação. Foi avaliada a influência de dois parâmetros (temperatura e irradiância, ambos referentes ao passo de exposição à radiação ultravioleta) no processo de fotodegradação dos geotêxteis. A degradação ocorrida nos materiais durante os ensaios de envelhecimento climatérico foi quantificada pela monitorização de alterações no seu comportamento à tração. Os ensaios de envelhecimento climatérico provocaram reduções relevantes na resistência à tração e na extensão na força máxima dos geotêxteis. De um modo geral, o aumento da temperatura e da irradiância acelerou o processo de fotodegradação. O aumento do teor de Chimassorb 944 retardou os danos provocados pelos agentes climatéricos.

#### **ABSTRACT**

During their lifetime, geosynthetics can be in contact with various degradation agents, such as solar radiation and other weathering agents. The weathering resistance of these materials can be evaluated by field or laboratory tests, the latter involving accelerated degradation conditions. In this work, two nonwoven polypropylene geotextiles stabilised with different amounts of the additive Chimassorb 944 (0.2% and 0.4%, in weight) were subjected to several weathering tests. These tests consisted of three steps: exposure to ultraviolet radiation, water spray and condensation. The influence of two parameters, namely temperature and irradiance (both relative to the step of exposure to ultraviolet radiation), in the photodegradation process was evaluated. The degradation suffered by the geotextiles during the weathering tests was quantified by monitoring changes in their tensile behaviour. The weathering tests caused significant reductions in the tensile strength and elongation at maximum load of the geotextiles. In general, the increase in temperature and irradiance caused the acceleration of the photodegradation process. The increase in the concentration of Chimassorb 944 delayed the damage promoted by the weathering agents.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de geossintéticos em engenharia civil é atualmente uma prática comum. De um modo geral, estes materiais possuem uma resistência relativamente elevada à ação de vários agentes químicos e biológicos. Contudo, são suscetíveis de sofrer degradação por exposição à radiação solar, principalmente devido à radiação ultravioleta (UV). A radiação UV é muito energética (a energia é tanto maior quanto menor o comprimento de onda) e pode promover reações químicas que resultam na quebra de ligações na estrutura polimérica dos geossintéticos – processo de fotodegradação. Para aumentar a resistência dos geossintéticos à radiação UV, são normalmente incorporados aditivos químicos (como estabilizantes UV e antioxidantes) na sua composição.

Na maioria das aplicações, o período de exposição dos geossintéticos à radiação UV (e a outros agentes climatéricos) é reduzido – algumas horas ou dias, correspondendo ao tempo necessário para a instalação dos materiais. No entanto, existem aplicações (por exemplo, aterros de resíduos, canais e reservatórios, ou estruturas de proteção costeira) onde o período de exposição poderá ser longo. Existem ainda situações, por exemplo em estruturas de proteção costeira, onde poderá ocorrer uma exposição não prevista dos geossintéticos à radiação solar e a outros agentes climatéricos.

A resistência dos geossintéticos ao envelhecimento climatérico pode ser avaliada por ensaios de campo (Carneiro e Lopes, 2017; Carneiro et al., 2018) ou em laboratório (Carneiro et al., 2021). Em campo, a degradação dos materiais ocorre sob condições naturais, fornecendo informação precisa sobre o seu comportamento. No entanto, são ensaios normalmente muito demorados, podendo atingir vários meses ou alguns anos. Os ensaios de laboratório decorrem sob condições de degradação aceleradas, o que permite obter informação sobre o comportamento dos geossintéticos num intervalo de tempo relativamente curto (tipicamente alguns dias ou semanas).

