

Transpirando conforto

A gestão da funcionalidade e o conforto nos tecidos

PALAVRAS-CHAVE: bioprocessos; basidiomicetes; contaminação ambiental.

Autores:

*Prof. Javier Ramón Sánchez Martín,
Universidade de Salamanca,
E.T.S. de Engenharia Industrial,
Béjar (Salamanca, Espanha)*

Revisão Técnica:

*Agostinho Pacheco
Ricardo Vital de Abreu*

RESUMO

A funcionalidade de um tecido, de acordo com o dicionário, pode ser definida como aquele desenho que busca a facilidade, utilidade e comodidade de seu usuário. Segundo isso, um dos principais objetivos, ainda que não o único, da funcionalidade dos tecidos é o conforto. Para tanto é importante que isolem termicamente do frio ou do calor, segundo o caso, e que transpirem adequadamente. Mas existem casos nos quais se procura também que o tecido adquira novas funcionalidades que não tinha inicialmente, como antibacterianas, descarregar a eletricidade estática ou materiais com memória permanente, entre outras possibilidades.

Este artigo é principalmente para explicar os conceitos de isolamento térmico e transpirabilidade, sua influência no conforto da roupa e mostrar alguns exemplos de tecidos funcionais.

1. INTRODUÇÃO^{1, 2, 3,}

Estudos recentes revelam que, para os consumidores, a roupa que se veste é um reflexo da personalidade de cada um, isto é, uma pessoa usa um tipo de roupa, e não outro, porque tem uma determinada maneira de ser e de pensar.

Na atualidade, especialmente as pessoas jovens e de idade média preferem vestir roupas mais informais (*casual wear*), que sejam cômodas de usar e fácil de manter. Estes fatores são, inclusive, mais importantes do que usar a última moda.

Por isso, a gestão da funcionalidade da indumentária é cada vez mais importante, devendo buscar desenhos que tendam para a facilidade, utilidade e comodidade de seu emprego. Em definitivo, o conforto pessoal.

Na percepção do conforto existe a intervenção de aspectos fisiológicos, físicos e psicológicos, que têm algo a ver com os mecanismos de regulação térmica do corpo humano e com o papel que desempenha a roupa nessa regulação, pois modifica as respostas termorregulatórias humanas. Nesse sentido, é possível fazer uma aproximação matemática à medida do conforto térmico mediante a chamada equação do conforto, que se baseia no princípio de neutralidade térmica do corpo.

Porém, além de uma boa gestão da temperatura, a roupa, na medida do possível, deve ser capaz de realizar uma boa gestão da umidade, isto é, do suor. A gestão da umidade consiste na capacidade de uma roupa para transportar o suor desde a pele e dispersá-lo no ambiente, de tal modo que a pele e a roupa permaneçam secas enquanto o corpo humano realiza um exercício físico.

Atualmente, existem materiais têxteis que permitem regular a temperatura e/ou a umidade corporal. Inclusive, às ve-

zes, são incorporados mecanismos eletrônicos que servem como complemento do têxtil, especialmente no campo de regulação da temperatura. Inclusive materiais com memória de forma.

Logicamente, as exigências com respeito à capacidade de gestão da temperatura e da umidade de uma roupa serão diferentes segundo o grau de atividade física que venha a ser realizada e de acordo com as condições ambientais. Assim, a roupa de uso normal não será alvo das mesmas exigências que são aplicadas às roupas para profissionais (bombeiros, militares, policiais...) ou às roupas desportivas e, dentro da classe de roupas desportivas, as exigências não serão as mesmas no caso das utilizadas para praticar atletismo ou daquelas indicadas para alpinismo.

À parte da temperatura e da umidade, existem outros fatores que também influem no conforto, como a elasticidade do tecido e a facilidade para a eliminação das cargas eletrostáticas acumuladas. Outros são mais difíceis de avaliar, como o toque (*touch*), a caída do tecido (*drape*), etc. Na apreciação destas últimas propriedades, existe um alto componente de subjetividade.

2. O CONFORTO ^{5,6}

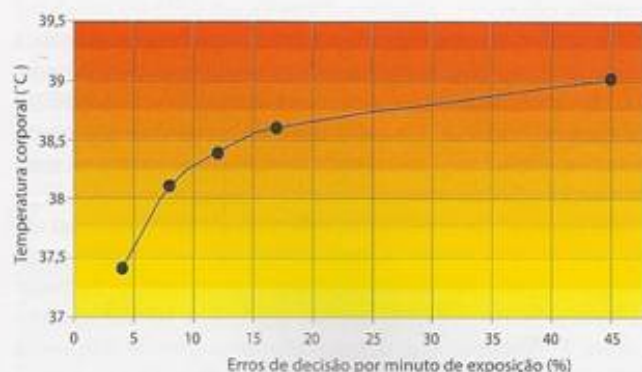
Conforto é uma palavra imprecisa que todos sabem o que significa, mas que custa definir com precisão. A palavra que mais se aproxima do seu significado seria "comodidade", ainda que o termo conforto tenha um significado mais amplo.

Do ponto de vista prático, é reconhecido que o conforto tem muito de sensação pessoal e é facilmente identificado pelas pessoas. Efetivamente, para que uma pessoa experimente uma sensação de bem-estar ao vestir uma roupa, devem ser ativados certos mecanismos psicológicos que são característicos de cada indivíduo. Mas, além desses mecanismos psicológicos, também devemos considerar os fatores físicos e fisiológicos que afetam o conforto.

Nos fisiológicos, a remoção do suor é de grande importância. Através da evaporação do suor, o corpo perde calor e regula seu equilíbrio térmico. Assim, é essencial para o conforto que a roupa permita a eliminação do suor.

Quanto aos aspectos físicos que determinam o conforto de tecidos, temos, principalmente, a transferência de calor entre a pessoa e o ambiente através da roupa, o movimento da umidade através do tecido e a velocidade do vento.

Figura 1. Influência do calor corporal na tomada de decisões, segundo Hancock



Finalmente, os fatores psicológicos indicam que o conforto é uma sensação muito relacionada com o estado de ânimo de cada pessoa e que dependerá, de certo modo, da forma de pensar, sentir e avaliar as emoções de cada pessoa.

Concluimos, portanto, que o termo conforto engloba uma complexa combinação de propriedades, alguns objetivos mensuráveis e outros subjetivos, difícil de avaliar. Assim é com a circulação de calor, umidade e ar através do tecido, que podem ser medidas instrumentalmente, e, até mesmo com a geração de eletricidade estática, mas não é assim com outras propriedades, algumas delas altamente subjetivas, como a suavidade da roupa, o toque, a caída do tecido, etc.

