Design do Conforto Total de Tecidos e Vestuário

M. E. Cabeço Silva¹, A. C. Broega¹, A. A. Cabeço Silva¹

¹ Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

RESUMO

O Conforto deve ser um dos objectivos principais quando se projecta uma peça de vestuário. O conforto fisiológico apresenta, historicamente, a razão mais importante para a existência do vestuário, que deve proteger contra o frio e o calor e simultaneamente, permitir a transferência óptima de humidade através das suas camadas.

O objectivo fundamental deste estudo é pois de criar conhecimento sobre a problemática do Conforto de Tecidos, com vista à integração na cadeia de produção do futuro.

Esta problemática reconhecida por vários investigadores e industriais envolve o design de tecidos finos para o vestuário/confecção, tendo como base fundamental o conforto. Como consequência, a situação da competitividade da indústria têxtil e do vestuário deverá ter como objectivos principais:

- criar novas competências,
- promover oportunidades para as empresas terem sucesso na produção de tecidos e vestuário inovadores e de alta qualidade para competirem no mercado internacional,
- alargar as perspectivas de mercado,
- contribuir para a economia nacional da indústria têxtil e da confecção,
- reduzir significativamente o volume de desperdícios de alto valor, por optimização e controlo do processo,
- aumentar a competência tecnológica dos trabalhadores.

Neste sentido, serão apresentados os estudos levados a cabo por investigadores e indústrias europeus, de modo a otimizar o Design do Conforto Total de Tecidos e Vestuário.

INTRODUÇÃO

A norma ISO define qualidade, como sendo o conjunto das propriedades e características de um produto ou serviço que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades expressas e implícitas.

O conceito de qualidade exige cada vez mais, para além do conhecimento da engenharia do processo, o desenvolvimento de normas e equipamentos para definir e controlar materiais e produtos, de modo a responder à evolução das exigências dos consumidores.

Para além, do desempenho técnico dos materiais, caracterizados por propriedades como, a resistência, a solidez ao tinto, a durabilidade, ..., a qualidade contempla cada vez mais características

como, a manutenção da aparência do vestuário durante o uso, o "toque" e o conforto, quase sempre associados à moda.

Estas são também as conclusões de um estudo realizado em 1999 na Europa, sobre a análise subjectiva de tecidos, em que o toque e o conforto são as características mais valorizadas pelo consumidor, nomeadamente a nível da espessura, textura e maciez.

O Conforto Total engloba vários tipos de conforto: psicológico, sensorial e termofisiológico, incluindo o toque dos tecidos.

Actualmente, é possível produzir tecidos muito finos que permitem confeccionar vestuário extremamente leve e confortável, em que as fibras terão de ter características termomecânicas que alteram, melhorando, as propriedades de conforto. Estes produtos, de muito maior valor acrescentado, estão a ter uma grande receptividade nos mercados europeu e americano, pelo que necessitam de um conhecimento mais aprofundado das relações entre matérias-primas, processo de fabrico e modelos de validação dos parâmetros de conforto, no que se designa por reengenharia do projecto dos tecidos.

Na sociedade de informação actual, é fundamental deixar de utilizar critérios subjectivos de avaliação das propriedades e passar a usar metodologias objectivas de quantificação que permitam a transferência da informação, quer ao nível da produção, como sobretudo na cadeia do fornecimento, em que os produtos finais são cada vez mais personalizados.

As propriedades de toque e conforto sensorial estão intimamente ligadas às propriedades mecânicas e físicas, tais como, tracção, corte, flexão pura, características de superfície, compressão lateral, massa por unidade de superfície e espessura. Os 16 parâmetros que contribuem para estas propriedades podem ser medidos em 4 módulos projectados e construídos por Kawabata. Este sistema é designado por sistema KES-FB.

O conforto térmico, pode ser avaliado por parâmetros, tais como, a condutividade térmica, a resistência térmica, a absorção e a permeabilidade ao vapor de água. Estes podem ser determinados com o auxílio de aparelhos específicos, como os instrumentos ALAMBETA e TERMO-LABO, que permitem uma rápida determinação da sensação quente-frio (toque térmico) e das propriedades térmicas do tecido no estado seco ou molhado.