As instituições internacionais de normalização desenvolveram métodos laboratoriais para avaliar a resistência dos geossintéticos ao envelhecimento climatérico. Exemplos de métodos existentes incluem a EN 12224 (2000), a ASTM D4355 (2021) e a ASTM D7238 (2020). Estes ensaios são úteis para diferenciar os geossintéticos que possuem resistência aos agentes climatéricos daqueles que não possuem essa resistência. Em alguns casos (por exemplo, para aplicações de reforço), os resultados obtidos nesses ensaios permitem determinar o tempo de exposição máximo dos geossintéticos à ação dos agentes climatéricos (ISO/TR 20432, 2007). Os resultados obtidos nos ensaios de laboratório podem também ser úteis para prever a degradação que os geossintéticos sofrem em campo. Contudo, a exatidão dessas previsões só pode ser aferida através da exposição dos materiais sob condições de degradação naturais e comparação dos resultados obtidos. Exemplos de estudos comparando a degradação de geossintéticos em campo e em laboratório incluem Carneiro et al. (2019) e Carneiro e Lopes (2022).

Os métodos laboratoriais existentes para determinar a resistência de geossintéticos ao envelhecimento climatérico são, de um modo geral, pouco específicos no que respeita à aplicação destinada aos materiais, não refletindo em muitos casos as condições de degradação esperadas na aplicação em causa. Neste contexto, pode ser importante o desenvolvimento de métodos mais específicos, particularmente para aplicações que envolvam uma exposição prolongada dos geossintéticos à radiação solar. Controlando os parâmetros de envelhecimento climatérico (por exemplo, temperatura ou irradiância UV) e conhecendo como estes influenciam a degradação sofrida pelos geossintéticos, pode permitir desenvolver métodos laboratoriais para simular, em intervalos de tempo

aceitáveis, diferentes condições de envelhecimento em campo – compatíveis com as exigências de diferentes tipos de aplicações de geossintéticos (Carneiro et al., 2021).

De entre os agentes climatéricos, a radiação UV é considerado o mais danoso para os geossintéticos. Este trabalho avalia a influência de dois parâmetros, nomeadamente a temperatura de exposição à radiação UV e a irradiância UV, na degradação sofrida por dois geotêxteis em ensaios laboratoriais de envelhecimento climatérico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Geotêxteis

Foram estudados dois geotêxteis não-tecidos agulhados estabilizados com diferentes quantidades do aditivo Chimassorb 944 (C944) – as propriedades físicas e mecânicas dos materiais eram idênticas. Os geotêxteis, designados por GT2 e GT4 neste artigo, eram formados por fibras de polipropileno (PP) com, respetivamente, 0,2% e 0,4% de C944 (percentagens em massa). O C944 é um estabilizante UV da família das HALS (do inglês, *hindered amine light stabilisers*). O Quadro 1 resume a composição química dos geotêxteis GT2 e GT4, bem como as respetivas massas por unidade de área ( $\mu_A$ ) e espessuras ( $t$ ). Estas duas propriedades foram obtidas de acordo com as normas EN ISO 9864 (2005) e EN ISO 9863-1 (2016), respetivamente. A espessura foi determinada sob aplicação de uma pressão de 2 kPa aos geotêxteis.

Quadro 1 – Composição Química e Propriedades Físicas dos Geotêxteis.

Geotêxtil	Cor	PP (% m/m)	C944 (% m/m)	$\mu_A$ (g/m <sup>2</sup> )	$t$ (mm)
GT2	Branco	99,8	0,2	272 (21)	3,16 (0,15)
GT4	Branco	99,6	0,4	263 (20)	3,17 (0,14)

(entre parêntesis encontram-se os desvios padrão obtidos)

O processo de amostragem e preparação de provetes foi realizado de acordo com as indicações da norma EN ISO 9862 (2005). Os provetes possuíam um comprimento de 400 mm e uma largura de 50 mm (dimensões na direção de fabrico).

### 2.2. Envelhecimento climatérico

Os geotêxteis foram expostos a envelhecimento climatérico num simulador laboratorial – o QUV Weathering Tester (*Q-Panel Lab Products*, modelo QUV/spray) (Figura 1). Os materiais foram expostos a (1) radiação UV (simulação do efeito da radiação solar), (2) pulverização com água (simulação do efeito da chuva e humidade) e (3) condensação (simulação do efeito do orvalho e humidade).

