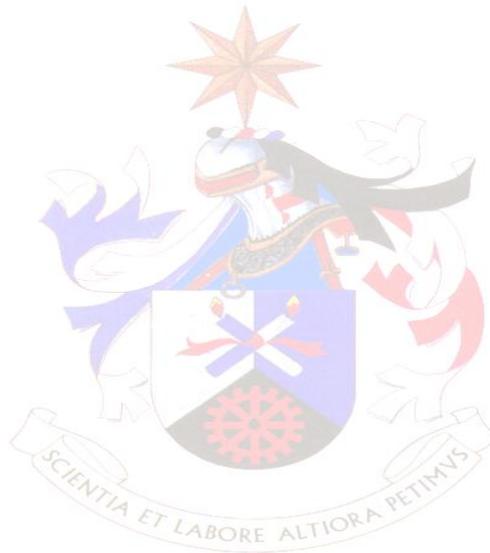


# Universidade da Beira Interior

Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis



## Concepção de estruturas de malha com elevadas capacidades de transferências térmica e fisiológica para aplicação em calçado desportivo

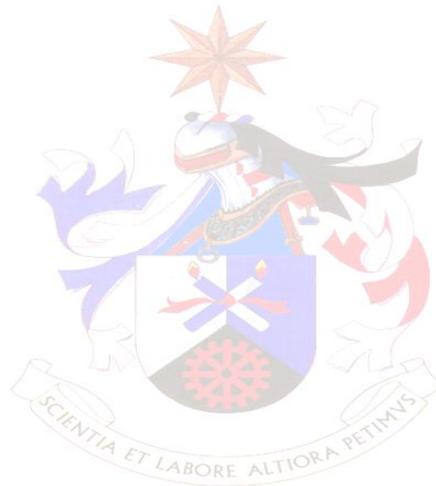
Tese de Mestrado em Engenharia Têxtil

Covilhã, Agosto de 2009

Maria Raquel Figueiredo Bento

# Universidade da Beira Interior

Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis



## Concepção de estruturas de malha com elevadas capacidades de transferências térmica e fisiológica para aplicação em calçado desportivo

Tese de Mestrado em Engenharia Têxtil

Orientador: Professora Doutora Maria José de Oliveira Geraldes

Covilhã, Agosto de 2009

Maria Raquel Figueiredo Bento

## Agradecimentos

Embora este tenha sido um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem nem devem deixar de ser realçados. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que permitiram a concretização deste trabalho de mestrado.

Especificamente, quero agradecer à Professora Maria José Geraldês, orientadora deste trabalho, pela oportunidade e enorme prazer que me concedeu na realização do mesmo. Pela disponibilidade, sugestões, comentário, amizade e minuciosa revisão de texto, assim como todas as correcções, sempre oportunas.

- Ao Professor Lubos Hes pelos saberes e conhecimento científico transmitidos e disponibilidade de equipamento necessário à concretização da componente experimental;
- Ao Sr. Eduardo Jorge pela preciosa ajuda prestada na concepção das diferentes estruturas de malha;
- À empresa Carlom pelo envio de amostras utilizadas como forro de calçado;
- Aos meus colegas e amigos, um especial obrigado pelo apoio, pela crítica e sugestões preciosas.
- Aos meus pais, irmãos e avó que, apesar de distantes, me apoiam e torcem pela minha realização.

*A todos, o meu muito obrigado.*

# Índice

Agradecimentos	i
Índice	ii
Resumo	v
Abstract	vii
<i>Capítulo 1 – Introdução</i>	<i>1</i>
1.1. Enquadramento do trabalho	2
1.2. Justificação do trabalho	4
1.3. Objectivo	5
1.4. Estrutura do trabalho	6
<i>Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica e Estado da Arte</i>	<i>7</i>
2.1. Introdução	8
2.2. A evolução do calçado desportivo	14
<i>Capítulo 3 – Fundamentação Teórica</i>	<i>18</i>
3.1. A fisiologia do corpo humano	19
3.1.1. Interacção Térmica Homem-Ambiente	20
3.2. Definição de conforto	21
3.2.1. Conceitos associados à teoria do conforto	23
3.2.2. Avaliação objectiva do conforto térmico	24
3.2.3. Avaliação subjectiva do conforto térmico	25
3.2.4. Factores que influenciam a remoção de calor do corpo humano	26
3.2.5. Fisiologia do calçado desportivo	28
3.3. O pé humano	29
3.4. O calçado desportivo	32
3.4.1. Design funcional de calçado desportivo	37
3.4.1.1. Materiais funcionais e componentes do calçado desportivo	39
3.4.1.2. Futuras tendências em calçado funcional	42
3.4.1.3. Considerações dos consumidores	43
3.5. Propriedades termofísicas	43
3.5.1. Fluxo térmico (q)	43
	ii

3.5.2. Absortividade Térmica (b)	45
3.5.3. Condutividade Térmica ( $\lambda$ )	46
3.5.4. Difusividade Térmica (a)	46
3.5.5. Resistência Térmica ( $R_t$ )	46
3.5.6. Permeabilidade Térmica	47
3.6. Propriedades Fisiológicas	48
3.6.1. Permeabilidade ao vapor de água	48
3.6.2. Resistência evaporativa	49
3.7. Malhas Funcionais	49
3.6.1. Definição	49
3.6.2. Mecanismos de actuação de uma malha funcional	50
<i>Capítulo 4 – Desenvolvimento Experimental</i>	54
4.1. Planeamento experimental	55
4.1.1. Instrumentação e metodologia utilizada	57
4.1.2. Selecção dos materiais	60
4.1.3. Escolha da estrutura de malha	62
4.1.3.1. Caracterização das estruturas de malha	69
4.2. Procedimento experimental	76
4.2.1. Concepção das estruturas de malha	76
4.2.2. Avaliação do conforto	77
4.2.2.1. Propriedades Térmicas	77
4.2.2.2. Propriedades Fisiológicas	78
4.3. Resultados obtidos	79
4.3.1. Propriedades térmicas	79
4.3.1.1. Estruturas concebidas	79
4.3.1.2. Amostras comerciais	81
4.4. Interpretação dos resultados	83
4.4.1. Propriedades Térmicas	83
4.4.1.1. Estruturas desenvolvidas	83
4.4.1.1.1. Absortividade térmica	83
4.4.1.1.2. Resistência térmica	85
4.4.1.1.3. Condutividade térmica	87
4.4.1.2. Amostras comerciais	90

4.4.1.2.1. Absortividade térmica	90
4.4.1.2.2. Resistência térmica	92
4.4.1.2.3. Condutividade térmica	94
4.4.2. Propriedades Fisiológicas	96
4.4.2.1. Estruturas desenvolvidas	96
4.4.2.2. Amostras comerciais	103
<i>Capítulo 5 – Conclusões e Perspectivas Futuras</i>	<i>105</i>
5.1. Conclusões	106
5.2. Perspectivas futuras	108
Referências bibliográficas	
Webgrafia	
Índice de figuras	
Índice de quadros	
Glossário	
Anexos	
Anexo A - Ensaio no Alambeta no estado seco e no estado húmido à pressão de 1000 Pa	
Anexo B - Ensaio no Alambeta no estado seco e no estado húmido à pressão de 250 Pa	
Anexo C - Ensaio no Permetest nos estados seco, ultraseco e húmido	
Anexo D - ISO 11092 Standard (Textiles - Physiological effects - Measurement of the thermal and water-vapour resistance)	
Anexo E - NP EN 121227 (Têxteis Tecidos. Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões)	

## Resumo

O conforto é hoje em dia uma questão fundamental, muito particularmente ao nível do calçado. Portanto, o desenvolvimento de estruturas a serem usadas como forro, em especial na área do calçado desportivo, é da maior relevância, de modo a assegurar o conforto do pé do seu portador durante o uso.

Se o suor não for transferido da pele para o ar circundante ou para as camadas exteriores do calçado, esta sensação é então interpretada como desconfortável.

Quando cessa a actividade muscular, o interior do sapato começa a arrefecer rapidamente nas zonas mais húmidas levando a uma sensação de frio na zona afectada.

Como tal, o objectivo principal deste trabalho é a concepção e optimização de estruturas de malha com duas camadas, de modo a responder aos problemas de transporte de humidade e de manutenção de uma temperatura óptima do pé, evitando-se a sensação de desconforto e também a formação de microrganismos/fungos.

A construção de uma estrutura deste tipo, dita funcional, assenta no princípio de que a camada em contacto com o pé deve apresentar colunas de laçadas pouco compressíveis, de modo a haver apenas pontos de contacto e não superfícies de contacto entre eles, e entre essas colunas dever-se-á verificar a existência de canais, preenchidos com ar, de forma a acelerar o escoamento de humidade e a permitir um maior isolamento térmico.

As estruturas desenvolvidas tiveram como base a estrutura rib, a partir da qual se derivou para outras, através da introdução de laçadas carregadas, sobre as quais se avaliou os seus desempenhos térmico e fisiológico. Para tal, as propriedades avaliadas a nível térmico foram a condutividade térmica, a resistência térmica e a absorvidade térmica; a nível fisiológico foram a permeabilidade ao vapor de água e a resistência evaporativa. Com essa finalidade, usaram-se respectivamente os aparelhos Alambeta e Permetest.

Fez-se igualmente a avaliação dos desempenhos térmico e fisiológico de estruturas utilizadas a nível industrial em forros de sapatilhas, de modo a poder-se averiguar do desempenho das mesmas comparativamente ao das estruturas desenvolvidas neste trabalho.

Após análise e interpretação dos resultados obtidos, foi possível eleger uma estrutura tipo que melhor cumpre os objectivos e também deste modo, optimizar a largura do canal de separação entre as colunas de laçadas.

Palavras-chave: conforto termofisiológico, calçado desportivo, acomodação, estrutura funcional, transferências térmicas, transferências de massa.

# Abstract

Comfort is nowadays a vital question, very particularly at the case of the shoe. So, the development of structures to be used like footbed, in special in the sportswear area, is of the biggest relevance, in way to set foot's wearer comfort.

If the sweat is not transferred from the skin to the surrounding air or to the exterior layers of the shoe, it will have a discomfort sensation.

When the muscular activity finishes, the interior of the shoe starts quickly to cool down in the wettest areas leading to a sensation of cold in the affected areas.

So, the aim of this work is the conception and optimization of a double layer knit structure, in a way to ensure the humidity transport problems and to maintain optimal foot temperature, avoiding the discomfort sensation and formation of microorganisms / funguses.

The construction of this kind of structure, called functional, suits the beginning of which the layer in contact with the foot must present little compressible loop wales, in way to have only contact points and not contact surfaces between them. Between these wales there shall be present channels, with air, in a way to accelerate the moisture transference and to allow a bigger thermal isolation.

The developed structures have as base the rib structure, from which it was derived to others through the introduction of loaded loops, and their thermal and physiological performances were valued. For such, the thermal properties studied were thermal conductivity, thermal resistance and thermal absorptivity. The physiological properties studied were water vapour permeability and evaporative resistance.

For this purpose Alambeta and Permetest instruments have been used. Simultaneously, the evaluation of thermal and physiological behavior of structures used in footbed shoes industry has been equally done. This way has been possible to compare the thermophysiological behavior between them and the developed structures.

After analysis and interpretation of the obtained results, it was possible to select a structure with better performance and also to optimize the channel width presents between loop wales.

Keywords: thermophysiological comfort, footwear, fit, functional structure, thermal transferences, moisture transferences.

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1. Enquadramento do trabalho

A indústria portuguesa do calçado atravessa actualmente uma fase de consolidação e preparação para novos desafios.

A evolução na cadeia de valor, com a aposta em segmentos de mercado mais exigentes, mas também mais valorizados, é um dos fundamentos essenciais de estratégia desta indústria. A aposta na inovação, como única forma de, a longo prazo, diferenciar a oferta portuguesa e criar valor para o consumidor, é essencial para o conseguir.

A preparação do futuro exige que se intensifique a aposta nos vectores que têm marcado a evolução recente da indústria. A indústria portuguesa de calçado cresceu aberta ao mundo e é preciso, agora, reforçar a sua internacionalização, encontrando-se o calçado português já entre os mais valorizados do mundo. Mas é preciso apostar permanentemente na inovação para consolidar e reforçar essa valorização.

A indústria portuguesa está fortemente especializada no calçado de couro. Este tipo de calçado corresponde a 88% em valor, da produção nacional.

Dentro do calçado de couro, predominam o calçado de senhora (41% do valor) e de homem (31% do valor).

O calçado têxtil é o terceiro tipo de calçado mais vendido com um peso de 7% em volume, mas apenas 3% em valor.

A Europa é por excelência o mercado das exportações portuguesas. A indústria nacional de calçado coloca no continente europeu mais de 90% das suas vendas. Para os EUA, maior importador mundial de calçado, Portugal exporta 3% dos seus produtos.

Adicionalmente, outros tipos de calçado bastante valorizados em termos de desempenho e de procura, são o calçado de segurança e o calçado de desporto

(Fonte: [http://portal.apiccaps.pt:7778/portal/page?\\_pageid=155,1,155\\_64513:155\\_116599:155\\_120635&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.apiccaps.pt:7778/portal/page?_pageid=155,1,155_64513:155_116599:155_120635&_dad=portal&_schema=PORTAL)).

O calçado de desporto, lazer e trabalho está cada vez mais sofisticado. As crescentes exigências em termos de desempenho, conforto e segurança estão a motivar o

desenvolvimento de fibras, tecidos e acabamentos para melhor responder às actuais necessidades do mercado, que faz da inovação a sua bandeira.

A procura de fibras e tecidos especializados para o calçado está a aumentar rapidamente, de acordo com o divulgado por um relatório recentemente publicado pelo Textiles Intelligence, intitulado “Fibres and Fabrics for Performance Footwear”. Segundo o documento, o mercado de calçado especializado pode ser dividido em dois sectores: calçado para desporto e lazer, e calçado de segurança no local de trabalho.

No caso do calçado desportivo, a característica mais importante para o mercado é a capacidade de melhorar o desempenho do utilizador. Em alguns sectores, tais como nas botas de futebol, esta propriedade é considerada por empresas como a Nike e Adidas, mais importante do que o custo. Por consequência, os fabricantes de tecidos são incentivados a desenvolver produtos de elevado desempenho que alarguem os actuais limites em termos de leveza, propriedades de gestão da humidade e aderência.

No caso do calçado para trabalho, um dos principais motores do mercado é a necessidade de responder aos cada vez mais exigentes regulamentos de segurança que regem o local de trabalho. Por esta razão, o desempenho do calçado continua a ser de elevada importância. As estruturas têxteis para este tipo de calçado devem incorporar propriedades ao nível de resistência à chama, propriedades anti-estáticas e termoreguladoras do pé, existindo diversos produtores que utilizam tecidos avançados para assegurar estas propriedades. Uma forma de regular a temperatura do pé, por exemplo, passa por incorporar materiais de mudança de fase, ou PCM.

Algumas exigências de desempenho estão a tornar-se cada vez mais universais, independentemente do calçado ser desenvolvido para o desporto e lazer ou para a segurança no trabalho. Um dos mais importantes requisitos é a gestão da humidade, em que a transpiração é transferida da pele do pé para fora do sapato.

Assim, um dos principais desafios do mercado actual é a produção de fibras e estruturas planares tecnologicamente avançadas, que podem também gerir a humidade, para além de proporcionarem outros benefícios específicos. Para responder a este desafio, o mercado está a afastar-se de produtos naturais, como o couro e lona e a direccionar-se para tecidos fabricados a partir de fibras não-naturais. Os fabricantes estão também a

aplicar revestimentos avançados e novos acabamentos para proporcionar benefícios adicionais, sem prejudicar as propriedades originais do tecido (Fonte: Revista Novatêxtil).

## 1.2. Justificação do trabalho

No início da sua existência, o homem procurou a caverna para se abrigar do sol e da chuva. Intuitivamente, ele aprendia a proteger-se das agressões do meio.

O organismo humano, por meio de um processo evolutivo milenar, desenvolveu uma série de mecanismos que permitem a sua adaptação ao meio com o objectivo de obter o bem-estar.

O bem-estar do homem é um conceito amplo que engloba desde os factores necessários à manutenção da sua saúde física, até aqueles responsáveis pelo seu sentimento de satisfação.

Quando se trata de satisfação com as condições térmicas de um ambiente, então está-se a falar do conforto térmico.

Os primeiros esforços organizados para o estabelecimento de critérios de conforto térmico foram realizados no período de 1913 a 1923. Desde então esse tema tem sido estudado em diferentes partes do mundo, sendo que o grande desafio era encontrar os factores que influenciam na sensação térmica e como eles se relacionam.

As pesquisas mais recentes, desenvolvidas no período de 1970 a 1986, comprovaram que o conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio é influenciado por factores ambientais e pessoais. Assim, há ambientes em que as condições são favoráveis ao equilíbrio térmico do corpo humano e o homem sente-se bem disposto e há outros em que as condições são desfavoráveis, provocam indisposição, diminuem a sua eficiência no trabalho e aumentam a possibilidade da ocorrência de acidentes. (Ruas, A.C., 1999)

Sendo os pés uma das partes mais sensíveis do corpo humano no que se refere ao bem-estar do corpo, a sua protecção e conforto torna-se um aspecto importante no que diz respeito ao conforto humano.

O estudo do conforto do sapato é de grande importância para o desporto, lazer e calçado de trabalho porque, nestas aplicações, o escoamento de humidade ao longo de uma série de horas de trabalho é uma questão fundamental.

Os consumidores de hoje estão preocupados em obter calçado apropriado, bem ajustado e confortável. O calçado mal ajustado acarreta vários problemas para a saúde dos pés (Channa, Witana, Ravindra, Goonetilleke, 2009).

A acumulação de humidade é um problema sério no calçado de desporto usado em clima frio (Lotens, Havenith, 1995).

Assim que cessa a actividade física, ocorre redução da produção de calor metabólico e do isolamento térmico devido à acumulação de humidade junto à pele, o que causará desconforto. É, por isso, importante otimizar a construção das estruturas para maximizar a transmissão de humidade através da estrutura e minimizar a absorção de humidade e condensação dentro do calçado (Huijun, Jintu, 2008).

Neste contexto, surge o presente trabalho no qual se pretende desenvolver um forro em estrutura de malha para aplicação em calçado. O forro deverá contribuir substancialmente para a troca de calor com o ambiente e, simultaneamente, retirar da superfície do pé a humidade produzida pela transpiração, mantendo o pé seco. Tanto os materiais como a estrutura da malha afectarão o desempenho global do forro.

### 1.3. Objectivo

O presente trabalho de investigação tem como principal objectivo desenvolver uma estrutura de malha dita funcional que aplicada como forro de sapato permita maximizar o conforto termofisiológico do mesmo, isto é, as transferências térmicas e de massa entre o pé e o exterior.

Neste sentido, ir-se-á comparar o desempenho das estruturas de malha ao nível do referido conforto.

Assim, para além deste objectivo de âmbito geral, o trabalho envolve ainda as seguintes metodologias para atingir o objectivo:

- Avaliar as principais propriedades termofisiológicas. Na componente térmica pretende-se analisar os parâmetros condutividade térmica, absorvidade térmica e resistência térmica.

Na componente fisiológica serão analisados os parâmetros permeabilidade ao vapor de água e resistência evaporativa.

- Analisar o desempenho de estruturas comerciais utilizadas actualmente em forros de calçado desportivo.

Os valores obtidos para as referidas propriedades permitir-nos-ão aferir do desempenho das estruturas desenvolvidas e seleccionar a que melhor cumpre os fins a que se propõe.

## 1.4. Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em 5 capítulos. No *primeiro capítulo* apresentam-se os objectivos a atingir com o presente trabalho e faz-se o enquadramento e a justificação do mesmo, com base na necessidade de desenvolver produtos de elevado desempenho que alarguem os actuais limites de gestão de humidade, com o fim de contribuírem para aumentar o rendimento do utilizador.

No *segundo capítulo*, denominado revisão bibliográfica e estado da arte, faz-se uma descrição do que existe ao nível da indústria, de projectos e de estudos divulgados, na área do conforto em calçado de desporto. Fala-se ainda sobre a evolução do calçado desportivo.

No *terceiro capítulo* é apresentada a fundamentação teórica a partir da qual o presente trabalho foi desenvolvido, sendo abordado o conforto térmico, o calçado desportivo, as propriedades termofisiológicas e malhas funcionais.

No *quarto capítulo* apresenta-se o desenvolvimento experimental, fazendo referência ao planeamento experimental, selecção dos materiais, escolha da estrutura de malha, procedimento experimental, resultados obtidos e interpretação dos mesmos.

O *quinto capítulo* é composto pela conclusão e perspectivas futuras.

## Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica e Estado da Arte

## 2.1. Introdução

Na sociedade de hoje, a indústria do calçado tornou-se cada vez mais especializada para uma grande variedade de funções. Existem sapatos para a maioria dos desportos, que vão desde corrida ao golfe. A concepção e fabrico de calçado são influenciados pela funcionalidade, mas também pela moda e tecnologia (Li e Dai, 2006).

As características funcionais do calçado de desporto são o conforto, performance, protecção, suporte e absorção do choque. A função primária de todos os tipos de calçado é, sem dúvida, a protecção.

Os sapatos conferem uma protecção firme aos pés, protegendo-os contra lesões e melhorando a performance no desporto (Fonte: [www.Azom.com](http://www.Azom.com)).

A funcionalidade do sapato é obtida através de um correcto design das estruturas superior e inferior do sapato, de uma correcta selecção de materiais e componentes tecnicamente elegidos, de uma correcta construção e apropriada técnica de produção do sapato.

A principal função do pé é servir como base para suportar o corpo e como forma de locomoção. Os nossos pés são, contudo, únicos e exigem requisitos especiais. Um único género de sapato não se adapta a todas as necessidades e, por conseguinte, é difícil fazer uma prescrição geral apropriada para o calçado desportivo. A produção de calçado desportivo está a ser desenvolvida sob encomenda. O design especial de palmilhas (footbeds) é um exemplo de costura em massa. Os grandes atletas optam por calçado feito por encomenda, o que lhe permite uma excelente forma, sendo adequado às características individuais de cada praticante.

A indústria do calçado desportivo produz sapatos competitivos, fashion e com características lucrativas vantajosas. O seu estilo não tem apenas influência no elevado carácter fashion, mas também o design inovador é importante. A revista *Sport Edge* declarou que a moda e a funcionalidade têm-se tornado uma família (Fonte: *Sport Edge magazine*).

Em Portugal, a Lavoro é uma empresa de calçado que tem dedicado todo o seu saber, empenhamento e recursos em conhecer os mais recentes estudos científicos sobre a Podologia (medicina do pé).

Nesta empresa, o conforto e higiene são garantidos através de:

- Pele e forros técnicos como o Sympatex e o Drilex que proporcionam excelente respirabilidade e um isolamento à água excepcional (Fonte: <http://www.lavoro.pt/>).

O Sympatex é uma membrana inteligente, à base de poliéster, que permite a saída do vapor, evitando humidade junto ao corpo, mantendo, no entanto, a chuva e frio afastados. E como não depende de micro furos para funcionar, ao contrário de outras membranas técnicas, não fica bloqueado com a sujidade, não perdendo eficácia ao longo do tempo (Fonte: <http://www.triumphportugal.com/i.aspx?imc=11312&ic=11351>).

- Forro multifuncional. A primeira camada do forro em contacto com o pé absorve a transpiração e mantém o pé seco. A camada intermédia, em algodão natural, funciona como uma camada absorvente e a sua micro estrutura e propriedades fazem a evacuação de líquidos para o exterior do calçado.
- Pele natural. Usada na gáspea, permite uma respiração natural que favorece a ejeção da humidade em forma de vapor.
- Forros em pele natural que permitem maior respirabilidade ao longo do dia.
- CLIMA CORK SYSTEM. É um sistema que permite controlar a temperatura dos pés, dentro do calçado. Consiste na inclusão de uma camada de cortiça, entre a sola e palmilha, isolante do calor e do frio. A cortiça é um material auto-moldável que cria a «impressão digital» do pé, dando-lhe um conforto extra, reduzindo a fadiga pelo facto de suportar e distribuir uniformemente o seu peso total (Fonte: <http://www.lavoro.pt/>).

No âmbito do projecto ShoeMat (onde participam empresas de calçado, empresas de materiais e componentes para calçado e entidades do sistema científico e tecnológico nacional), estão a ser desenvolvidos novos materiais e componentes que irão suportar a inovação e a diferenciação da fileira do calçado, nomeadamente:

1. O projecto Texcal, (Desenvolvimento de têxteis funcionais e de moda para aplicação em calçado), visa fomentar uma dinâmica inter-sectorial com vista ao desenvolvimento de materiais têxteis de origem nacional adequados ao fabrico de calçado, onde se desenvolveram:

- ✓ Forros técnicos termocolantes e auto-adesivos para calçado, com composições facilmente adaptáveis aos requisitos da moda e com boa absorção/desorção de humidade;
- ✓ Materiais de “licra®/licra®” com elevado desempenho funcional e de moda, e com elevadas prestações de qualidade e conforto, colados com poliuretano reactivo (PUR’s), pelo sistema de colagem implementado no decurso do projecto;
- ✓ Materiais para o interior e exterior de calçado respiráveis e impermeáveis com membranas aplicadas por recurso a PUR’s e ao novo sistema de colagem.

2. O projecto Termoconfort (Materiais para conforto térmico do calçado) onde se procura melhorar o conforto térmico de artigos de calçado.

O conforto térmico será implementado através da aplicação de microcápsulas de materiais que mudam de fase (PCM) e regulam a temperatura, mantendo-a no patamar dos 28°C. Para a aplicação destes micropcm está a ser desenvolvido um suporte adequado e compatível, com os artigos de calçado e o respectivo processo de aplicação. Até ao momento, os ensaios realizados em laboratório indicam que é necessário prosseguir com o desenvolvimento para obter um material com possibilidades de ser utilizado industrialmente. Os testes com as cápsulas aplicadas à escala laboratorial indicam que em determinadas condições estas promovem a manutenção da temperatura no interior do calçado.

Nas figuras seguintes mostram-se alguns dos sistemas de teste do CTC utilizados nas avaliações do calçado, contendo os materiais com as microcápsulas.

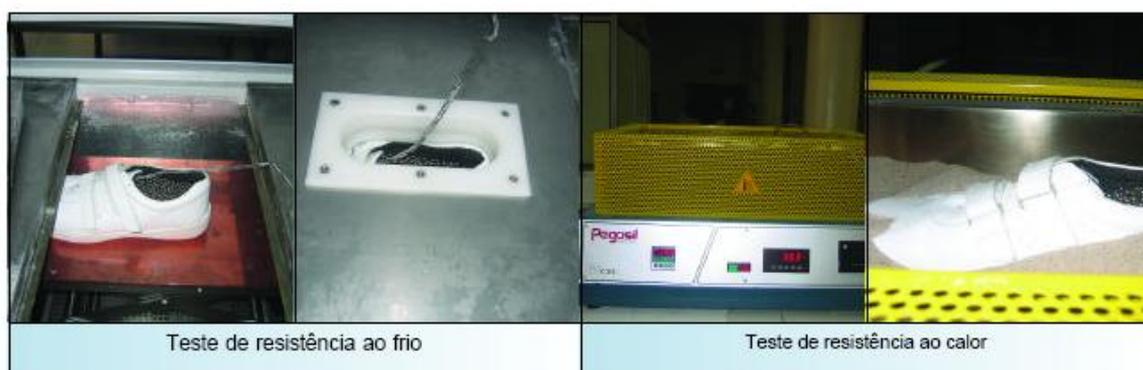


Fig. 2.1 – Testes CTC para avaliação do calçado.

Na literatura existem valores de referência para a temperatura e humidade relativa de conforto do pé. Para que o utilizador se encontre em condições de conforto, o pé deve manter-se a uma temperatura entre 28°C e 32°C, enquanto que a humidade relativa deve permanecer num intervalo de 40% a 70%

(Fonte: [http://www.ctcp.pt/imagens/galeriamedia/ShoeMat\\_2ano.pdf](http://www.ctcp.pt/imagens/galeriamedia/ShoeMat_2ano.pdf)).

O CITEVE, a NIMCO e a MICROPOLIS estão a desenvolver em conjunto um projecto que visa a aplicação de microcápsulas de PCM (Phase Change Materials), a materiais utilizados como forros para calçado patenteado em nome da NIMCO, com o objectivo de obtenção de um maior conforto térmico.

Unem-se assim os esforços de uma empresa que se dedica à produção e comercialização de calçado ortopédico, semi-ortopédico e conforto (NIMCO), uma empresa detentora de competências na área das microcápsulas e respectivos processos de fabrico, aplicação e fixação (MICROPOLIS) e o know-how e capacidade de desenvolvimento tecnológico do CITEVE (Fonte: <http://www.adi.pt/sectores%20de%20actividade/projectos/microcap.htm>).

Também a Universidade do Minho desenvolveu um forro confortável para calçado desportivo.

Foram estudadas três estruturas que combinam diferentes matérias-primas (fibras de soja, fibras de bambu, fibras de milho, algodão, poliéster e polipropileno). Foi

testado em laboratório a sua absorção de vapor de água e permeabilidade ao ar, entre outros parâmetros físicos. Realizaram-se testes com um manequim térmico para medir o seu isolamento térmico (Neves, Cunha, Teixeira e Lobarinhas, 2006).