A permeabilidade ao vapor de água de tecidos pode ser avaliada pelo aparelho PERMETEST.

No entanto, quando se pretende projectar um tecido com determinado objectivo e portanto, com características bem definidas, é importante que se conheçam os parâmetros que lhe vão conferir essas propriedades: a estrutura; a contextura (fios/cm e passagens/cm); o título dos fios e a matéria prima.

É neste âmbito, que se enquadra o presente trabalho, que tem como objectivo realizar um estudo comparativo de diferentes tipos de tecidos finos de lã, com base na avaliação objectiva de parâmetros como, o toque e o conforto fisiológico.

CARACTERÍSTICAS DOS TECIDOS

Foram fabricados 3 tipos de tecidos 100 % lã, com um debuxo tafetá e coeficiente de ligamento à teia e à trama igual a 1.

As características dos tecidos são apresentadas na Tabela 1. Nesta tabela (Cod) representa o código de identificação dos tecidos, função da sua estrutura, tipo de fibra, título e torção do fio. São também apresentados a espessura e peso por metro quadrado dos tecidos.

Tabela 1 - Características dos Tecidos						
Cod	Fio* Título (Nm)	Densidade (fios/cm)		Coeficiente de Ligamento	Peso/ m ² (g/m ²)	Espessura 0,5 gf/cm ² (mm)
		Teia	Trama			
30	2/80	29,0	26,0	1	137	0,404
50	2/64	27,5	23,7	1	152	0,412
70	2/52	26,5	19,6	1	189	0,557

As características de toque e de conforto termofisiológico, foram avaliadas pelos parâmetros mecânicos, de resistência e isolamento térmicos e permeabilidade ao vapor de água. Estes parâmetros foram determinados com o auxílio dos aparelhos ALAMBETA, TERMO-LABO e PERMETEST (Tabela 2).

RESULTADOS

Foi realizado um estudo estatístico dos dados dos parâmetros avaliados para caracterizar as propriedades de toque e de conforto dos materiais desenhados.

Assim, foi aplicado o teste de homogeneidade das variâncias e o teste das médias, de modo a saber se existem diferenças significativas entre os diferentes tecidos e aparelhos estudados.

A Tabela 3 apresenta os resultados da aplicação dos testes estatísticos no caso da utilização dos aparelhos TERMO-LABO e PERMETEST.

Da análise desta tabela podemos constatar que, os tecidos fabricados com o fio 30 são os que apresentam o maior valor de q_{max} . Os tecidos fabricados com os fios 50 e 70 apresentam valores menores mas da mesma ordem de grandeza.

Nestes tecidos, a condutividade térmica (α) aumenta com o título dos fios e com a massa por unidade de superfície.

O isolamento térmico foi caracterizado por dois parâmetros, Isolamento Térmico a Seco (IT-S) e Isolamento Térmico na presença de Humidade (IT-H), uma vez que os tecidos apresentam comportamentos diferentes nestas duas situações.

O valor de IT a seco é aquele cujo coeficiente de variação se apresenta mais alto, aumentando significativamente para o tecido 70, pelo que será de considerar a importância que as fibras grossas

têm neste parâmetro. O valor de IT na presença de humidade aumenta com o título dos fios e consequentemente, com o peso por unidade de superfície.