A radiação UV existente na radiação solar foi simulada por lâmpadas fluorescentes do tipo UVA-340. Estas lâmpadas fornecem uma boa simulação do espetro solar entre os 295 (menor comprimento de onda da radiação solar que atinge a superfície da Terra) e os 350 nm, possuindo um máximo de emissão aos 340 nm. Em condições normais de operação, a irradiância das lâmpadas UVA-340 possui um valor de 0,68 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm. A irradiância das lâmpadas UVA-340 foi calibrada de 400 em 400 horas, utilizando para tal um radiómetro de calibração (*Q-Panel Lab Products*, modelo CR10).

A água usada para simular o efeito da chuva e humidade foi purificada através de um sistema de osmose inversa com tratamento microbiológico, seguido por desionização em resinas de permuta iónica de leito misto. O uso de água purificada é essencial para

evitar o entupimento dos aspersores do simulador climatérico. No caso da condensação, a água (proveniente da rede pública) existente num reservatório localizado no fundo do simulador climatérico foi aquecida, formando vapor que posteriormente condensou (água destilada) na superfície dos geotêxteis.

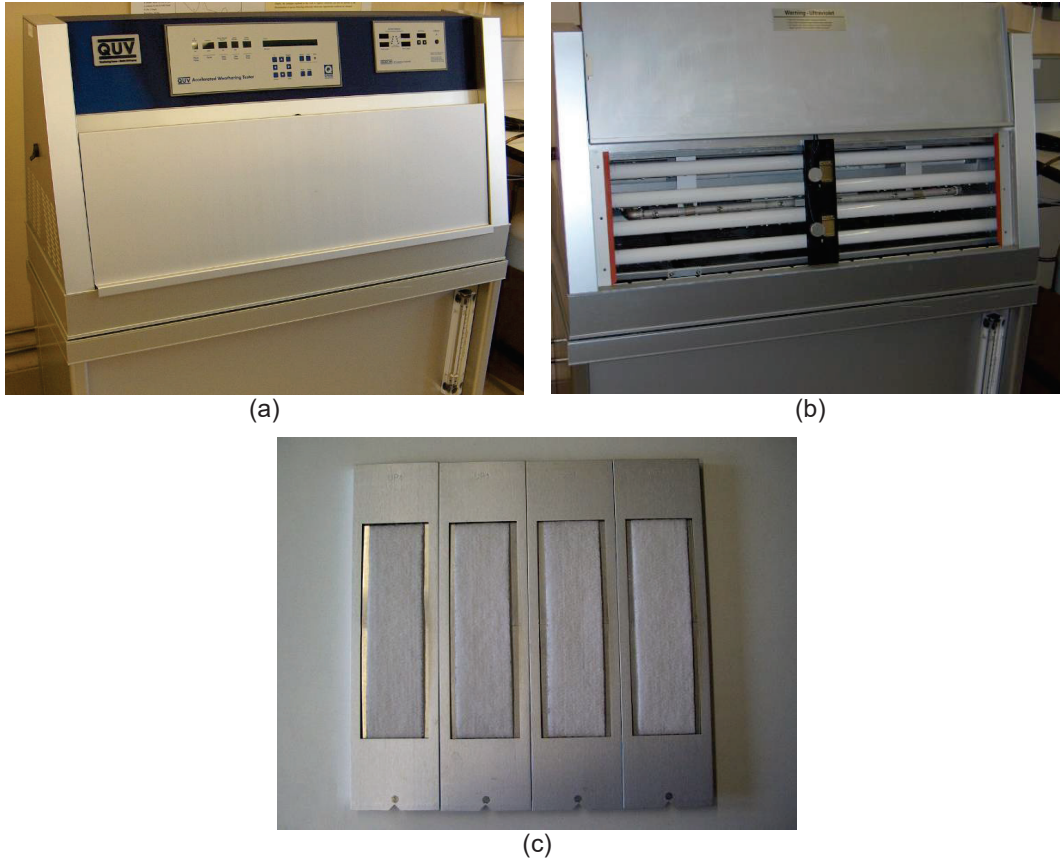


Figura 1 – Simulador QUV Weathering Tester: (a) Aspetto Exterior; (b) Antes da Colocação dos Suportes com Geotêxteis (Lâmpadas UVA-340); (c) Geotêxteis Colocados nos Suportes.