De momento não há um método de ensaio de laboratório estabelecido para predizer o transporte e eliminação de humidade para todos os sapatos. Durante os últimos anos, a TNO (Netherlands Organization for Applied Research) desenvolveu um método de classificação para o conforto de todos os sapatos (WSCR método). Usando esse método, a captação de vapor de água e a permeabilidade de um sapato pode ser medido em laboratório.

No passado, a TNO desenvolveu um testador de conforto (1977; Langerwerf e Luijten 1979) onde ar com um volume relativamente elevado de vapor de água à pressão de 42 mbar e uma temperatura de 35° C era circulado através do interior de um sapato.

Este testador de conforto poderá ser aplicado igualmente à secção onde assentam os dedos do pé, ou para todo o sapato. Desta forma, foram estudadas a influência das diversas partes do calçado e dos materiais utilizados para a sua construção na transmissão de vapor de água (Luijten, 1983).

Uma das principais desvantagens deste método de ensaio é a de que a preparação da amostra é muito morosa.

Mais recentemente, os manequins térmicos tornaram-se populares na investigação. Uma das desvantagens destes manequins é que são muito caros.

Num estudo para determinar os efeitos de diferentes palmilhas e material para forro (couro versus Texon) em sapatos de segurança, foi medida a absorção de vapor de água, e em paralelo foi realizado um estudo da sensação de conforto em utilizadores (Schols et al. 2002).

A figura 2.2 mostra os valores de transporte de vapor de água medidos. Os resultados do estudo mostram que, mesmo pequenas diferenças nos materiais utilizados resultam significativos efeitos sobre a absorção de vapor de água nos sapatos de segurança.

Os sapatos foram também testados por indivíduos numa câmara aclimatizada. A Figura 2.3 mostra uma curva típica da temperatura da pele do pé de um indivíduo durante um teste a 28° C, durante a realização de exercícios pesados (450 W/m<sup>2</sup> taxa metabólica). A diferença de temperatura pé-pele foi encontrada, relacionadas com o tipo de forro, mas os efeitos sobre a sensação de conforto (ISO 10551) foram menos claras.



Fig. 2.2 – Absorção de vapor de água (WVA), pressão de vapor de água (WVP) e transporte de vapor de água para os dois tipos de sapatos de segurança.

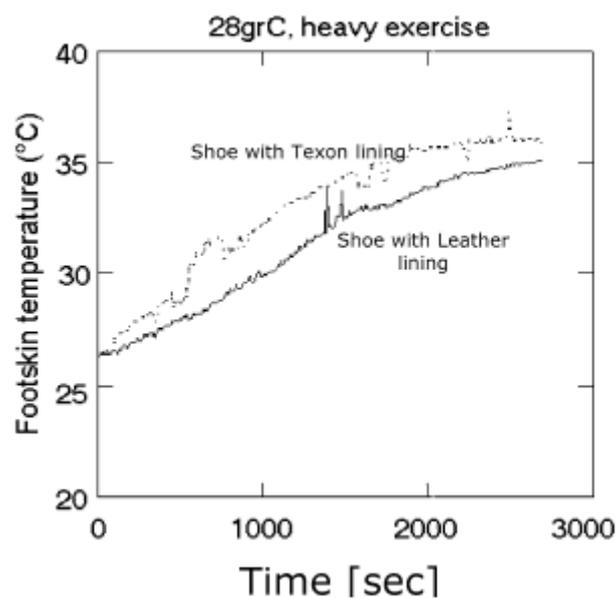


Fig. 2.3 – Temperatura do pé-pele de um indivíduo durante o desempenho de exercícios pesados, em sapatos com dois forros diferentes (Schols, Wilbert e Heus, 2004).

## 2.2. A evolução do calçado desportivo

No início da década de 1900 a Spalding produziu o primeiro calçado designado especificamente para a prática desportiva. Os atletas utilizavam-no para a competição e era constituído por uma sola e uma estrutura superior, ambas em couro macio, com atacadores.



Fig. 2.4 – Réplica botas converse de 1908.

Alguns desportos exigiam "bicos" ou "Pitons" de metal. No entanto, o calçado, qualquer que fosse o desporto, apenas era constituído por uma estrutura superior simples e uma sola. Mesmo no início da década de 1960 o calçado desportivo mais popular, como Converse ou Keds, apenas possuía uma sola rasa e uma estrutura superior em lona. As escolhas de um atleta variavam entre uma bota para Basquetebol ou um sapato para Ténis/ Corrida.



Fig. 2.5 – Sapato de treino Converse em lona anos 1950/60.



Fig. 2.6 – Sapatos de corrida Adidas, anos 1960 (Modelo Italia, comemorativo dos jogos olímpicos de Roma).

Na década de 1970 o calçado desportivo começou a modificar-se, com a vitória do Americano Frank Shorter na maratona de Munique nos jogos olímpicos de 1972. Começou então o boom, forçando ao desenvolvimento de novas tecnologias. Quanto mais pessoas começavam a correr, maior era a procura de calçado mais protector e confortável, ao mesmo tempo que outros desportos começavam a ser cada vez mais populares, surgindo a necessidade do desenvolvimento de sapatos cada vez mais específicos. Estas mudanças forçaram ao aparecimento de novos materiais e tecnologias. O desenvolvimento tecnológico mais avançado foi o aparecimento da sola intermédia.

Deste modo, pode afirmar-se que "A indústria do calçado desportivo é uma indústria de materiais".



Fig. 2.7 – Sapato corrida adidas anos 1970/80.

O calçado para correr também evoluiu de uma forma dramática. No início dos anos 70 apenas possuíamos um tipo de forma e formato (o Semicurvo), com uma construção colada com cartão em pouco ou nenhum material na sola intermédia. Hoje em dia, podemos escolher entre três tipos de formatos: "Direito", "Semicurvo" ou "Curvo",

vários tipos de construções, densidades de sola intermédia, tipos de sola de acordo com o terreno e, mesmo características de apoio, para compensar o ciclo mecânico do utilizador.

Mesmo os sapatos de pitons evoluíram; hoje temos sapatos com pitons moldados, removíveis para pisos macios ou duros, de acordo com as necessidades dos praticantes (sejam de futebol, basebol ou futebol americano, rugby ou outros).

Ao mesmo tempo existe, hoje em dia, uma série de categorias de sapatos que não existiam, como por exemplo: sapatos para Walking, Fitness, e Andebol, permitindo ao consumidor seleccionar os sapatos de acordo com as suas necessidades específicas.

Uma área que tenderá a evoluir cada vez mais é a área da acomodação, na medida em que a geração "baby boom" envelhece (75 milhões de pessoas nasceram entre 1948 e 1964 nos E.U.A.), e vai querer sapatos cada vez mais confortáveis, forçando a indústria a procurar novas soluções, assim como novos materiais ou várias larguras.

A durabilidade das solas foi melhorada na década 80 do século passado, e a estrutura superior é cada vez mais constituída por materiais mais leves e com mais apoio.

A sola intermédia é o componente que tem que evoluir mais, sendo as solas intermédias actuais o elo mais fraco do calçado desportivo, pois são feitas em espuma que tende a comprimir e perder a eficácia com o uso.

Tecnologias como o Nike Shox são tentativas de reduzir ao máximo a dependência das espumas nas solas intermédias.



Fig. 2.8 – Sapato Corrida Nike anos 1990.

Como a indústria do calçado desportivo é uma indústria de materiais, as grandes revoluções ainda poderão estar por acontecer.



Fig. 2.9 – Sapatos Adidas com sensor de velocidade e distância Polar (ano 2006).



Fig. 2.10 – Sapatos Nike sem espuma na sola intermédia (ano 2006).

Com todas as marcas, escolhas, materiais e tecnologias que existem hoje em dia, uma escolha acertada é cada vez mais difícil, pois para isso o consumidor teria que ser um verdadeiro perito em tecnologias e materiais, e isso não é muito provável (Fonte: <http://www.calcadodesportivo.com/historia.htm>).

Os materiais e tecnologias do fabrico do calçado para correr têm também evoluído a um ritmo alucinante. Até mesmo os vendedores especializados, sentem por vezes dificuldades em obter informação sobre as características destes novos materiais e tecnologias.

O calçado desportivo é hoje em dia uma indústria de milhões de dólares, sendo o mercado inundado com centenas de modelos diferentes cada ano. Se somarmos a esta oferta a força do marketing, constatamos que muitas vezes a informação que chega aos praticantes e profissionais de saúde pode ser pouco clara ou mesmo confusa

(Fonte: [http://www.calcadodesportivo.com/A\\_Hipermobilidade.pdf](http://www.calcadodesportivo.com/A_Hipermobilidade.pdf)).

## Capítulo 3 - Fundamentação Teórica

### 3.1. A fisiologia do corpo humano

O sucesso do funcionamento dos organismos vivos depende do seu relacionamento com o ambiente externo.

Eficientes mecanismos do corpo humano mantêm a sua temperatura central média em torno de 36.1 a 37.2°C, sendo considerado que a temperatura de equilíbrio é de 37°C, conseguida através do equilíbrio entre a intensidade da perda e a intensidade da produção ou aquisição de calor. Este fenómeno de controlo e manutenção da temperatura corporal chama-se homeostase. Os factores que podem possibilitar a variação desta temperatura são a exposição a temperaturas ambientais severas e a prática de actividades intensas (Fan, 2002, Shauff,1993).

O controlo da temperatura corporal é realizado por um sistema chamado de termoregulador que comanda, por meio da vasodilatação e vasoconstrição, a quantidade de sangue que circula na superfície do corpo, possibilitando, respectivamente, maior ou menor troca de calor com o meio.

O sistema termoregulador actua também sobre as glândulas sudoríparas, aumentando ou diminuindo a produção de suor em função da necessidade de perda de calor do corpo por evaporação do suor.

Conforto e balanço térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem-estar térmico depende do grau de actuação do sistema termoregulador na manutenção do equilíbrio térmico do corpo humano. Isso significa que quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto.

O equilíbrio entre o homem e o meio no qual interage ocorre mediante a procura de acções que assegurem o conforto térmico. Esta interacção está vinculada, entre outras acções, à actividade física e ao vestuário ou calçado que utiliza. De acordo com Fanger, a actividade desempenhada pela pessoa regulará a temperatura da sua pele, bem como a sua taxa de secreção de suor procurando a sua neutralidade térmica (Filgueiras, 2008).

Segundo Filgueiras, o ser humano não possui meios naturais para promover o equilíbrio térmico entre o seu corpo e o meio ambiente para suportar as mais diversas variações

climáticas. Pelo que, são o vestuário e o calçado que actuam como isolante térmico para limitar as perdas de calor do corpo, permitindo poupar energia interna e proporcionando melhores sensações de bem-estar.

### 3.1.1. Interacção Térmica Homem-Ambiente

No balanço térmico do corpo, o excedente de energia produzida no metabolismo é transformado em calor que tem de ser imediatamente libertado para o meio, a fim de que a temperatura interna do corpo se mantenha constante.

Basicamente são três os mecanismos de troca térmica do corpo humano com o ambiente: Convecção, Radiação e Evaporação.

#### **Convecção**

O processo de remoção de calor por convecção ocorre quando o ar apresenta temperatura inferior à do corpo e o corpo transfere calor pelo contacto com o ar frio circundante. O aquecimento do ar provoca o seu movimento ascensional. À medida que o ar quente sobe, o ar frio ocupa o seu lugar, completando-se, assim, o ciclo de convecção.

Se a temperatura do ar for exactamente igual à temperatura da superfície do corpo, não haverá troca térmica por esse processo. Se a temperatura do ar for mais elevada do que a da superfície do corpo, o ar cederá calor para o corpo, invertendo-se o mecanismo.

#### **Radiação Térmica**

É o processo pelo qual a energia radiante é transmitida da superfície quente para a fria por meio de ondas electromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, transformam-se em calor.

A energia radiante é emitida continuamente por todos os corpos que estão a uma temperatura superior a zero absoluto. Isso equivale dizer que uma pessoa num ambiente está continuamente a emitir e a receber energia radiante, e o diferencial entre a energia recebida e a emitida é que define se o corpo é aquecido ou arrefecido por radiação. Dessa forma, se a temperatura das paredes de um ambiente for inferior à da pele de um

homem, este perderá calor por radiação. Se as paredes estiverem mais quentes que a pele, a temperatura do corpo aumentará por efeito da radiação.

A radiação térmica não depende do ar ou de qualquer outro meio para se propagar, e a quantidade de energia radiante emitida por um corpo depende da sua temperatura superficial.

### **Evaporação**

Quando as condições ambientais fazem com que as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não sejam suficientes para regular a sua temperatura interna, o organismo intensifica a actividade das glândulas sudoríparas e perde calor pela evaporação da humidade (suor) que se forma na pele. A explicação é simples: simultaneamente à transpiração ocorre a evaporação do suor, que é um fenómeno endotérmico, isto é, para ocorrer precisa de calor cedido pelo corpo. De forma simplificada, pode-se dizer que um líquido a evaporar sobre uma superfície quente extrai calor dessa superfície, arrefecendo-a (Ruas, A.C., 1999).

## **3.2. Definição de conforto**

O conforto é um “estado agradável de harmonia fisiológica, psicológica e física entre o ser humano e o ambiente” (Slater, 1986).

O conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, da humidade relativa, da temperatura do ambiente e da velocidade relativa do ar com a actividade aí desenvolvida, e também com a roupa usada pelas pessoas.

As sensações são subjectivas, isto é, dependem das pessoas. Portanto, um certo ambiente termicamente confortável para uma pessoa pode ser frio e para outra ser quente.

Assim, considera-se um ambiente agradável quando a maioria das pessoas (pelo menos 80%) que utilizam determinado ambiente, expresse satisfação (Ruas, A.C., 1999).

Definir a componente térmica é bastante difícil pois, além dos factores físicos, envolve uma gama de factores pessoais que tornam a sua definição bastante subjectiva. Desta forma, a componente térmica pode ser vista e analisada sob dois pontos de vista: pessoal ou ambiental. Se formos considerar apenas o ponto de vista pessoal, define-se conforto térmico como sendo uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista físico, confortável é o ambiente cujas condições permitem a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de serem accionados os mecanismos termoreguladores, ou seja, o organismo humano encontra-se em balanço térmico com o meio ambiente

(Fonte: <http://www.master.iag.usp.br/conforto/index.html>).

O conforto total de qualquer estrutura têxtil inclui não só as componentes sensorial e termofisiológica, mas também os aspectos de design, cor e tamanho, os quais formam o chamado conforto psicológico. Esta componente do conforto depende do nível cultural e social e, acima de tudo, exprime a individualidade do comprador.

Segundo Geraldes 2000, pode-se dizer que a noção de conforto total se encontra entre dois pontos limites, onde o primeiro é uma grandeza física e o segundo corresponde a uma imagem abstracta e personalizada. É este último que depende também do tempo, moda, nacionalidade, matriz cultural e sensações individuais.

De acordo com os resultados alcançados pelo Instituto de Higiene do Vestuário (H.I.V.) de Hohenstein, Alemanha, chegou-se à seguinte equação para o conforto total:

$$K_{total} = \frac{1}{3} K_{sensorial} + \frac{2}{3} K_{termofisiológico}$$

Onde:

$K_{total}$  = conforto total;

$K_{sensorial}$  = conforto sensorial;

$K_{termofisiológico}$  = conforto termofisiológico.

O conforto sensorial está relacionado com certas percepções resultantes do contacto mecânico e térmico dos têxteis com a pele humana. Estas sensações exprimem-se normalmente através de termos próprios, tais como “macieza”, “rigidez”, “suavidade”, “aspereza”, etc., usados para classificar subjectivamente o toque de um têxtil (Gerald, 2000).

### 3.2.1. Conceitos associados à teoria do conforto

A ciência do conforto considera que a relação vestuário / bem-estar é essencial na sensação de conforto, embora o conceito de conforto seja muito subjectivo, dado que é uma impressão produzida nos órgãos dos sentidos, percebida pelo toque e transmitida ao cérebro pelos nervos.

Através da compreensão da Fisiologia do Vestuário, podem distinguir-se, 4 tipos de conforto:

- **Conforto térmico ou fisiológico (termofisiológico)** – está relacionado com o equilíbrio térmico do homem com o meio ambiente, isto é, quando a perda de calor do corpo é equivalente à quantidade de calor produzida pelos processos fisiológicos internos.  
O conforto térmico, segundo as normas ASHRAE (1966) e ISO 7730 (1984), é definido como “o estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico”;
- **Conforto sensorial ou táctil** – é obtido através das sensações mecânicas que os têxteis causam directamente na pele. As percepções sentidas podem ser agradáveis, com o toque macio e flexível; mas também podem ser desagradáveis ao tacto, se o vestuário for áspero ou se aderir à pele suada;
- **Conforto psicológico ou estético** – refere-se à sensação que o utilizador tem de se sentir bem de acordo com o seu status, nível social, cultural e profissional. Directamente ligado ao design visual, é definido pelas preferências pessoais, formas, cores, ideologias entre outros factores. O factor aparência é preponderante e, atender a essa necessidade, favorece o maior interesse do

utilizador na hora da escolha da compra sendo, portanto, um aspecto fundamental no processo de desenvolvimento do produto;

- **Conforto ergonómico (facilidade de movimento)** – trata da estrutura do vestuário com a do utilizador e a sua liberdade de movimentos. Está directamente ligado com o grau de elasticidade do material têxtil e a modelagem da peça. (Filgueiras, 2008)

### 3.2.2. Avaliação objectiva do conforto térmico

A sensação de conforto térmico está relacionada com as propriedades de transporte de calor e humidade e com a forma como o vestuário ajuda a manter o balanço térmico do corpo. Para muitos indivíduos, o problema da transpiração durante várias horas é um importante aspecto do conforto. Ninguém gosta de se sentir a transpirar e posteriormente frio.

O conforto das botas de caminhada tem sido objecto de estudo e o desenvolvimento de materiais usados como forro é de importância fundamental, pois tem um efeito muito significativo na sensação húmido/molhado.

Se o suor não for transferido da pele para o ar circundante ou para as camadas exteriores do calçado, esta sensação é então interpretada como desconfortável.

Quando cessa a actividade muscular, o interior do sapato começa a arrefecer rapidamente nas zonas mais húmidas levando a uma sensação de frio na zona afectada.

O design de uma malha com duas camadas procura responder aos problemas de transporte de humidade e de manutenção de uma temperatura óptima do pé, evitando também a formação de microorganismos/fungos.

Este desempenho da malha será conseguido através da estrutura e das matérias-primas utilizadas na sua produção (Neves e Arezes).

A avaliação objectiva do referido desempenho destas estruturas de malha é, actualmente executado através de (Geraldés 2000):

- ✓ Medição objectiva da permeabilidade ao calor e humidade de todas as camadas têxteis da estrutura (Método analítico). Esses valores serão depois utilizados no cálculo do equilíbrio térmico do corpo humano;
- ✓ Medição objectiva usando manequins térmicos, os quais podem também simular o processo de sudoreção humana;

### 3.2.3. Avaliação subjectiva do conforto térmico

O conforto é um parâmetro fundamental no que diz respeito à selecção do calçado e, em especial, à sua utilização. A maior parte das pessoas identifica com relativa facilidade o conforto associado à utilização de diversos tipos de calçado. O conforto associado à utilização de calçado é, contudo, um factor dependente de múltiplos parâmetros, tais como a pressão exercida na planta do pé, o amortecimento do impacto vertical, a forma do pé e perna e a sensibilidade do pé (Havenith e Heus, 2004).

Quando se trata de avaliar o conforto na utilização de um determinado objecto, como um sapato, pretende-se, sobretudo, avaliar o seu desempenho funcional sob o ponto de vista ergonómico, ou seja, de adaptação ao utilizador. Contudo, avaliar o conforto do calçado relativamente a um aspecto específico, como o térmico, pode ser uma tarefa complexa (González e Alcántara, 2001). Tal complexidade advém, sobretudo, pelo facto da percepção de conforto manifestada pelos seus utilizadores ser muito influenciada por vários aspectos, como por exemplo, aqueles que estão relacionados com a configuração do calçado e com os materiais utilizados e não especificamente com os parâmetros térmicos que se pretendem analisar. De forma resumida, poder-se-á dizer que o conforto na utilização do calçado é influenciado por 2 principais tipos de factores: os de natureza mecânica e os aspectos térmicos.

A questão do conforto na utilização de calçado já foi objecto de diversos estudos. (González, 2001; Mündermann e Llana 2002). No entanto, conforme referido por González et al. (2001), a avaliação subjectiva da percepção térmica do calçado é um assunto raramente analisado e, nos poucos casos existentes, é limitada à avaliação do conforto final. Neste contexto, os critérios para a concepção de calçado termicamente confortável não deverá ser apenas baseado em parâmetros fisiológicos mas igualmente assente numa avaliação subjectiva do conforto percebido pelos utilizadores. Da

bibliografia existente, parece existir um consenso sobre a necessidade de o estudo do conforto térmico abranger diversas zonas do pé, podendo, neste caso, fornecer informações relevantes para a avaliação e concepção do calçado.

Para se poder comparar dois tipos de calçado, ou de um tipo de calçado com uma base referencial, não é suficiente observar apenas as diferenças nos resultados (ou nas médias destes). É essencial que as diferenças sejam estatisticamente testadas e seja determinada a significância estatística dessas diferenças, de forma a determinar-se a probabilidade das diferenças observadas se deverem apenas ao acaso. Neste tipo de ensaios são, geralmente, obtidos dois tipos de dados: os de natureza objectiva e os de natureza subjectiva (Havenith e Heus, 2004).

No contexto referido, a concepção do calçado termicamente confortável não deve ser apenas baseada em parâmetros fisiológicos que possam ser, eventualmente, registados. O estudo do conforto ao longo do tempo, bem como da diferenciação de várias partes do corpo, ou pé no caso do sapato, poderá fornecer informação muito valiosa para uma avaliação e concepção do produto a avaliar (González, Alcântara, Bataller e Garcia, 2001).

### 3.2.4. Factores que influenciam a remoção de calor do corpo humano

Em termos de conforto térmico, a função principal de uma peça de vestuário ou calçado é a de suportar a termoregulação do corpo humano. Se a temperatura ambiente for baixa, a roupa ou calçado devem evitar a dissipação de calor para o exterior e por outro lado, se a temperatura for elevada, o transporte de calor e humidade através da peça de vestuário deve ser tão alta quanto possível para evitar os problemas de excesso de transpiração no corpo (Scoot, 2005).

Sabe-se que o conforto térmico depende do grau de actuação do sistema termoregulador para manter a temperatura interna do corpo. Portanto, é necessário conhecer os factores que influenciam os processos de troca de calor do corpo com o ambiente, visto que

influenciarão o trabalho do sistema termoregulador, bem como a sensação de conforto térmico.

Esses factores são, essencialmente, a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a ventilação do ambiente e a roupa usada pelas pessoas.

Os factores de natureza ambiental são:

### **Temperatura do Ar**

Quando a temperatura do ar é inferior à da pele, a remoção de calor por convecção será tanto maior quanto menor for a temperatura do ar. Se o ar estiver a uma temperatura superior à da pele, ele cederá calor para o corpo por convecção.

Quanto à evaporação, a influência da temperatura do ar dependerá da humidade relativa e da velocidade do ar.

### **Humidade Relativa do Ar**

A humidade relativa do ar, numa determinada temperatura, é a razão entre o número de gramas de vapor de água existente em  $1\text{m}^3$  de ar e a quantidade máxima de gramas de vapor de água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter, quando está saturado naquela temperatura. A humidade relativa varia com a temperatura do ar. Com o aumento da temperatura, a quantidade máxima de vapor de água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter também aumenta. Com a diminuição da temperatura, a quantidade máxima de vapor de água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter também diminui. Isso significa que quando se deseja humidade relativa menor num ambiente, deve-se reduzir a quantidade de vapor de água no ar ou aumentar a temperatura do ar ambiente. Por outro lado, quando se deseja humidade relativa maior, deve-se aumentar a quantidade de vapor de água no ar ou reduzir a temperatura do ar desse ambiente.

A humidade relativa do ar tem grande influência na remoção de calor por evaporação, na medida em que baixos valores da humidade relativa permitem ao ar, relativamente seco, absorver a humidade da pele rapidamente e, com isso, promover também de forma rápida a remoção de calor do corpo.

Altos valores da humidade relativa produzem efeito inverso.

## **Ventilação do Ambiente**

É necessário conhecer a temperatura e a humidade relativa do ar, para se analisar a capacidade de contribuição da ventilação na remoção de calor do corpo humano. Para a condição de ar não saturado e com temperatura inferior à da pele, pode-se afirmar que:

- ✓ quando a ventilação aumenta, o processo de evaporação aumenta porque a humidade do corpo é retirada mais rapidamente; o processo de convecção aumenta porque a velocidade de troca do ar que rodeia o corpo é maior.
- ✓ quando a ventilação diminui, os processos de convecção e evaporação também diminuem.

Factor de natureza pessoal:

### **Roupa Utilizada**

A roupa é um elemento que dificulta a remoção de calor do corpo, dado que diminui a troca térmica por convecção porque é um obstáculo ao movimento do ar junto à pele e diminui o processo de evaporação do suor num grau que varia conforme a permeabilidade da roupa ao vapor de água. Quanto menor a permeabilidade da roupa, menor será a remoção de calor por evaporação.

Na verdade, a roupa promove um determinado isolamento térmico, porque acrescenta resistência à transferência de calor entre o corpo e o ambiente.

A magnitude dessa resistência térmica depende principalmente da estrutura têxtil e do modelo de fabricação da roupa: uma roupa longa, justa e de lã oferece maior resistência que uma curta, folgada e de algodão (Ruas, A.C., 1999).

### **3.2.5. Fisiologia do calçado desportivo**

A fisiologia do calçado engloba estudos baseados nas funções orgânicas do pé. Um sapato por si só, não pode ser responsável pelo desempenho de um atleta, podendo, no entanto contribuir para melhorar o seu desempenho, mas nunca deve gerar sensações de

desconforto. Os factores que influenciam esta integração são o isolamento térmico e troca de ar, absorção e transporte de humidade, que desta maneira geram um microclima existente entre a pele e o calçado, proporcionando uma sensação de conforto ou desconforto.

O isolamento térmico e a troca de ar estão relacionados com a capacidade do calçado responder adequadamente a condições de frio (ser isolante – deixar a pele respirar, mas ao mesmo tempo não deixar dissipar o calor do pé) ou de calor (facilitar o equilíbrio térmico e evaporação do suor). As propriedades de permeabilidade ao ar e ao vapor de água, isolamento térmico e porosidade indicam os índices de avaliação do produto quanto a este requisito de conforto geral para o atleta (Filgueiras, 2008).

A função do calçado é manter uma temperatura do corpo uniforme e prevenir a acumulação de suor na pele humana, permitindo que o pé respire e que a água flua para o ambiente exterior quando o nível de actividade aumenta.

Assim, a troca de calor entre o pé humano e o ambiente é significativamente afectada pela resposta dinâmica do calçado e a forma como a estrutura em si medeia o fluxo de calor e humidade da pele humana para o ambiente (Kamel et al, 2002).

### 3.3. O pé humano

Leonardo Da Vinci afirmou: “O pé humano é uma peça de engenharia e uma obra de arte”. Esta afirmação não podia ser mais verdadeira.

O pé é um órgão com um duplo propósito, sendo ambos os propósitos opostos. Em primeiro lugar, o pé é um órgão de amortecimento de choques ou impactos, adaptando-se ao solo irregular; em segundo também precisa de ser uma alavanca rígida para permitir a deambulação e, para que, o mesmo órgão consiga fazer estes dois trabalhos, o seu comportamento deve sofrer alterações dramáticas durante as diferentes fases do seu ciclo mecânico.



Fig. 3.1 – Representação do pé humano.

## Bromidose

A bromidose é o odor da transpiração. Pode ser causado por doenças, como o alcoolismo, diabetes, entre outras e a ingestão de alimentos que a propiciem, como espinafres e alhos, ou outros, ou ainda pela decomposição que alguns microorganismos promovem no suor e na pele.

No entanto, a maior parte das vezes, o que nós definimos como cheiro dos pés (popularmente conhecido por chulé), na verdade trata-se de cheiro do calçado.

Regista-se que as pessoas que nunca utilizaram calçado (por exemplo em países em vias de desenvolvimento) podem sofrer de hiperhidrose sem desenvolver problemas de odor.

A hiperhidrose é uma condição médica em que o pé transpira em demasia.

No entanto, quando existe transpiração abundante, (hiperhidrose), os componentes ficam saturados com o suor.

O suor não consegue evaporar tão rápido como é produzido, o qual (98% humidade e 2% de sólidos – a maior parte dos quais ácidos e sais), acaba por reagir com os químicos utilizados nos materiais do calçado (colas, materiais de tratamento dos couros, etc.). Esta reacção acontece essencialmente porque sendo um ambiente fechado, o sapato não oferece muita ventilação, acabando por causar os temidos odores.

A acomodação do calçado influencia no mau cheiro, embora de uma forma indirecta. O pé humano possui cerca de 60.000 glândulas sudoríferas (120.000 o par) que produzem, em média, cerca de 240 ml de suor (quase um quarto de litro) por dia, e em condições extremas (dias húmidos ou na prática de desporto) estes valores podem chegar ao dobro.

Dá a importância da capacidade de respiração de um par de sapatos para o conforto e higiene dos pés.

