



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

## FATOR DE PROTEÇÃO ULTRAVIOLETA DE DIFERENTES SUBSTRATOS DE POLIAMIDA

**Rafaela Alves Vieira<sup>(1)</sup>; Patricia Muniz dos Santos Silva<sup>(2)</sup>; Fernando Soares de Lima<sup>(3)</sup>; Silgia Aparecida da costa<sup>(4)</sup> Sirlene Maria da Costa<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Estudante; Universidade de São Paulo; São Paulo-SP; [rafaela.alves.vieira@usp.br](mailto:rafaela.alves.vieira@usp.br);

<sup>(2)</sup> Estudante de mestrado; Universidade de São Paulo; São Paulo-SP; [patricia.muniz.silva@usp.br](mailto:patricia.muniz.silva@usp.br);

<sup>(3)</sup> Pesquisador; Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Av. Prof. Almeida Prado 532 Cid. Universitária - Butantã, São Paulo-SP; [nandosl@ipt.br](mailto:nandosl@ipt.br);

<sup>(4,5)</sup> Professora; Universidade de São Paulo; Av. Arlindo Bettio, 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo-SP; [silgia@usp.br](mailto:silgia@usp.br); [sirlene@usp.br](mailto:sirlene@usp.br)

### Resumo

A luz solar possui diferentes comprimentos de onda, sendo os mais curtos os que possuem maior energia, que são aqueles conhecidos como radiação ultravioleta (UV). Parte dessa radiação consegue atingir e danificar nossa pele além de causar degradação em materiais. As estatísticas e os estudos vêm apontando cada vez mais a importância de se proteger dessa radiação, a fim de evitar os danos que podem ser desencadeados – entre eles, o mais temido é o câncer de pele. Para filtrar a radiação UV, além dos protetores em creme, o mercado vem oferecendo artigos têxteis que possuem essa função. Dentre os tipos de fibras mais presentes nesses artigos, a poliamida se destaca. Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo analisar comparativamente diferentes substratos de poliamida, a fim de verificar de que maneira as variáveis relacionadas à característica do tecido, como composição, padronagem, cor, número de fios e gramatura, interferem no fator de proteção ultravioleta. Para a análise foram realizadas leituras de Fator de Proteção Ultravioleta (FPU). Os resultados desse estudo mostram que é essencial unir a potencialidade de proteção da poliamida ao tipo de construção do têxtil e ao beneficiamento que irá receber.

**Palavras-chave:** Proteção ultravioleta. Poliamida

### Abstract

*Sunlight has different wavelengths, where shorter ones having the highest energy and is known as ultraviolet radiation (UV). Some of this radiation can reach and damage our skin and also cause some degradation in materials. Statistics and studies are increasingly pointing to the importance of protecting themselves from this radiation in order to avoid the damage that can be triggered - among them, the most feared is skin cancer. To filter these UV radiation, besides the cream protectors, the market has been offering textiles which already has this function. Among the types of fibers most present in these articles, polyamide stands out. Therefore, this research aims to comparatively analyze different polyamide substrates in order to verify how the variables related to the characteristic of the fabric, such as composition, weave diagram, color, number of threads and mass per unit area, interfere in the ultraviolet protection factor. For the analysis, Ultraviolet Protection Factor (UPF) readings were taken. The results of this study shows that it is essential to unite the protective potential of polyamide to the type of construction of the fabric and the beneficiation that it will receive.*

**Key words:** UV protection. UPF. Polyamide.



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

## 1. Introdução

A luz solar é uma fonte de energia essencial para a vida na Terra, promovendo os processos vitais dos organismos vivos. Contudo, parte da radiação solar pode causar efeitos indesejáveis, como a radiação ultravioleta (UV), devido à sua intensa energia (BUTOLA; JOSHI, 2002).

A porção UV da radiação solar é benéfica para o ser humano, quando ocorre exposição em pequenas doses. Em grande quantidade, a radiação UV pode causar efeitos danosos, como queimaduras, câncer de pele, bronzeamento e fotodermatoses (BUTOLA, 2008). Além dos efeitos em seres humanos, a radiação UV pode afetar certas propriedades materiais de produtos, como têxteis, móveis, carpetes, eletrônicos construções e outros artigos, quando expostos ao sol, limitando a durabilidade e a vida útil destes (BUTOLA; JOSHI, 2002).