TABELA 2 - Propriedades Térmicas e Mecânicas			
Módulos	Símbolo	Propriedade	Unidade
TRACÇÃO (KES-FB1)	EM	-Extensibilidade (500 gf/cm)	%
	LT	-Linearidade da curva de força / alongamento	-
	WT	-Energia de tracção / unidade de superfície	gf.cm/cm ²
	RT	-Resiliência de tracção	%
FLEXÃO (KES-FB2)	B	-Rigidez de flexão	gf.cm ² /cm
	2HB	-Momento de histerese	gf.cm/cm
CORTE (KES-FB1)	G	-Rigidez de corte	gf/cm.grau
	2HG	-Força de histerese $\Phi = 0,5^\circ$	gf/cm
	2HG5	- Força de histerese $\Phi=5^\circ$	gf/cm
COMPRESSÃO (KES-FB3)	LC	-Linearidade da curva de compressão	-
	WC	-Energia de compressão / unidade de superfície	gf.m/cm ²
	RC	-Resiliência	%
SUPERFICIE (KES-FB4)	MIU	-Coeficiente de atrito médio	-
	MMD	-Desvio linear do coeficiente de atrito	-
	SMD	-Desvio linear da espessura	μm
PESO e ESPESSURA (KES-FB3)	W	-Massa / unidade de superfície	mg/cm ²
	T	-Espessura sob pressão 0,5 gf/cm ²	mm
TERMO-LABO (KES-FB7)	λ	Condutividade térmica	W/m ^o K
	IT-S	Isolamento térmico a seco	%
	IT-H	Isolamento térmico na presença de humidade	%
	q_{max}	Toque térmico (fluxo térmico)	W/m ²
PERMETEST	PERM	Permeabilidade ao vapor de água	%
ALAMBETA	λ (Alam.)	Condutividade térmica	W/m ^o K
	α	Difusividade térmica	m ² /s
	b	Absortividade térmica	W.s ^{1/2} /m ^{2o} K
	h	Espessura	mm
	R	Resistência térmica	m ^{2o} K/W
	q_{max} (Alam.)	Fluxo térmico (toque térmico)	W/m ²

A permeabilidade determinada pelo PERMETEST será tanto melhor quanto maior for o seu valor. Constata-se que o fio 30 é aquele cujo valor se apresenta mais alto. Os coeficientes de variação, de uma maneira geral, são altos mas a precisão relativa da média fixada não foi atingida.

Este parâmetro estatístico fixado foi cumprido para todos os parâmetros analisados, excepto para o parâmetro IT-S relativo ao fio 70 o que significa que o número de ensaios não é suficiente para esta precisão.

TABELA 3 - Análise Estatística das Propriedades Térmicas - TERMO-LABO e PERMETEST												
PROPRIEDADE		q max		α		IT -S		IT -H		PERMEAB.		
DESIGNAÇÃO		F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	
Parâmetro Estatístico	Média	0,166	0,160	0,569	0,615	17,352	11,738	51,084	54,004	25,864	24,261	
	s	0,0035	0,0035	0,0094	0,0107	2,1174	1,0995	4,9715	2,7827	2,9396	2,2931	
	C.V %	2,09	2,18	1,65	1,74	12,20	9,37	9,73	5,15	11,37	9,45	
	PR %	0,75	0,78	0,59	0,62	4,36	3,35	3,48	1,84	4,07	3,37	
T A F E T Á	F (50)	Média	0,160		0,615		11,738		54,004		24,261	
		s	0,0035		0,0107		1,0995		2,7827		2,2931	
		C.V %	1,86		1,74		9,37		5,15		9,45	
		PR %	0,67		0,62		3,35		1,84		3,37	
		Fo	1,11		1,30		3,70		3,19		1,04	
		t	14,74		11,74		8,89		1,56		1,41	
T Á	F (70)	Média	0,161	0,161	0,642	0,642	11,752	11,752	55,584	55,584	25,650	25,650
		s	0,0046	0,0046	0,0075	0,0075	4,0444	4,0444	1,5391	1,5391	2,6536	2,6536
		C.V %	2,86	2,86	1,16	1,16	34,42	34,42	2,77	2,77	10,35	10,35
		PR %	1,02	1,02	0,42	0,42	12,32	12,32	0,99	0,99	3,70	3,70
		Fo	1,92	1,72	1,57	2,04	3,65	13,53	10,44	3,27	1,23	1,34
		t	2,66	15,51	24,26	8,16	3,64	0,009	2,66	1,57	0,38	1,25

Da análise dos testes de homogeneidade das variâncias e das médias, podemos afirmar que existem diferenças significativas no comportamento dos diferentes tecidos relativamente a todos os parâmetros, excepto para os avaliados com o instrumento PERMETEST. Este aparelho não consegue distinguir, nestes casos, diferenças de estrutura dos tecidos.