A pele é o maior órgão do corpo humano, sendo a pele dos pés cerca de 10 vezes mais espessa que a encontrada noutras partes do corpo. Além de servir como protecção para o corpo, o seu principal papel é o de regular a temperatura, permitindo a transpiração para refrescar o corpo ou fechando os poros para conservar o calor.

Através das glândulas sudoríferas e poros, a pele é também responsável pela expulsão de impurezas, resultantes do metabolismo normal do corpo.

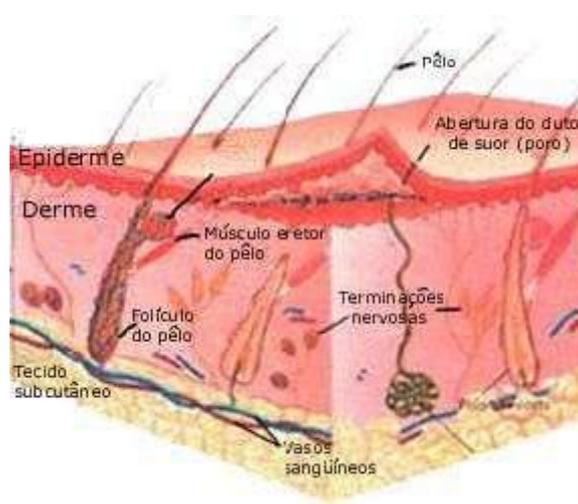


Fig. 3.2 – Estrutura da pele humana.

Os pés são indispensáveis para andar - um modo importante de transporte dos seres humanos. A sua protecção é certamente uma ajuda para o cuidado do pé. (Sun, S., Chou, Y., Sue, C., 2009)

Assim, a utilização de calçado demasiado justo provoca uma compressão sobre as pequenas veias capilares superficiais dos pés, interferindo com a transferência das impurezas através do sistema sanguíneo, acabando por forçar o corpo a aumentar o suor dos pés de forma a compensar, expulsando-as através do suor.

Utilizar um par de sapatos com as tecnologias mais indicadas, ou as palmilhas/ortóteses mais preparadas para combater a hipermobilidade por si só não é uma forma eficaz de prevenir o aparecimento de lesões, pelo que devem ser tidos em consideração os seguintes factores: **acomodação, calçado, palmilhas e meias.**

Para se evitar a bromidose devem utilizar-se:

✓ **Meias que ajudem a evacuar o suor rapidamente.**

Ao contrário da crença popular, o algodão pode não ser o mais indicado, essencialmente porque o algodão é hidrófilo (absorve a humidade) e tarda muito em secar para a libertar. A não ser que possamos trocar de meias cada quatro horas, o melhor é procurar meias fabricadas com uma mistura algodão/fibra hidrófoba ou melhor ainda microfibras, dado que as fibras sintéticas são por natureza hidrófobas (não absorvem bem a humidade), acabando por ajudar o suor a evaporar mais rapidamente, quando inteligentemente combinadas com uma fibra hidrófila.

✓ **Calçado e meias correctamente acomodados**

É incrível a quantidade de pessoas que utiliza as meias ou os sapatos demasiado justos ao pé, comprimindo-o. Se evitarmos comprimir os capilares dos pés, melhoramos e facilitamos a irrigação correcta, reduzindo a actividade sudorífera.

✓ **Calçado com muita capacidade de respiração**

Devemos evitar os couros sintéticos, que ao não possuírem poros, impedem uma transpiração correcta

(Fonte: [http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/porque\\_cheiramos\\_mal\\_dos\\_pes.pdf](http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/porque_cheiramos_mal_dos_pes.pdf)).

### 3.4. O calçado desportivo

A corrida/Jogging, tal como outras modalidades desportivas, requer calçado desportivo específico, já que um modelo de calçado bem adequado, pode ser a melhor ortótese preventiva que um desportista possa usar.

Para poder recomendar qual é o calçado mais adequado, devemos primeiro conhecer quais são os seus componentes, as suas características e os benefícios que oferecem.

Todos os sapatos desportivos possuem quatro componentes básicos, contribuindo cada um individualmente com uma série de características que ajudam a criar a melhor interação possível entre o pé e o solo.



Fig. 3.3 – Componentes do calçado desportivo.

### *Estrutura superior (gáspea)*

A função da estrutura superior é abraçar e acomodar o pé e oferecer apoio. As estruturas superiores podem ser constituídas por diferentes materiais tais como: couro, rede de “nylon” ou outros materiais sintéticos, dependendo o tipo de materiais usado da natureza do desporto. Por exemplo: os sapatos de ténis geralmente possuem estruturas superiores em couro para aumentar a durabilidade e o apoio, enquanto os sapatos de corrida possuem estruturas em “nylon” e couro para respiração e flexibilidade.

Alguns fabricantes reforçam a estrutura superior com componentes de apoio como contrafortes externos ou barras estabilizadoras que contribuem para o aumento da estabilidade, apoio e aumento do tempo de vida útil da mesma.

O contraforte é outro componente importante da estrutura superior, pois minimiza os movimentos laterais do calcanhar.

Alguns fabricantes utilizam material reflector na caixa dos dedos, contraforte ou língua dos sapatos de corrida e cross-training por motivos de segurança (visibilidade).

Em resumo, estes componentes possuem benefícios que oferecem uma estrutura superior com apoio, estabilidade e alguma protecção dos elementos, além de contribuírem para o aspecto final do calçado.

### *Sola interior ou palmilha*

O componente seguinte é a sola interior, mais conhecido por palmilha.

Normalmente as palmilhas são removíveis e feitas em poliuretano ou em E.V.A. com uma face em tecido, possuindo algumas, um apoio para a arcada longitudinal medial que se adapta ao pé depois de alguns dias de utilização. A vantagem das palmilhas removíveis é o facto de poderem ser lavadas ou substituídas.

Os utilizadores devem ser avisados de que as palmilhas perdem a sua eficácia a cerca de  $\frac{1}{4}$  do tempo de vida útil do sapato, e que deverão substituí-las quando perderem a sua eficácia, devida à compressão.

Hoje em dia, as palmilhas removíveis são praticamente standard na indústria, permitindo a sua substituição por outras de melhor desempenho ou ortoses.

As palmilhas são convenientes e necessárias para o grande público, ainda mais importantes para pacientes com doenças no pé ou formas da planta do pé anormais. Um par de palmilhas convenientes pode absorver o impacto ou a pressão exercida pelo pé (Sun S., Chou Y., Sue C., 2009).

### *Sola intermédia*

A sola intermédia é o maior avanço tecnológico da evolução do calçado desportivo.

A principal função da sola intermédia é dispersar as forças geradas pelo ciclo mecânico.

A sola intermédia é vital em todas ou quase todas as categorias de sapatos desportivos.

As solas intermédias variam em materiais e em “design”, sendo os materiais mais comuns os seguintes: etil vinil acetato (E.V.A.) ou poliuretano (P.U.).

O E.V.A. é o material mais comum das solas intermédias, tratando-se de um material esponjoso e elástico com a aparência de borracha. A sua elasticidade dá-lhe alguma capacidade de voltar à sua forma original, o que é muito importante, pois quanto maior for a sua elasticidade (memória), maior será o seu tempo de vida útil.

Com os avanços técnicos, foram aparecendo novos materiais para a fabricação das solas intermédias, em regra mais leves e mais elásticos.

O E.V.A. moldado (também conhecido como E.V.A. de compressão moldado) é um desses materiais. Durante o seu processo de fabrico, o E.V.A. é aquecido, comprimido e introduzido num molde, produzindo este processo um material mais leve, mas mais denso e mais elástico.

O poliuretano é um material com propriedades semelhantes, no entanto torna-se relativamente pesado e inflexível, existindo novos tipos de poliuretano que são mais leves e flexíveis.

## *Sola*

A sola é a superfície de ataque ao solo e é construída de modo a oferecer tracção, durabilidade e flexibilidade. Os materiais utilizados na sua composição influenciam estas propriedades.

Assim, a borracha é utilizada principalmente em sapatos de ténis e basquetebol, afim de conferir durabilidade e tracção.

A borracha com carbono é utilizada principalmente em sapatos de corrida devido às suas características de durabilidade.

A borracha expandida é utilizada principalmente em corrida devido à sua leveza, flexibilidade e capacidade de amortecimento de impactos.

A borracha natural é utilizada em sapatos de indoor (Voleibol, Squash, Futebol de salão etc.) pois este tipo de material oferece boa tracção em superfícies de madeira.

## A Forma

Um dos aspectos mais importantes do calçado desportivo é a forma com que este é construído.

A forma é a peça de metal ou madeira à volta da qual é construído o sapato, a qual afecta dois aspectos do sapato:

- O **formato** do sapato, que resulta do formato da própria forma.
- A **construção** do sapato, que resulta da forma como o sapato é construído, isto é, a forma como a estrutura é fechada contra a forma.

## Formatos

O formato afecta as características de apoio do sapato e acomodação do sapato.

Quando uma parte do corpo tal como os pés de uma pessoa são apoiados por objectos tal como os sapatos, as formas de interface, as propriedades materiais e as características de deformação desempenham papéis importantes no conforto ou desconforto experimentado (Channa P. Witana, Ravindra S. Goonetilleke, 2009).

Existem três tipos básicos de formato:



Fig. 3.4 – Diferentes formatos do sapato.

**1-Direito:** é o mais direito, e de todos o que oferece maior apoio e menor flexibilidade, sendo recomendado para o pé plano/pronador.

**2-Semicurvo:** é o formato mais comum no calçado desportivo e é considerado o formato mais universal, pois dá para quase todos os tipos de pés, devido ao equilíbrio entre estabilidade e flexibilidade.

**3-Curvo:** é o formato mais cavado e curvo, sendo o que oferece menor apoio e maior flexibilidade, podendo ser usado por pé cavo/supinador. É o mais usual em sapatos de competição

(Fonte: [http://www.calcadodesportivo.com/A\\_Hipermobilidade.pdf](http://www.calcadodesportivo.com/A_Hipermobilidade.pdf)).

### 3.4.1. Design funcional de calçado desportivo

Design funcional significa conhecer o sapato e o utilizador, construção do sapato e técnicas de produção. Significa também o desenvolvimento da sapatilha de forma a responder às exigências de todas as áreas do desporto. Em adição a isto, é igualmente importante o conhecimento da anatomia e dos biomecanismos do pé.

Na revista *Sports Edge*, o Dr. Berthold Krabbe, administrador do departamento biomecânico da Adidas, cita: “Somente aqueles que conhecem o pé podem fazer bons sapatos” (Fonte: [www.Azom.com](http://www.Azom.com)).

O design funcional de sapatos também diz respeito ao conhecimento acerca dos materiais e componentes. Testando o design em laboratório e em ambiente natural, torna-se mais fácil o desenvolvimento e o ganho de mais conhecimento sobre o design funcional mais apropriado para o fim pretendido.

Com respeito ao preenchimento de todos os requisitos, os profissionais de várias áreas necessitam de trabalhar em equipa. A um designer é muitas vezes chamado integrador, ou seja, quem colecta informação dos vários profissionais e põe o projecto em prática, desenhando um sapato com características funcionais.

Na obtenção de um design funcional para o sapato, é indispensável saber se a sola tem de ser leve ou pesada, rígida ou flexível, compacta ou fina. É útil conhecer o comportamento do sapato em condições húmidas e secas, na neve e na relva, no asfalto e na lama.

As condições climatéricas são alguns exemplos das várias circunstâncias onde os desportos podem ocorrer. Quando se pretende produzir um sapato de desporto é também

essencial conhecer como é que os sapatos se comportam durante o uso. É também necessário saber como se comporta o sapato quando se corre, salta, desliza, pára, quando se coloca sob pressão, quando se dobra e assim por diante.

No design funcional de calçado também é útil saber como minimizar ou maximizar movimentos.

Por exemplo, para minimizar o deslizamento da sola, devem usar-se solas macias e tracção forte, mas para maximizar o deslizamento, deve usar-se couro ou PVC.

Para minimizar alongamento da estrutura superior, são utilizados materiais pesados e rígidos. Para maximizar alongamento, podem ser usadas malhas e materiais macios (Nebo, 2003).

O design funcional do calçado deve seguir determinadas regras. A figura 3.5 mostra nove pontos importantes para um sapato de corrida:

1. Body piece também é um revestimento: material correcto oferece conforto ao pé;
2. Estrutura superior: necessita ser correctamente desenhada para a sua função;
3. Peças de suporte da estrutura superior: deve ser apropriada à actividade em questão;
4. Peças reflectoras para a corrida no escuro;
5. Ligante para apoiar e cobrir as arestas;
6. Língua: correcta largura e comprimento para cada actividade;
7. Se forem concebidas laçadas, a sua funcionalidade deve ser considerada;
8. Fixação com várias soluções próprias para o efeito;
9. O topo do sapato pode precisar de ser estofado.

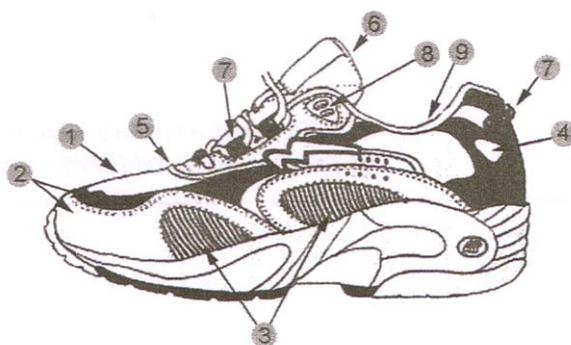


Fig. 3.5 – Pontos importantes num sapato de corrida.

A figura 3.6 ilustra os principais requisitos de um bom sapato de corrida.

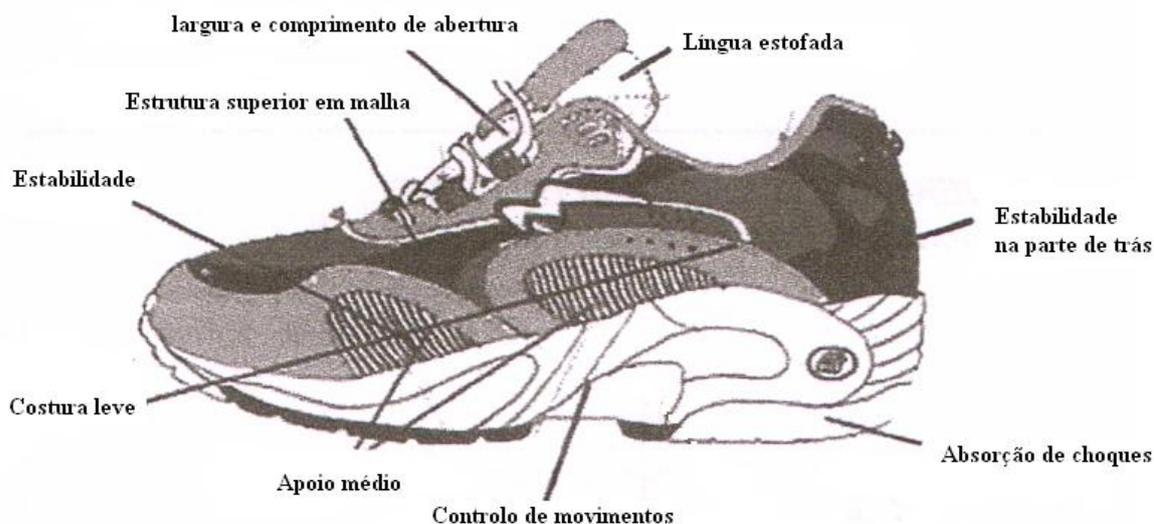


Fig. 3.6 – Requisitos de um bom sapato de corrida.

### 3.4.1.1. Materiais funcionais e componentes do calçado desportivo

Um sapato funcional é constituído por uma secção superior, por um forro e por peças de reforço entre o forro e a secção superior. A maioria dos sapatos possui ainda uma palmilha e quase todo o calçado de desporto possui uma sola interior ou footbed.

A sola do sapato pode ser formada por uma peça única ou pode ser formada por sola intermédia e sola exterior. São utilizados vários tipos de peças na sola e na secção superior como reforço. Todos os materiais e componentes estão directamente envolvidos na forma, conforto e performance geral do sapato. A contribuição estética é feita pelos materiais utilizados. Não é apenas o material utilizado no sapato que afecta a forma. A meia desempenha também um papel importante. Um meias feitas de fibra natural irão transportar humidade de forma mais eficaz do que a maioria das fibras sintéticas, por exemplo.

Os materiais e componentes possuem propriedades que conferem conforto, forma, protecção, estabilidade e suporte. Os materiais e componentes permitem também prolongar o tempo de uso e manter a forma do sapato. Desempenham ainda um papel importante na transferência de calor e humidade a partir do pé para o ambiente exterior (Shishoo, 2005).

As propriedades dos materiais da secção superior do sapato variam de acordo com as exigências do desporto. Outras propriedades são suavidade, flexibilidade, rigidez ou o conforto. Os materiais da secção superior precisam moldar-se à forma do pé. Os materiais para o forro necessitam atender aos mais elevados padrões. A função do forro é servir como uma zona tampão entre o sapato e o pé. O forro absorve a transpiração e sujidades de dentro do sapato e dos pés, o que ajuda a prevenir a coloração do material da secção superior. O forro deve ser ventilado, tendo propriedades de absorção e transporte de humidade do pé. A abrasão e o pilling no forro estão sob contínuos testes em laboratórios. As empresas estão a desenvolver material com propriedades de atrito para aplicação no forro para satisfazer os requisitos de muitos desportos.

Os materiais mais comumente utilizados no forro são tecidos de nylon, terry loop e malha. (SATRA, 1996) As propriedades de isolamento térmico são muito importantes para alguns desportos. Num clima frio, o forro necessita de microfibras térmicas, que são utilizadas como isolamento. O adesivo entre o forro e a estrutura superior deve possuir propriedades de respirabilidade para permitir o transporte de humidade para longe do pé.

O material para o calcanhar deve ser forte e rígido. O toepuff precisa ser flexível, higiénico e firme. Outras partes do sapato estão normalmente associadas a uma palmilha. A palmilha precisa ser absorvente e permitir que a humidade passe através dela.

Outras propriedades da palmilha são flexibilidade, durabilidade, leveza, uniformidade, inibição de bactérias, integridade estrutural, e resistência ao manchamento por transpiração e por sujidade. O insock é uma peça como a palmilha mas esta é cosida sobre a estrutura superior. O insock necessita de materiais para suportar a costura e, à semelhança da palmilha, deve fazer o transporte de humidade. Outras propriedades são similares às da palmilha.

As propriedades funcionais da sola são durabilidade, resistência à água e estabilidade dimensional. Diversos desportos exigem propriedades como flexibilidade, rigidez, respirabilidade, espessura / finura, e boa tracção ou menor tracção ao solo. Ao escolher uma sola ideal para calçado de desporto funcional, os movimentos do pé e do corpo necessitam especial consideração.

O mesmo se aplica para ambientes e terrenos onde o desporto é realizado. A espessura e a firmeza dos materiais para a sola maximizam ou minimizam a absorção do choque. SATRA tem algumas recomendações para o sapato de desporto na figura 3.7 (Abbot, George e SATRA, 2003).

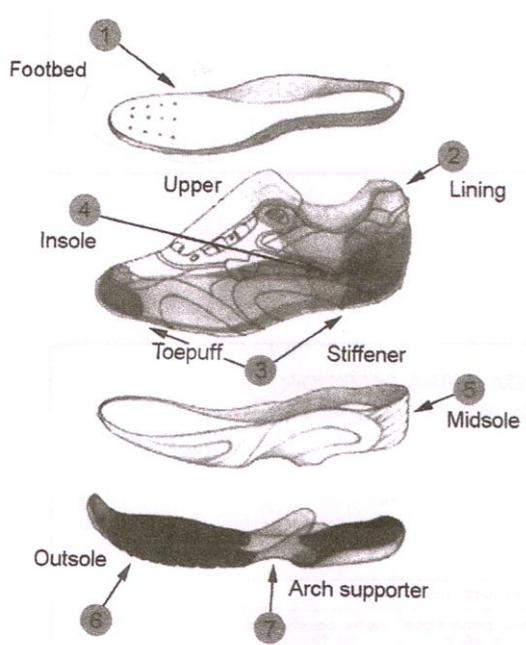


Fig. 3.7 – Calçado funcional constituído por uma estrutura superior, contraforte e uma estrutura de reforço (suporte) possuindo peças, como stiffener e toepuff.

Na figura 3.7 representa-se ainda um forro e uma palmilha. A sola pode ser dividida em sola intermédia e em sola exterior.

O que significa calçado com bom ajuste? Peet explica que um bom ajuste “allows the foot to function normally for the application it is designed to meet“ (Peet, 1998), isto é, o sapato deve ter uma forma e as dimensões adequadas para permitir uma boa saúde ao pé e precisa de ser construído e fabricado a partir de materiais que garantam as suas propriedades durante o desgaste.

Um bom ajuste também significa conforto na maioria dos casos (note-se que, no calçado para sprint, o desempenho é mais importante do que o conforto). A optimização do formato também proporciona um bom ajuste, se for verificado cuidadosamente.

Os factores que afectam o ajuste do sapato são factores físicos e psicológicos (Rossi e Tennant, 1993). O ajuste físico diz respeito ao formato e tamanhos do pé e do sapato. Os factores psicológicos referem-se à saúde dos pés em movimento e em repouso.

### 3.4.1.2. Futuras tendências em calçado funcional

O calçado de desporto está cada vez mais estético, na moda, bem como mais técnico. A estética do calçado e a sua função estão cada vez mais próximos. A cor é e será uma importante parte do calçado funcional. O design da superfície dos materiais está a desempenhar um importante papel como característica de design.

Inovações nos materiais e nos componentes são importantes. O aspecto estético é importante uma vez que os consumidores alvo são as crianças e os adolescentes. O preço é importante para estes consumidores. Para além disso, o aspecto estético será cada vez mais importante entre os adultos que procuram calçado casual e confortável.

Os homens valorizam a marca e o modelo; as mulheres valorizam o conforto.

Os sapatos “retro” continuarão a ter sucesso no negócio do calçado de desporto, reflectindo o estilo de vida “retro” que se estabeleceu.

Os materiais e os componentes do sapato aumentam exponencialmente a performance requerida, com cada vez mais tecnologia orientada para o futuro e com características cada vez mais funcionais. Isto significa que a tecnologia do calçado de desporto passa a ser desenhada e produzida para responder às exigências cada vez mais específicas de um atleta.

Os problemas ambientais são considerados e as estruturas têxteis terão cada vez mais propriedades multifuncionais.

O consumidor final de calçado de desporto é brindado cada vez mais com serviços pessoais que satisfaçam as suas necessidades.

O consumidor final pode inclusive desenhar o seu calçado através de páginas na Internet. Já acontece e expandir-se-á cada vez mais no futuro.

O desenvolvimento de palmilhas ou footbed tem sido enorme nos últimos anos.

As indústrias de manufactura estão ao serviço do cliente nas suas necessidades do dia a dia e a indústria do calçado de desporto não foge a esta regra (Shishoo, 2005).

### 3.4.1.3. Considerações dos consumidores

Vários estudos têm mostrado que a forma como o calçado encaixa no pé é um factor muito importante na aquisição de calçado. As características que podem afectar a escolha do calçado dependem de factores relacionados com o calçado (material, peso, a qualidade, durabilidade, tracção, resistência aos choques, etc), factores relacionados com a sociedade (moda, estilo, marca, auto-estima, etc) e factores relacionados com o pé (conforto, ajuste, função, suavidade, flexibilidade, etc.).

Além disso, uma boa forma de encaixe, mínimo de transpiração, bom isolamento térmico, sola flexível, estrutura superior flexível, bem como a protecção contra choques são os principais elementos de conforto. Segundo Clarcks, a maioria dos consumidores tem em conta a aparência, a moda, o ajuste e conforto, preço, qualidade e a marca.

Chong e Chan realizaram testes, usando calçado em 70 participantes, para classificar a importância de seis factores (estilo atraente, a função, preço acessível, marca famosa, material de qualidade e conforto) ao comprarem um par de sapatos.

Cerca de 28% dos indivíduos deram a mais alta classificação para o conforto. Ao calcular a média ponderada do estudo de Chong e Chan, Luximon e Goonetilleke descobriram que o conforto era cotado superiormente à qualidade, ao preço, à função, e à marca. Sendo o conforto afectado pela forma de encaixe do sapato, pode-se deduzir que este é um factor importante. A forma de encaixe do calçado pode ser quantificado utilizando diferenças dimensionais entre o calçado e o pé. A forma de encaixe é apenas uma das considerações do consumidor; todo o calçado tem que ser seleccionado para uma determinada função (Li e Dai, 2006).

## 3.5. Propriedades Termofísicas

### 3.5.1. Fluxo Térmico (q)

A aparência e o toque de uma peça de vestuário são para o potencial cliente duas características muito importantes. Segundo Yoneda e Kawabata, o toque é um sistema de sensações múltiplas e simultâneas recebidas pelo homem, sensações estas muito

difíceis de descrever quantitativamente e cuja avaliação pode ser puramente subjectiva. A sensação quente-frio faz parte do complexo sistema de sensações ao toque, de acordo com o tecido parecer frio ou quente quando do primeiro contacto da pele com o tecido.

As propriedades termofísicas dos têxteis planos podem ser divididas em propriedades estacionárias tais como a resistência térmica e a condutividade térmica, e em propriedades transitórias, que ilustram principalmente a sensação quente-frio do tecido quando do seu contacto inicial com a pele humana.

Yoneda e Kawabata foram os primeiros a descobrir estes estados transitórios que são componentes importantes do toque do tecido, e introduziram o conceito de ( $q_{\text{máx}}$ ), ou seja o valor máximo do fluxo de calor trocado entre o tecido e a pele humana durante o contacto. O seu valor é dado pela seguinte expressão:

$$q = \frac{b \times \Delta t}{(\pi \times \tau)^{\frac{1}{2}}} \quad [\text{W.m}^{-2}]$$

em que:

$b$  – absorvidade térmica [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}.\text{S}^{1/2}$ ];

$\Delta t$  – gradiente de temperatura [K];

$\tau$  – tempo [s].

A variação do fluxo térmico com o tempo para um dado artigo, pode ser ilustrada pelo seguinte gráfico:

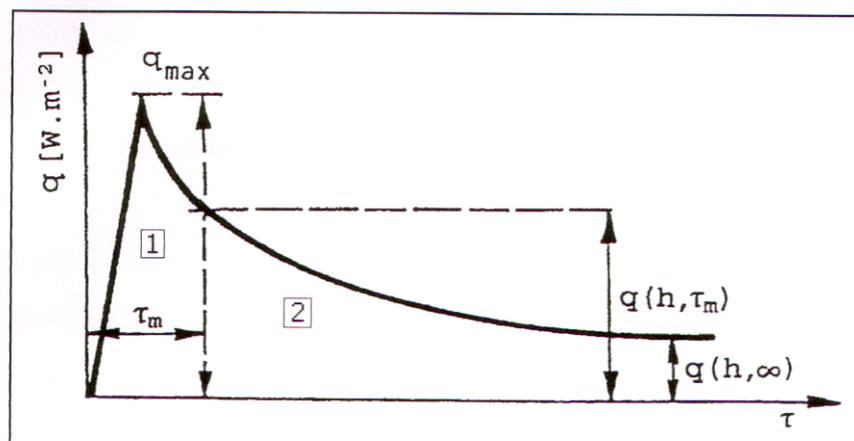


Fig. 3.8 – Fluxo térmico em função do tempo.

A análise desta figura permite verificar a existência de duas fases bem distintas: numa primeira etapa, o fluxo térmico aumenta até atingir um valor máximo ( $q_{\text{máx.}}$ ), para posteriormente descer lentamente até um patamar mais baixo de equilíbrio, em que ocorre uma estabilização, ou seja, não há qualquer variação do fluxo de calor em função do tempo. É nesta fase de estabilização que se atinge o estado estático, enquanto que inicialmente existia o estado dinâmico, onde havia variação de fluxo de calor.

### 3.5.2. Absortividade Térmica ( $b$ )

Foi desenvolvido um outro conceito da sensação quente-frio pela Technical University of Liberec, designado por absortividade térmica ( $b$ ), e que é definido por:

$$b = \sqrt{\lambda \times \rho \times c} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K.S}^{1/2}]$$

em que  $\lambda$  é a condutividade térmica [ $\text{W} / \text{m.K}$ ];  $\rho$  a massa específica [ $\text{Kg.m}^{-3}$ ] e  $c$  o calor específico [ $\text{J} / \text{Kg.K}$ ].

A absortividade térmica está directamente relacionada com a sensação inicial de contacto de um tecido quando posto sobre a pele, e é uma propriedade dinâmica que representa o fluxo térmico instantâneo que ocorre quando dois corpos semi-infinitos com diferentes temperaturas entram em contacto físico. (Quanto maior for “ $b$ ”, maior será o fluxo térmico e pior será a sensação de contacto inicial, pois corresponderá a uma superfície mais fria). A absortividade térmica exprime as propriedades térmicas dos tecidos em contacto, estando relacionado com parâmetros da estrutura e composição dos tecidos, não abrangendo as condições de medição.