3. O CORPO HUMANO, ROUPA E CONFORTO TÉRMICO

O corpo humano está adaptado para operar em pequenas margens de temperatura e não funciona bem quando esta é muito alta ou muito baixa. No entanto, pequenas flutuações de temperatura no interior do corpo podem causar desconforto. Os avanços nos isolamentos térmicos dos tecidos diminuem essas flutuações.

Antigamente, o isolamento térmico se associava com o volume de roupa, hoje em dia, os sistemas de camadas deram origem às roupas multifuncionais leves e elegantes, sem sacrificar nenhuma propriedade.

A origem e o desenvolvimento das novas tecnologias começaram com tecidos militares e esportivos. Em ambos os casos, as fibras naturais eram inicialmente cômodas para se usar, mas, logo em seguida podiam absorver muita umidade e secavam lentamente.

Os objetivos das roupas adequadas para a prática de exercícios são: manter uma temperatura confortável e permanecer seca em diferentes condições meteorológicas e em vários níveis de intensidades das atividades. Assim, hoje em dia, é muito normal ouvirmos os termos "roupa térmica *high-tech*" ou "isolamento inteligente".

Ademais, um tecido funcional deve regular a temperatura (*temperature management*), e a umidade (*moisture management*), muito importantes para o conforto do artigo.

4. MECANISMOS DE REGULAÇÃO TÉRMICA CORPORAL

A regulação térmica corporal é importante para a comodidade das pessoas, mas comprovou-se que também afeta, entre outros fatores, a tomada de decisões. Em 1986, o trabalho do professor Hancock demonstrou que, segundo aumentava a temperatura basal, os indivíduos podiam cometer mais erros em suas decisões. Em um desses estudos, as pessoas eram submetidas a temperaturas crescentes, enquanto se pedia que tomassem decisões de seleção sobre uma série de símbolos que apareciam e desapareciam rapidamente numa tela; o aumento nos erros crescia de forma exponencial com a temperatura, podendo-se cometer até 45% de erros quando a temperatura corporal atingia os 39°C (figura 1).

Ainda que as temperaturas corporais altas sejam associadas a estados febris, também podem ser atingidas, por exemplo, quando se pratica algum tipo de esporte em condições ambientais muito quentes. Isso pode ser bastante pe-

A percepção de conforto varia de pessoa para pessoa. Mas quando o tecido regula a temperatura e a umidade corporal, não há quem não se sinta bem



rigoso quando afeta alguém que deve tomar decisões rápidas e que supõem a vida ou morte de pessoas, como no caso de um bombeiro, um militar ou um policial.

Em estado de repouso, o corpo humano consome uma média horária de 210 kJ/m² (aprox. 58 W/m²).

Parte dessa energia se transforma em calor, que o corpo pode perder por condução, convecção, radiação e evaporação, mecanismos de transferência do calor que, supomos, são suficientemente conhecidos pelos leitores.

A perda de calor por condução supõe uma porcentagem mínima de perda total de calor. A perda por convecção dependerá da diferença de temperatura entre a pele e o ar e da velocidade do vento. A perda por radiação supõe uma porcentagem maior de perda total de calor. E a perda por evaporação acontece quando respiramos ou quando transpiramos.

O corpo humano tem um efetivo mecanismo regulador, controlado pelo hipotálamo, que faz com que tomada de sua temperatura interior (núcleo) se mantenha ao redor de 37 °C, com as oscilações de cada pessoa. Pode-se dizer que o hipotálamo é o termostato do corpo humano, atuando do seguinte modo:

A) Se o corpo se esfria, há uma reação que tenta reter calor e para isso:

- Há uma contração dos vasos sanguíneos, contração dos poros da pele.

- Há uma contração de certos músculos, ocasionando que os pelos se levantem.

- Em casos extremos, o corpo força a produção de calor interno estimulando os músculos, fazendo o corpo "tremar de frio".

B) Se o corpo se esquenta, há uma reação que tenta dispersar calor e para isso:

- Primeiro, se dilatam os vasos sanguíneos, incrementando o fluxo de sangue na pele.

- Depois que começamos a suar, a pele se esfria porque fornece o calor latente de vaporização ao suor.

É sabido que as pessoas gordas estão em desvantagem no calor, mas têm uma vantagem em ambientes frios. As pessoas mais velhas removem o calor com mais dificuldade do que jovens, porque estes demoram mais para suar.

5. A EQUAÇÃO DO CONFORTO^{10,11}

A roupa modifica as respostas térmicas do corpo humano. De acordo com o clima e o tipo de atividade, a roupa a se usar pode ser muito diferente. Para que o corpo humano mantenha uma temperatura confortável, temos que considerar os seguintes pontos:

- Temperatura, velocidade e umidade do ar.

- Nível de isolamento e transpirabilidade que proporciona cada roupa.

- Nível de intensidade das atividades.

- E se estamos em uma sala fechada, a temperatura média radiante das superfícies de calefação ou esfriamento se disponível.

A primeira condição pra conseguir a confortabilidade é a neutralidade térmica, isto é, não sentir nem calor nem frio. Para isso, o calor produzido deve ser igual ao calor dissipado pelo corpo.

A chamada equação do conforto foi estabelecida pelo Prof. Fanger e avalia as condições de conforto térmico em um ambiente determinado.

Para obter essa equação, é realizado um balanço de energia, que leva em conta as características do vestuário (isolamento e área total), o trabalho realizado pelo corpo (carga de calor metabólico) e as características ambientais (temperatura seca, pressão parcial do vapor d'água no ar, velocidade do ar, etc). Uma forma de expressar esta equação é:

$$M - W \pm R \pm C \pm E_{\text{res}} - E_{\text{vap}} = 0$$

Na qual M é o calor produzido pela atividade metabólica do organismo; W; o trabalho externo realizado pela pessoa; R C, o calor perdido ou ganho pelo corpo por radiação (R) ou convecção (C); E_{res} o calor perdido ou ganho pelo corpo pela respiração, e E_{vap} por perda de calor devido ao processo de evaporação do suor.

Se a equação de equilíbrio térmico não foi zero, o corpo começaria frio ou quente. Assim, através da medição dos parâmetros físicos e aplicando a equação, podemos determinar as condições de conforto térmico em um determinado ambiente. E as roupas que usamos têm uma grande influência sobre ele, sendo uma parte importante de tudo que ocorre na interação pessoa-ambiente.

6. MEDIDA QUANTITATIVA DOS DIFERENTES PARÂMETROS QUE INTERVÊM NO CONFORTO^{12,13}

6.1. MEDIÇÃO DO CALOR METABÓLICO

A produção de calor metabólico pelo ser humano cresce em proporção a sua atividade e se expressa em "Met" (1 Met = 58,2 W/m² de pele = 50 kcal/h·m²).