Os geotêxteis foram submetidos a ensaios de envelhecimento climatérico (exposição alternada a radiação UV, pulverização com água e condensação) com a duração total de 500 horas. Foram efetuados ensaios com (1) diferentes temperaturas de exposição à radiação UV e (2) diferentes irradiâncias das lâmpadas UVA-340. O ciclo climatérico usado nos ensaios foi o seguinte:

Passo 1: Exposição à radiação UV (6 horas; temperatura e irradiância variáveis)  
 Passo 2: Pulverização com água (10 minutos; 5 L/min; água à temperatura ambiente)  
 Passo 3: Condensação (2 horas; temperatura de 45 °C)  
 (retorno ao passo 1)

Nas 500 horas totais de ensaio, os geotêxteis foram expostos a aproximadamente 61 ciclos climatéricos – cada ciclo climatérico teve a duração de 8 horas e 10 minutos. Os passos de pulverização com água e de condensação foram realizados no escuro, isto é, as lâmpadas UVA-340 estiveram desligadas. Os suportes (Figura 1c) possuíam uma área de exposição com 200 mm de comprimento e 60 mm de largura. As dimensões dos provetes eram de 400 mm de comprimento (expostos os 200 mm centrais) e 50 mm

de largura – dimensões compatíveis com os ensaios de tração de acordo com a norma EN 29073-3 (1992).

### 2.2.1. Efeito da temperatura de exposição à radiação UV

Os geotêxteis foram expostos a três ensaios climatéricos de 500 horas (de acordo com o ciclo climatérico anteriormente descrito) com diferentes temperaturas de exposição à radiação UV: 50, 60 e 70 °C – as designações atribuídas aos ensaios foram T50, T60 e T70, respetivamente. A irradiância das lâmpadas UVA-340 foi de 0,68 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm. A radiação incidente total, em MJ/m<sup>2</sup>, pode ser encontrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Temperatura, Irradiância e Radiação Incidente Total (Exposição à Radiação UV).

Ensaio climatérico	Temperatura* (°C)	Irradiância a 340 nm (W/m <sup>2</sup> )	Radiação incidente total (MJ/m <sup>2</sup> )	
			340 nm	290-400 nm
T50	50	0,68	0,90	51,8
T60 <i>E0.68</i>	60	0,68	0,90	51,8
T70	70	0,68	0,90	51,8
<i>E0.87</i>	60	0,87	1,15	-
<i>E1.03</i>	60	1,03	1,36	-

\*Temperatura de exposição à radiação UV

### 2.2.2. Efeito da irradiância UV

Os geotêxteis foram expostos a três ensaios climatéricos de 500 horas (de acordo com o ciclo climatérico anteriormente descrito) com diferentes irradiâncias UV. Os ensaios foram realizados com a irradiância típica das lâmpadas UVA-340 (0,68 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm) e com duas irradiâncias superiores (0,87 e 1,03 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm). Estes ensaios foram designados por *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*. A temperatura de exposição à radiação UV foi de 60 °C. Assim, o ensaio *E0.68* corresponde ao ensaio T60 (Secção 2.2.1). A radiação incidente total dos ensaios climatéricos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03* encontra-se no Quadro 1.

## 2.3. Avaliação dos danos sofridos pelos geotêxteis

Os danos sofridos pelos geotêxteis nos ensaios de envelhecimento climatérico foram avaliados através da monitorização de alterações no seu comportamento à tração. De acordo com a recomendação da norma EN 12226 (2012), os ensaios de tração foram realizados pela norma EN 29073-3 (1992). Os provetes possuíam 50 mm de largura e 200 mm de comprimento entre garras. A velocidade de ensaio foi de 100 mm/min.

As propriedades determinadas nos ensaios de tração (valores médios do ensaio de, pelo menos, 5 provetes na direção de fabrico) incluíram a resistência à tração ( $T$ , em kN/m) e a extensão na força máxima ( $E_T$ , em %). A resistência à tração residual (em %) foi obtida dividindo a resistência à tração das amostras expostas a envelhecimento climatérico pela resistência à tração das respetivas amostras intactas.