Na prática sabe-se que os valores de ( $b$ ) variam entre 30 e 300 para materiais têxteis. Quando as fibras estão húmidas, o valor de ( $b$ ) é superior ao apresentado pelas fibras secas, devido à alta condutividade térmica da água.

### 3.5.3. Condutividade Térmica ( $\lambda$ )

A condutividade térmica ( $\lambda$ ), dá-nos a quantidade de calor que flui pelo material, por unidade de comprimento, para uma variação de temperatura de um grau.

Um valor elevado de ( $\lambda$ ), representa uma elevada capacidade de condução do calor. Os valores mais altos correspondem aos metais puros, enquanto que os mais baixos pertencem aos gases e vapores. Dado que as fibras têxteis são materiais mais isolantes, apresentam um baixo nível de condutividade térmica.

A condutividade térmica define-se pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{q \times h}{\Delta t} \quad [\text{W} / \text{m.K}]$$

em que  $q$  é o fluxo térmico [ $\text{W.m}^{-2}$ ];  $h$  é a espessura [m] e  $\Delta t$  é o gradiente de temperatura entre duas superfícies [K].

### 3.5.4. Difusividade Térmica ( $a$ )

Uma outra propriedade térmica importante é a difusividade térmica ( $a$ ), que quantifica a velocidade de propagação da temperatura pelo material têxtil, ou seja, o impulso térmico, podendo definir-se pela seguinte expressão:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \times c} \quad [\text{m}^2 / \text{s}]$$

em que  $\lambda$  é a condutividade térmica,  $\rho$  a massa específica e  $c$  o calor específico.

Durante o fenómeno de transferência de calor do corpo para o meio ambiente através do vestuário, a velocidade de propagação da temperatura varia, enquanto não é atingido o estado estacionário ou de equilíbrio.

### 3.5.5. Resistência Térmica ( $R_t$ )

Em muitos casos, os artigos de vestuário são compostos por várias camadas têxteis, com o objectivo de se obterem propriedades específicas de isolamento e contacto térmico, as quais diferem das propriedades térmicas das mesmas camadas quando consideradas isoladamente. Em artigos têxteis multicamadas, o modo de junção das camadas individuais afecta substancialmente os resultados das propriedades térmicas dos artigos de vestuário e, conseqüentemente, os resultados globais de uma dessas propriedades designado por resistência térmica ( $R_t$ ), que é dada pela seguinte expressão:

$$R_t = \frac{h_t}{\lambda_t} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

e que se pode definir como sendo a resistência ao fluxo de calor e é inversamente proporcional à condutividade térmica.

A resistência térmica, que é calculada com base na espessura total  $h_t$  (m) e na condutividade térmica resultante  $\lambda_t$ , não pode ser considerada sempre como uma soma simples das resistências térmicas individuais  $R_i$ , correspondentes às várias camadas têxteis simples.

Yoneda e Kawabata foram pioneiros de alguns trabalhos teóricos e práticos sobre transição térmica relativamente a têxteis planos multicamadas, embora nenhum estudo experimental de propriedades térmicas de contacto (sensação quente-frio) dos mesmos tenha sido efectuado.

### 3.5.6. Permeabilidade Térmica

A permeabilidade térmica é uma propriedade que pode ser definida em três estados, tais como:

- Permeabilidade térmica no estado seco:  $\pi d$ ;
- Permeabilidade térmica no estado húmido:  $\pi w$ ;
- Permeabilidade térmica ao vapor de água:  $\pi v$ .

Quando no estado seco, a permeabilidade térmica de uma estrutura têxtil, é função da sua resistência térmica e da resistência à transferência de calor por convecção.

## 3.6. Propriedades Fisiológicas

É sabido que o aumento da percentagem de humidade na estrutura têxtil altera a permeabilidade ao vapor de água da mesma e afecta, quase sempre de uma forma negativa, o conforto termofisiológico do portador dessa estrutura. Assim, o conhecimento das propriedades permeabilidade ao vapor de água e resistência evaporativa das estruturas no estado húmido é extremamente importante.

### 3.6.1. Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (**pv**) é calculada a partir da relação que se segue:

$$pv = 100 \frac{qw_s}{qw_0} \quad [\%]$$

sendo:

$qw_s$  – fluxo térmico medido pelo sensor do fluxo térmico na presença do provete  
[W/m<sup>2</sup>].

$qw_0$  – fluxo térmico registado pelo aparelho na ausência do provete a ensaiar  
[W/m<sup>2</sup>].

### 3.6.1. Resistência evaporativa

A resistência ao vapor de água ou resistência evaporativa é dada pela expressão:

$$R_{et} = \frac{pw_{sat} - pw_0}{qw_s} \quad [m^2 Pa W^{-1}]$$

sendo:

$pw_{sat}$  – pressão parcial saturada de vapor de água, para uma temperatura laboratorial de 20 a 22°C [Pa].

$pw_0$  – pressão parcial de vapor de água laboratorial para uma percentagem de humidade de 60 a 65% [Pa].

## 3.7. Malhas Funcionais

### 3.7.1. Definição

Genericamente, podemos definir as malhas como sendo têxteis planos, cujas estruturas são formadas pelo entrelaçamento de laçadas, espaçadas entre si, dependendo o seu tamanho da configuração do debuxo, grau de aperto e massa linear dos componentes.

Segundo Geraldes,2000, as malhas funcionais, podem definir-se como malhas cujo valor utilitário advém principalmente das características induzidas por algumas propriedades intrínsecas de determinadas fibras, particularmente as não-naturais, nomeadamente o polipropileno, usadas na construção das referidas malhas, assim como uma estrutura própria.

Deste modo, uma malha funcional representa um sistema com pelo menos duas camadas interligadas mutuamente através da própria estrutura, ou através de um fio de ligação, de modo a conseguir-se obter vestuário com propriedades termofisiológicas mais eficazes. Consequentemente, o valor utilitário dos artigos feitos com este tipo de malhas é superior.

A principal característica destas malhas funcionais é a sua diferenciação estrutural em duas camadas distintas feitas com matérias primas diferentes. Tem-se a chamada *camada de separação* no lado do avesso da malha e que fica em contacto com a pele. Esta camada é normalmente constituída por polipropileno ou qualquer outra fibra sintética hidrófoba. No lado direito da malha funcional tem-se a designada *camada de absorção*, constituída por fibras hidrófilas naturais ou artificiais, como por exemplo algodão, lã ou respectivas misturas com viscose, ou outras fibras artificiais com elevada capacidade de absorção de água.

Deste modo, sob a designação “funcional”, incluem-se estruturas têxteis apropriadas a condições climáticas extremas, bem como estruturas têxteis e calçado de protecção. Para apresentarem um alto valor acrescentado, ambos os produtos devem, além das funções clássicas, assegurar o conforto do seu portador. Contudo, estruturas têxteis e calçado de protecção têm que cumprir outros requisitos, o que implica uma elevada exigência de especificação e medição do conforto referente a este tipo de aplicação têxtil. É assim que se justifica a atenção dedicada durante os últimos anos ao desenvolvimento de novos métodos de avaliação do conforto e de desenho de estruturas têxteis.

### 3.6.2. Mecanismos de Actuação de uma Malha Funcional

Após contacto e aquecimento do vestuário pelo corpo, o calor e humidade libertados pela pele vão passar para o meio ambiente exterior por intermédio do vestuário.

A perda de humidade a partir de um corpo que se encontre vestido efectua-se sob 2 estados: vapor de água e água no estado líquido. Qualquer têxtil plano apresenta uma determinada resistência à difusão da humidade, a partir da pele para o meio ambiente. É essa diferença de resistência de uns têxteis para os outros, a qual pode ser determinada pela taxa de permeabilidade ao vapor de água, que irá influenciar directamente o conforto durante o uso.

Assim, na presença de uma gota de água, uma malha com uma composição 100% polipropileno e formada por uma única camada, praticamente não absorve a água. Numa malha constituída por duas camadas, uma de algodão e outra de polipropileno, quando a

água entra em contacto com a camada de algodão é imediatamente absorvida, enquanto que, se o contacto se efectuar através da camada de polipropileno, a água difunde-se através desta e é absorvida pela camada de algodão. É esta última situação que representa o comportamento de uma malha funcional.

Consideremos agora o exemplo concreto de uma malha com duas camadas, em que foram usados materiais têxteis diferentes para cada camada e com propriedades de absorção da água diferentes. Os resultados práticos verificados encontram-se ilustrados na figura 3.9.

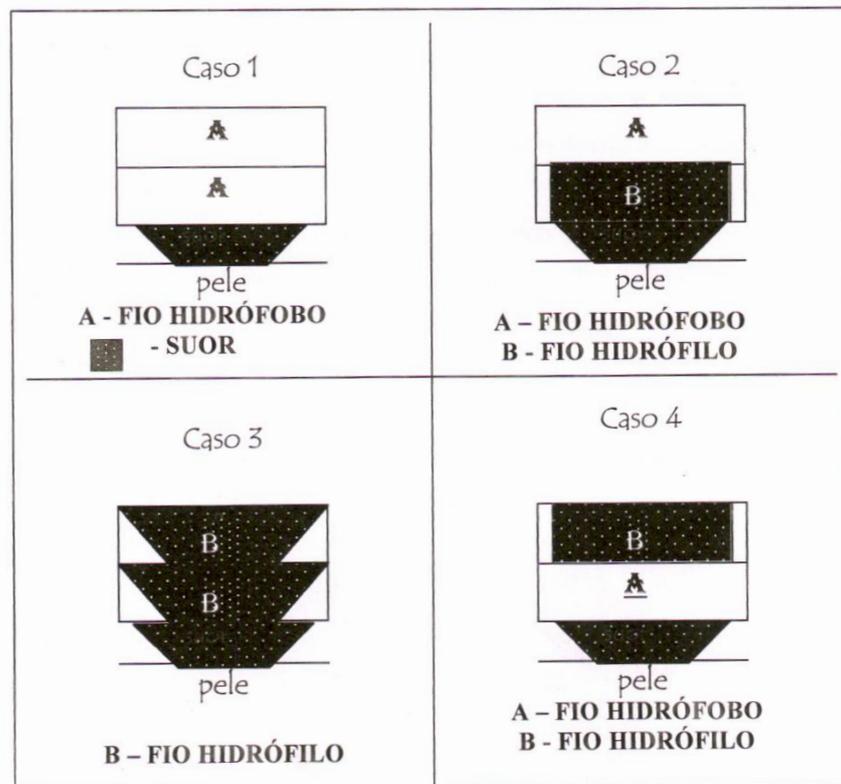


Fig. 3.9 – Representação esquemática da transferência de humidade em malhas funcionais.

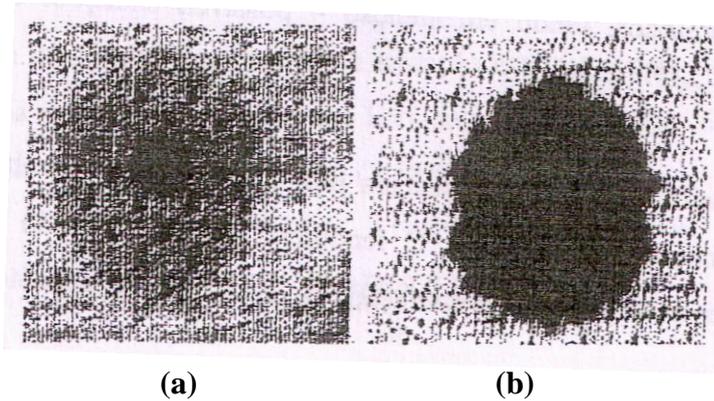


Fig. 3.10 – Gota de água na camada de separação (a), e na camada de absorção (b).

Também os fenômenos que ocorrem num sistema formado pelos três componentes “pele -malha funcional – meio ambiente” podem ser representados pela figura:

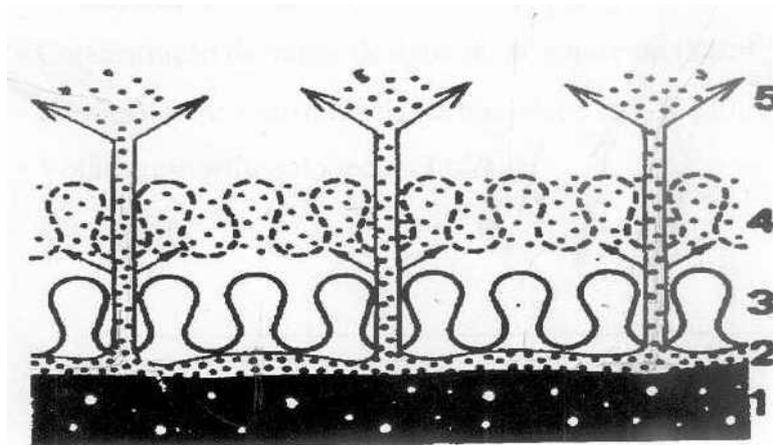


Fig. 3.11 – Representação esquemática do funcionamento do sistema pele – malha funcional – meio ambiente.

*Legenda:*

*1 – Pele;*

*2 – Transpiração sob a forma de vapor de água e/ou na forma líquida;*

*3 – Camada de separação (difusão da transpiração através dos poros da malha e absorção pela camada de absorção);*

*4 – Camada de absorção (absorção da transpiração);*

*5 – Evaporação da transpiração (desorção) a partir das camadas exteriores do vestuário para o meio ambiente (Gerald, 2000).*

Pelo que se pode considerar que o fluxo evaporativo total é dado pelo fluxo evaporativo a partir da pele mais o fluxo evaporativo a partir da camada de absorção, isto é, da camada exterior da malha para o meio ambiente, de acordo com a expressão:

$$q_{\text{total}} = q_{\text{pele}} + q_{\text{malha}} \quad [\text{W/m}^2]$$

sendo:

$q_{\text{total}}$  – fluxo evaporativo total;

$q_{\text{pele}}$  - fluxo evaporativo a partir da pele;

$q_{\text{malha}}$  – fluxo evaporativo a partir da superfície exterior da malha.

Seria de esperar que um aumento da humidade relativa da estrutura têxtil, provocasse uma diminuição do fluxo evaporativo total, dado a referida estrutura ficar como que bloqueada e deste modo, uma diminuição da componente  $q_{\text{pele}}$ . Contudo, tal não se verifica, pois na pratica verifica-se um aumento do fluxo evaporativo total com o aumento da percentagem de humidade, o que é explicado pelo aumento do fluxo evaporativo a partir da superfície exterior da malha, aumentando o  $q_{\text{total}}$  ou fazendo com que este permaneça aproximadamente constante.

## Capítulo 4 - Desenvolvimento Experimental

## 4.1. Planeamento experimental

A componente experimental deste trabalho tem por fim avaliar o desempenho das diferentes estruturas de malha ao nível do conforto termofisiológico. Para o efeito, foram analisadas as principais propriedades térmicas e fisiológicas. A metodologia usada envolveu as seguintes etapas:

- Conceção de estruturas de malha de trama constituídas por duas camadas distintas e interligadas entre si (estrutura funcional), sendo a camada de separação em poliéster e a camada de absorção em algodão.
- Estudo comparativo do desempenho térmico e fisiológico das malhas ao nível das principais propriedades termofisiológicas.

Este trabalho pretende assim averiguar a influência da estrutura da malha no conforto térmico desejado pelos consumidores quando do uso de sapatilhas.

Efectivamente, este conforto é condicionado por duas componentes: a resistência térmica no estado húmido e o fluxo evaporativo total resultante da evaporação da humidade a partir da pele, e que atravessa a estrutura têxtil por um mecanismo de difusão, e o fluxo evaporativo correspondente à evaporação do suor a partir da superfície exterior da estrutura têxtil.

Assim, na componente experimental do trabalho analisaram-se as principais propriedades térmicas das diferentes estruturas de malha produzidas, sendo a componente térmica definida pelas seguintes variáveis:

- Condutividade térmica;
- Absortividade térmica;
- Resistência térmica,

A sua variação deverá respeitar o designado “sagrado trinómio” equivalente a conforto térmico, isto é: elevada resistência, baixa absortividade e baixa condutividade.

Dado que durante o uso e devido ao nosso peso, o forro da sapatilha é obrigado a comprimir, teve-se o cuidado de realizar os ensaios a diferentes pressões (1000 Pa e 250 Pa), tal como acontece durante o acto de caminhar, de forma a concluir acerca do comportamento da estrutura durante essa situação.

A componente fisiológica é definida pelas seguintes propriedades, consideradas críticas para o conforto termofisiológico:

- Permeabilidade ao vapor de água;
- Resistência evaporativa.

A permeabilidade ao vapor de água consiste na perda de água através da estrutura, sob a forma de vapor, e é uma das propriedades mais importantes de uma estrutura fibrosa. É uma propriedade importante para manter o equilíbrio térmico do utilizador, pois se a humidade evaporar da pele e passar sob a forma de vapor pela estrutura fibrosa, os poros desta permanecem livres, facilitando o movimento do ar através do material fibroso e permitindo que os mesmos permaneçam cheios de ar. Isto faz com que o isolamento térmico do artigo se mantenha.

Desta forma, se o valor da permeabilidade ao vapor de água é elevado, o vapor de água atravessa a estrutura fibrosa, evitando-se que passe ao estado líquido, o que provocaria uma sensação de desconforto.

A resistência evaporativa é uma grandeza inversamente proporcional à permeabilidade ao vapor de água e representa a resistência que um material têxtil oferece à evaporação do suor a partir da superfície da pele. Quanto maior for a resistência evaporativa de um material têxtil, maior é a resistência à passagem do vapor de água. Um material transpirável tem uma resistência evaporativa baixa.

### 4.1.1. Instrumentação e metodologia utilizada

➤ **Tricotagem das estruturas de malha**

- *Tear electrónico, jogo 7*



Fig. 4.1 – Tear electrónico Shima Seiki.

➤ **Avaliação das propriedades térmicas das malhas**

- *Alambeta*



Fig. 4.2 – Aparelho Alambeta.

O aparelho Alambeta que faz uma avaliação objectiva da sensação quente/frio, foi usado neste estudo para a medição dos seguintes parâmetros térmicos: condutividade térmica, absorvidade térmica, resistência térmica e espessura da mostra.

Este aparelho consiste num bloco metálico com temperatura constante (32°C) a qual difere da temperatura da amostra (20°C). Quando a medida se inicia, a cabeça de medida baixa e toca a superfície plana da amostra a medir, a qual se situa na base do aparelho, sob a cabeça de medição. Neste momento, a temperatura da superfície da amostra muda bruscamente e o aparelho regista a evolução do fluxo de calor. Simultaneamente, é medida a espessura da amostra. Todos os dados, são, então, processados no computador, de acordo com um programa apropriado.

➤ **Avaliação das propriedades fisiológicas das malhas**

- *Permetest*



Fig. 4.3 – Permetest Skin Model

O instrumento PERMETEST permite a determinação da permeabilidade relativa ao vapor de água [%] e da resistência evaporativa  $R_{et}$  [ $m^2Pa/W$ ] de tecidos ou malhas secos e molhados.

A cabeça de medição deste pequeno Skin Model é coberta por uma folha metálica semi-permeável resistente, que evita o transporte de água do sistema de medição para a amostra.

O fluxo de calor causado pela evaporação de água da camada porosa fina é rapidamente registado por um computador. Em termos de transferência de calor, este instrumento corresponde ao modelo da verdadeira pele humana.

➤ **Pesagem das amostras**

- *Balança analítica*



Fig. 4.4 – Balança.

➤ **Secagem das amostras**



Fig. 4.5 – Estufa

➤ **Acondicionamento das amostras**



Fig. 4.6 – Exsicador

### 4.1.2. *Seleccção dos materiais*

A seleccção do tipo de fibra a utilizar teve em vista as características específicas de cada fibra de modo a garantir uma estrutura adequada ao fim em vista.

Para o efeito, optou-se pelas seguintes fibras:

- Fibra de algodão, devido à sua elevada hidrofiliidade, à sua elevada permeabilidade, e ao seu toque suave e quente. São fibras relativamente boas condutoras do calor, apresentando uma condutividade térmica de 17,5 [w/m.K], quando se toma como base a do ar (igual a 1 [w/m.K]).
- Fibra de poliéster, mais precisamente a fibra Trevira Bioactive T350BA, que embora o seu elevado custo, se encontrava disponível no laboratório. Por outro lado, possui propriedades desejáveis para este trabalho, tais como o elevado carácter hidrófobo e propriedades bioactivas que protegem de forma activa contra os microrganismos.

Em termos de aparência, toque e outros indicadores sensoriais, a fibra Trevira Bioactive T350BA não é diferente das outras fibras, apresentando ainda as seguintes propriedades:

- Comportamento antimicrobiano permanente;
- Requisitos higiénicos mais rigoroso;
- O efeito ocorre directamente na superfície da fibra;
- Compatibilidade com a pele.

As características técnicas dos fios usados neste estudo encontram-se representadas no quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Características técnicas dos fios usados.

<i>Fio</i>	<i>Composição</i>	<i>Título (Nm)</i>	<i>Tipo</i>
1	100% Algodão	32/2	Open-End
2	100% Trevira Bioactive	32/2	Open-End

As estruturas de malha produzidas foram tricotadas com dois fios de algodão, cada um de Nm 2/32, equivalente a um fio de Nm 8 para formar a camada de absorção e com dois fios de poliéster, cada um de Nm 2/32, equivalente a um fio de Nm 8 para formar a camada de separação.

### 4.1.3. Escolha da estrutura de malha

Sendo de fundamental importância as transferências de calor e humidade entre o pé e o exterior, a estrutura de malha produzida deverá assegurar esse mecanismo. Assim, procedeu-se à concepção de uma estrutura constituída por colunas de laçadas pouco compressíveis, sendo o contacto com o pé feito apenas a partir dos pontos de contacto dessas mesmas colunas. Desta forma, a malha não se encontra totalmente junto à pele, como numa estrutura planar mas, entre a malha e a pele, há apenas pontos de contacto. A vantagem desta construção assenta no aumento do fenómeno de convecção livre, através da presença de canais preenchidos com ar, o que reforça as transferências térmicas e fisiológicas, isto é de calor e de massa.

Para tal, escolheu-se como estrutura base a estrutura rib 1x1, a partir da qual se derivou para outras onde, além de se procurar obter no direito (onde se faz o contacto com o pé) colunas de laçadas pouco compressíveis através da introdução de laçadas carregadas, procurou-se igualmente aumentar a largura da coluna do avesso e, conseqüentemente, aumentar a largura dos canais preenchidos com ar no direito da estrutura.

As estruturas desenvolvidas encontram-se esquematizadas nas figuras que se seguem:

- Estruturas com base no rib 1x1

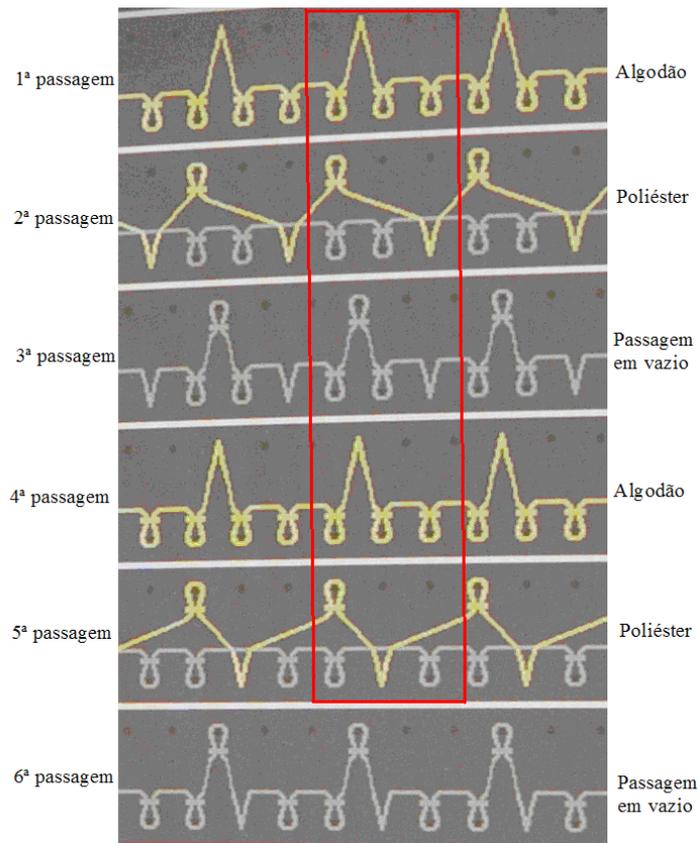


Fig. 4.7 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
1×2.

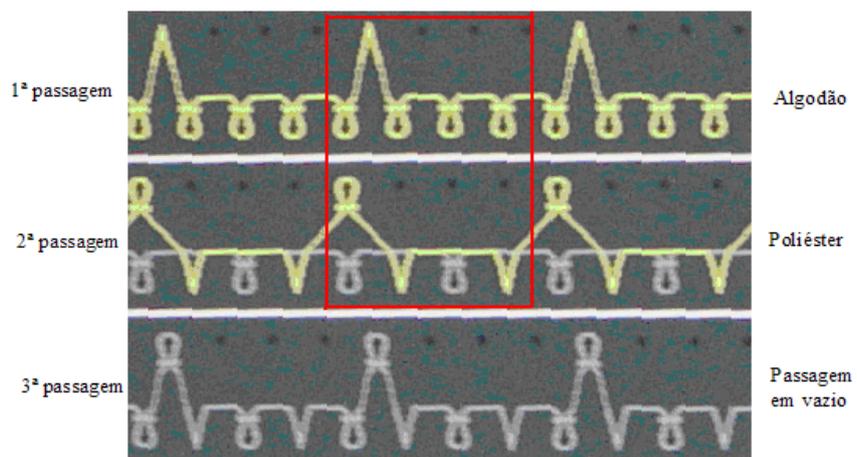


Fig. 4.8 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
1×3.

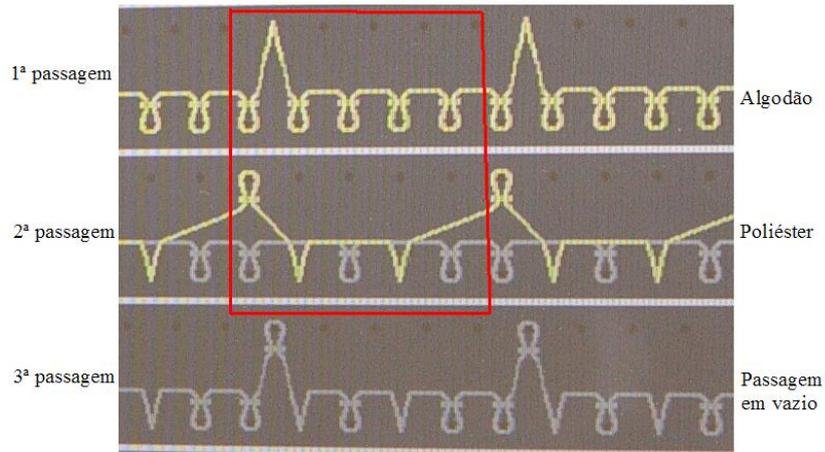


Fig. 4.9 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×4.

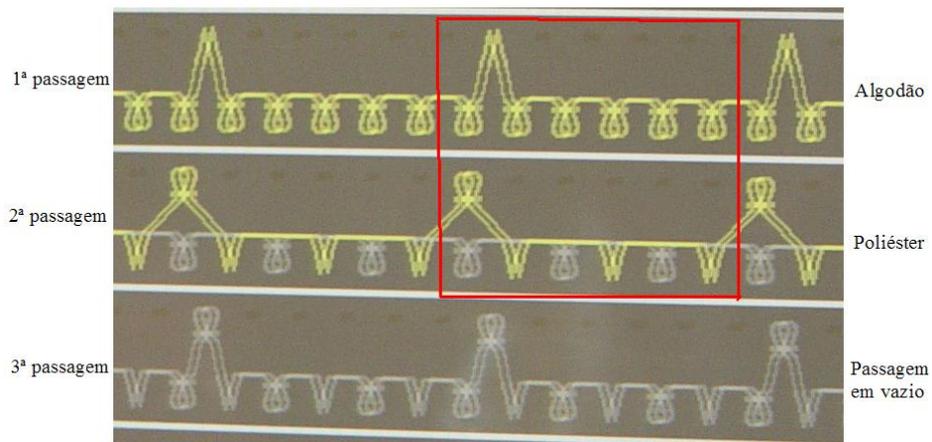


Fig. 4.10 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×5.

- Estruturas com base no rib 2x1

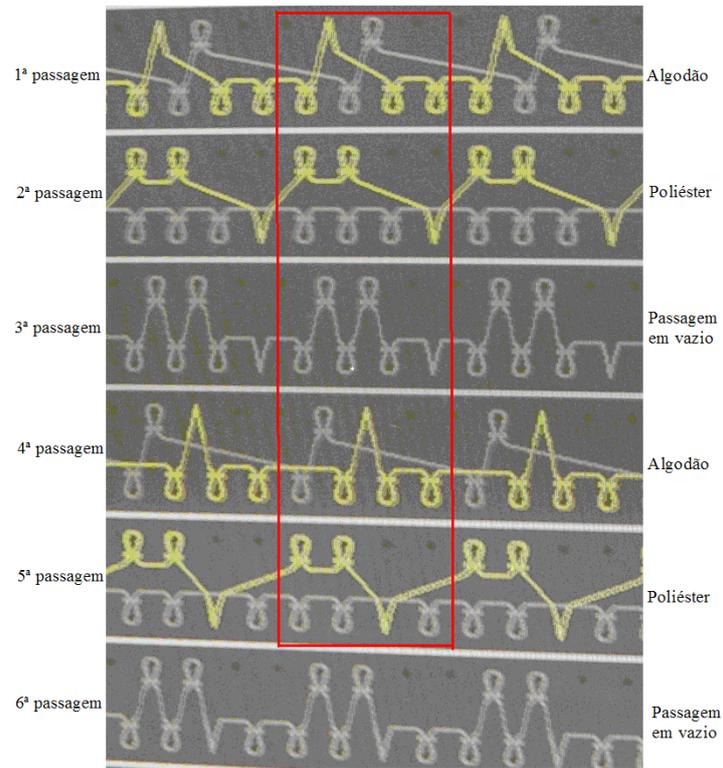


Fig. 4.11 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
2×2.