Por exemplo, em repouso uma pessoa pode gerar aproximadamente 56 W/m², (0,96 Met), dormindo 42 W/m²(0,72 Met) e quando está exercendo um grande esforço físico 350 W/m² (6 Met). O calor deve ser eliminado para que a temperatura corporal não ultrapasse alguns limites, e, às vezes o suor não é suficiente.

6.2. OUTROS PARÂMETROS

Podemos considerar três:

- O isolamento térmico (ou resistência térmica): Rct. Quando Rct é alto, o tecido é um bom isolante térmico, apto para baixas temperaturas.

- A resistência ao vapor de água: Ret. Quanto mais baixo for o valor, menor será a resistência que opõe o tecido à difusão do suor em forma de vapor, o que implica uma alta transpirabilidade.

- O índice de permeabilidade ao vapor de água relaciona as duas variáveis anteriores, já que o caso ideal é aquele que proporciona o maior isolamento com a menor resistência ao vapor de água. Esse índice é proporcional ao coeficiente entre Rct/Ret e é pouco utilizado.

O cálculo desses três parâmetros se baseia na norma europeia EN 31092, equivalente à ISO 11092.

O isolamento térmico da roupa pode expressar-se em unidades do S.I., em m²·K/W. No entanto, uma unidade muito utilizada é o "clo" (de *cloth*). A relação entre ambas é: 1 clo = 0,155 m²·K/W. 1 clo expressa o isolamento térmico proporcionado pela roupa para que uma pessoa em repouso, com um metabolismo aproximadamente de 210 kJ/m²·h, se sinta confortável durante um período de tempo indefinido, a 21°C de temperatura ambiente em uma sala ventilada (v = 10 cm/s) e com U.R. = 50%.

Assim, o isolamento térmico de um corpo nu seria de 0,0 clo, e o de um corpo vestido com um traje formal seria 1,0 clo.

Podemos dizer que quanto mais frio faça, maior será o número clo (mais roupa se deverá vestir) para sentir-se confortável e vice-versa. Um traje apropriado para o muito frio tem um valor entre 3 e 4 clo. Outra unidade de isolamento térmico é o "tog" (1 tog = 0,645 clo). Os valores clo de uma das unidades de cada peça vestida por uma pessoa são aditivos.

A resistência ao vapor de água (transpirabilidade) mede-se em Ret. Como exemplo, na tabela a seguir apresentam-se valores de resistência ao vapor de água e sua possível classificação como materiais transpiráveis. A tabela só é válida para tecidos laminados ou recobertos e se fundamenta na avaliação subjetiva de alguns tecidos do mercado. Os valores da tabela podem variar muito para outros tipos de tecidos.



Tabela 1. Alguns dados para tecidos laminados

Ret (m ² Pa/W)	Transpirabilidade
Ret < 6	Muito Alta
6 < Ret < 12	Alta
12 < Ret < 20	Bom
Ret = 20	Limite

7. MATERIAIS DE ISOLAMENTO PARA O CONTROLE DE TEMPERATURA¹⁵

A resistência oferecida pelos tecidos à passagem de calor em qualquer direção é de grande importância para o conforto térmico das pessoas. Em todos os casos, é conveniente que os tecidos isolantes controlem também a umidade, ainda iremos comentar mais sobre o isolamento térmico a seguir. O principal propósito do isolamento é prevenir a perda de calor, atrapalhando um volume de ar imóvel (quanto mais, melhor) que atua como barreira térmica. Isso pode se fazer com fibras naturais ou sintéticas, com um sistema de camadas de tecido, ou refletindo o calor radiante do corpo, ainda que na atualidade há também outras possibilidades, como veremos a seguir.

Então, podemos falar de três métodos para o controle da temperatura pela roupa: - Usando materiais isolantes, que permitam uma redução do peso porém mantendo a eficiência da roupa. Ou com peças com uma camada interior de tecido isolante e leve e uma camada exterior resistentes as variações do tempo, tal como o "forro polar".

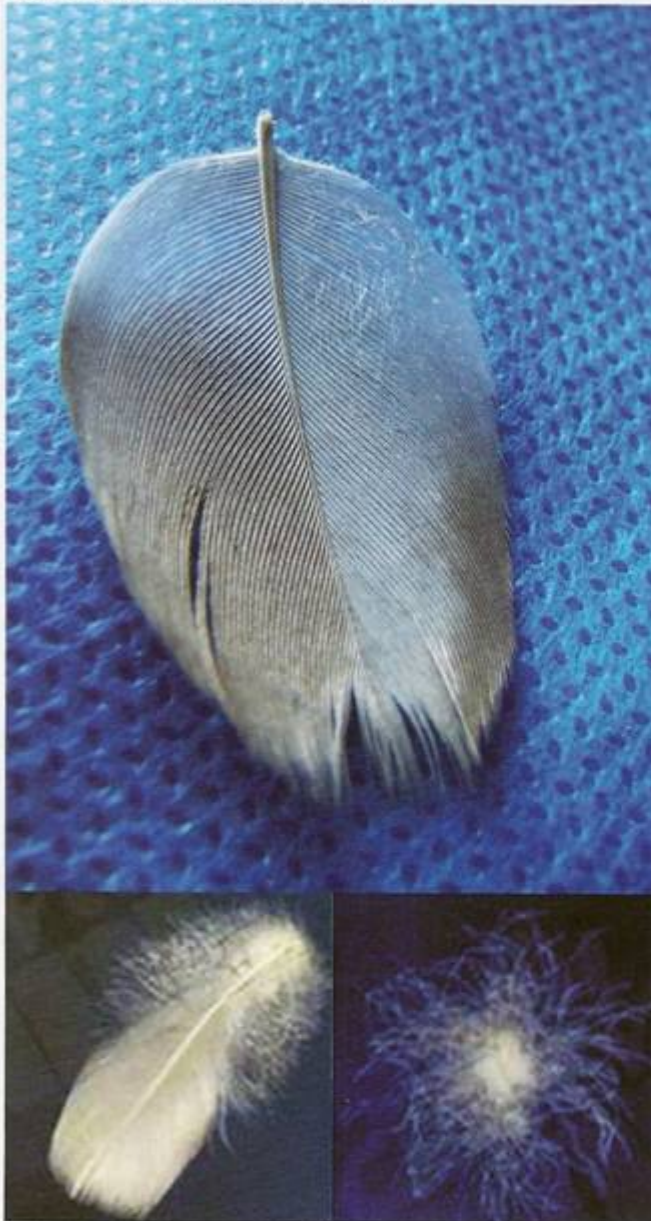
- Usando tecidos adaptados para o controle da temperatura do corpo (PCMs). As PCMs absorvem o excesso de calor, o armazenam e desprendem esse excesso em função das necessidade de calor de cada pessoa.