## 3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

### 3.1. Efeito da temperatura de exposição à radiação UV

O geotêxtil GT2 não possuía danos visíveis após o ensaio climatérico T50. O aumento da temperatura de exposição à radiação UV originou o aparecimento de alguns danos

no material. De facto, depois do ensaio T60, a existência de degradação no geotêxtil GT2 era facilmente detetável – libertação de fibras degradadas. O ensaio T70 causou danos mais pronunciados: libertação de fibras degradadas em grande quantidade e diminuição da espessura – o geotêxtil GT2 estava muito frágil, podendo ser facilmente transformado em pequenos pedaços ou em pó.

Como seria de esperar pelos danos visualmente detetáveis, o comportamento à tração do geotêxtil GT2 foi severamente afetado pelos ensaios de envelhecimento climatérico (Quadro 2). Mesmo após o ensaio T50 (onde não foram encontrados danos visíveis no geotêxtil GT2), ocorreu uma redução muito elevada (55,7%) da resistência à tração. O aumento da temperatura de exposição à radiação UV provocou reduções ainda mais pronunciadas desta propriedade: 73,8% e 98,2%, respetivamente, depois dos ensaios T60 e T70. Assim, um aumento de 10 °C na temperatura de exposição à radiação UV provocou reduções na resistência à tração do geotêxtil GT2 de 18,1% (comparando os ensaios efetuados a 50 e a 60 °C) e de 24,4% (comparando os ensaios efetuados a 60 e a 70 °C). O comportamento da extensão na força máxima foi, no geral, idêntico ao da resistência à tração, tendo esta propriedade também diminuído com o aumento da temperatura de exposição à radiação UV.

Quadro 2 – Propriedades de Tração dos Geotêxteis GT2 e GT4, Antes e Após os Ensaio Climatéricos T50, T60 e T70.

Ensaio climatérico	Geotêxtil GT2		Geotêxtil GT4	
	T (kN/m)	E <sub>T</sub> (%)	T (kN/m)	E <sub>T</sub> (%)
Intacto	13,46 (1,66)	78,4 (5,2)	13,34 (1,65)	75,8 (6,1)
T50	5,96 (0,70)	45,3 (2,9)	10,85 (2,71)	46,8 (3,7)
T60	3,52 (0,97)	34,1 (2,3)	6,68 (1,59)	37,1 (4,1)
T70	0,24 (0,03)	12,7 (1,9)	5,10 (0,78)	27,1 (5,0)

(entre parêntesis encontram-se os desvios padrão obtidos)

Contrariamente ao observado no geotêxtil GT2, não foram encontrados danos visíveis (por exemplo, libertação de fibras degradadas ou redução de espessura) no geotêxtil GT4 após os ensaios climatéricos T50, T60 e T70. Contudo, a ausência desses danos não significou a inexistência de alterações relevantes no comportamento à tração do geotêxtil GT4. De facto, e como se pode observar no Quadro 2, a resistência à tração e a extensão na força máxima sofreram reduções muito significativas. Essas reduções foram mais pronunciadas quando a temperatura de exposição à radiação UV foi mais elevada (à semelhança do que aconteceu para o geotêxtil GT2).

Os danos visuais encontrados nos geotêxteis GT2 e GT4 após os ensaios climatéricos T50, T60 e T70 revelaram, desde logo, que o geotêxtil GT4 possuía maior resistência ao envelhecimento climatérico do que o geotêxtil GT2. Esta conclusão foi totalmente corroborada pelos resultados dos ensaios de tração. De facto, a comparação ilustrada na Figura 2 mostra que, em todos os casos, a resistência à tração residual do geotêxtil GT4 foi superior à do geotêxtil GT2. Assim, o aumento da concentração de C944 (de 0,2% para 0,4%, em massa) existente nas fibras de PP resultou numa maior proteção contra os danos promovidos pelos agentes climatéricos. É de referir que, na ausência de C944, os geotêxteis GT2 e GT4 não teriam resistido aos ensaios climatéricos T50, T60 e T70 (destruição completa em todos os casos). Esta última observação mostra a importância da adicionar aditivos químicos, como por exemplo o C944, aos geotêxteis de PP.