A Tabela 4 apresenta o mesmo estudo realizado aquando da utilização do aparelho ALAMBETA.

TABELA 4 - Análise Estatística das Propriedades Térmicas - ALAMBETA														
PROPRIEDADE		λ (10^{-3})		α (10^{-6})		b		R (10^{-3})		h		q max		
DESIGNAÇÃO		F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	F (30)	F (50)	
Parâmetro Estatístico	Média	33,678	36,487	0,020	0,022	236,52	245,57	6,326	6,370	0,215	0,234	1,897	1,971	
	s	0,769	1,092	0,002	0,002	7,621	7,458	0,121	0,143	0,006	0,008	0,042	0,044	
	C.V %	2,28	2,99	9,33	9,15	3,22	3,04	1,92	2,24	2,76	3,35	2,20	2,25	
	PR %	0,82	1,07	3,34	3,27	1,15	1,09	0,69	0,80	0,99	1,20	0,79	0,81	
T A F E T Á	F (50)	Média	36,487		0,022		245,57		6,370		0,234		1,971	
		s	1,092		0,002		7,458		0,143		0,008		0,044	
		C.V %	2,99		9,15		3,04		2,24		3,35		2,25	
		PR %	1,07		3,27		1,09		0,80		1,20		0,81	
		Fo	2,01		1,13		1,04		1,38		1,74		1,13	
		t	10,09		3,01		4,07		1,11		9,34		5,88	
T Á	F (70)	Média	43,300	43,300	0,030	0,030	250,91	250,91	8,122	8,122	0,352	0,352	1,803	1,803
		s	1,119	1,119	0,006	0,006	20,165	20,165	0,209	0,209	0,012	0,012	0,067	0,067
		C.V %	2,58	2,58	19,36	19,36	8,04	8,04	2,57	2,57	3,42	3,42	3,71	3,71
		PR %	0,92	0,92	6,92	6,92	2,88	2,88	0,92	0,92	1,22	1,22	1,33	1,33
		Fo	2,12	1,05	9,58	8,45	7,00	7,31	2,96	1,46	4,12	2,37	2,56	2,26
		t	33,98	20,9	7,77	6,38	3,20	1,19	35,65	33,21	49,08	39,48	5,72	10,08

Esta tabela mostra que o fluxo térmico, avaliado com o ALAMBETA, apresenta valores muito menores que o avaliado com o TERMO-LABO. Contrariamente ao TERMO-LABO, o tecido 50 apresenta o maior valor de q_{max} , seguido do fio 30.

A difusividade térmica parece ter uma evolução linear com a espessura e o tecido 30 apresenta um comportamento muito idêntico ao TERMO-LABO.

A condutividade térmica é idêntica nos dois aparelhos. A resistência térmica tem uma evolução semelhante à espessura. Esta propriedade, medida no ALAMBETA, apresenta valores cerca de 40 % mais elevados, que a avaliada com o módulo KES-FB3 do KAWABATA.

CONCLUSÕES

Propriedades de Toque Térmico ou Propriedades Térmicas Transitórias

No que respeita o conforto sensorial dos tecidos estudados, do ponto de vista do toque térmico, podemos afirmar que, o tecido fabricado com o fio 30 é aquele que apresenta o maior valor de q_{max} (medido no TERMO-LABO), o que se traduz por um toque mais fresco.

Os parâmetros térmicos dinâmicos, avaliados pelo ALAMBETA, apresentam algumas contradições. Da análise dos valores do parâmetro q_{max} , o tecido que apresenta um toque mais frio (maior fluxo térmico) é o construído com o fio 50, seguido pelo tecido fabricado com o fio 30. O tecido constituído pelo fio 70 apresenta o valor mais baixo de q_{max} , o que corresponde a um toque mais quente.