- Usando dispositivos eletrônicos adaptáveis à roupa. Têm que ser pequenos e flexíveis, integrados discretamente na roupa e que não afetem no conforto.

Figura 2.- Valores de isolamento da roupa¹⁴

Isolamento para toda a roupa:	I_{cl}	$\sum I_{clu}$
	0.19	
+		
	0.14	
+		
	0.11	
+		
	0.02	
+		
	<u>0.02</u>	
	0.38	
	0.28	
	0.25	
	0.04	
	0.25	
	0.05	
	<u>0.04</u>	
	0.91	

Figura 3. Plumaz e penas das aves.16



7.1. MATERIAIS ISOLANTES

7.1.1. Materiais de isolamento naturais e sintéticos

Entre os melhores materiais de isolamento natural estão as "plumas" (Figura 3, esquerda). São agrupamentos de suaves e esponjosos filamentos, que constituem a primeira camada de plumas de gansos, patos e outras aves aquáticas e que servem para as manterem quentes. Seu comportamento é excelente, mas deve-se ter muito cuidado com relação ao excesso de umidade, porque diminui a capacidade de isolamento.

Os materiais de isolamento sintéticos são os mais utilizados e compõem-se principalmente de poliéster e num bom número de casos fibras ocas. As principais vantagens das fibras sintéticas em relação às fibras naturais é manter o calor mesmo que estejam úmidas e secam relativamente rápido. Também são mais econômicas que as fibras naturais e podem se considerar hipoalergênicas.

Podemos citar alguns exemplos de produtos sintéticos, como *Polarguard 3D fibre* (Figura 4)¹⁷, da *Invista*. É uma fibra oca de PES, de secção triangular, filamento contínuo e muito

fina, o que a torna flexível, maleável e leve. Mantém o isolamento térmico mesmo em condições úmidas.

Outra seria a *Meryl Nexten fibre*¹⁸, da *Nylstar*, microfibrã oca de poliamida. Proporciona 25% a mais de isolamento que as fibras de PA convencionais e é de 20% a 30% mais leve, coleta e transferência de umidade para a superfície dos filamentos.

Figura 4. Fibras de Polarguard¹⁷ e Meryl Nexten¹⁹, respectivamente



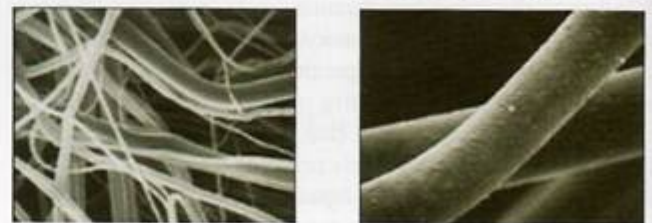
7.1.2. Tecidos flanelados sintéticos para isolamento (Fleece fabrics)

Devido a essa denominação, existem mais de 300 estilos diferentes de tecidos, com diversas composições e acabamentos. Um dos mais populares artigos para roupas de esqui é um tecido de *velour* flanelado feito de fibras de poliéster. Tem bolsas de ar que retêm o calor do corpo. Os tecidos são leves, quentes, transpiráveis, resistentes ao odor causado por bactérias e, também, ao *pilling*. Secam rápido.

Um exemplo destes tecidos flanelados é a série *Polartec® Fleece*, composta por jaquetas, coletes, etc. Outro exemplo é o *Thinsulate Insulation 20*, da 3M, feito de microfibras, com um diâmetro menor de 10 microns, que permite uma maior densidade de compactação e agrega uma maior quantidade de ar.

Segundo a 3M, o *Thinsulate* proporciona 50% a mais de calor que as plumas para a mesma espessura e resiste a repetidas lavagens em máquina e ciclos de secagem sem mudar as características de isolamento.

Figura 5. Thinsulate insulation, de 3M (esquerda) em comparação com a fibra oca de poliéster de 6 deniers (direita)²¹.



7.1.3. Aerogel

São materiais de baixa densidade, que derivam dos géis, em que se substitui o componente líquido de gel por gás (em inglês também conhecido como "frozen or solid smoke").

Os aerogéis são leves e frágeis, mas são considerados ótimos isolantes, reduzem as transferências de calor por R-C-C, com um mínimo peso e espessura, o que implica menor gasto de material, podem resistir a altas temperaturas, etc.

A *Aspen* fabrica dois aerogéis para uso em artigos têxteis: *Polar Bear* e *Spaceloft*.

Figura 6. Produtos comerciais que utilizam aerogel



tecidos impregnados de aerogel (Aspen)

Jaqueta de aerogel absolute zero

7.2. MATERIAIS DE MUDANÇA DE ESTADO (PHASE CHANGE MATERIALS, PCMS)^{24,25}

No caso mais geral, a atuação dos materiais de mudança de estado divide-se em três etapas:

- 1) absorção;
- 2) armazenagem;
- 3) liberação de calor.

Existem mais de 100 materiais com mudança de estado, no entanto nas, PCMs, as parafinas são microencapsuladas, e no interior das fibras, através de um acabamento na superfície do tecido ou por espumas.

Segundo pesquisas recentes, ao incorporar PCMs em peças de roupa para praticar exercícios, a condensação do suor foi 33% menor em comparação com roupas sem PCMs. O teste foi feito medindo a umidade dentro das peças em teste.

A *Outlast Viscose* foi desenvolvida em 2005, por *Outlast e Kelheim Fibres*. A fibra originada é muito absorvente, antiestática e fácil de tingir. Em 2007, foi aplicado esse tipo de fibra para roupa íntima sem costura.

Figura 7. Microcápsulas PCM aplicado como acabamento (esquerda) e 27 Outlast Viscose (direita).



7.3. DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS ADAPTÁVEIS À ROUPA (E-TEXTILES)

Os chamados e-têxteis são produzidos pela integração de dispositivos eletrônicos para regular a temperatura da roupa e, conseqüentemente, do corpo. Podem servir para esquentar ou para esfriar o corpo. Até o momento as técnicas de refrigeração são caras e pouco úteis. O *Polartec Heat*, da *Polartec Heat Technology*, é um sistema integrado na roupa para gerar calor e regular a temperatura em vestuário específico para o frio. Tem painéis calefatores flexíveis feitos com fibras condutoras microscópicas (1 em figura 8) e uma bateria íon Lítio recarregável (2 em Figura 8). São colocados entre o exterior e o forro da peça. O sistema não afeta a integridade do tecido, tampouco a transpirabilidade, conforto ou a lavabilidade em máquina. Para lavagem, os dispositivos eletrônicos são facilmente removidos.