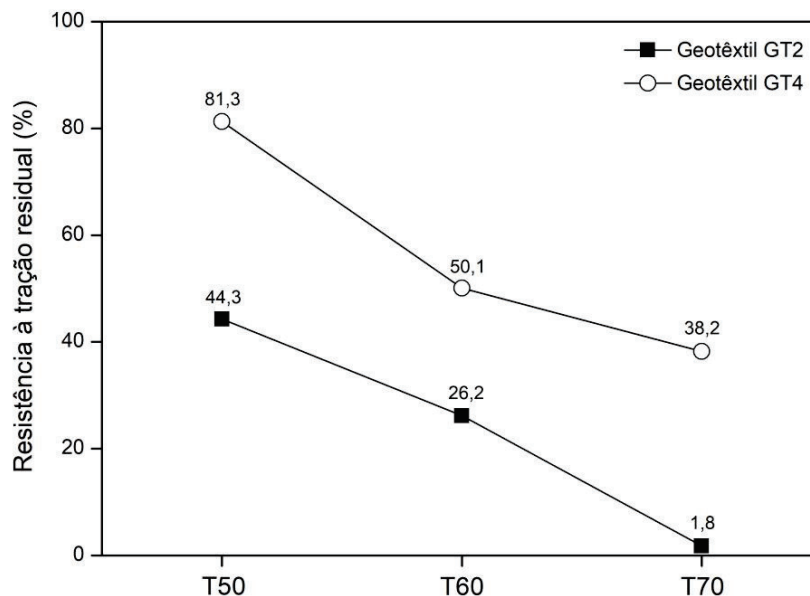


Figura 2 – Comparação das Resistências à Tração Residuais dos Geotêxteis GT2 e GT4 Após os Ensaios Climáticos T50, T60 e T70.

### 3.2. Efeito da irradiância UV

O geotêxtil GT2 possuía danos visíveis (libertação de fibras degradadas – pó branco) depois do ensaio climático *E0.68* (corresponde ao ensaio T60 da Secção 3.1). Após os ensaios *E0.87* e *E1.03*, os danos eram mais pronunciados: o geotêxtil GT2 libertava fibras degradadas em maior quantidade, possuía menor espessura e maior fragilidade. Contrastando com o observado no geotêxtil GT2, não foram detetados danos visíveis no geotêxtil GT4. Isto mostrou, desde logo, e tal como esperado, que a resistência ao envelhecimento climático do geotêxtil GT4 (maior teor do aditivo C944) era superior à do geotêxtil GT2. As propriedades de tração dos dois materiais, obtidas antes e após os ensaios climáticos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*, podem ser encontradas no Quadro 3.

Quadro 3 – Propriedades de Tração dos Geotêxteis GT2 e GT4, Antes e Após os Ensaios Climáticos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*.

Ensaio climático	Geotêxtil GT2		Geotêxtil GT4	
	T (kN/m)	$E_T$ (%)	T (kN/m)	$E_T$ (%)
Intacto	13,46 (1,66)	78,4 (5,2)	13,34 (1,65)	75,8 (6,1)
<i>E0.68</i>	3,52 (0,97)	34,1 (2,3)	6,68 (1,59)	37,1 (4,1)
<i>E0.87</i>	1,91 (0,53)	32,1 (4,4)	5,69 (0,95)	35,4 (3,2)
<i>E1.03</i>	1,50 (0,33)	32,2 (3,5)	5,31 (0,68)	31,0 (1,3)

(entre parêntesis encontram-se os desvios padrão obtidos)

A resistência à tração do geotêxtil GT2 sofreu uma grande redução (73,8%) depois do ensaio climático *E0.68*. O aumento da irradiância resultou em reduções ainda mais pronunciadas – 85,8% e 88,9% após os ensaios *E0.87* e *E1.03*, respetivamente. Tal como a resistência à tração, a extensão na força máxima também diminuiu depois dos ensaios climáticos. Contudo, e tal como se pode observar no Quadro 3, não existiram diferenças significativas entre as reduções ocorridas após os ensaios *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*.