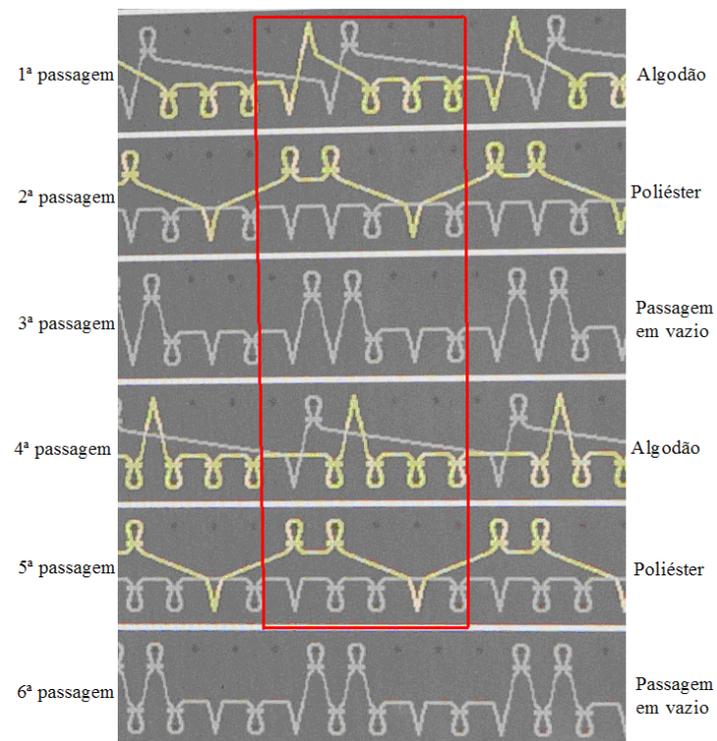


Fig. 4.12 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
2×3.

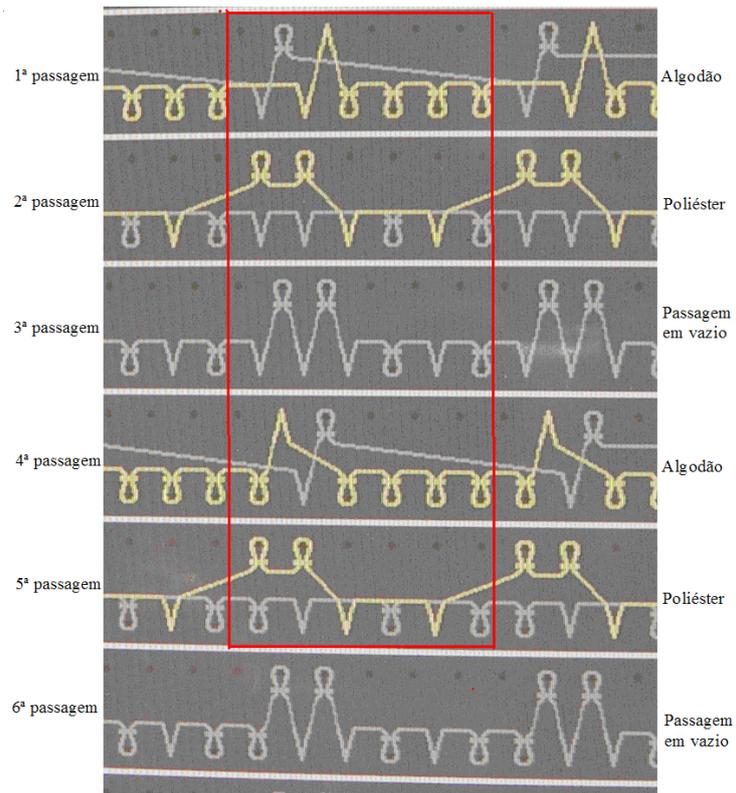


Fig. 4.13 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
2x4.

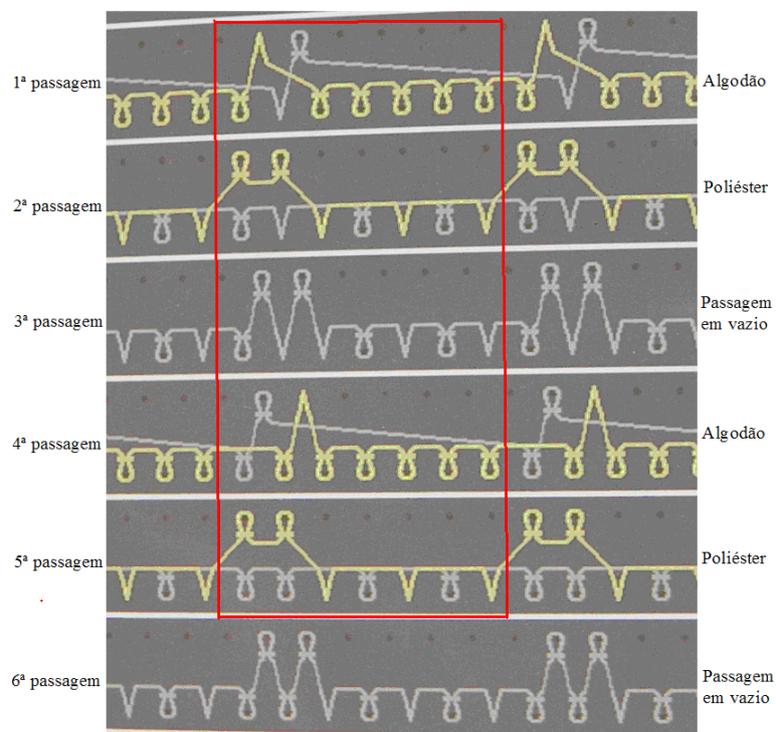


Fig. 4.14 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
2x5.

- Estruturas com base no rib 3x1

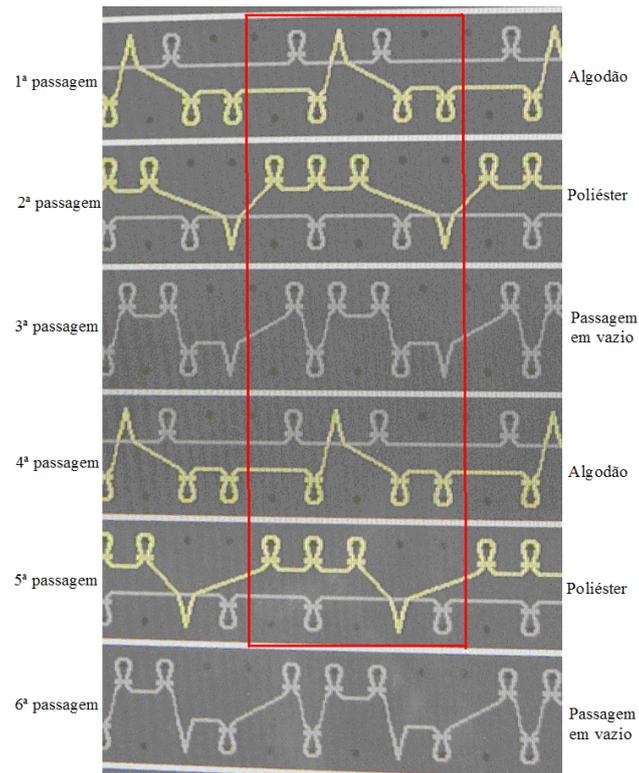


Fig. 4.15 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3x2.

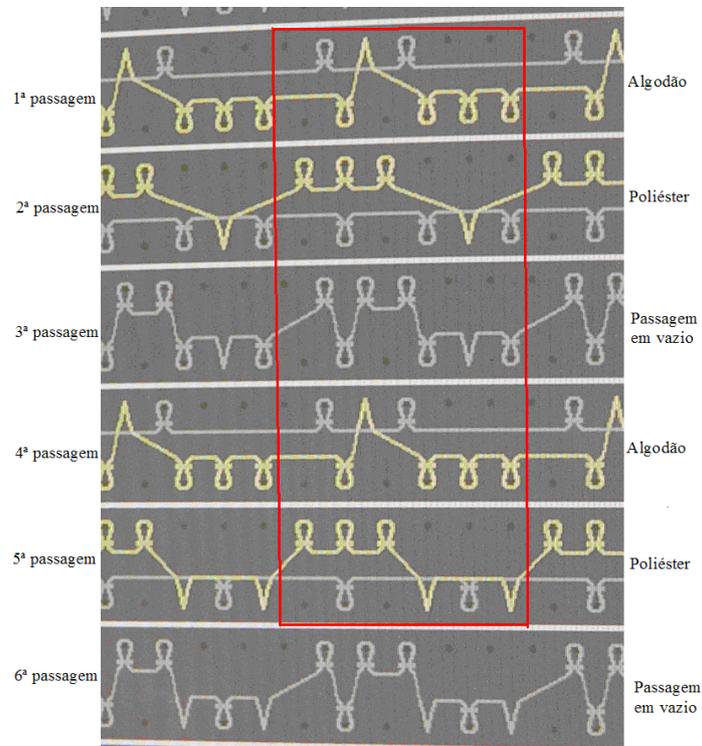


Fig. 4.16 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3x3.

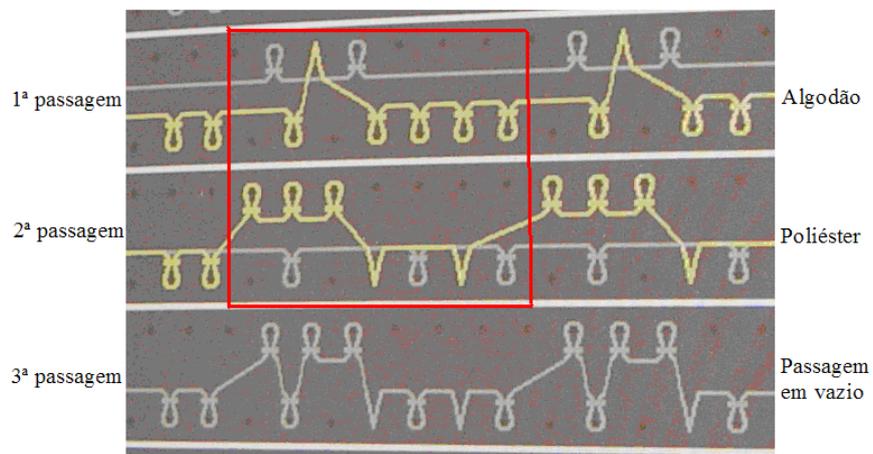


Fig. 4.17 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
3×4.

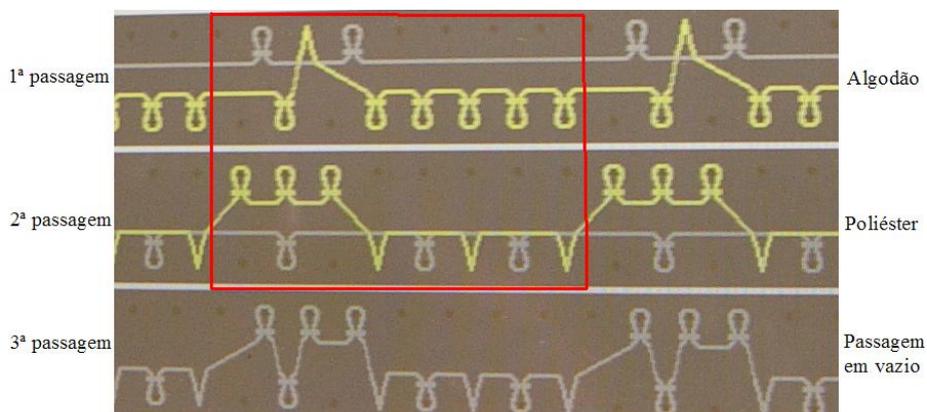


Fig. 4.18 – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib  
3×5.

Apresenta-se de seguida um quadro resumo das estruturas de malha desenvolvidas:

**Quadro 4.2 – Quadro resumo das estruturas de malha desenvolvidas.**

Referência	Estrutura Base
A	1x2
B	1x3
C	1x4
D	1x5
E	2x2
F	2x3
G	2x4
H	2x5
I	3x2
J	3x3
K	3x4
L	3x5

O primeiro algarismo representa o número de laçadas nas colunas pouco compressíveis e o segundo, o número de laçadas nos canais preenchidos com ar.

#### 4.1.3.1. Caracterização das estruturas de malha

As estruturas de malha de trama concebidas durante este trabalho foram caracterizadas dimensional e estruturalmente. Os valores apresentam-se nos quadros que se seguem.

Quadro 4.3 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha A.

<b><i>Amostra A (Estrutura derivada do rib 1×2)</i></b>		
<i>Referência</i>	A	
<i>Composição</i>	50% Algodão 50% Poliéster	
<i>Aperto</i>	K=20	
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	7
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		592
<i>Número de canais/cm</i>		1,5
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,5

Quadro 4.4 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha B.

<b><i>Amostra B (Estrutura derivada do rib 1×3)</i></b>		
<i>Referência</i>	B	
<i>Composição</i>	50% Algodão 50% Poliéster	
<i>Aperto</i>	K=20	
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	6
	<i>Colunas/cm</i>	4
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		524
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,8

Quadro 4.5 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha C.

<i>Amostra C (Estrutura derivada do rib 1×4)</i>		
<i>Referência</i>		C
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	8
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		584
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,9

Quadro 4.6 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha D.

<i>Amostra D (Estrutura derivada do rib 1×5)</i>		
<i>Referência</i>		D
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	8
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		620
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		1,1

Quadro 4.7 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha E.

<i>Amostra E (Estrutura derivada do rib 2×2)</i>		
<i>Referência</i>		E
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	9
	<i>Colunas/cm</i>	6
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		712
<i>Número de canais/cm</i>		1,5
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,4

Quadro 4.8 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha F.

<i>Amostra F (Estrutura derivada do rib 2×3)</i>		
<i>Referência</i>		F
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	8
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		708
<i>Número de canais/cm</i>		0,5
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,5

Quadro 4.9 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha G.

<i>Amostra G (Estrutura derivada do rib 2×4)</i>		
<i>Referência</i>		G
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	9
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		680
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,9

Quadro 4.10 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha H.

<i>Amostra H (Estrutura derivada do rib 2×5)</i>		
<i>Referência</i>		H
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	9
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		660
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		1,1

Quadro 4.11 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha I.

<i>Amostra I (Estrutura derivada do rib 3×2)</i>		
<i>Referência</i>		I
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	8
	<i>Colunas/cm</i>	4
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		708
<i>Número de canais/cm</i>		2
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,3

Quadro 4.12 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha J.

<i>Amostra J (Estrutura derivada do rib 3×3)</i>		
<i>Referência</i>		J
<i>Composição</i>		50% Algodão 50% Poliéster
<i>Aperto</i>		K=20
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	7
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		632
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,7

Quadro 4.13 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha K.

<i>Amostra K (Estrutura derivada do rib 3×4)</i>		
<i>Referência</i>	K	
<i>Composição</i>	50% Algodão 50% Poliéster	
<i>Aperto</i>	K=20	
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	9
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		744
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		0,7

Quadro 4.14 – Propriedades dimensionais da estrutura de malha L.

<i>Amostra L (Estrutura derivada do rib 3×5)</i>		
<i>Referência</i>	L	
<i>Composição</i>	50% Algodão 50% Poliéster	
<i>Aperto</i>	K=20	
<i>Densidade</i>	<i>Fileiras/cm</i>	9
	<i>Colunas/cm</i>	5
<i>Massa/m<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)</i>		680
<i>Número de canais/cm</i>		1
<i>Largura do canal (cm)</i>		1

## 4.2. Procedimento experimental

### 4.2.1. Concepção das estruturas de malha

Conceberam-se estruturas de malha que respondessem ao critério estrutural pretendido, ou seja, estruturas que possibilitem as transferências térmicas e de humidade da pele para o ar circundante ou para as camadas exteriores da sapatilha.

Admitiu-se que uma estrutura que possua colunas de laçadas pouco compressíveis e espaçadas entre si, e onde o contacto entre o pé e o forro da sapatilha apenas se verificasse nessas colunas pudesse assegurar esse mecanismo.

Para tal, partiu-se de uma estrutura rib, nomeadamente as estruturas 1×2, 1×3, 1×4, 1×5, 2×2, 2×3, 2×4, 2×5, 3×2, 3×3, 3×4 e 3×5 às quais foram introduzidas laçadas carregadas ao longo das colunas de laçadas de forma a torna-las pouco compressíveis.

Fez-se igualmente variar o número de colunas por centímetro, pela introdução de laçadas no direito, bem como o espaçamento entre colunas pela introdução de laçadas no avesso, de modo a efectuar um estudo comparativo entre as diferentes estruturas e eleger a ou as de melhor desempenho.

Tricotaram-se estruturas com a camada de separação em poliéster e a camada de absorção em algodão. Para tal utilizou-se o tear electrónico, Shima Seiki de jogo 7.

Os guia-fios que tricotam os fios de algodão e de poliéster trabalham independentemente, sendo que:

- Para formar a camada em algodão, são tricotadas laçadas normais na bancada da frente e laçadas carregadas na bancada de trás;
- Para formar a camada em poliéster, são tricotadas laçadas carregadas na bancada da frente e laçadas normais na bancada de trás.

A introdução de laçadas carregadas vai reforçar as colunas e torná-las pouco compressíveis e, também fazer a ligação entre as duas camadas da estrutura.

## 4.2.2. Avaliação do conforto

A avaliação do conforto baseou-se na realização de dois tipos de ensaios sobre as estruturas funcionais em análise:

- Propriedades térmicas: utilização do aparelho Alambeta;
- Propriedades fisiológicas: utilização do aparelho Permetest.

### 4.2.2.1. Propriedades Térmicas

A avaliação das principais propriedades térmicas das estruturas produzidas foi feita recorrendo ao aparelho Alambeta a duas pressões diferentes, 1000 Pa e 250 Pa, de modo a aferir acerca do comportamento das diferentes estruturas quando do acto de caminhar.

O procedimento utilizado foi o indicado pelo fabricante do aparelho, que a seguir se descreve:

- Pesaram-se as amostras no estado seco e acondicionaram-se as mesmas numa atmosfera de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 5\%$  de humidade relativa durante 48 horas.
- Procedeu-se à medição das propriedades térmicas nos estados seco e húmido das estruturas produzidas e também das amostras cedidas pela empresa Carlom. No estado seco efectuou-se uma medição aos lados direito e avesso de cada estrutura, colocando a amostra de forma a cobrir toda a cabeça inferior do aparelho. No estado húmido as amostras foram humedecidas com água da torneira, retirando de seguida o excesso de água com papel absorvente.
- Pesaram-se as amostras de modo a determinar a percentagem de humidade e fez-se a medição das propriedades térmicas do lado direito da estrutura, colocada na área da cabeça de medição do aparelho. Pesou-se novamente a amostra e repetiu-se a medição do lado do avesso da mesma.
- Retirou-se alguma humidade da amostra com a ajuda de papel absorvente, voltando a fazer nova medição com diferente percentagem de humidade. Teve-

se o cuidado de extrair a água de uma forma uniforme ao longo de toda a amostra.

- Repetiram-se os ensaios até que a massa húmida da amostra se aproximasse da sua massa seca.
- Alterou-se a pressão no aparelho e seguiu-se o mesmo procedimento para esse novo valor da pressão.

#### 4.2.2.2. Propriedades Fisiológicas

A avaliação da permeabilidade ao vapor de água e resistência evaporativa das estruturas produzidas, foi feita com utilização do aparelho Permetest e com recurso à norma ISO 11092.

O procedimento utilizado foi o indicado pelo fabricante do aparelho, que se descreve a seguir:

- Determinou-se a massa ultra-seca das estruturas desenvolvidas e das amostras comerciais segundo a norma NP EN 12127. Retiraram-se as amostras da estufa e colocaram-se num exsiccador para, de seguida, medir no aparelho Permetest os valores de permeabilidade ao vapor de água e de resistência evaporativa para estas amostras no estado ultra-seco;
- Colocaram-se as amostras em ambiente acondicionado, (temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 5\%$  de humidade relativa) no qual se considerou a amostra no estado seco e mediram-se no aparelho os dois parâmetros;
- Procedeu-se ao ensaio no estado húmido. As amostras foram humedecidas com água da torneira, retirando de seguida o excesso de água com papel absorvente.

Pesaram-se as amostras de modo a determinar a percentagem de humidade e fez-se a medição no aparelho;

- Retirou-se alguma humidade da amostra com a ajuda de papel absorvente, voltando a fazer nova medição com diferente percentagem de humidade. Teve-se o cuidado de extrair a água de uma forma uniforme ao longo de toda a amostra;
- Repetiram-se os ensaios até que a massa húmida da amostra se aproximasse da sua massa seca.

## 4.3. Resultados obtidos

### 4.3.1. Propriedades Térmicas

#### 4.3.1.1. Estruturas concebidas

Os valores obtidos para as três principais propriedades térmicas (condutividade térmica, absorvidade térmica e resistência térmica) condicionantes do conforto térmico, encontram-se registadas nos quadros 4.15 e 4.16. Faz-se ainda a distinção do comportamento térmico das diferentes estruturas quando sujeitas a uma pressão diferente.

**Quadro 4.15 – Propriedades térmicas das malhas analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 1000 Pa.**

<i>Estrutura</i>	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K]×10 <sup>-3</sup>		Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]×10 <sup>-3</sup>	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
A	71,4	158,25	137	440,12	58,15	24,47
B	63,8	150,64	123,8	450,86	58,55	23,16
C	74,7	145,69	131,5	429,5	55,85	28,6
D	66,1	154,87	129	464,21	66,65	27,94
E	86	157,54	157	460,86	51,55	24,35
F	74,4	152,86	134,5	455,86	58,95	27,68
G	69,6	145,21	149,5	438,5	57,9	28,14
H	69,5	152,6	135,5	552,14	45,5	22,13
I	72,7	156,79	150	432,36	56,95	26,83
J	66,45	128,41	135,5	383,79	54,45	29,26
K	74,25	132,82	156	389,64	58,15	29,84
L	62,5	137,97	144	493,14	43,4	21,67

**Quadro 4.16 – Propriedades térmicas das malhas analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 250 Pa.**

<i>Estrutura</i>	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K]×10 <sup>-3</sup>		Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]×10 <sup>-3</sup>	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
A	66,8	134,14	122,5	373,86	64,65	33,1
B	61	127,93	117,5	359,07	67,2	30,15
C	67,05	129,81	105,9	344,57	79,1	39,81
D	67,8	122,41	113,7	313,36	72,1	45,57
E	74,3	148	131,5	389,43	63,75	31,27
F	73,7	132	134	374,36	64,8	36,17
G	66,15	123,64	120,5	334,29	70,5	38,71
H	68,65	134,53	131	408,43	54,55	30,83
I	68,2	134,93	80,3	365,86	67,25	39
J	65,15	126,28	99,8	330,36	69,65	37,26
K	69,95	133,6	131	347,71	71,95	38,83
L	63,65	123,24	103,2	332,14	61,1	36,34

#### 4.3.1.2. Amostras Comerciais

Foram ainda analisadas as propriedades térmicas em amostras utilizadas a nível industrial por uma empresa (Carlom) para aplicação em forros para calçado. Os resultados encontram-se nos quadros 4.17 e 4.18.

**Quadro 4.17 – Propriedades térmicas das amostras Carlom analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 1000 Pa.**

Amostra	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K]×10 <sup>-3</sup>		Absortividade Térmica $\mathbf{b}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $\mathbf{r}$ [m <sup>2</sup> .K/W]×10 <sup>-3</sup>	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
<i>Dubai</i>	43,2	123,03	90,05	412,63	57,9	22,31
<i>Microsidney</i>	41,75	110,89	91,5	312,75	50,9	23,56
<i>Granada</i>	38,7	110,96	91,6	370	57,15	24,24
<i>Pigori</i>	40,95	127,84	85,4	325,75	54,95	20,2
<i>Roma</i>	40,85	115,36	92,1	313,38	53,9	22,41
<i>Toscana</i>	42,7	123,59	82,85	311,88	61,75	24,5
<i>Carlombrell</i>	37,85	89,48	102,3	336	39,45	20

**Quadro 4.18 – Propriedades térmicas das amostras Carlom analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 250 Pa.**

Amostra	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K]×10 <sup>-3</sup>		Absortividade Térmica $\mathbf{b}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $\mathbf{r}$ [m <sup>2</sup> .K/W]×10 <sup>-3</sup>	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
<i>Dubai</i>	44,55	114,36	72,35	379,13	62,1	25,73
<i>Microsidney</i>	41,9	131,73	76,15	380,13	55,5	18,49
<i>Granada</i>	43,2	111,18	81,7	355,38	59,45	25,5
<i>Pigori</i>	42,4	136,43	73,95	369,38	57,15	18,18
<i>Roma</i>	43,3	129,9	83,45	346,63	54,45	19,68
<i>Toscana</i>	44,8	131,48	78	362,5	62,75	23,25
<i>Carlombrell</i>	38,65	101,36	102,15	365	43,05	18,46

## 4.4. Interpretação dos resultados

### 4.4.1. Propriedades Térmicas

Para melhor análise e compreensão dos valores das propriedades térmicas obtidos experimentalmente no aparelho Alambeta, ir-se-á representar graficamente os mesmos.

#### 4.4.1.1. Estruturas desenvolvidas

##### 4.4.1.1.1. Absortividade térmica

A - Pressão de 1000 Pa

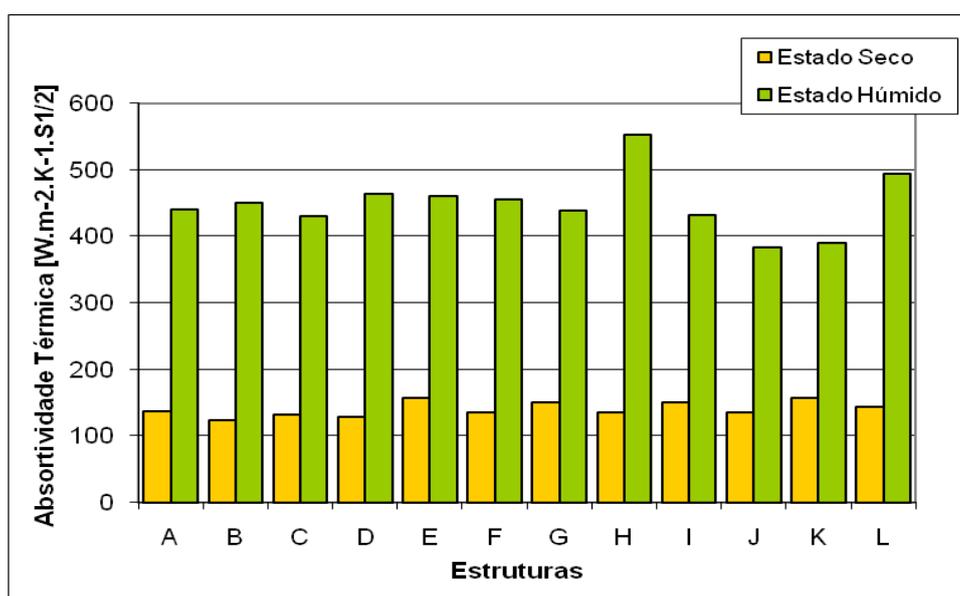


Fig. 4.19 – Valores da absortividade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de **1000 Pa**.

Da observação do gráfico referente aos valores de absortividade térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura B (derivada do rib 1x3) é a que apresenta o menor valor de absortividade térmica;

- No estado húmido, a estrutura J (derivada do rib 3x3) é a que apresenta o menor valor de absorvidade térmica.