Figura 8. Polartec Heat Technology



7.4. OUTROS DESENVOLVIMENTOS DE INTERESSE

7.4.1. Tecidos que incorporam prata

A prata tem excelentes propriedades de transferência de calor, que influi na regulação da temperatura. Essa transferência de calor é lenta, com isso, a roupa conserva calor por mais tempo.

A prata é também capaz de refletir ao corpo parte do calor emitido pela pele e, assim, manter o corpo quente e acelerar a evaporação da umidade nos tecidos.

A prata ainda é capaz de descarregar a eletricidade estática, proporcionando uma maior comodidade e também é um bom antibacteriano.

Entre os desenvolvimentos que incorporam prata aos têxteis, o *X-Static*[®]29 (*Noble Fiber Technologies*), entre outros. O *X-Static*[®] usa fibras que tem uma camada de prata permanente depositada em sua superfície. Foi desenvolvido para o exército dos USA, depois foi utilizado para a roupa popular, roupa para atletismo, etc., devido as propriedades antimicrobianas e antiestáticas. O *X-Static*[®] também possui propriedades de gestão da umidade quando combinado com materiais hidrofóbicos.

Figura 9. X-Static, de Noble Fiber Technologies



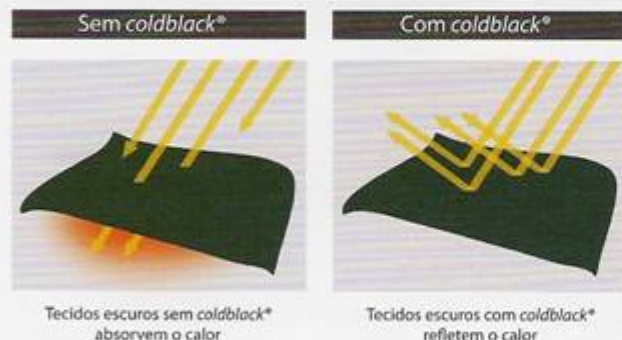
7.4.2. Cores frias³⁰

Sabe-se que cores escuras esquentam mais que cores claras quando expostas aos raios do sol, porque absorvem tanto no espectro visível (luz) como no IR (calor). Um produto comercial interessante é a roupa escura que permanece fria, mesmo sob o sol. *Coldblack*[®] é o resultado de uma estreita cooperação entre *Schoeller* e *Clariant International*. Este é um acabamento de tecidos que pode se aplicar no mesmo

banho de tinta e que influencia na reflexão dos raios Infravermelho, de tal forma que as cores escuras reflitam a luz do sol da mesma forma que as cores claras. Também protegem dos raios UVA (UPF de pelo menos 30).

A Mammüt lançou três novas peças no início de 2009 que usam a tecnologia Cold Black® Schoeller, por isso apesar de sua cor escura, são altamente reflexivas e causam menos calor ao usuário.

Figura 10. Cores frias e Coldblack

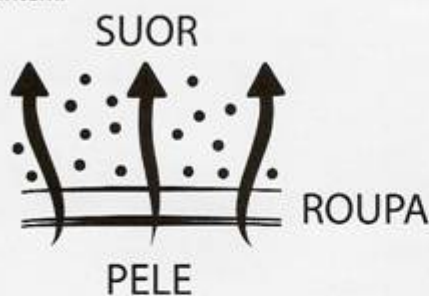


8. A GESTÃO DA UMIDADE NOS TECIDOS³¹

8.1. UMIDADE E TRANSPIRABILIDADE

Atingir o equilíbrio térmico não é suficiente para proporcionar uma sensação plena de conforto. O conforto também é afetado pela quantidade de suor que se evapora e se elimina do tecido pela presença de líquido nas roupas, procedente da chuva, neve ou do suor humano que não foi evaporado nem condensado na roupa.

Se a umidade se evapora pela pele e passa através do tecido, os poros deste permanecem livres, e assim o isolamento térmico se mantém.



Se a umidade não se evapora pela pele, os poros do tecido se enchem de líquido, que substitui o ar, diminuindo a capacidade de isolamento. Os nervos sensores da pele detectam essa umidade produzindo no inverno rigidez, no verão tato pegajoso e, em ambos os casos, desconforto.

8.2. A GESTÃO DA UMIDADE

A gestão da umidade consiste na capacidade dos tecidos para transportar a umidade da pele até a superfície externa da roupa e dispersá-la pelo ambiente, de modo que a pele e a peça de roupa permaneçam secas durante seu uso.

Uma boa gestão da umidade é de grande importância para a regulação da temperatura corporal (termorregulação).

Também reduz a possibilidade de formação de bolhas ou rachaduras na pele, o que pode acontecer quando a pele

úmida pelo suor fricciona muitas vezes contra outras superfícies, por exemplo, a roupa ou o calçado.

O primeiro tecido com a propriedade de gerenciar a umidade foi o Thermolactyl®, da Damart, lançado em 1953 como a "fibra mágica". É uma clorofibra feita com policloruro de vinilo e acrílica³².

Em 1986, Dupont introduziu o CoolMax®, uma das referências nesse mercado. Ninguém duvida que o controle da umidade na roupa está muito relacionado com o conforto, físico e psicológico, e que é cada vez mais valorizado pelo consumidor que está disposto a pagar mais. De fato, os tecidos com gestão da umidade deixaram de ser exclusivos para esportes, exercícios físicos ou roupas antichamas, e são cada vez mais comuns no vestuário cotidiano.

Neste mercado destacam-se, entre outros, os seguintes fabricantes: Invista, Intera, Lenzing, Marmot, Milliken, Nano-Tex, Nike, Polartec, Reebok, Rovyl, Schoeller, etc.

Atualmente o material mais comum usado em sua fabricação é o PES, mas não é o único. Os artigos que gerenciam a umidade estão estendendo suas atividades a numerosos campos de aplicação e, também, estão começando a incorporar nanotecnologias e materiais com memória permanente (*shape memory materials*).

Estes últimos são capazes de ajustar seu tamanho de poro ou sua espessura para facilitar a transmissão da umidade. Existem muitos métodos e normas para calcular a transpirabilidade dos tecidos, o que pode causar certa confusão. Por exemplo, é bastante conhecida a norma BS 3424: Part. 34: 1992 Method 37. Determina a umidade evaporada através de um tecido em comparação com um tecido de referência com o mesmo tratamento.