O geotêxtil GT4 também foi afetado (embora com consequências menos gravosas do que as observadas no geotêxtil GT2) pelos ensaios climáticos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*. De facto, e mesmo não existindo danos visíveis, ocorreram reduções significativas nas suas propriedades de tração. O aumento da irradiância de 0,68 para 0,87 W/m<sup>2</sup> causou uma maior redução da resistência à tração do geotêxtil GT4 (reduções de 49,9% e de 57,4%, respetivamente). Contudo, o aumento subsequente da irradiância de 0,87 para 1,03 W/m<sup>2</sup> teve um efeito pouco significativo nesta propriedade (redução de 60,2% na resistência à tração do geotêxtil GT4 depois do ensaio climático *E1.03*). As reduções ocorridas na extensão na força máxima após os vários ensaios climáticos não foram muito diferentes. É importante relembrar que os valores de irradiância indicados neste trabalho referem-se ao comprimento de onda de 340 nm.

De um modo geral, e tendo em conta os resultados obtidos para os dois geotêxteis, o aumento da irradiância de 0,68 para 0,87 W/m<sup>2</sup> resultou numa maior degradação dos geotêxteis GT2 e GT4 (deterioração mais significativa do comportamento à tração). Por sua vez, o aumento da irradiância de 0,87 para 1,03 W/m<sup>2</sup> teve uma influência menor na degradação dos geotêxteis GT2 e GT4 do que a observada aquando do aumento de 0,68 para 0,87 W/m<sup>2</sup>. A Figura 3 compara as resistências à tração residuais dos geotêxteis GT2 e GT4 após os ensaios climáticos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*.

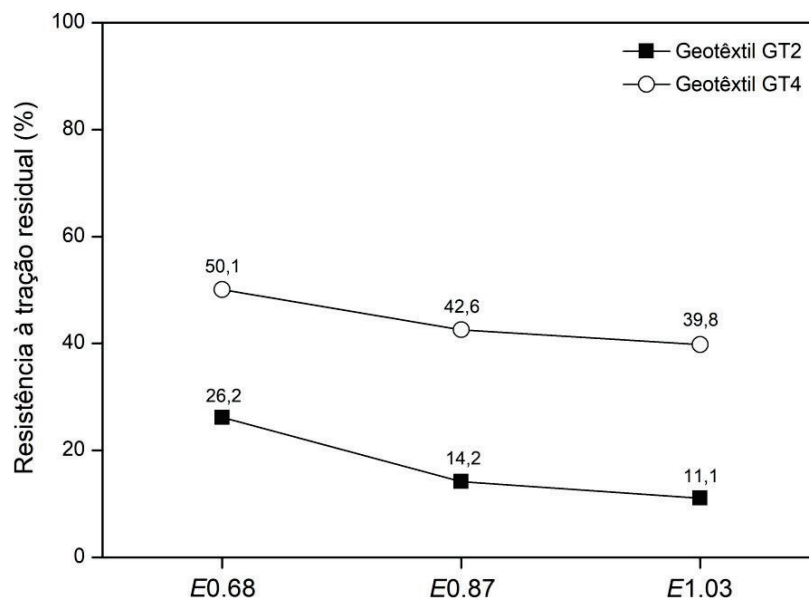


Figura 3 – Comparação das Resistências à Tração Residuais dos Geotêxteis GT2 e GT4 Após os Ensaio Climáticos *E0.68*, *E0.87* e *E1.03*.

O processo de fotodegradação dos geotêxteis GT2 e GT4 tendeu a ser acelerado pelo uso de irradiâncias superiores a 0,68 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm. Tal como a temperatura (que acelerou de forma muito significativa o processo de fotodegradação), a irradiância das lâmpadas UV é um parâmetro fundamental em ensaios de envelhecimento climático. A seleção de irradiâncias intensificadas (maiores do que 0,68 W/m<sup>2</sup> aos 340 nm) pode permitir obter resultados mais rapidamente. No entanto, prejudica a correlação entre o espectro das lâmpadas UVA-340 e o espectro da radiação solar, o que pode dificultar a obtenção de boas relações entre a degradação sofrida pelos geotêxteis em laboratório e a sua degradação em campo.