## B - Pressão de 250 Pa

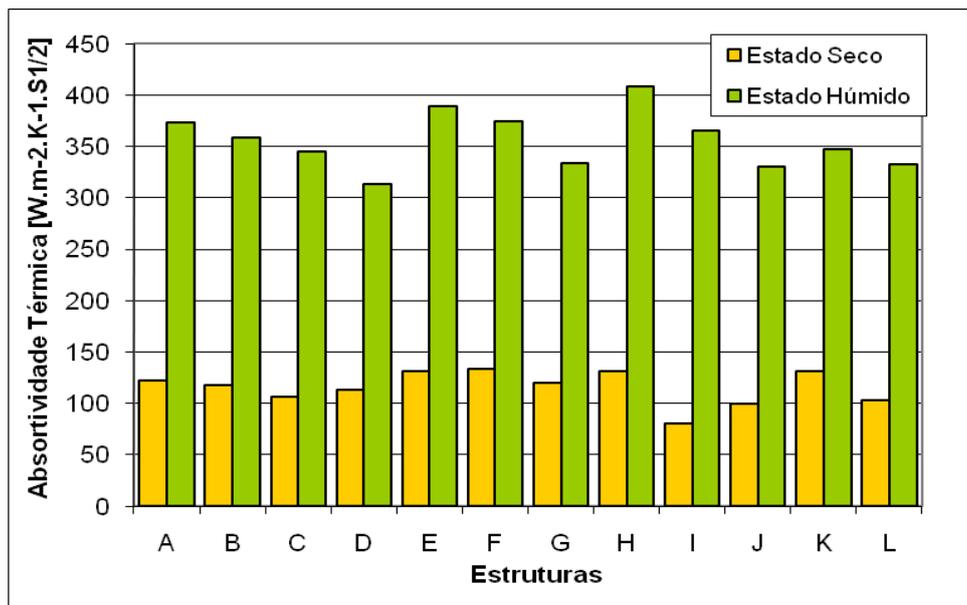


Fig. 4.20 – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de **250 Pa**.

Da observação dos gráficos referentes aos valores de absorvidade térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura I (derivada do rib 3x2) é a que possui o menor valor de absorvidade térmica;
- No estado húmido, a estrutura D (derivada do rib 1x5) é a que possui o menor valor de absorvidade térmica.

#### 4.4.1.1.2. Resistência térmica

##### A - Pressão de 1000 Pa

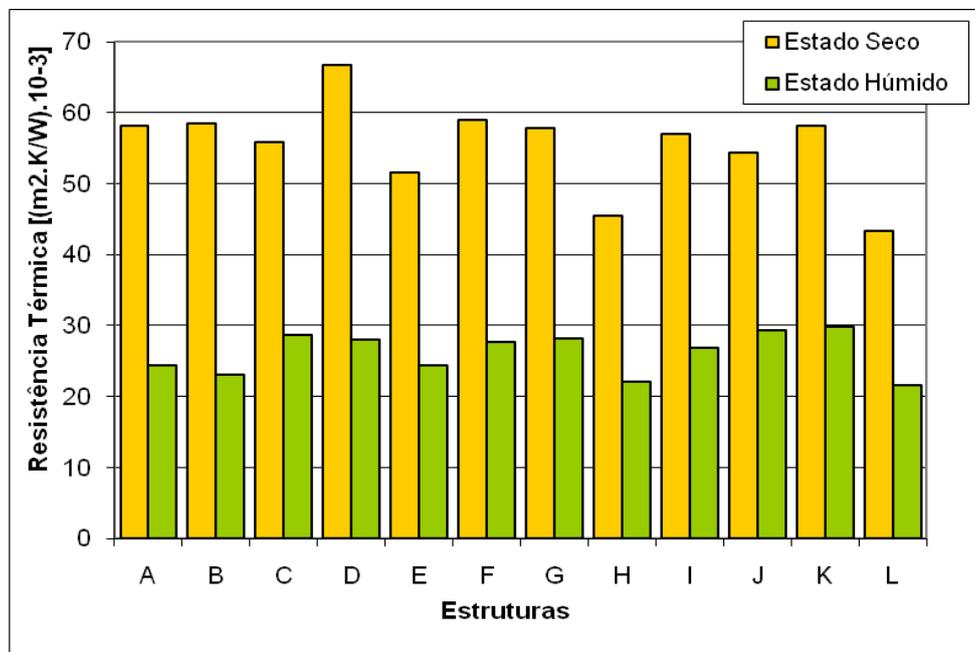


Fig. 4.21 – Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de **1000 Pa**.

Da observação dos gráficos referentes aos valores de resistência térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura D (derivada do rib 1x5) é a que apresenta o maior valor de resistência térmica;
- No estado húmido, a estrutura K (derivada do rib 3x4) é a que apresenta o maior valor de resistência térmica.

## B - Pressão de 250 Pa

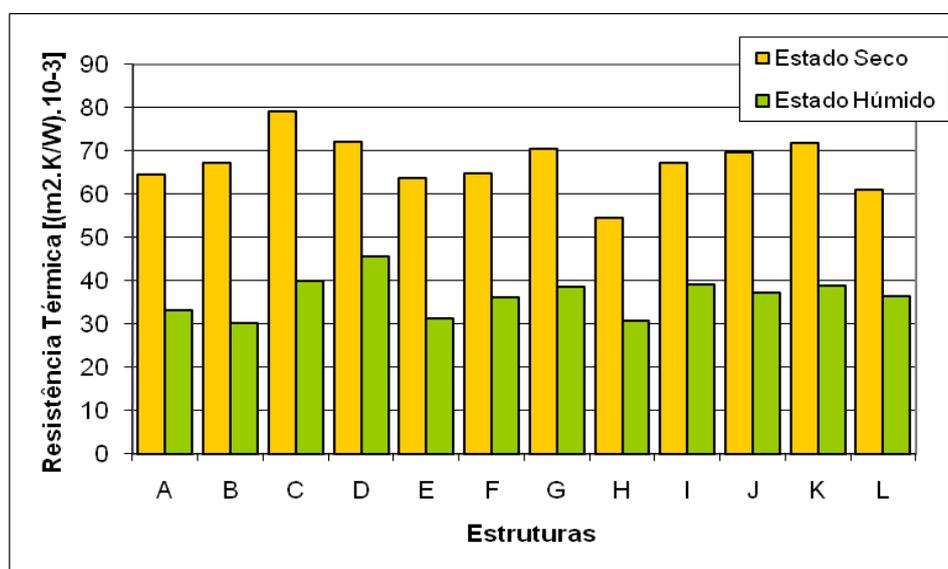


Fig. 4.22 -Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das **estruturas** à pressão de **250 Pa**.

Da observação dos gráficos referentes aos valores de resistência térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura C (derivada do rib 1x4) é a que apresenta o maior valor de resistência térmica;
- No estado húmido, a estrutura D (derivada do rib 1x5) é a que apresenta o maior valor de resistência térmica.

### 4.4.1.1.3. Condutividade térmica

#### A - Pressão de 1000 Pa

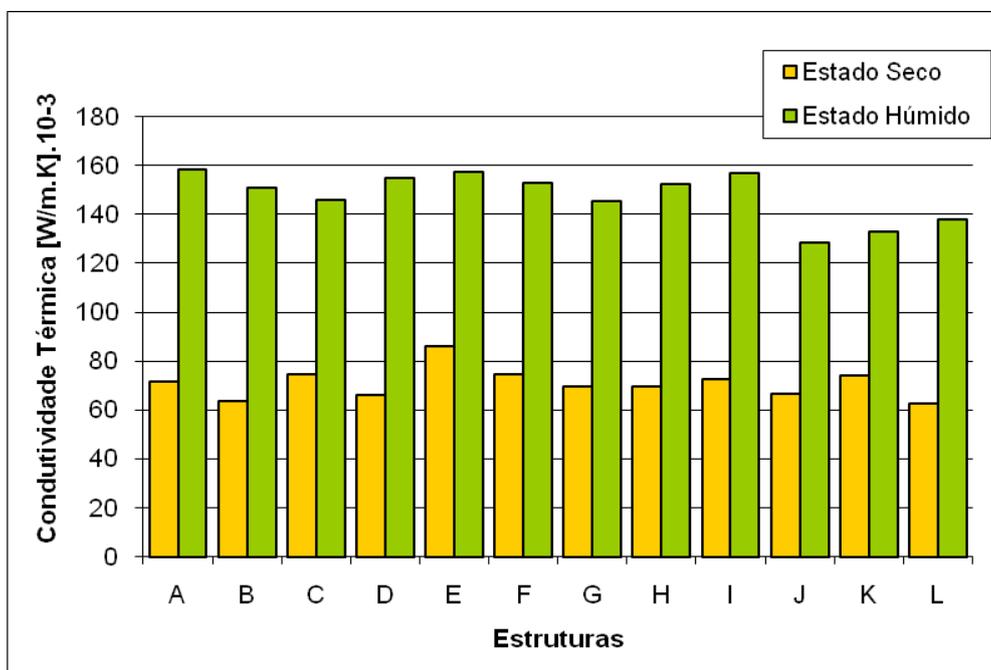


Fig. 4.23 – Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das **estruturas** à pressão de **1000 Pa**.

Da observação dos gráficos referentes aos valores de condutividade térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura L (derivada do rib 3x5) é a que apresenta o menor valor de condutividade térmica;
- No estado húmido, a estrutura J (derivada do rib 3x3) é a que apresenta o menor valor de condutividade térmica.

## B - Pressão de 250 Pa

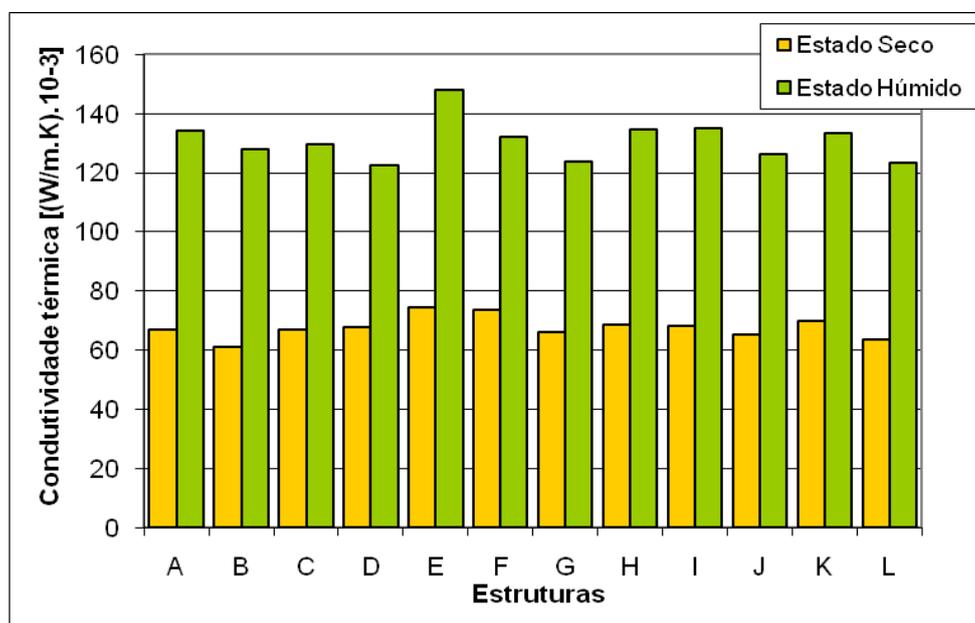


Fig. 4.24 - Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das **estruturas** à pressão de **250 Pa**.

Da observação dos gráficos referentes aos valores de condutividade térmica das estruturas e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a estrutura B (derivada do rib 1x3) é a que apresenta o menor valor de condutividade térmica;
- No estado húmido, a estrutura D (derivada do rib 1x5) é a que apresenta o menor valor de condutividade térmica.

No sentido de analisar a relação entre estes diferentes parâmetros um novo quadro foi desenvolvido:

**Quadro 4.19 - Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 1000 Pa**

**Pa**

		Maior valor <span style="float: right;">→</span> Menor valor											
P=1000Pa	Absortividade térmica	H	L	D	E	F	B	A	G	I	C	K	J
	Resistência térmica	K	J	C	G	D	F	I	A	E	B	H	L
	Condutividade térmica	A	E	I	D	F	H	B	C	G	L	K	J

Da análise do quadro pode concluir-se o seguinte:

- As estruturas **K** (derivada do rib 3x4) e **J** (derivada do rib 3x3), são as que possuem a maior resistência térmica e a menor condutividade térmica, visto estas duas propriedades serem inversas. E também, a menor absortividade térmica.
- Seguidamente, são as estruturas **C** (derivada do rib 1x4) e **G** (derivada do rib 2x4) as que apresentam os maiores valores de resistência térmica, o que significa que, na estrutura, a dimensão da coluna não interfere no bom desempenho da mesma. Já o espaçamento entre colunas, é ideal quando se tem estruturas derivadas de rib Xx4.

**Quadro 4.20 - Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 250 Pa**

**Pa**

		Maior valor <span style="float: right;">→</span> Menor valor											
P=250Pa	Absortividade térmica	H	E	F	A	I	B	K	C	G	L	J	D
	Resistência térmica	D	C	I	K	G	J	L	F	A	E	H	B
	Condutividade térmica	E	I	H	A	K	F	C	B	J	G	L	D

Da análise do quadro pode concluir-se o seguinte:

- As estruturas **H** (derivada do rib 2x5) e **E** (derivada do rib 2x2) possuem os valores mais baixos de resistência térmica e os mais elevados de absorvidade e condutividade térmica. Pelo que são as estruturas com pior desempenho térmico.
- Contrariamente, a estrutura **D** (derivada do rib 1x5) apresenta o maior valor de resistência térmica e os menores valores de absorvidade e condutividade térmica, o que faz com que para a pressão de 250 Pa, seja esta a estrutura com o melhor desempenho.

## 4.4.1.2. Amostras Comerciais

### 4.4.1.2.1. Absortividade térmica

#### A - Pressão de 1000 Pa

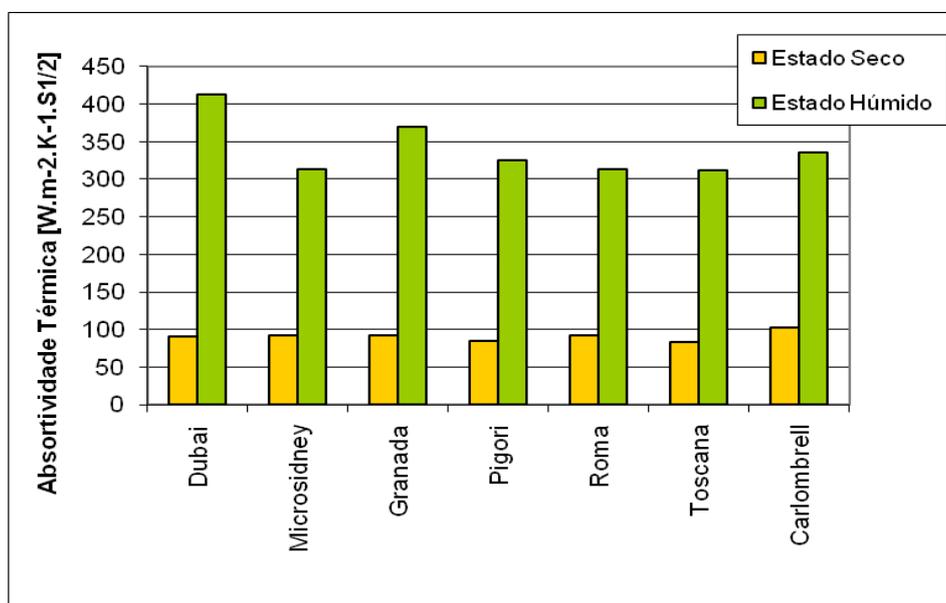


Fig. 4.25 – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das amostras **Carlom** à pressão de **1000 Pa**.

Da análise do gráfico referente aos valores de absorvidade térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- Nos estados seco e húmido, a amostra Toscana é a que possui o menor valor de absorptividade térmica;

## B - Pressão de 250 Pa

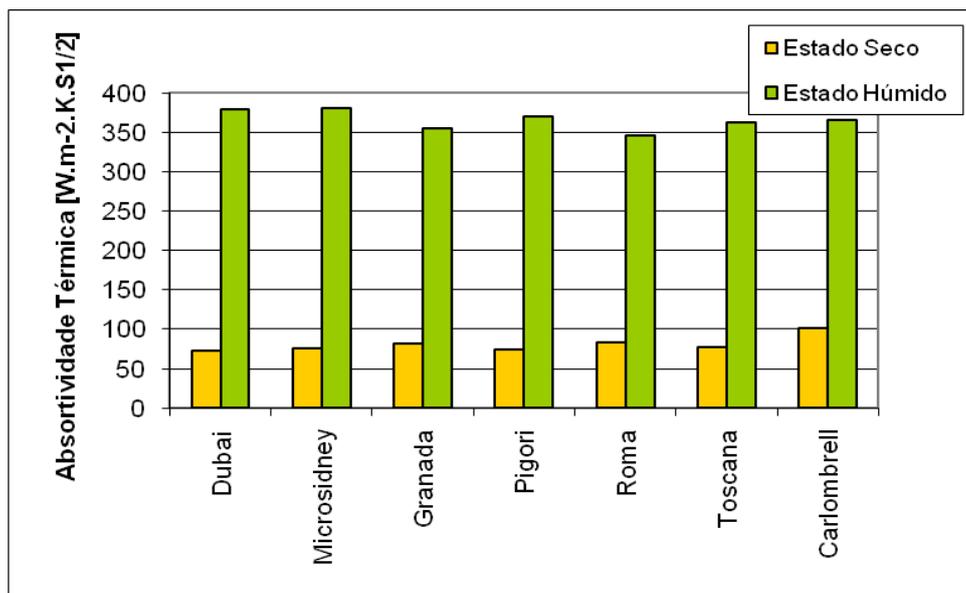


Fig. 4.26 – Valores da absorptividade térmica nos estados seco e húmido das amostras **Carlom** à pressão de **250 Pa**.

Da análise do gráfico referente aos valores de absorptividade térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a amostra Dubai é a que possui o menor valor de absorptividade térmica;
- No estado húmido a amostra Roma é a que possui o menor valor de absorptividade térmica.

#### 4.4.1.2.2. Resistência térmica

##### A - Pressão de 1000 Pa

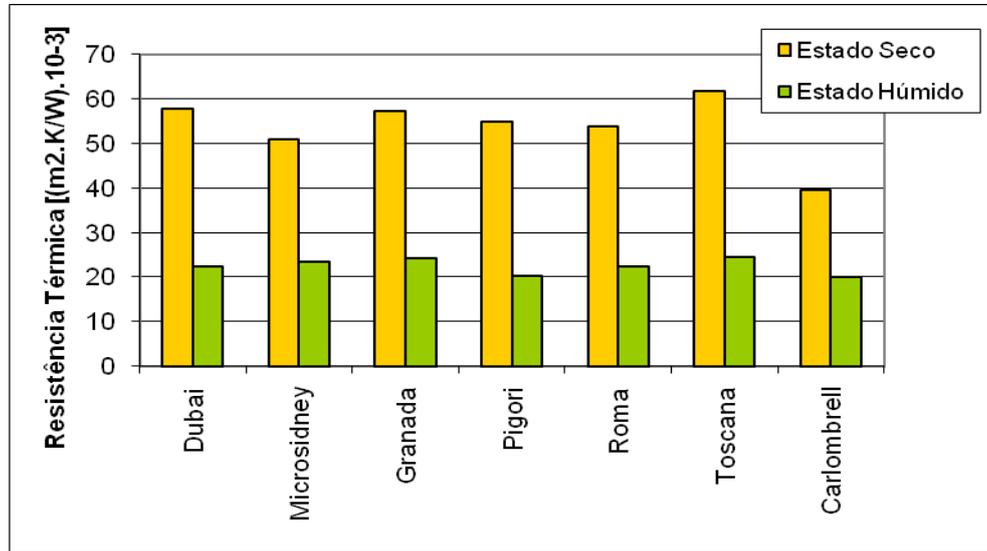


Fig. 4.27 – Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das **amostras Carlom** à pressão de **1000 Pa**.

Da análise do gráfico referente aos valores de resistência térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- Nos estados seco e húmido, a amostra Toscana é a que apresenta o maior valor de resistência térmica;

## B - Pressão de 250 Pa

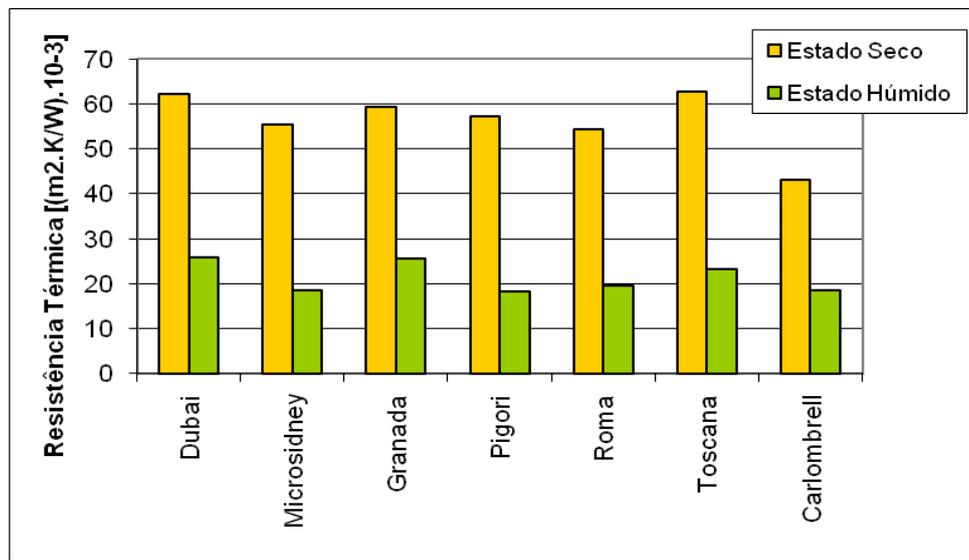


Fig. 4.28 – Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das **amostras Carlom** à pressão de **250 Pa**.

Da análise do gráfico referente aos valores de resistência térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a amostra Toscana é a que possui o maior valor de resistência térmica;
- No estado húmido, a amostra Dubai é a que possui o maior valor de resistência térmica.

#### 4.4.1.2.3. Condutividade térmica

##### A - Pressão de 1000 Pa

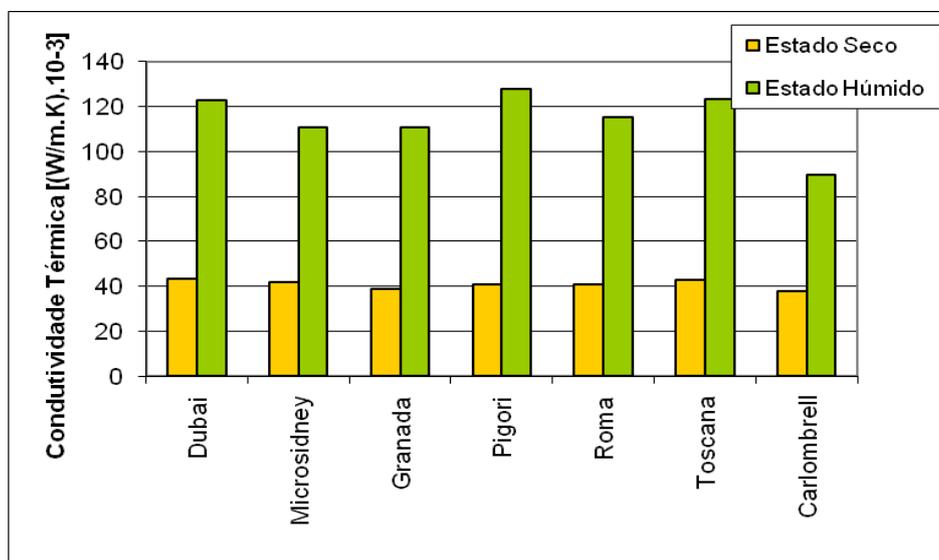


Fig. 4.29 - Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das **amostras Carlom** à pressão de **1000 Pa**.

Da análise do gráfico referente aos valores de resistência térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- No estado seco, a amostra Carlombrell é a que possui o menor valor de condutividade térmica;
- No estado húmido, a amostra Carlombrell é a que possui o menor valor de condutividade térmica.

## B - Pressão de 250 Pa

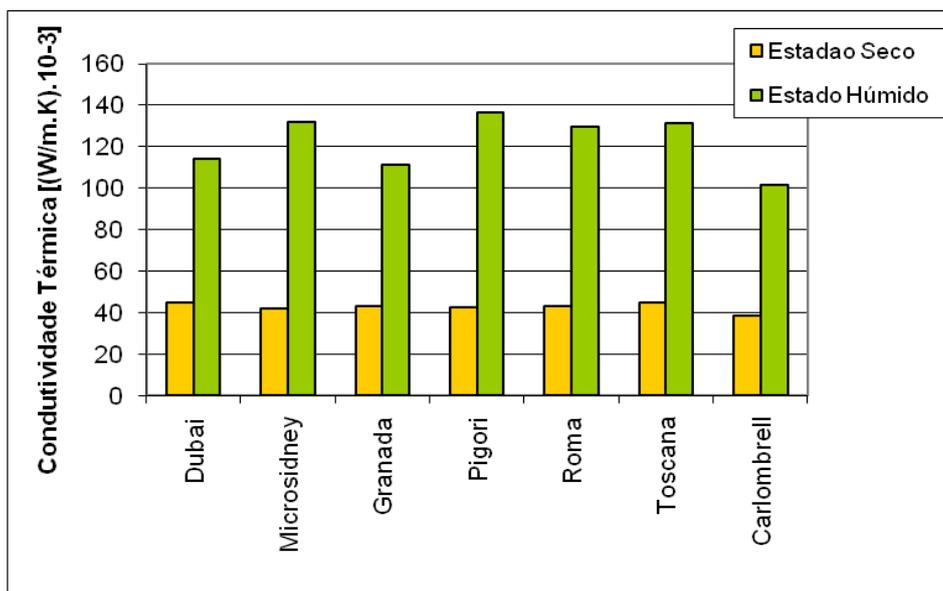


Fig. 4.30 – Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 250 Pa.

Da análise do gráfico referente aos valores de resistência térmica das amostras Carlom e para esta pressão, conclui-se que:

- Nos estados seco e húmido, a amostra Carlombrell é a que possui o menor valor de condutividade térmica;

Quadro 4.21 - Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 250 Pa, amostras comerciais

		Maior valor <span style="font-size: 1.2em;">→</span> Menor valor						
P=250Pa	Absortividade térmica	Microsidney	Dubai	Poigori	Carlombrell	Toscana	Granada	Roma
	Resistência térmica	Dubai	Granada	Toscana	Roma	Microsidney	Carlombrell	Pigori
	Condutividade térmica	Pigori	Microsidney	Toscana	Roma	Dubai	Granada	Carlombrell

Da observação do quadro pode afirmar-se que a amostra Granada se destaca por ter uma elevada resistência térmica e menor absortividade e condutividade térmicas.

**Quadro 4.22 - Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 1000 Pa, amostras comerciais.**

		Maior valor $\xrightarrow{\hspace{10em}}$ Menor valor						
P=1000Pa	Absortividade térmica	Dubai	Granada	Carlombrell	Pigori	Roma	Microsidney	Toscana
	Resistência térmica	Toscana	Granada	Microsidney	Roma	Dubai	Pigori	Carlombrell
	Condutividade térmica	Pigori	Toscana	Dubai	Roma	Granada	Microsidney	Carlombrell

A análise do quadro não permite seleccionar, de entre todas as amostras, aquela que cumpre os requisitos desejados para o conforto térmico. Porque por exemplo, a amostra Toscana que tem elevada resistência térmica e baixa absortividade térmica apresenta contudo uma elevada condutividade térmica. Também a amostra Carlombrell que tem baixa condutividade térmica apresenta contudo uma resistência térmica baixa e uma absortividade térmica relativamente elevada, não desejáveis para o referido conforto.

## 4.4.2. Propriedades Fisiológicas

### 4.4.2.1. Estruturas desenvolvidas

Apresentam-se de seguida os gráficos que ilustram os valores obtidos para as propriedades fisiológicas isto é, a permeabilidade ao vapor de água e a resistência evaporativa das estruturas de malha desenvolvidas. Faz-se uma vez mais a distinção entre as estruturas que possuem apenas uma coluna de laçadas, duas colunas de laçadas e três colunas de laçadas a formar a CEP (Célula Estrutural do Ponto), e desta forma, avaliar a influência da largura da coluna na componente fisiológica. Dentro de cada um destes três grupos ir-se-á concluir acerca da influência do espaçamento entre as colunas de laçadas.

## A - Estruturas com base no rib 1x1

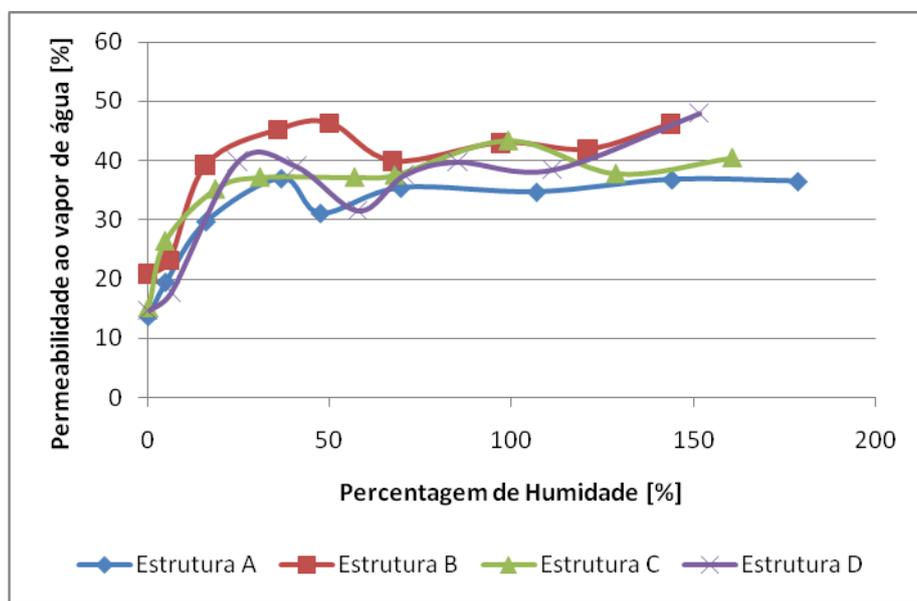


Fig. 4.31 – Efeito da porcentagem de umidade nos valores da permeabilidade ao vapor de água nas estruturas A, B, C e D.