Outras normas importantes são a BS 7209:1990 e a ISO 15496:2004, que medem a transpirabilidade. Mas uma norma europeia que reproduz bastante bem o sistema de transpiração humano talvez seja a UNEEN 31092:1996.

8.3. MECANISMOS DE TRANSPORTE DA UMIDADE E FATORES QUE O AFETAM³³

Nas estruturas têxteis, os capilares entre fibras são os responsáveis por transportar a umidade. A ação capilar depende do diâmetro e da energia superficial. Esta última pode ser modificada de acordo com o acabamento do artigo.

Quanto menor é o diâmetro dos capilares, maior é seu número (fibras mais juntas, p.e. microfibras), ou quanto maior seja a energia superficial, maior é a tendência de um líquido se mover através dos capilares.

Entre os fatores que afetam o transporte da umidade estão os seguintes:

- Tipo de fibra:

As que absorvem pouca umidade e eliminam mais rapidamente regulam melhor a temperatura do corpo, melhoram a atuação dos músculos e retardam o cansaço.

- Diâmetro de fibra:

Quanto mais finas melhor, porque é maior a densidade de compactação e aumenta o número de capilares.

- O tipo de tecido:

Tecido plano, não-tecido ou malha.

- Peso ou espessura do material:

Quanto maior a espessura, mais umidade absorve.

- Presença de tratamentos químicos de acabamento.



8.4. APLICAÇÕES DOS TECIDOS QUE GERENCIAM A UMIDADE

Hoje em dia a gestão da umidade está sendo combinada com outras propriedades, tais como antichamas, resistência ao vento e à água, etc., sendo incrementados os benefícios dos tecidos transpiráveis.

Algumas aplicações são:

- **Roupa esportiva:** principalmente tecidos leves em contato com a pele, que devem eliminar o suor e secar rapidamente. Hoje dia são feitos acabamentos antimicrobianos, entre outros.
- **Roupa para exercícios:** devem ser confortáveis, manter o calor corporal e ser resistentes ao vento, a água, e realizar uma boa gestão de eliminação da umidade. São adequadas as membranas microporosas e alguns acabamentos.
- **Roupas antichamas:** em tecidos ignífugos, é fundamental uma boa gestão da umidade, para evitar problemas de concentração, câimbras musculares e dificuldades na respiração.

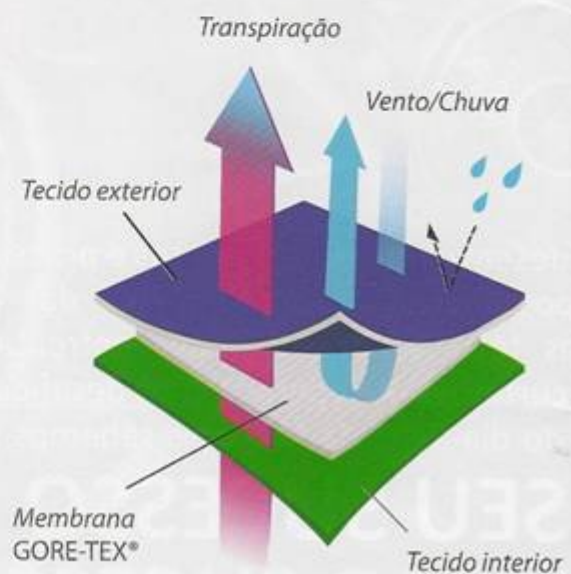
8.5. O SISTEMA DE TRÊS CAMADAS

Nos equipamentos esportivos, uniformes para policiais ou para exército, etc., é frequente colocar um sistema de três camadas. A primeira camada está próxima à pele, é um forro. Deve-se eliminar de forma rápida e eficiente o suor que, em forma de vapor, deverá se mover até a seguinte camada, com condensação mínima e sem alcançar a saturação.

A segunda camada, ou camada do meio, deve ser considerada como uma continuação da primeira e seguir movendo até o exterior o suor absorvido pela primeira camada. Ao mesmo tempo que sofre uma boa ventilação no verão, e proteção contra o frio no inverno. As membranas impermeáveis, transpiráveis e resistentes ao vento são uma boa solução. Outras possibilidades são as camadas isolantes, por exemplo, no tecido de PES.

A terceira camada deve ser resistente, impermeável à água, à prova de vento e também transpirável.

Figura 11. Tecido transpirável com três camadas com membrana Gore-Tex³⁴





A regulação térmica corporal é importante para a comodidade. Comprovou-se, inclusive, que a alta temperatura basal afeta a tomada de decisões das pessoas.

8.6. ALGUNS PRODUTOS PARA A GESTÃO DA UMIDADE

Entre as marcas comerciais mais conhecidas está o *Coolmax*³⁵, da *Invista*³⁵, que é um tecido hidrofílico e leve, feito de fibras de poliéster com 4 ou 6 canais e uma seção transversal especial, com quatro ou seis canais (figura 12), que aumenta a absorção da umidade e a empurra para fora da pele. Segundo seu fabricante, a família *CoolMax*³⁶ de fibras com propriedades de gestão da umidade garantem a sensação de frescor e de estar seco em qualquer situação, com três variedades de acordo com a sua aplicação prevista.

Figura 12. Fibra com quatro³⁶ (esquerda) e com seis³⁷ canais (direita) de *Coolmax*³⁶



A funcionalidade do tecido *Coolmax*³⁶ é permanente com relação a sua transpirabilidade, devido ao formato ondulado das fibras que a compõem. O *Thermolite*³⁸, também da *Invista*, é um tecido de poliéster de peso leve que combina isolamento térmico com gestão da umidade. Utiliza fibras ocas, que retêm calor e incrementam a área superficial, que permite uma evaporação mais rápida.

Segundo seu fabricante, seca até 20% mais rápido que outros tecidos isolantes e até 50% mais que o algodão.

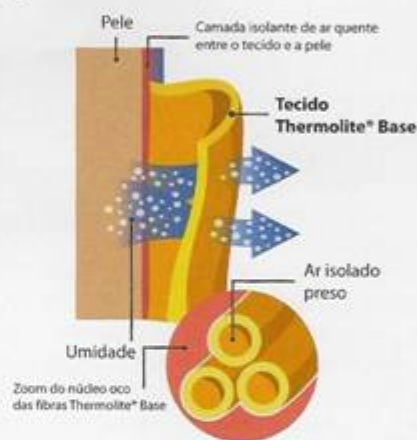
Existem várias classes de *Thermolite* de acordo com a sua aplicação prevista. O *DriClima*³⁹, da *Marmot*³⁹, oferece várias

possibilidades com fibras de poliéster de diferentes diâmetros e texturas, que facilitam e estimulam a ação capilar para mover a transpiração da pele humana à superfície externa do tecido.