#### 4. CONCLUSÕES

Os ensaios de envelhecimento climatérico (exposição à radiação UV, pulverização com água e condensação) provocaram alterações significativas nas propriedades de tração (resistência à tração e extensão na força máxima) dos geotêxteis de PP (materiais com diferentes teores do aditivo C944). O grau de degradação dos geotêxteis dependeu do teor de C944. O aumento do teor de aditivo (de 0,2% para 0,4%, em massa) retardou os danos causados pelos agentes climatéricos.

O aumento da temperatura de exposição à radiação UV provocou uma aceleração do processo de fotodegradação. De facto, o aumento deste parâmetro de 50 para 60 °C, e posteriormente para 70 °C, resultou em reduções mais pronunciadas na resistência à tração e na extensão na força máxima dos geotêxteis. Os processos de degradação química são normalmente influenciados pela temperatura, pelo que a definição do valor deste parâmetro é um aspeto fundamental em ensaios laboratoriais de envelhecimento climatérico. Por exemplo, a exposição à radiação UV no método descrito na norma EN 12224 (2000) é realizada à temperatura de 50 °C. De um modo geral, o processo de fotodegradação dos geotêxteis tendeu a ser acelerado pelo aumento da irradiância das lâmpadas UVA-340 (o que também causou um aumento da radiação que incidiu sobre os geotêxteis durante as 500 horas de ensaio). Desta forma, o uso de temperaturas e irradiâncias mais elevadas poderá ser uma opção para diminuir a duração dos ensaios de envelhecimento climatérico. O aumento destes parâmetros resulta num agravamento das condições de exposição, o que poderá também ser útil para testar, num intervalo de tempo não excessivamente elevado, materiais destinados a aplicações que exijam uma grande resistência destes à ação dos agentes climatéricos.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por: Financiamento base – UIDB/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).



#### REFERÊNCIAS

- ASTM D4355 (2021). *Standard test method for deterioration of geotextiles by exposure to light, moisture and heat in a xenon-arc type apparatus*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA, Estados Unidos da América.
- ASTM D7238 (2020). *Standard test method for effect of exposure of unreinforced polyolefin geomembrane using fluorescent UV condensation apparatus*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA, Estados Unidos da América.
- Carneiro, J.R. e Lopes, M.L. (2017). *Natural weathering of polypropylene geotextiles treated with different chemical stabilisers*. Geosynthetics International. Volume 24, número 6: pp. 544-553.

- Carneiro, J.R., Morais, M. e Lopes, M.L. (2018). *Degradation of polypropylene geotextiles with different chemical stabilisations in marine environments*. Construction and Building Materials. Volume 165, pp. 877-886.
- Carneiro, J.R., Almeida, P.J. e Lopes, M.L. (2019). *Evaluation of the resistance of a polypropylene geotextile against ultraviolet radiation*. Microscopy and Microanalysis. Volume 25, pp. 196-202.
- Carneiro, J.R., Carlos, D.M. e Lopes, M.L. (2021). *Laboratory degradation of a reinforcement PET-PP geocomposite under accelerated weathering conditions*. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. Volume 7, artigo 71, 11p.
- Carneiro, J.R. e Lopes, M.L. (2022). *Weathering of a nonwoven polypropylene geotextile: field vs. laboratory exposure*. Materials. Volume 15, número 22, ID 8216: 18p.
- EN 12224 (2000). *Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the resistance to weathering*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- EN 12226 (2012). *Geosynthetics – General tests for evaluation following durability testing*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- EN 29073-3 (1992). *Textiles – Test methods for nonwovens – Part 3: Determination of tensile strength and elongation*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- EN ISO 9862 (2005). *Geosynthetics – Sampling and preparation of test-specimens*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- EN ISO 9863-1 (2016). *Geosynthetics – Determination of thickness at specified pressures – Part 1: Single layers*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- EN ISO 9864 (2005). *Geosynthetics – Test method for the determination of mass per unit area of geotextiles and geotextile-related products*. Comité Européen de Normalização, Bruxelas, Bélgica.
- ISO/TR 20432 (2007). *Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement*. Organização Internacional de Normalização, Genebra, Suíça.