Os raios UV, além de favorecerem mutações gênicas, exercem efeito supressor no sistema imune cutâneo (GALLAGHER; LEE, 2006). Pesquisas têm mostrado que a radiação UV danifica o DNA e o material genético, oxida os lipídios, produzindo perigosos radicais livres. Além disso, causa inflamação na pele, rompe a comunicação celular, modifica a expressão dos genes em resposta ao estresse e enfraquece a imunidade da pele. Desta forma, o uso de protetores solares tem o objetivo de reduzir a quantidade de radiação UV a ser absorvida pela pele humana, servindo como uma barreira protetora (ANGELI, 2007). Eles podem ser inorgânicos (físicos) ou orgânicos (químicos). O ideal é que ambos tenham uma boa absorção da radiação UVA e UVB (frações da radiação UV), sejam resistentes à água e não causem irritabilidade na pele. Para garantir a proteção da pele contra o UVB, a Sociedade Brasileira de Dermatologistas (SBD) recomenda o uso de fotoprotetores com no mínimo 15 FPS (Fator de Proteção Solar) (SCHALKA; STEINER, 2016). Ademais, o uso de têxteis também se mostra como uma medida de proteção contra a radiação ultravioleta.

Os têxteis, devido ao tipo de fibra, fio, construção do tecido ou beneficiamento, podem impedir que os raios solares incidam sobre a pele do usuário. Dessa forma, é importante considerar os fatores que influenciam a proteção UV desses materiais, como: composição do fio e tecido, estrutura do tecido, cor e umidade (BUTOLA, 2008).

Em relação à composição, as características que fazem da poliamida uma fibra com adesão econômica são: leveza, resistência, durabilidade, facilidade para limpeza (seca rapidamente), baixa absorção de umidade, fios que proporcionam têxteis com toque macio e longa elasticidade (KOTHARI, 2008).



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

Dessa forma, estudos que se aprofundem nas características de poliamida e as relacionem ao fator de proteção solar mostram-se como relevantes para a indústria têxtil, pois podem nortear a criação de peças com a finalidade de uso em atividades ao ar livre, como por exemplo, trilhas, ciclismo, corrida e surfe.

## 2. Problema de Pesquisa e Objetivo

Um grande número de artigos esportivos é produzido com têxteis de poliamida. Já que esses artigos são, de modo geral, usados para atividades ao ar livre, onde o esportista pode ficar exposto ao sol, é conveniente que uma análise do fator de proteção desses têxteis seja realizada.

Essa pesquisa teve como objetivo analisar comparativamente diferentes substratos de poliamida, a fim de verificar de que maneira as variáveis relacionadas à característica do tecido, como composição, padronagem, cor, número de fios e gramatura, interferem no fator de proteção ultravioleta.

## 3. Revisão Bibliográfica

### 3.1 Radiação ultravioleta

Para medir o comprimento de luz, a unidade de medida nanômetro (nm) é utilizada, sendo 1 nm correspondente a  $1 \times 10^{-9}$  m (um milionésimo de milímetro). O espectro solar pode variar da extensão 200 a 3000 nm, sendo a faixa de comprimento de onda de 280 a 400 nm a mais importante.

Os raios UV que atingem a superfície do planeta podem ser divididos em UVA e UVB. Essas duas porções da radiação UV diferenciam-se segundo o comprimento e a intensidade de suas ondas. A radiação UVA (315-400 nm) corresponde às ondas mais longas e sua intensidade pouco varia ao longo do dia. Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologistas (SBD), a onda UVA é a principal responsável pelo câncer de pele, por penetrar profundamente na pele e provocar fotoenvelhecimento (SCHALKA; STEINER, 2016). A radiação UVB (280-315 nm) provoca queimaduras e vermelhidão na pele, sendo mais intensa entre 10 e 16 horas. Ao contrário da UVA, o comprimento de onda UVB é mais curto.

### 3.2 Fator de Proteção Ultravioleta – FPU



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

O fator de proteção solar de um têxtil pode ser mensurado pela porcentagem da radiação ultravioleta que ele é capaz de reter. Para esse procedimento, geralmente, utiliza-se o espectrofotômetro, obtendo-se o resultado em fator de proteção ultravioleta (FPU).

A Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA) define o fator de proteção da seguinte forma:

“O conceito de fator de proteção (PF) é útil quando se tenta quantificar a proteção à radiação UV que produtos como roupas, protetores solar e óculos de sol podem proporcionar. O fator de proteção indica a quantidade de radiação UV bloqueada por um material, assim um produto com classificação UPF 20 permitiria apenas 1/20 ou 0,05 da radiação passar através da sua superfície, ou seja, este material bloqueia 95% da radiação UV e transmite apenas 5%. Dessa forma, seguindo o mesmo raciocínio, produtos com UPF 30 bloqueiam 96,7% da radiação UV e transmitem apenas 3,3%, produtos com UPF 40 bloqueiam 97,5% da radiação UV e transmitem apenas 2,5% e produtos com UPF 50 bloqueiam 98,0% da radiação UV e transmitem apenas 2,0%.”

A Tabela 1 mostra a classificação, segundo a ARPANSA (AS/ NZS 4399: 1996), quanto às faixas de proteção.

Tabela 1 – Classificação de FPU segundo AS/NZS 4399:1996

Faixas de FPU	Categoria de proteção UV	Classificação
15 até 24	Boa	15, 20
25 até 39	Muito boa	25, 30, 35
40 até 50, 50+	Excelente	40, 45, 50, 50+

Fonte: Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (1996)

### 3.3 Cor

Cor pode ser definida, segundo Salem (2010), como “uma percepção subjetiva causada no cérebro em consequência de uma certa energia radiante transmitida aos olhos” (p. 15). A cor de um objeto vai ser determinada pelo comprimento de onda refletido por ele. Portanto, um objeto colorido irá absorver certos raios da luz visível (400-700 nm) e irá reemitir outros. Assim, se o objeto possuir cor vermelha, quando uma luz branca incidir sobre ele, ele irá refletir o vermelho e absorver os outros componentes do espectro (SALEM, 2010). As áreas da molécula que absorvem certos comprimentos da luz visível e emitem outros são chamadas de cromóforos. Os comprimentos de ondas absorvidos irão depender da estrutura e da presença de grupos auxocromos, que alteram a densidade do elétron dentro do grupo conjugado (LEWIS, 2009).



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

Devido a essas interações envolvendo a radiação solar, um tecido tingido com determinado corante poderá promover uma proteção solar. Inclusive, alguns corantes lançados no mercado já são capazes de absorver raios UV. O ativo químico responsável pela proteção UV absorve a radiação solar, principalmente a UVB por ser o comprimento de onda com mais energia, e a converte em calor para que ocorra uma fotodegradação na fibra ou no próprio beneficiamento do tecido (BUTOLA, 2008).

## 3.4 Poliamida

Poliamida se refere à família de polímeros chamada poliamidas lineares, produzidas partir do petróleo. Elas são macromoléculas que contêm grupos amídicos recorrentes como parte integral da estrutura polimérica. A nomeação da fibra pode ser tanto poliamida como nylon, o que irá diferenciar o uso de cada nome será o seu país de produção (AGRAWAL; JASSAL, 2008; KOTHARI, 2008). Segundo Agrawal (2008), a *International Organization for Standardization* (ISO) englobou esses dois nomes genéricos por se enquadrarem na mesma definição: ‘ter em sua cadeia grupos amídicos recorrentes, sendo 85% deles ligados a grupos alifáticos ou cicloalifáticos’.

Existem dois tipos de poliamida comercialmente importantes, a poliamida 6 (*nylon Z*) e a poliamida 6,6 (*nylon XY*) (AGRAWAL; JASSAL, 2008). Na poliamida tipo XY, o X se refere ao número de átomos de carbono no monômero diamina, enquanto o Y representa o número de átomos de carbono no monômero diácido. Essa poliamida possui uma estrutura mais densa. Na poliamida tipo Z, Z se refere ao número de átomos de carbono no monômero. Ela possui uma estrutura molecular mais aberta (DEOPURA, 2008; KOTHARI, 2008).

O monômero de poliamida 6,6 “é produzido pela reação por condensação do ácido adípico com hexametilenodiamina. (...) O polímero é fundido, passado por *spinnerets* e estirado” (SALEM, 2010, p. 35). Seu ponto de fusão é a 250 °C, sendo que a fibra pode ser danificada a 220 °C. Quanto à fibra de poliamida 6, ela é produzida a partir da polimerização do  $\epsilon$  caprolactama. A fibra é danificada em tempos prolongados e temperaturas elevadas, sendo seu ponto de fusão a 215 °C (SALEM, 2010).