Nos tecidos de *Intera*⁴⁰, são aderidas moléculas hidrofílicas à superfície de fibras hidrofóbicas, atraindo a umidade para a superfície e a evaporando, além de eliminar o odor produzido por microrganismos.

O *Tencel*⁴¹, nome comercial do *Lyocell*, é feito por *Lenzing* a partir da polpa de celulose da madeira e combina a capacidade de absorção das fibras naturais com a durabilidade das sintéticas. Tem nanofibrilas que fazem que seja até 50% mais absorvente que o algodão, mas também transporta bem a umidade até separá-la da pele. Os tecidos que contêm *Tencel* são utilizados para roupas esportivas, vestimenta ativa, meias e roupas de cama. A partir de 2007 começou a combinar *CoolMax*³⁶ com uma porcentagem minoritária de *Tencel*⁴¹.

Figura 13. Fibras ocas de *Thermolite*³⁸



O *Lenzing FR*⁴² é uma fibra de viscose retardante de chama e tem peso leve; tem também boas propriedades de gestão da umidade. Diz o fabricante que a roupa com mescla de *Lenzing FR*⁴² é mais confortável que as de fibras de 100% aramida, absorve melhor a umidade e transpira bem. Além disso aplicando a norma ISO 9151, foi comprovado que tecidos feitos com 50% *Lenzing FR*⁴² e 50% aramida têm melhores propriedades que as de 100% aramida⁴². *Lenzing FR*⁴² se aplica em roupa com proteção antichama, roupas militares, para empresas elétricas e indústria petroquímica, quando se trabalha com metais fundidos, e tapeçaria para trens, aviões, etc.

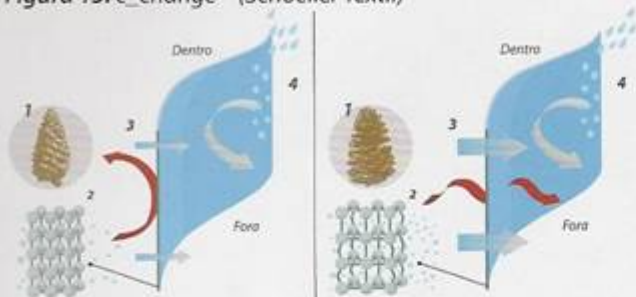
O chamado *c_change*⁴³, da *Schoeller Têxtil* (figura 15)⁴³ é uma membrana bioclimática, resistente à água e ao vento. A *Schoeller* diz que a membrana se adapta às mudanças de temperatura e umidade da pessoa e que reproduz o efeito pinha, isto é, que se abre ou se fecha como resposta às condições atmosféricas. Desse modo, ajuda a regular a umidade e a temperatura do corpo.

Figura 14. Fibras de *Tencel*



A membrana é hidrofílica e reage quando a temperatura ambiente se eleva ou quando o calor corporal produz um aumento de umidade pelo suor (figura 15, direita). Tem uma estrutura de polímero flexível que se ajusta para aumentar a transferência de umidade. Quando a temperatura do corpo cai, a estrutura do polímero retorna a sua condição original (figura 15, esquerda).

Figura 15. *c_change™* (Schoeller Têxtil)

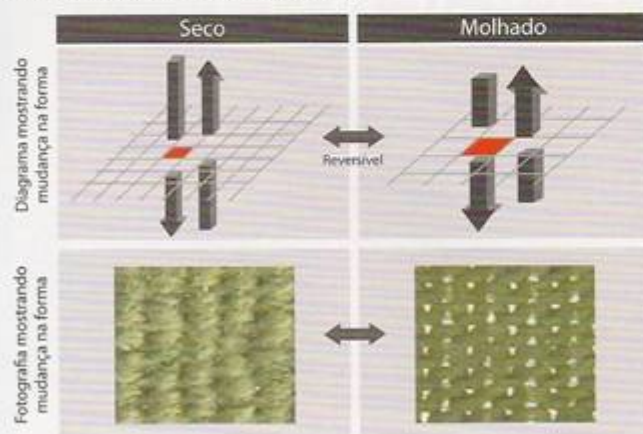


A Teijin Fibers desenvolveu a MRT Fiber (Moisture Responded Transformable Fiber). É uma fibra de poliéster com auto-regulação, desenvolvida para roupas esportivas e que, em conjunto com a Nike, foi usada no lançamento da inovadora Nike® Sphere React, da Nike (figura 16)⁴⁴.

Quando o tecido é seco (esquerda), os espaços entre as fibras e os fios são mais fechados, enquanto o tecido reage ao suor tornando os espaços abertos (direita)⁴⁴.

Existem muitos outros produtos com gestão de transpirabilidade, entre os que podemos citar Dryline® da Milliken, Pertex® da Mitsui&Co, Nano-Dry® da Nano-Tex, Dri-Fit® da Nike, Polartec Power Dry® fabrics da Polartec, Hydromove® da Reebok, Dryskin® e o 3XDRY® da Schoeller, etc.

Figura 16. Moisture Responded Transformable Fiber (Teijin) para Nike Sphere React Cool (Nike).



9. AJUSTE DA ROUPA^{45,46}

Para ser confortável, entre outras coisas, uma roupa deve ajustar-se adequadamente à parte do corpo que cobre e o tamanho deve ser também adequado. Ademais, as condições de contato entre o tecido e o corpo devem ser satisfatórias, tanto física como psicologicamente.

Um ajuste inadequado pode restringir o fluxo cardiovascular, causar irritação da pele e modificar as condições de temperatura ou de umidade.

Os sistemas para determinar os tamanhos se baseiam em dados estatísticos, de forma alcançar o ajuste satisfatório em um maior número de pessoas, entretanto a economia de produção exige o menor número possível de tamanhos. Mas também há que dizer que, nos segmentos de mercado de alto poder aquisitivo, o tamanho hoje em dia tende a uma personalização.

Denton cita quatro parâmetros mecânicos de desenho de uma roupa que afetam o conforto: peso, mobilidade, pressão na superfície do corpo e ventilação. Ademais, estão os efeitos psicológicos.

Assim, a roupa não deve ser muito pesada e deve permitir a mobilidade. Nesse sentido, perguntamos-nos: uma roupa ajustada pode ser confortável? A resposta é sim, sempre que sua elasticidade permita um movimento fácil (fios elastômero ou similares em sua composição). Além disso, a roupa deve manter o ajuste correto ao corpo, com uma pressão adequada sobre a pele inclusive quando o tecido está submetido a tensão (p. ex., roupa esportiva, militar, etc.)