No estado seco, a estrutura C (derivada do rib 1x4) possui o maior valor de permeabilidade ao vapor de água. No estado saturado, as estruturas B (derivada do rib 1x3) e C (derivada do rib 1x4) têm os valores mais elevados. A partir do estado saturado aumenta o valor da permeabilidade nas estruturas B (derivada do rib 1x3) e D (derivada do rib 1x5).

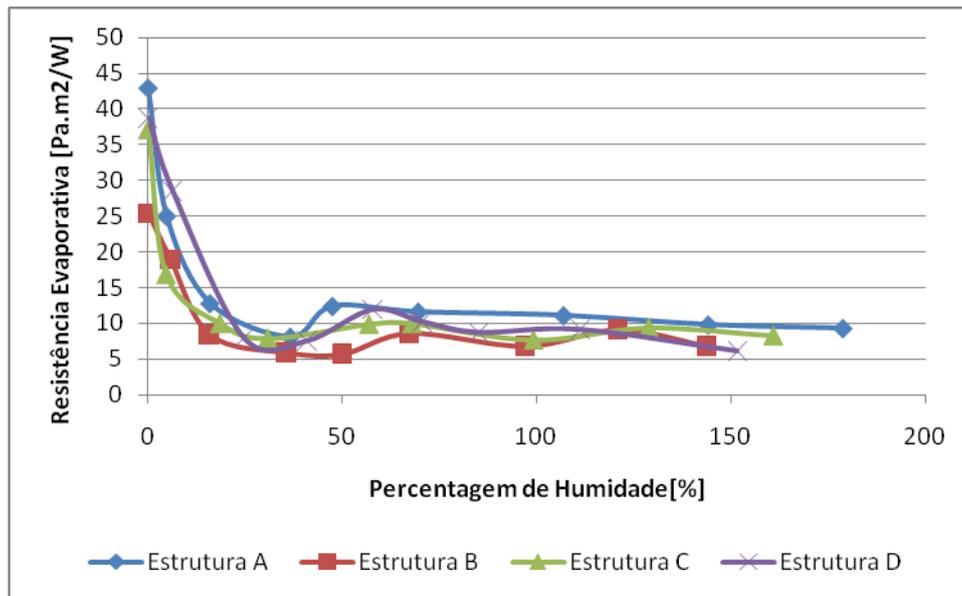


Fig. 4.32 – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas A, B, C e D.

Uma vez que a resistência evaporativa é um parâmetro inversamente proporcional à permeabilidade ao vapor de água, as estruturas têm comportamento inverso ao verificado na permeabilidade ao vapor de água. Ou seja, no estado seco a estrutura C tem o valor mais baixo de resistência evaporativa. No estado saturado as estruturas B e C têm os valores mais baixos e no estado após saturação, são as estruturas B e D que possuem os valores mais baixos de resistência evaporativa.

Relembrando os resultados obtidos para a componente térmica, e para a pressão de 1000Pa, é a estrutura C (derivada do rib 1x4) a que possui o melhor desempenho.

Para a pressão de 250Pa, é a estrutura D (derivada do rib 1x5) que apresenta o melhor comportamento térmico.

Portanto, dentro das estruturas derivadas do rib 1x1, as que apresentam o melhor desempenho termofisiológico são as estruturas C (derivada do rib 1x4) e D (derivada do rib 1x5).

## B - Estruturas com base no rib 2x1

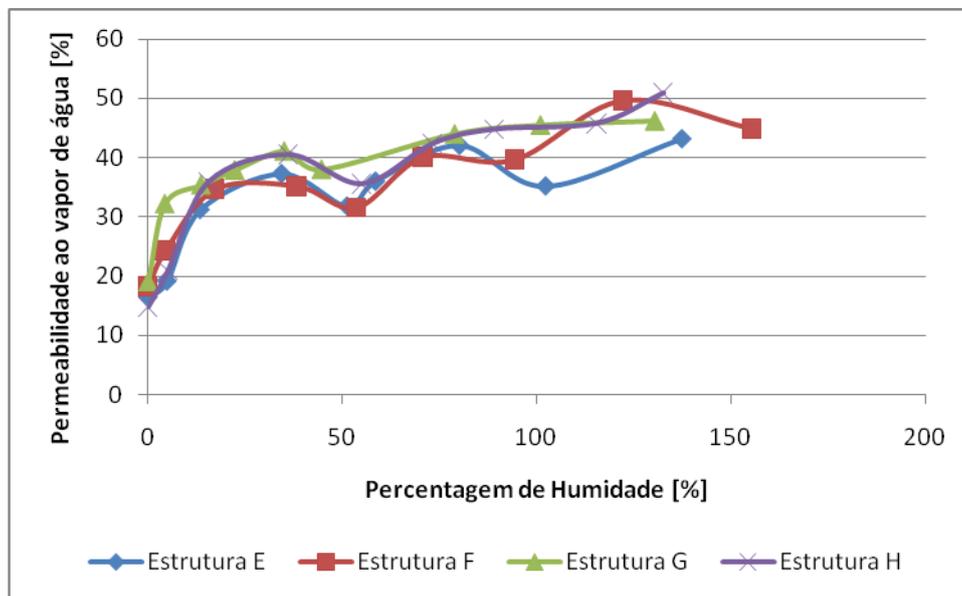


Fig. 4.33 – Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas estruturas E, F, G e H.

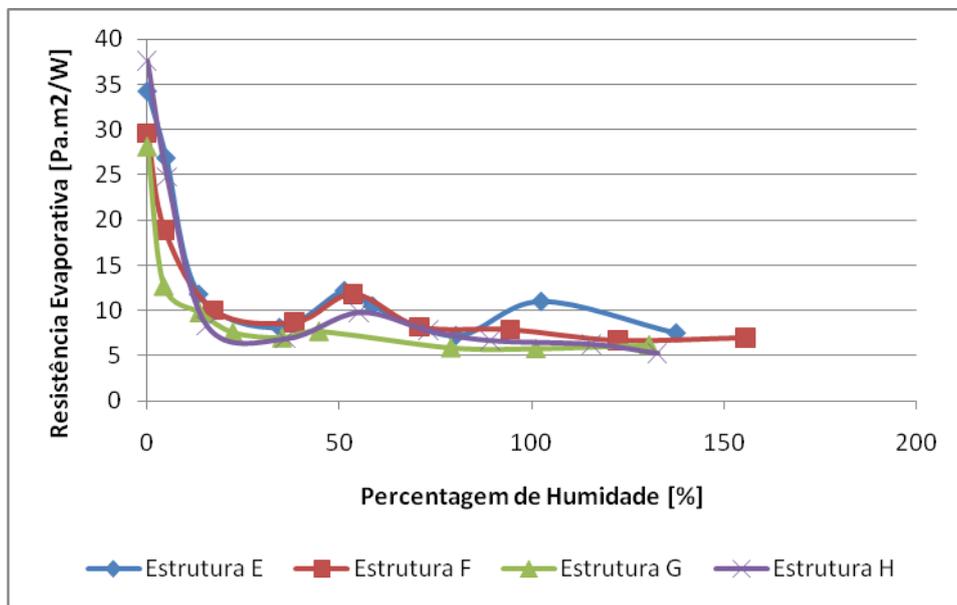


Fig. 4.34 – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas E, F, G e H.

No estado seco, apresenta maior valor de permeabilidade ao vapor de água a estrutura **G** (derivada do rib 2x4). No estado saturado as estruturas **G** (derivada do rib 2x4) e **H** (derivada do rib 2x5) apresentam valores similares para o parâmetro analisado e num

estado superior ao da saturação é a estrutura **H** (derivada do rib 2x5), a que tem o maior valor de permeabilidade ao vapor de água.

Quanto à resistência evaporativa passa-se o mesmo mas de forma inversa.

No que se refere à componente térmica, dentro deste grupo de estruturas, e para a pressão de 250Pa, destaca-se a estrutura **G** (derivada do rib 2x4) por ser a que possui o maior valor de resistência térmica e os menores valores de condutividade e absorptividade térmicas.

Para a pressão de 1000Pa, é também a estrutura **G** (derivada do rib 2x4) que tem o melhor desempenho térmico.

Portanto, a estrutura eleita, dentro do grupo das estruturas derivadas do rib 2x1, com melhor desempenho termofisiológico é a estrutura **G**.

## C - Estruturas com base no rib 3x1

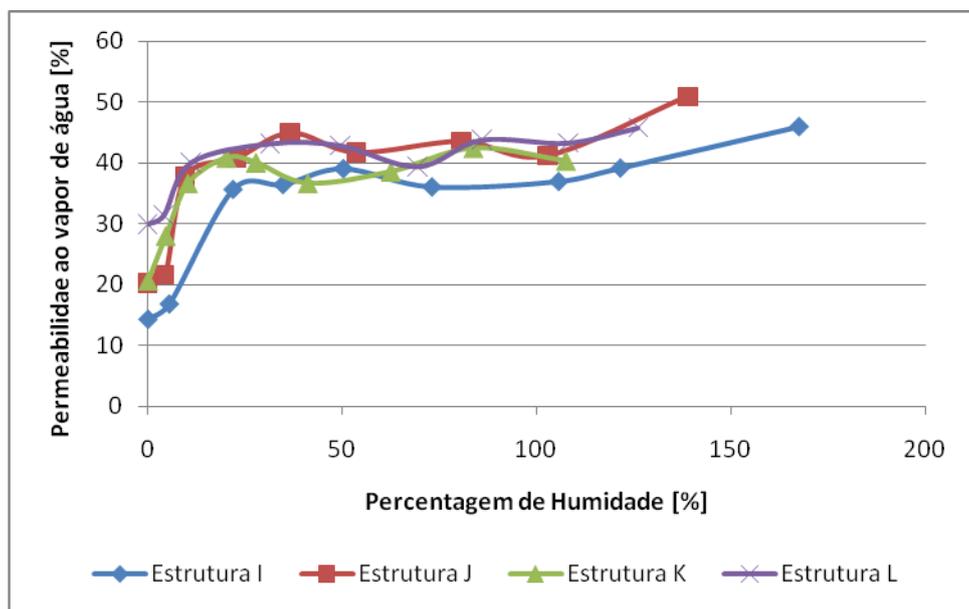


Fig. 4.35 – Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas estruturas I, J, K e L.

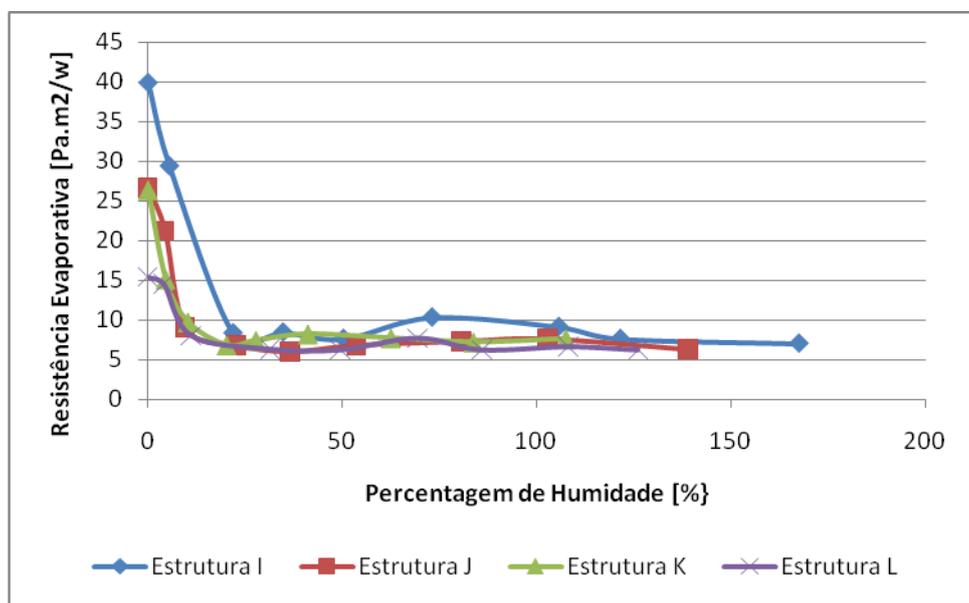


Fig. 4.36 – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas I, J, K e L.

No estado seco e no estado saturado a estrutura **L** (derivada do rib 3x5) é a que possui maior valor de permeabilidade ao vapor de água. No estado em que a percentagem de humidade é superior à do estado saturado, tanto a estrutura **J** (derivada do rib 3x3) como

a estrutura **L** e a estrutura **K** (derivada do rib 3x4) possuem os maiores valores de permeabilidade ao vapor de água.

O mesmo se verifica para o parâmetro resistência evaporativa mas de forma inversa.

Para a componente térmica, à pressão de 1000Pa, tanto a estrutura **J** (derivada do rib 3x3) como a estrutura **K** (derivada do rib 3x4) apresentam o melhor comportamento térmico dentro deste grupo de estruturas.

À pressão de 250Pa também são as estruturas **J** e **K** as que permitem melhor desempenho térmico.

Assim sendo, as estruturas eleitas, dentro das derivadas do rib 3x1, como as que melhor desempenho termofisiológico possuem são as estruturas **J** e **K**.

#### 4.2.2.2. Amostras comerciais

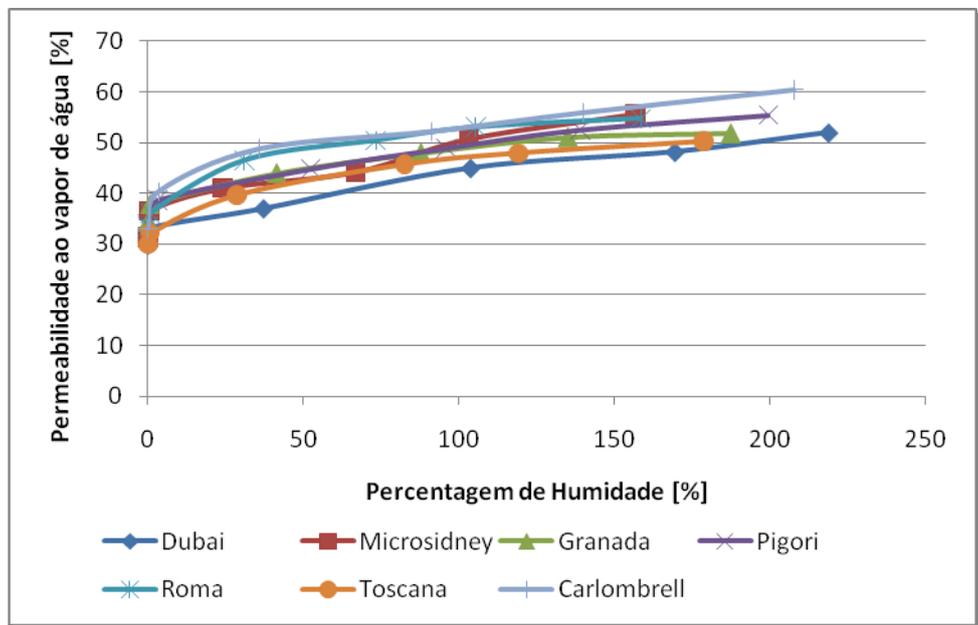


Fig. 4.37 – Efeito da porcentagem de umidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas amostras comerciais.

É notório que a amostra Carlombrell apresenta nos estados seco, saturado e após saturação maior valor de permeabilidade ao vapor de água comparativamente às outras amostras comerciais.

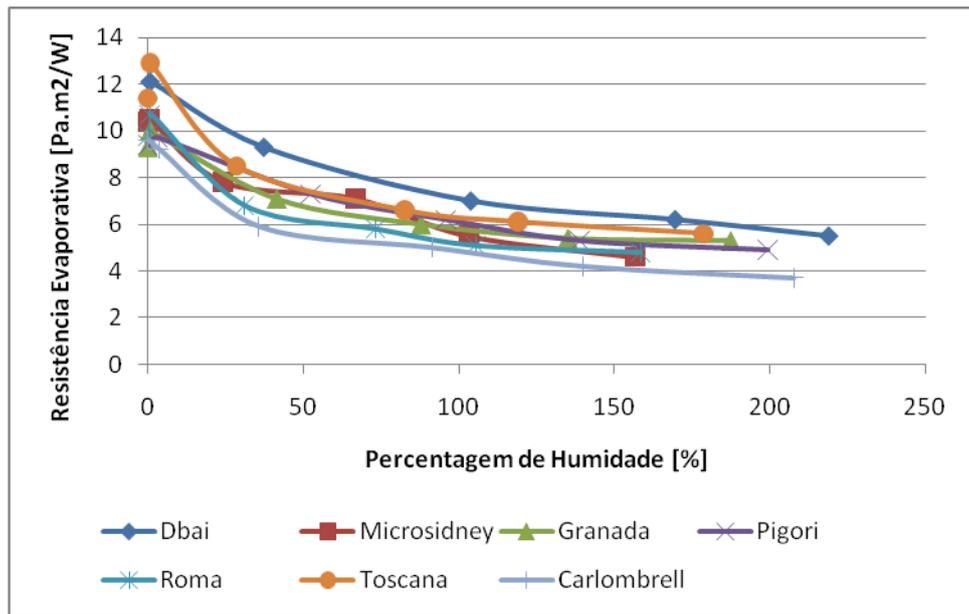


Fig. 4.38 – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas amostras comerciais.

Também para a propriedade resistência evaporativa, inversa á permeabilidade ao vapor de água, é notório que a amostra Carlombrell tem, de entre todas as amostras, o menor valor.

Na componente térmica e para a pressão de 1000Pa foi impossível destacar uma amostra do grupo das amostras comerciais.

Para a pressão de 250Pa apresenta melhor desempenho a amostra Granada.

Assim sendo, em termos termofisiológicos não é possível seleccionar uma amostra comercial como aquela que cumpre os objectivos pretendidos para o desejado conforto, dado que a amostra com melhor desempenho térmico não coincide com a que apresenta melhor desempenho fisiológico.

## Capítulo 5 - Conclusões e Perspectivas futuras

## 5.1. Conclusões

A concepção de produtos novos, com propriedades de conforto e, não só, inéditas ou melhoradas e, conseqüentemente, com um maior valor utilitário, é um dos objectivos de qualquer indústria, em particular a indústria do calçado.

Para tal, torna-se necessário desenvolver e avaliar o desempenho de novos produtos, de modo a assegurarmo-nos da existência dos requisitos pretendidos.

Os resultados obtidos com este trabalho, que representa a continuidade de estudos anteriores onde foram concebidas e avaliadas estruturas de malha com uma e duas camadas para calçado com desempenho termofisiológico melhorado, permitiram tirar as seguintes conclusões:

- a) São as estruturas de malha com duas camadas, em que na camada de separação, a qual fica em contacto com o pé, se dispõe um material têxtil hidrófobo, como por exemplo o poliéster, e na camada de absorção um material têxtil hidrófilo, como por exemplo o algodão, e em que o contacto com o pé se faz apenas em pontos de contacto e não em superfícies de contacto, que apresentam um desempenho termofisiológico adequado para forros de calçado desportivo.
- b) A nível térmico e para as malhas aqui desenvolvidas, independentemente da pressão utilizada na componente experimental, são as estruturas do tipo Xx4 as que melhor desempenho apresentam.
- c) A nível fisiológico são as estruturas do tipo Xx4 e Xx5 as que sobressaiem pelo comportamento apresentado.
- d) Conseqüentemente, a nível termofisiológico, as estruturas eleitas são as estruturas do tipo Xx4, como por exemplo as estruturas C, G e K. Isto significa que uma estrutura ideal em termos termofisiológicos, isto é, que cumpre os requisitos de conforto termofisiológico, é aquela que possui canais com uma largura equivalente a quatro laçadas.

- e) Foi efectivamente possível otimizar a largura desses canais e afirmar que o número óptimo é de quatro laçadas, dado que o desempenho da estrutura vai melhorando até esse número, onde se atinge o melhor valor. Quando se aumenta a largura do canal, isto é, o número de laçadas que o constituem, o desempenho da estrutura volta a ser inferior.
  
- f) Uma estrutura termofisiologicamente confortável deve possuir, em simultâneo, uma boa componente térmica e uma boa componente fisiológica. Conclui-se pelos resultados obtidos que as amostras comerciais, apesar de terem um desempenho fisiológico ligeiramente melhor comparativamente às estruturas desenvolvidas, o seu comportamento térmico é inferior.

Em resumo, as estruturas de malha concebidas e optimizadas neste trabalho, podem ser consideradas como adequadas para forros de calçado desportivo já que as mesmas, em termos globais, isto é, ao nível dos desempenhos térmico e fisiológico, apresentam um melhor comportamento quando comparadas com outro tipo de estruturas utilizadas para o mesmo fim ao nível industrial.

## 5.2. Perspectivas futuras

O presente trabalho, que como já referido foi uma continuação de um estudo anterior, pretende ser uma contribuição para o desenvolvimento e optimização de uma estrutura de malha que quando aplicada como forro de calçado desportivo possa aumentar o bem-estar e consequentemente o rendimento do desportista que o usa.

Dada a relevância deste tema, o trabalho poderá, em termos futuros, orientar-se segundo as seguintes vertentes:

- Reproduzir as estruturas optimizadas aqui desenvolvidas em teares de jogo superior ao utilizado neste trabalho de modo a obter estruturas mais leves, com vista a uma possível aplicação à escala industrial.
- Utilização de novos materiais com propriedades térmicas, fisiológicas (como por exemplo as fibras Thermolyte e Coolmax) e antimicrobianas melhoradas.
- Realização de uma avaliação subjectiva do conforto térmico e fisiológico recorrendo a utilizadores de calçado com este tipo de forros.
- Avaliação experimental dita objectiva com recurso a aparelhos apropriados em condições de temperatura e humidade bem definidas.

## Referências Bibliográficas

- Abbot S, George M, SATRA, Bulletin, February (2003); in Shishoo, R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Azom.com, Material Requirements of Sport Shoe (2004), 1-4. [www.Azom.com/details.asp?ArticleID=1195](http://www.Azom.com/details.asp?ArticleID=1195); in Shishoo, R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Channa P, Witana, Ravindra S, Goonetilleke (2009), 'Effects of surface characteristics on the plantar shape of feet and subjects perceived sensations', *Applied Ergonomics* 40 267– 279.
- Ed H M Schols, Wilbert A J van den Eijnde, Ronald Heus, (2004).
- Fan J, Chen Y S (2002), 'Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin', *Measurement Science and Technology*, Vol. 13, nº7, pp. 1115-1123; in Filgueiras A P A (2008), 'Optimização do design de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo', Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Portugal
- Filgueiras A P A (2008), 'Optimização do design de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo', Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Portugal.
- Froehlichova A (2006), MSc Thesis, Technical University of Liberec.
- Gacén G J (1991), 'Fibras Textiles Propiedades Y Descripción', *Universitat Politècnica de Catalunya*, pp. 153-163, 223-229.
- Geraldés M J O (1999), 'Análise experimental do conforto térmico das malhas funcionais no estado húmido', Tese (Doutoramento – Engenharia Têxtil), Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- González J C, Alcántara E, Bataller C, García A C (2001), 'Physiological and Subjective Evaluation of Footwear: Thermal Response Over Time', *Proc. of the 5<sup>th</sup> Symp. on Footwear Biomechanics (2001)*, Zuerich/Switzerland, (Eds. E. Hennig, A. Stacoff), pp. 40-41; in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>

- Havenith G, Heus R (2004), 'A test battery related to ergonomics of protective clothing', *Applied Ergonomics*; in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>.
- Huijun W, Jintu F (2008), 'Study of heat and moisture transfer within multi-layer clothing assemblies consisting of different types of battings', *International Journal of Thermal Sciences* 47 641–647.
- ISO 11092 Standard (Textiles - Physiological effects - Measurement of the thermal and water-vapour resistance).
- Kamel G, Nesreen G, Byron J (2002) 'Modeling of heat and moisture transport by periodic ventilation of thin cotton fibrous media', *International Journal of Heat and Mass Transfer* 45 3703–3714.
- Li Y, Dai X-Q (2006), 'Biomechanical engineering of textiles and clothing', CRC Press LLC, USA, pp.376.
- Llana S, Brizuela G, Durç J, García A (2002), 'A study of the discomfort associated with tennis shoes', *Journal of Sports Sciences*, pp. 671-679; in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>
- Lotens W A, Havenith G (1995), 'Effects of moisture absorption in clothing on the human heat balance', *Ergonomics* 38 1092–1113.
- Neves M <sup>1</sup>, Cunha J <sup>1</sup>, Teixeira J <sup>2</sup>, Lobarinhas P <sup>2</sup> (2006), <sup>1</sup>Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Têxtil, Guimarães, Portugal, <sup>2</sup> Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Mecânica, Guimarães, Portugal.
- Manual do aparelho de medição de propriedades térmicas, Alambeta.
- Mündermann A, Nigg B N, Stefanyshyn D J, Humble R N (2002), 'Development of a reliable method to assess footwear comfort during running', *Gait and Posture*, pp. 38-45; in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>
- Nebo M, (2003), 'Functional Footwear. Learning package for elearning', pp.1-3, 22-25; in Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Neves M, Arezes P, 'Design Total de Malhas Multifuncionais – contribuição para o conforto térmico', Universidade do Minho. in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>

- Peet M (1998), 'Fitting the Foot', SATRA Bulletin, pp. 10-11; in Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Revista novatêxtil 86/87 1º e 2º trimestres de 2008, pp 46.
- Rossi A W and Tennant R (1993), 'Professional Shoe Fitting. National Shoe Retailers Association', pp. 17, 90-104; in Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Ruas A C (1999), 'Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho', Fundacentro
- SATRA Bulletin, June 1996, pp. 92-93; in Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Shauff C, Moffett D, Moffett S (1993), 'Fisiologia humana', Guanabara Koogan, Rio de Janeiro; in Filgueiras A P A (2008), 'Optimização do design de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo', Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Portugal.
- Scott R (2005), 'Textiles for protection', Woodhead Publishing Limited, England, pp 233-238.
- Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Slater K (1986), 'The Assessment of Comfort', J. Textile Inst., vol. 77, no 3, pp. 157-171; in Broega A, Silva M, 'O Conforto Total do Vestuário: Design para os Cinco Sentidos', Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- Sport Edge magazine, August 2004; in Shishoo R (2005) 'Textiles in Sport', CRC Press LLC, USA, pp. 70-84.
- Sun S, Chou Y, Sue C (2009), 'Classification and mass production technique for three-quarter shoe insoles using non-weight-bearing plantar shapes', Applied Ergonomics 40 pp. 630–635.
- Yung-Hui E, Wei-Hsien H (2004) 'Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking', Applied Ergonomics, pp. 355-362; in <http://www.nds.ufrgs.br/Design%20TotalFinal.pdf>

## Webgrafia

- [http://portal.apiccaps.pt:7778/portal/page?\\_pageid=155,1,155\\_64513:155\\_116599:155\\_120635&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.apiccaps.pt:7778/portal/page?_pageid=155,1,155_64513:155_116599:155_120635&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- [UIVOS/PUBLICACAO/1/Conforto%20T%C3%A9rmico%20nos%20Ambientes%20de%20Trabalho.pdf](#)
- <http://www.lavoro.pt/>
- <http://www.triumphportugal.com/i.aspx?imc=11312&ic=11351>
- [http://www.ctcp.pt/imagens/galeriamedia/ShoeMat\\_2ano.pdf](http://www.ctcp.pt/imagens/galeriamedia/ShoeMat_2ano.pdf)
- <http://www.adi.pt/setores%20de%20atividade/projectos/microcap.htm>
- <http://www.editvalue.com/publicacoes/An%C3%A1liseDaIndustriaTextileDoVestu%C3%A1rio.pdf>
- <http://www.master.iag.usp.br/conforto/index.html>
- <http://www.calcadodesportivo.com/historia.htm>
- [http://www.calcadodesportivo.com/A\\_Hipermobilidade.pdf](http://www.calcadodesportivo.com/A_Hipermobilidade.pdf)
- [http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/porque\\_cheiramos\\_mal\\_dos\\_pes.pdf](http://calcadodesportivo.no.sapo.pt/porque_cheiramos_mal_dos_pes.pdf)
- [http://books.google.com/books?id=Sfs6mvw98toC&pg=PA445&lpg=PA445&dq=development+of+thermal+comfortable+shoes&source=bl&ots=bA141iumik&sig=T8L71n0DiJqUm2Z8N99vYrgfGiM&hl=pt-PT&ei=6pAxSsWCJ8fRjAecjYW-Bw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1#PPA125,M1](http://books.google.com/books?id=Sfs6mvw98toC&pg=PA445&lpg=PA445&dq=development+of+thermal+comfortable+shoes&source=bl&ots=bA141iumik&sig=T8L71n0DiJqUm2Z8N99vYrgfGiM&hl=pt-PT&ei=6pAxSsWCJ8fRjAecjYW-Bw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#PPA125,M1)