Da análise dos parâmetros, absorvidade e difusividade térmicas, observamos precisamente o fenómeno inverso. O tecido fabricado com o fio 70 apresenta o maior valor da absorvidade térmica, o que corresponde a superfícies mais frescas.

Propriedades Estacionárias ou de Isolamento Térmico

A condutividade e a resistência térmicas, evoluem de forma mais ou menos idêntica, apesar de serem duas grandezas inversamente proporcionais, o que pode ser explicado pela influência do parâmetro que as relaciona entre si, a espessura dos tecidos.

A condutividade térmica varia proporcionalmente com a massa por unidade de superfície e com o aumento da densidade de fios por unidade de superfície, a resistência térmica aumenta com a espessura do tecido.

Os maiores valores destes parâmetros encontram-se no tecido fabricado com o fio 70, que apresenta o maior valor da massa por unidade de superfície e, simultaneamente, a maior espessura. Os tecidos fabricados com os fios 30 e 50 apresentam valores muito semelhantes, quer para os parâmetros térmicos, quer para a massa por unidade de superfície e espessura.

Nas propriedades de isolamento térmico, com e sem a presença de humidade, podemos constatar que:

O isolamento térmico na presença de humidade apresenta valores muito superiores ao isolamento térmico a seco. Uma das possíveis explicações para este fenómeno pode dever-se ao facto do estudo ter recaído sobre tecidos de fibras de lã, que como se sabe, é a fibra que liberta mais calor quando absorve humidade.

Em todos os tecidos, verifica-se um outro fenómeno: apresentam, simultaneamente, o maior poder isolante a seco e o menor, na presença de humidade. Este fenómeno pode estar associado, ao facto das fibras quando absorvem humidade alterarem as suas dimensões, o que provoca alterações na sua espessura e, conseqüentemente, na sua porosidade. Para clarificar este fenómeno, será necessário estudar de que forma é que a humidade influencia a permeabilidade e a porosidade destas estruturas.

Permeabilidade ao Vapor de Água Medida com o PERMETEST

Na análise estatística efectuada, constatámos que não se verificam diferenças estatisticamente significativas para os valores dos parâmetros da permeabilidade ao vapor de água avaliados para os diferentes tecidos. Deste modo, o instrumento PERMETEST, para esta propriedade parece não ter a sensibilidade suficiente para detectar diferenças da permeabilidade ao vapor de água, para este tipo de estrutura de fibras de lã fina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Slater, K. - The Assessment of Comfort. *J. Textile Inst.* Vol. 77, Nº 3, p. 157-171. (1986).
- 2 Fournier, L., Hollies, N. R. S. – Clothing: Comfort and Function. New York: Marcel Dekker, Inc., 1970. ISBN 0-8247-1214-5.
- 3 Yoon, H. N., Buckley, A. - Improved Comfort Polyester, Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics. *J. Textile Inst.* 54, 289-294 (1984).
- 4 Cabeço Silva, M.E. - Avaliação de Tecidos pelo Sistema Kes-F. *T Textilia* 19, (32-38) 1996.
- 5 Brownless, N. J., Anand, S. C., Holmes, D. A., Rowe, T. - The Dynamics of Moisture Transportation, Part I: The Effect of "Wicking" on the Thermal Resistance of Single and Multi-layer Fabric Systems. *Textile Res. J.* 87, 172-182 (1996).
- 6 Yasuda, T., Miyama, M., Yasuda, H. - Dynamic Water Vapor and Heat Transport through Layered Fabrics, Part II: Effect of Chemical Nature of Fibers, *Textile Res. J.* 62, 227-235 (1992).
- 7 Kim, J. O. - Dynamic Moisture Vapor Transfer through Textiles, Part III: Effect of Film Characteristics on Microclimate Moisture and Temperature Changes, *Textile Res. J.* 69, 193-202 (1999).
- 8 Kenins, P. - Influence of Fiber Type and Moisture on Measured Fabric-to-Skin Friction, *Textile Res. J.* 64, 722-728 (1994).
- 9 Norma ISO 1192 Physiological Effects-Measurement of Thermal and Water-Vapour Resistance under Steady-State Conditions. 1993.