Deve-se levar em conta as pessoas doentes ou incapacitadas. Nesses casos não somente há que, procurar a comodidade de uso, mas também a facilidade de colocar e tirar, não amarrotáveis, pouco inflamáveis, de fácil manutenção, e esteticamente aceitáveis.

Também é importante levar em conta que a roupa, durante o uso, pode sofrer modificações dimensionais que alteram o tamanho e, por tanto, o conforto. Por exemplo, está comprovado que o encolhimento é uma das causas de maior insatisfação dos usuários. Por isso, é conveniente realizar testes normalizados prévios nos tecidos, principalmente no tocante à lavagem, lavagem a seco, ferro de passar, etc. É preciso pensar no conforto de uma roupa desde a criação do artigo até o final de sua fabricação.

10. CONCLUSÕES

Os avanços das fibras, dos tipos de tecidos e dos acabamentos têm feito que a roupa tenha cada vez melhores propriedades funcionais e que seja mais confortável.

Os fabricantes de roupa esportiva e para atividades ao ar livre buscam a melhor funcionalidade de seus artigos, buscando conseguir principalmente tecidos que gerenciem o isolamento térmico e a umidade. Esses avanços foram o motor para desenvolvimentos posteriores que se espalharam para outros setores, inclusive a moda.

No entanto, deve notar-se que o setor de tecidos que gerenciam a umidade deu um salto importante com as microfibras. A partir de agora é bem possível que as nanofibras proporcionem um novo impulso.

Com a popularização dos tecidos inteligentes, haverá cada vez mais roupas que respondam ativamente às mudanças nas condições climáticas e meio-ambientais.

Os tecidos funcionais são usados já em numerosos setores, como os de atividades ao ar livre, roupa profissional, tecidos para uniformes, etc. O crescimento de sua utilização parece não haver mais como frear.

11. AGRADECIMENTOS

À ABQCT por me convidar, em novembro de 2009, para dar palestras em São Paulo e Blumenau, cujos conteúdos são a base deste artigo.

Referências Bibliográficas

Edição 100

Tecnologia Tecidos funcionais (página 6)

[1] Sánchez, Javier R., "El confort en la vestimenta". Revista de la Industria Textil, Nº 436, Marzo 2006, 55-65 [2] <http://www.noticierotextil.net/noticia.asp?idnoticia=95300> [3] Wool Clips: News and Trends from the American Wool Council; Fall 1999, Nº 1; <http://www.americanwool.org> [4] Chávez F. J., "Zona variable de confort térmico", Tesis Doctoral, U.P.C., Barcelona 2002 [5] Sánchez, Javier R., "El confort...", Op. Cit. [6] Slater K., "Comfort properties of textiles", Textile Progress, The Textile Institute, Vol. 9, Nb 4, 1977, 1-5. [7] López, Jordi, "La gestión del sudor en los uniformes de la policía"; Revista de la Industria Textil, Nº 456, Marzo 2008, 33-38 [8] Kvisgaard B., "Thermal confort", INNOVA Air Tech Instruments, Denmark, 1997. (edición electrónica y traducción de M. M. Monroy, 2000). [9] Mondelo, R. Temas de ergonomía y prevención, Ediciones de la U.P.C., Barcelona, España, 2001 [10] Muñoz, R., "Medición del confort a través de la transpirabilidad y el aislamiento térmico de los materiales"; Técnica Textil Internacional, Nº 4-5, 2006, 20-22. [11] Sánchez, Javier R., "El confort...", Op. Cit. 59. [12] Muñoz, R., "Medición del confort a través de la transpirabilidad y el aislamiento térmico de los materiales"; AITEX Review, Julio 2006, 8-11. [13] Asepoyo (Mútua de Accidentes de Trabajo), "Confort térmico", Prevención, Documentación técnica. Mayo 2005. [14] www.lumasense.dk/.../Thermal_Comfort_Booklet_Spanish.pdf; pág. 29. [15] Performance Apparel Markets, "Temperature control fabrics", 2nd quarter 2007, 31-70. [16] <http://www.colchones-online.com/imagenes/reportaje-plumon-pluma.jpg> [17] <http://www.polarguard.com/3d.htm> [18] <http://www.inteletex.org/FeatureDetail.asp?PubId=&NewsId=1302> [19] <http://www.textileweb.com/product.mvc/Meryl-Nexten-0001?VNETCOOKIE=NO> [20] http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Thinsulate_Insulation/Homepage/ [21] http://www.surplu-sandadventure.com/images/page/thinsulate_facts.gif [22] http://img2.wiredvision.jp/news/news/images/full/aerogel1_f.jpg [23] <http://www.sti.nasa.gov/tto/spinoff2001/images/74.jpg> [24] Sánchez Martín Javier R., "Os tecidos inteligentes e o desenvolvimento tecnológico da industria têxtil". Química Têxtil (ABQCT), Nº 88, 2007, 38-51. [25] Ovejero, J.B.; Robredo, C.; Sánchez, Javier R. et al., "Caracterización de las microcápsulas de cambio de fase". Revista de Química Textil (AEQCT), nº 189, 2008, 41- 47. [26] <http://www.outlast.com/> [27] http://www.outlast.com/fileadmin/user_upload/press/press_release_pdf_files/Outlast_Viskose_gb.pdf [28] <http://www.polartechheat.net/technology.asp> [29] <http://www.x-staticfiber.com> [30] <http://www.outdoorsmagic.com/news/article/mps/uan/5439> [31] Performance Apparel Markets, "Moisture Management fabrics", 1st quarter 2007, 20- 51 [32] <http://www.damart.com.au/AboutUs.aspx> [33] Performance..., Moisture Management..., 25-26 [34] <http://www.indusec.es/Fotos%20Doc/conmembrana.jpg> [35] <http://www.coolmax.invista.com> [36] http://www.reliancespinning.com/PRODUCT/COOLMAX/coolmax_files/4%20CH.jpg [37] <http://www.job-wear.com/articulo/1532> [38] http://www.socksocity.co.uk/files/image/tech_terms/thermolite%20fiber.jpg [39] <http://www.marmotmountain.com/driclimate.htm> [40] <http://www.inte-racorp.com/advantages.html> [41] http://eartheasy.com/wear_tencel.htm [42] <http://www.lenzing-fr.at/index.php?id=72&L=1> [43] Schoeller Textil AG, Press Information, 20/01/2006 [44] <http://www.teijin.co.jp/english/news/2005/ebd050727.html> [45] Slater K., "Comfort...", Op. Cit., 1977, 29-37. [46] Laing, M.R. and Sleivert, G.G., "Clothing, textiles and human performance", Textile Progress, The Textile Institute, Vol. 32, Nb 2, 2002, 6-17