## 3.5 Dióxido de Titânio (TiO<sub>2</sub>)

Devido à habilidade de refletir e absorver radiação UV, o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) é usado na preparação de protetores solares físicos (SOJKA, 2011). As partículas de TiO<sub>2</sub> são, algumas vezes,



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

incorporadas à fibras sintéticas para que estas se tornem mais opacas facilitando processos de tingimento, por consequência promovem proteção da radiação UV (BUTOLA, 2008).

## 4. Metodologia

Todos os ensaios foram feitos sob a atmosfera padrão de ensaios têxteis de acordo com a norma ISO 139:2005 *Textiles – Standard atmospheres for conditioning and testing*, de  $(20 \pm 2)$  °C de temperatura e  $(65 \pm 4)$  % de umidade relativa (U.R.).

### 4.1. Caracterização dos substratos

Foram selecionados quatro tecidos de malha, sendo três na cor branca e um na cor azul, e um tecido plano na cor branca. Apesar das características de cada substrato, todos apresentaram composição 100% poliamida. Os têxteis foram caracterizados quanto à composição, à padronagem, ao número de fios e à massa por unidade de área (gramatura). Foram usados corpos de prova com dimensões de 5 x 5 cm de cada tecido. Para os ensaios foram utilizados balança analítica, balança termogravimétrica e lente conta-fios. Os ensaios foram realizados de acordo com as normas da AATCC (*American Association of Textile Chemists and Colorists*), ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ISO (*International Organization for Standardization*):

- Composição: AATCC TM 20: 2011 – *Fiber Analysis: Qualitative*
- Padronagem de tecido plano: ABNT NBR 12996:1993 *Materiais Têxteis – Determinação dos ligamentos fundamentais de tecidos planos*;
- Padronagem de tecido de malha: ABNT NBR 13460:1995 *Tecido de malha por trama – Determinação da estrutura*;
- Número de fios de tecido plano: ISO 7211.2:1984 *Textiles – Woven fabrics – Construction – Methods of analysis – Part 2: Determination of number of threads per unit length*;
- Número de carreiras e colunas de tecido de malha: ABNT NBR 12060: 1991 - *Determinação do número de carreiras/cursos e colunas em tecidos de malha*;
- Gramatura: ABNT NBR 10591:2008 *Materiais Têxteis - Determinação da gramatura de superfícies têxteis*.

### 4.2. Fator de Proteção



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

A leitura do valor de transmitância das amostras de tecido foi executada com o espectrofotômetro LabSphere – UV *Transmittance Analyze*. O ensaio foi realizado nas amostras secas. Foram realizadas leituras em cinco pontos distintos de cada amostra. Ao final de cada leitura, o espectrofotômetro emitiu um relatório com os valores da transmitância de cada ponto escolhido. O FPU foi calculado com base na Equação 1.

$$\text{FPU} = \frac{\sum_{280 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{280 \text{ nm}} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta\lambda} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

$E_{\lambda}$ : Função de eficácia eritemática relativa

$S_{\lambda}$ : Espectro de irradiância solar

$T_{\lambda}$ : Transmissão espectral média da amostra

$\Delta\lambda$ : Intervalo de comprimento de onda medido

## 5. Análise dos Resultados

Os substratos de poliamida utilizadas nos ensaios receberam os seguintes códigos: P1, P2, P3, P4 e P5. A caracterização de cada substrato é dada na Tabela 2.



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

Tabela 2 – Caracterização dos substratos de poliamida

Substrato Têxtil	Composição	Padronagem	Urdume/ coluna	Trama/ carreira	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )
P1. Malha branca opaca	PA 6	Jersey simples	25	25	213
P2. Malha branca brilhante	PA 6	Jersey simples	25	25	205
P3. Malha branca opaca	PA 6,6	Jersey simples	20	28	110
P4. Malha azul opaca	PA 6,6	Jersey simples	20	28	110
P5. Tecido plano branco opaco	PA 6,6	Tela	30	16	80

Após a caracterização dos substratos de poliamida, foram realizadas as leituras do fator de proteção de cada tecido. Tendo em vista a caracterização de cada amostra, é possível compreender os valores de FPU da Tabela 3.

Tabela 3 – Fator de Proteção dos substratos de poliamida (leitura a seco)

Substrato têxtil	FPU
P1. Malha branca opaca	39,50
P2. Malha branca brilhante	17,51
P3. Malha branca opaca	19,82
P4. Malha azul opaca	63,39
P5. Tecido plano branco opaco	8,56

Em relação à padronagem, o tecido plano (P5), apresentou um valor de FPU menor em relação às malhas, chegando a 78,32% em relação a amostra P1. Dentre os tecidos de malhas também há outras características, como gramatura, número de fios e cor. Com relação à gramatura, o tecido de malha branco opaco (P1) apresentou um valor 48,35 % maior que o tecido de malha azul (P4), porém o valor de FPU é 37,75 % maior para o P4. Isso pode ser devido ao fato do substrato ser tingido, já que a variação de cor fará com que a radiação solar seja absorvida ou refletida pelo substrato (BUTOLA, 2008). Comparando somente as amostras de cor branca (P1, P2, P3 e P5), é possível observar o alto fator de proteção (FPU 39,50+) do P1. Os tecidos P1 e P2 possuem gramaturas semelhantes, respectivamente 213 e 205 g/m<sup>2</sup>, porém apresentaram uma diferença de FPU de 38,57%. Neste caso, a determinante possivelmente seja a presença de dióxido de titânio no P1, que auxilia a absorção de raios UV.

## 6. Conclusão

A caracterização, juntamente às leituras do fator de proteção ultravioleta de cada amostra, permitiu analisar quais variantes têm mais influência sobre a transmitância de radiação solar. As





# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

informações obtidas apontam que a presença de cor pode oferecer proteção solar. Outra variante que diferenciou os valores de FPU foi a maticidade dos substratos. Portanto, a presença de dióxido de titânio em uma das amostras pode ter sido responsável pelo alto valor de FPU, mas outras análises são necessárias para confirmação.

As leituras de FPU apontam o potencial da poliamida nessa questão da proteção à radiação solar. Contudo, o estudo mostra que é essencial unir essa potencialidade da fibra ao tipo de substrato que será produzido, ou seja, é importante planejar o tipo de construção do têxtil e o beneficiamento que irá receber a fim de alcançar as demandas que o produto pretende atender.

## 7. Referências

AGRAWAL, A. K; JASSAL, M. Manufacture of polyamide fibres. In: DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. **Polyesters and polyamides**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.

ANGELI V. W. **Desenvolvimento e caracterização de formulações fotoprotetoras contendo nanocápsulas**. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

AUSTRALIAN RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY AGENCY (ARPANSA). **AS/NZS 4399:1996 Sun protective clothing - Evaluation and classification**. New Zealand, 1996.

BAJAJ, KOTHARI; GHOSH S.B. Some innovations in UV protective clothing. **Indian Journal of Fibre and Textile Research**, v. 25, 2000.

BUTOLA, B. S. Advances in functional finishes for polyester and polyamide-based textiles. In: DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. **Polyesters and polyamides**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.

BUTOLA, B.; JOSHI, M. **Sunscreen fabric shelters fot outdoor applications**. International conference on Polymers and Textiles in the new millennium organized by Fibre Forum India and Department of Textile Technology, IIT Delhi, November 2002.

DEOPURA, B. L. Polyamide fibers. In: DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. **Polyesters and polyamides**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.

GALLAGHER R.P.; LEE T. K. Adverse effects of ultraviolet radiation: a brief review. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 92, n. 1, p. 119-131, 2006.



# 5º Congresso Científico Têxtil e Moda

24 a 28 de abril de 2017  
Centro Universitário FEI - Campus São Paulo

KOTHARI, V. K. Polyester and polyamide fibres: apparel applications. In: DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. **Polyesters and polyamides**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2008.

LEWIS, S. W. Analysis of dyes using chromatography. In: HOUCK, M. M. **Identification of textile fibers**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.

SALEM, V. **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SCHALKA, S. STEINER, D. **Fotoproteção no Brasil: recomendações da Sociedade Brasileira de Dermatologia**. Consenso Brasileiro de Fotoproteção. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Dermatologia, 2016.

SOJKA, M. F. UV protection afforded by gel-trapped TiO<sub>2</sub> particles. **Photochemical e Photobiological Sciences**, v. 10, n. 7, p. 1146-1151, 2011.

WALBRIDGE-JONES, S. Microspectrophotometry for textile fiber color measurement. In: HOUCK, M. M. **Identification of textile fibers**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.