# Índice de Figuras

## Capítulo 2

<i>Fig. 2.1</i> – Testes CTC para avaliação do calçado	11
<i>Fig. 2.2</i> – Absorção de vapor de água (WVA), pressão de vapor de água (WVP) e transporte de vapor de água para os dois tipos de sapatos de segurança	13
<i>Fig. 2.3</i> – Temperatura do pé-pele de um indivíduo durante o desempenho de exercícios pesados, em sapatos com dois forros diferentes	13
<i>Fig. 2.4</i> – Réplica botas converse de 1908	14
<i>Fig. 2.5</i> – Sapato de treino Converse em lona anos 1950/60	14
<i>Fig. 2.6</i> – Sapatos de corrida Adidas, anos 1960 (Modelo Italia, comemorativo dos jogos olímpicos de Roma)	14
<i>Fig. 2.7</i> – Sapato corrida adidas anos 1970/80	15
<i>Fig. 2.8</i> – Sapato Corrida Nike anos 1990	16
<i>Fig. 2.9</i> – Sapatos Adidas com sensor de velocidade e distância Polar (ano 2006)	17
<i>Fig. 2.10</i> – Sapatos Nike sem espuma na sola intermédia (ano 2006)	17

## Capítulo 3

<i>Fig. 3.1</i> – Representação do pé humano	30
<i>Fig. 3.2</i> – Representação da pele humana	31
<i>Fig. 3.3</i> – Componentes do calçado desportivo	33
<i>Fig. 3.4</i> – Diferentes formatos do sapato	36
<i>Fig. 3.5</i> – Pontos importantes num sapato de corrida	38
<i>Fig. 3.6</i> – Requisitos de um bom sapato de corrida	39
<i>Fig. 3.7</i> – Calçado funcional constituído por uma estrutura superior, contraforte e uma estrutura de reforço (suporte) possuindo peças, como stiffener e toepuff	41
<i>Fig. 3.8</i> – Fluxo térmico em função do tempo	44

<i>Fig. 3.9</i> – Representação esquemática da transferência de humidade em malhas funcionais	51
<i>Fig. 3.10</i> – Gota de água na camada de separação (a), e na camada de absorção (b)	52
<i>Fig. 3.11</i> – Representação esquemática do funcionamento do sistema pele – malha funcional – meio ambiente.)	52

## Capítulo 4

<i>Fig. 4.1</i> – Tear electrónico Shima Seiki	57
<i>Fig. 4.2</i> – Aparelho Alambeta	57
<i>Fig. 4.3</i> – Permetest skin model	58
<i>Fig. 4.4</i> – Balança	59
<i>Fig. 4.5</i> – Estufa	60
<i>Fig. 4.6</i> – Exsicador	60
<i>Fig. 4.7</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×2	63
<i>Fig. 4.8</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×3	63
<i>Fig. 4.9</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×4	64
<i>Fig. 4.10</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 1×5	64
<i>Fig. 4.11</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 2×2	65
<i>Fig. 4.12</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 2×3	65
<i>Fig. 4.13</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 2×4	66
<i>Fig. 4.14</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 2×5	66
<i>Fig. 4.15</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3×2	67

<i>Fig. 4.16</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3×3	67
<i>Fig. 4.17</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3×4	68
<i>Fig. 4.18</i> – Representação esquemática da CEP da estrutura de malha derivada do rib 3×5	68
<i>Fig. 4.19</i> – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 1000 Pa	83
<i>Fig. 4.20</i> – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 250 Pa	84
<i>Fig. 4.21</i> - Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 1000 Pa	85
<i>Fig. 4.22</i> – Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 250 Pa	86
<i>Fig. 4.23</i> - Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 1000 Pa	87
<i>Fig. 4.24</i> – Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das estruturas à pressão de 250 Pa	88
<i>Fig. 4.25</i> – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 1000 Pa	90
<i>Fig. 4.26</i> – Valores da absorvidade térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 250 Pa	91
<i>Fig. 4.27</i> – Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 1000 Pa	92
<i>Fig. 4.28</i> –Valores da resistência térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 250 Pa	93
<i>Fig. 4.29</i> – Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 1000 Pa	94
<i>Fig. 4.30</i> – Valores da condutividade térmica nos estados seco e húmido das amostras Carlom à pressão de 250 Pa	95
<i>Fig. 4.31</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas estruturas A, B, C e D	97

<i>Fig. 4.32</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas A, B, C e D	98
<i>Fig. 4.33</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas estruturas E, F, G e H	99
<i>Fig. 4.34</i> - Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas E, F, G e H	99
<i>Fig. 4.35</i> - Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas estruturas I, J, K e L	101
<i>Fig. 4.36</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas estruturas I, J, K e L	101
<i>Fig. 4.37</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores de permeabilidade ao vapor de água nas amostras comerciais	103
<i>Fig. 4.38</i> – Efeito da percentagem de humidade nos valores da resistência evaporativa nas amostras comerciais	104

# Índice de Quadros

## Capítulo 4

<i>Quadro 4.1</i> – Características dos fios usados	61
<i>Quadro 4.2</i> – Quadro resumo das estruturas de malha desenvolvidas	69
<i>Quadro 4.3</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha A.	70
<i>Quadro 4.4</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha B	70
<i>Quadro 4.5</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha C	71
<i>Quadro 4.6</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha D	71
<i>Quadro 4.7</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha E	72
<i>Quadro 4.8</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha F	72
<i>Quadro 4.9</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha G	73
<i>Quadro 4.10</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha H	73
<i>Quadro 4.11</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha I	74
<i>Quadro 4.12</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha J	74
<i>Quadro 4.13</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha K	75
<i>Quadro 4.14</i> – Propriedades dimensionais da estrutura de malha L	75
<i>Quadro 4.15</i> – Propriedades térmicas das malhas analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 1000 Pa	80
<i>Quadro 4.16</i> – Propriedades térmicas das malhas analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 250 Pa	81
<i>Quadro 4.17</i> – Propriedades térmicas das amostras Carlom analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 1000 Pa	82
<i>Quadro 4.18</i> - Propriedades térmicas das amostras Carlom analisadas nos estados seco e húmido à pressão de 250 Pa	82
<i>Quadro 4.19</i> – Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 1000 Pa	89
<i>Quadro 4.20</i> – Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 250 Pa	89
<i>Quadro 4.21</i> – Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 250 Pa, amostras comerciais	95
<i>Quadro 4.22</i> – Análise da relação entre os diferentes parâmetros à pressão de 1000 Pa, amostras comerciais	96

# GLOSSÁRIO

- **Absortividade térmica ( $b$ ):** fluxo térmico instantâneo que ocorre quando dois corpos com diferentes temperaturas entram em contacto físico.
- **Camada de absorção:** camada situada no lado direito da malha funcional, constituída por fibras hidrófilas naturais ou artificiais.
- **Camada de separação:** camada situada no lado do avesso da malha e que fica em contacto com a pele. É constituída por uma qualquer fibra hidrófoba.
- **Condutividade térmica ( $\lambda$ ):** quantidade de calor que flui pelo material, por unidade de comprimento, para uma variação de temperatura de um grau Kelvin.
- **Conforto psicológico:** sensação subjectiva derivada de vários estímulos sensoriais, assim como de outros aspectos nomeadamente design, a cor e o tamanho do vestuário.
- **Conforto sensorial:** sensação resultante do contacto mecânico e térmico dos têxteis planos com a pele humana.
- **Fluxo térmico:** valor máximo da quantidade de calor trocada entre o tecido e a pele humana, por unidade de área, durante o seu contacto.
- **Malha funcional:** estruturas de malha com pelo menos duas camadas interligadas através da própria estrutura ou através de um terceiro elemento, de forma a garantir uma melhoria das propriedades termofisiológicas e um aumento do valor unitário dos artigos confeccionados com este tipo de malha.
- **Permeabilidade relativa ao vapor de água:** capacidade de um têxtil plano permitir a transferência de vapor de água através da sua estrutura.
- **Resistência térmica:** resistência ao fluxo de calor. É inversamente proporcional à condutividade térmica.
- **Resistência evaporativa:** resistência à evaporação do vapor de água a partir da superfície da pele. É inversamente proporcional à permeabilidade ao vapor de água.

ANEXOS

# ANEXO A

Ensaio no Alambeta no estado seco e no estado húmido à  
pressão de 1000 Pa

## *ESTRUTURAS DESENVOLVIDAS*

$P=1000Pa$

Estado seco

<i>Estrutura</i>	<i>Massa seca</i> (g)	<i>Direito</i>				<i>Avesso</i>			
		$\lambda$	$b$	$r$	$h$	$\lambda$	$b$	$r$	$h$
1×2	56,51	65,3	129	63,1	4,12	77,4	145	53,2	4,12
1×3	102,16	95,5	166	51,4	4,91	84,7	138	61,3	5,2
1×4	68,89	70,5	104	58,8	4,15	78,9	159	52,9	4,17
1×5	65,94	64,2	105	70,4	4,52	68	153	62,9	4,28
2×2	84,09	76,9	156	57,7	4,44	95,1	158	45,4	4,32
2×3	69,13	70	139	63,9	4,47	78,7	130	54	4,25
2×4	89,48	70,2	155	56,7	3,98	69	144	59,1	4,08
2×5	54,83	69,9	116	45,9	3,2	69,1	155	45,1	3,12
3×2	66,27	72	160	56,3	4,05	73,4	140	57,6	4,23
3×3	80,48	65,1	125	56,1	3,65	67,8	146	52,8	3,58
3×4	89,61	74,1	153	58,6	4,34	74,4	159	57,7	4,29
3×5	56,3	61,2	137	44,2	2,71	63,8	151	42,6	2,71

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
1×2	71,35	137	58,15	4,12
1×3	90,1	152	56,35	5,055
1×4	74,7	131,5	55,85	4,16
1×5	66,1	129	66,65	4,4
2×2	86	157	51,55	4,38
2×3	74,35	134,5	58,95	4,36
2×4	69,6	149,5	57,9	4,03
2×5	69,5	135,5	45,5	3,16
3×2	72,7	150	56,95	4,14
3×3	66,45	135,5	54,45	3,615
3×4	74,25	156	58,15	4,315
3×5	62,5	144	43,4	2,71

## Estado húmido

### Estrutura derivada do rib 1x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	154,4	173,2259777	189	645	19,5	3,69
2	131,81	133,2507521	119	402	30	3,57
3	111,86	97,94726597	165	527	22,3	3,69
4	91,31	61,58202088	166	438	21,7	3,6
5	80,09	41,72712794	128	336	28,2	3,6
6	73,83	30,64944258	109	266	33	3,59
7	62,51	10,61758981	93,5	218	40,3	3,76

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	153,34	171,3502035	245	886	15	3,67
2	131,04	131,8881614	199	693	18,2	3,62
3	111,18	96,74393913	179	551	20,5	3,68
4	90,78	60,64413378	177	508	20,2	3,58
5	79,58	40,82463281	149	393	24,3	3,62
6	73,37	29,83542736	147	359	24,6	3,62
7	62,16	9,998230402	150	350	24,8	3,74

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	78,42859671	138,5	404,571	27,8571	3,6429
Avesso	77,32638977	178	475,667	21,0857	3,6471
<b>Total</b>	<b>77,87749324</b>	<b>158,25</b>	<b>440,19</b>	<b>24,4714</b>	<b>3,645</b>

## Estrutura derivada do rib 1x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	221,17	168,6710398	155	567	22,6	3,5
2	178,48	116,8124393	144	439	25,6	3,69
3	157,95	91,87317784	133	458	23,7	3,14
4	134,61	63,52040816	122	367	27,3	3,33
5	115,22	39,96598639	104	312	29,5	3,05
6	105,51	28,17055394	107	223	31,8	3,41
7	94,95	15,3425656	103	208	33	3,41

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	219,92	167,1525753	198	690	18,5	3,66
2	177,36	115,451895	199	643	17,9	3,56
3	157,04	90,76773567	194	685	15,4	2,98
4	133,83	62,5728863	174	501	17,9	3,12
5	114,67	39,297862	169	529	17,8	3
6	104,87	27,3931001	153	366	21,3	3,25
7	94,51	14,80806608	154	324	22	3,39

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	74,91	124	367,71	27,64	3,36
Avesso	73,92	177,29	534	18,69	3,28
<b>Total</b>	<b>74,41</b>	<b>150,64</b>	<b>450,86</b>	<b>23,16</b>	<b>3,32</b>

## Estrutura derivada do rib 1x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	174,06	152,6636667	122	400	31,5	3,85
2	152,02	120,6706343	130	454	28,9	3,76
3	131,62	91,05820874	119	324	32,9	3,9
4	110,38	60,22644796	113	293	33,3	3,78
5	103,6	50,38467121	107	307	35,1	3,77
6	86,23	25,17056177	96,9	238	39,2	3,8
7	78,29	13,64494121	84,7	203	48,3	4,09

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	173,02	151,1540136	197	652	19,3	3,81
2	150,9	119,0448541	198	751	19	3,76
3	130,9	90,01306431	186	579	20	3,72
4	109,69	59,22485121	187	590	20,4	3,81
5	102,99	49,49920163	173	453	22	3,8
6	85,76	24,4883147	172	419	23,4	4,02
7	77,9	13,07882131	154	350	27,1	4,17

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	73,40273314	110,37	317	35,6	3,85
Avesso	72,3575887	181	542	21,6	3,87
<b>Total</b>	<b>72,88</b>	<b>145,67</b>	<b>429,5</b>	<b>28,6</b>	<b>3,86</b>

## Estrutura derivada do rib 1x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	157,18	138,3682135	143	500	30,5	4,34
2	131,27	99,07491659	127	411	34,7	4,4
3	116,75	77,05489839	113	343	36,8	4,17
4	109,94	66,72732787	125	386	32,9	4,11
5	98,18	48,89293297	120	318	35,1	4,22
6	87,82	33,18168032	106	270	38,5	4,07
7	77,21	17,09129512	95,2	230	40,9	3,89

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	156,41	137,2004853	231	824	16,3	3,76
2	130,6	98,05884137	201	657	20,1	4,03
3	116,19	76,20564149	192	636	19,1	3,66
4	109,32	65,78707916	205	594	19,5	4,01
5	97,76	48,25599029	184	487	21,4	3,93
6	87,3	32,39308462	159	437	21,3	3,38
7	76,66	16,25720352	167	406	24	4,01

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	68,62732354	118,46	351,143	35,6286	4,1714
Avesso	67,73690368	191,29	577,286	20,2429	3,8257
<b>Total</b>	<b>68,18</b>	<b>154,87</b>	<b>464,21</b>	<b>27,94</b>	<b>3,99</b>

## Estrutura derivada do rib 2x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	190,69	126,768938	156	545	22,8	3,55
2	162,41	93,1383042	162	438	20	3,25
3	144,64	72,00618385	151	478	24,5	3,7
4	129,23	53,68058033	124	373	27,5	3,41
5	120,98	43,86966346	138	363	28	3,86
6	108,68	29,2424783	119	281	31,8	3,78
7	91,1	8,336306338	96,6	249	38,3	3,7

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	189,72	125,6154121	219	662	18,1	3,97
2	161,15	91,63990962	216	784	16,1	3,49
3	144,01	71,25698656	198	616	18,9	3,73
4	128,51	52,82435486	159	458	22,6	3,59
5	120,26	43,01343798	193	548	19,5	3,76
6	107,35	27,66083958	151	367	23,9	3,62
7	90,67	7,824949459	123	290	28,9	3,55

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	61,00606493	135,23	389,571	27,5571	3,6071
Avesso	59,97655573	179,86	532,143	21,1429	3,6729
<b>Total</b>	<b>60,49</b>	<b>157,54</b>	<b>460,86</b>	<b>24,35</b>	<b>3,64</b>

## Estrutura derivada do rib 2x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	172,69	149,8047158	150	517	29,1	4,36
2	150,25	117,3441342	149	525	27,5	4,09
3	129,33	87,08230869	153	495	26,5	4,06
4	113,66	64,41487053	157	491	25,5	3,99
5	101,66	47,05627079	150	422	27,4	4,11
6	91,67	32,60523651	123	305	34	4,19
7	77,63	12,29567482	117	364	36	4,23

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	171,67	148,3292348	166	459	25,3	4,19
2	149,25	115,8975843	197	694	19,8	3,9
3	128,34	85,65022422	195	623	20,8	4,06
4	112,99	63,44568205	135	360	30,6	4,13
5	101,07	46,20280631	158	440	26,3	4,15
6	91,15	31,85303052	145	363	29,1	4,22
7	77,25	11,74598582	145	324	29,6	4,29

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	72,94331591	142,71	445,571	29,4286	4,1471
Averso	71,87493542	163	466,143	25,9286	4,1343
<b>Total</b>	<b>72,41</b>	<b>152,86</b>	<b>455,86</b>	<b>27,68</b>	<b>4,14</b>

## Estrutura derivada do rib 2x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	204,15	128,1515422	154	574	27	4,15
2	173,74	94,16629414	140	505	27,2	3,82
3	154,77	72,96602593	128	395	32,4	4,14
4	123,98	38,55610192	146	369	26,9	3,92
5	116,85	30,58784086	123	330	32,4	3,99
6	105,48	17,88109075	124	293	32,4	4,02
7	97,39	8,839964238	82,9	214	43,1	3,58

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	202,88	126,7322307	195	721	20,6	4,02
2	172,36	92,62405007	193	639	20,8	4,01
3	153,79	71,87080912	137	475	26,6	3,64
4	123,27	37,76262852	164	477	22,9	3,75
5	115,9	29,5261511	161	441	25,1	4,05
6	104,82	17,14349575	161	398	25,3	4,06
7	96,62	7,979436746	124	308	31,3	3,889

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	55,87840858	128,27	382,857	31,6286	3,9457
Averso	54,80554314	162,14	494,143	24,6571	3,917
<b>Total</b>	<b>55,34</b>	<b>145,21</b>	<b>438,5</b>	<b>28,14</b>	<b>3,93</b>

## Estrutura derivada do rib 2x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	121,36	121,3386832	123	448	27,7	3,41
2	110,78	102,0426774	130	527	24,2	3,14
3	97,96	78,6613168	130	506	24,7	3,2
4	90,24	64,58143352	144	552	21,6	3,11
5	81,25	48,18530002	136	492	21,9	2,98
6	70,79	29,10815247	108	348	28,6	3,08
7	60,05	9,520335583	82,4	242	37,9	3,12

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	120,33	119,4601496	218	912	15,2	3,3
2	109,78	100,2188583	197	681	15,2	2,99
3	96,96	76,83749772	204	805	15,5	3,15
4	89,41	63,06766369	188	673	16,7	3,14
5	80,5	46,81743571	180	648	17,8	3,2
6	70,15	27,94090826	168	514	18,6	3,14
7	59,51	8,535473281	128	382	24,2	3,08

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	64,77684271	121,914	445	26,657	3,148571
Averso	63,26828379	183,286	659,286	17,6	3,142857
<b>Total</b>	<b>64,02</b>	<b>152,6</b>	<b>552,14</b>	<b>22,13</b>	<b>3,15</b>

## Estrutura derivada do rib 3x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	173,04	161,1136261	186	525	20,1	3,74
2	140,09	111,3927871	162	559	28	4,54
3	128,9	94,50731855	153	492	27,1	4,14
4	110,03	66,03289573	136	384	32,3	4,4
5	94,41	42,46265278	164	460	25,1	4,12
6	84,16	26,99562396	142	336	29,5	4,19
7	76,99	16,17624868	119	276	31,2	3,7

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	172,24	159,9064433	186	527	20,1	3,75
2	139,27	110,1554248	153	422	27,5	4,21
3	128,09	93,28504602	216	663	19,4	4,19
4	109,5	65,23313717	145	356	30,2	4,36
5	93,72	41,42145767	158	381	27,8	4,38
6	83,61	26,16568583	121	306	32,3	3,91
7	76,51	15,45193904	154	366	25	3,86

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	74,09730755	151,71	433,143	27,6143	4,1186
Averso	73,08844769	161,86	431,571	26,0429	4,0943
<b>Total</b>	<b>73,59</b>	<b>156,79</b>	<b>432,36</b>	<b>26,83</b>	<b>4,11</b>

## Estrutura derivada do rib 3x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	191,06	137,4005964	134	483	26,5	3,55
2	157,51	95,71322068	124	375	27,9	3,45
3	141,07	75,28578529	156	482	26,4	4,12
4	118,78	47,58946322	131	375	27,6	3,63
5	105,64	31,26242545	105	305	31,8	3,35
6	94,9	17,91749503	100	240	37,9	3,8
7	85,09	5,728131213	85,5	213	46,2	3,97

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	189,9	135,9592445	170	607	24,5	4,15
2	156,64	94,63220676	138	459	24,8	3,41
3	140,22	74,22962227	153	473	22,3	3,41
4	117,68	46,22266402	136	434	23,6	3,21
5	105,02	30,49204771	128	345	25,4	3,27
6	94,28	17,1471173	141	347	27,9	3,94
7	84,53	5,032306163	96,3	235	36,8	3,54

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	58,69958819	119,36	353,286	32,0429	3,6957
Averso	57,67360125	137,47	414,286	26,4714	3,5614
<b>Total</b>	<b>58,19</b>	<b>128,41</b>	<b>383,79</b>	<b>29,26</b>	<b>3,63</b>

## Estrutura derivada do rib 3x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	185,68	107,2090169	162	530	26,7	4,33
2	158,45	76,82178328	137	433	31,7	4,34
3	140,11	56,35531749	112	322	36,9	4,12
4	120,55	34,5273965	139	395	27,8	3,87
5	110,61	23,4348845	116	334	31	3,59
6	103,59	15,6009374	106	241	39,2	4,13
7	95,36	6,416694565	83,5	245	38,2	3,19

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	184,67	106,0819105	184	592	21,5	3,94
2	157,06	75,27061712	142	487	25	3,54
3	138,81	54,90458654	151	440	26,9	4,06
4	119,61	33,47840643	162	465	25,3	4,11
5	109,32	21,99531302	140	381	27,6	3,86
6	102,9	14,83093405	125	313	30	3,75
7	94,88	5,881040062	100	277	29,9	3

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	45,7665758	122,214	357,143	33,071	3,938571
Averso	44,63468682	143,429	422,143	26,6	3,751429
<b>Total</b>	<b>45,20</b>	<b>132,82</b>	<b>389,64</b>	<b>29,84</b>	<b>3,85</b>

## Estrutura derivada do rib 3x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica <b>b</b> [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica <b>r</b> [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura <b>h</b> (mm)
1	120,2	113,4991119	133	614	21,4	2,84
2	112,99	100,6927176	138	534	20,9	2,87
3	100,52	78,54351687	120	500	23	2,76
4	91,4	62,34458259	120	447	24,9	2,98
5	80,69	43,32149201	114	405	26,4	3
6	71,09	26,26998224	107	338	28,4	3,05
7	60,02	6,607460036	77,6	242	36,2	2,81

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica <b>b</b> [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica <b>r</b> [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura <b>h</b> (mm)
1	118,98	111,3321492	169	655	16,3	2,75
2	111,8	98,57904085	185	665	14,6	2,7
3	99,64	76,98046181	170	628	15,7	2,67
4	90,53	60,79928952	171	603	15,7	2,68
5	79,99	42,07815275	171	544	15,8	2,7
6	70,48	25,18650089	145	423	19,5	2,83
7	59,64	5,93250444	111	306	24,6	2,73

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	61,61126618	115,657	440	25,886	2,901429
Averso	60,12687135	160,286	546,286	17,457	2,722857
<b>Total</b>	<b>60,87</b>	<b>137,97</b>	<b>493,14</b>	<b>21,67</b>	<b>2,81</b>

<i>Estrutura</i>	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$		Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
1×2	71,4	158,25	137	440,12	58,15	24,47
1×3	63,8	150,64	123,8	450,86	58,55	23,16
1×4	74,7	145,69	131,5	429,5	55,85	28,6
1×5	66,1	154,87	129	464,21	66,65	27,94
2×2	86	157,54	157	460,86	51,55	24,35
2×3	74,4	152,86	134,5	455,86	58,95	27,68
2×4	69,6	145,21	149,5	438,5	57,9	28,14
2×5	69,5	152,6	135,5	552,14	45,5	22,13
3×2	72,7	156,79	150	432,36	56,95	26,83
3×3	66,45	128,41	135,5	383,79	54,45	29,26
3×4	74,25	132,82	156	389,64	58,15	29,84
3×5	62,5	137,97	144	493,14	43,4	21,67

## AMOSTRAS CARLOM

P=1000Pa

Estado seco

<i>Estrutura</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Direito</i>				<i>Avesso</i>			
		$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
<i>Dubai</i>	15,96	43,1	114	58,1	2,5	43,3	66,1	57,7	2,5
<i>Microsidney</i>	13,13	43,1	115	49,7	2,14	40,4	68	52,1	2,11
<i>Granada</i>	13,57	37,9	111	57,1	2,17	39,5	72,2	57,2	2,26
<i>Pigori</i>	8,88	40,6	99,5	55,1	2,24	41,3	71,3	54,8	2,26
<i>Roma</i>	10,05	41,5	114	53,2	2,21	40,2	70,2	54,6	2,19
<i>Toscana</i>	10,59	43	107	61,3	2,64	42,4	58,7	62,2	2,64
<i>Carlombrell</i>	8,18	38,7	125	39,6	1,54	37	79,6	39,3	1,45

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
<i>Dubai</i>	43,2	90,05	57,9	2,5
<i>Microsidney</i>	41,75	91,5	50,9	2,125
<i>Granada</i>	38,7	91,6	57,15	2,215
<i>Pigori</i>	40,95	85,4	54,95	2,25
<i>Roma</i>	40,85	92,1	53,9	2,2
<i>Toscana</i>	42,7	82,85	61,75	2,64
<i>Carlombrell</i>	37,85	102,3	39,45	1,495

## Estado húmido

### Dubai

	<i>Direito</i>					<i>Avesso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	50,34	158	743	16,1	2,55	49,75	163	410	15,6	2,54
2	42,66	148	594	17,7	2,62	42,21	114	347	22,6	2,58
3	31,58	122	441	21,2	2,59	31,14	104	290	24,6	2,55
4	21,83	97,8	275	27	2,64	21,57	77,4	201	33,7	2,61
<b>Média</b>		<i>131,45</i>	<i>513,25</i>	<i>20,5</i>	<i>2,6</i>		<i>114,6</i>	<i>312</i>	<i>24,125</i>	<i>2,57</i>

### Microsidney

	<i>Direito</i>					<i>Avesso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	35,87	169	599	12,9	2,17	35,11	113	276	19,2	2,17
2	26,8	163	516	13,8	2,26	26,41	90,4	229	24,4	2,21
3	21,64	148	412	14,9	2,21	21,3	90,4	210	24,5	2,22
4	15,13	57,1	149	39,1	2,24	15,01	56,2	111	39,7	2,23
<b>Média</b>		<i>134,275</i>	<i>419</i>	<i>20,175</i>	<i>2,22</i>		<i>87,5</i>	<i>206,5</i>	<i>26,95</i>	<i>2,21</i>

## Granada

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	39,16	165	691	14,1	2,33	38,58	110	327	20,8	2,3
2	32,07	154	578	15,5	2,38	31,92	82	228	29	2,38
3	25,01	133	441	17,8	2,37	24,57	63,7	195	36,7	2,34
4	18,9	121	333	19,9	2,4	18,5	59	167	40,1	2,36
<b>Média</b>		<i>143,25</i>	<i>510,75</i>	<i>16,825</i>	<i>2,37</i>		<i>78,675</i>	<i>229,25</i>	<i>31,65</i>	<i>2,345</i>

## Pigori

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	23,32	156	458	14,7	2,3	22,88	160	376	14,4	2,3
2	20,23	154	453	14,9	2,3	19,76	154	320	16,2	2,34
3	16,36	146	368	16,2	2,36	16,07	100	257	23,3	2,35
4	12,96	73,1	204	32,3	2,36	12,51	79,6	170	29,6	2,36
<b>Média</b>		<i>132,275</i>	<i>370,75</i>	<i>19,525</i>	<i>2,33</i>		<i>123,4</i>	<i>280,75</i>	<i>20,875</i>	<i>2,3375</i>

## Roma

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	24,7	168	440	13,8	2,31	23,81	136	359	16,9	2,3
2	19,2	164	494	14,2	2,33	18,86	97,4	235	23,8	2,32
3	16,59	131	394	17,8	2,32	16,3	89,1	229	26	2,32
4	12,66	67,1	182	34,2	2,3	12,51	70,3	174	32,6	2,29
<b>Média</b>		<i>132,525</i>	<i>377,5</i>	<i>20</i>	<i>2,315</i>		<i>98,2</i>	<i>249,25</i>	<i>24,825</i>	<i>2,3075</i>

## Toscana

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	28,37	168	502	16,2	2,72	27,99	130	310	21,2	2,75
2	22,1	173	485	15,8	2,73	21,72	95	200	29	2,75
3	17,49	158	409	17,3	2,74	17,2	97,9	213	28,1	2,75
4	13,56	94,9	215	29,5	2,8	13,38	71,9	161	38,9	2,79
<b>Média</b>		148,475	402,75	19,7	2,7475		98,7	221	29,3	2,76

## Carlombrell

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	24,49	131	609	12,3	1,62	24,12	95,4	379	16,2	1,54
2	18,26	128	537	12,6	1,61	17,83	74,4	276	20,5	1,52
3	13,2	106	339	14,6	1,54	12,94	55,8	189	27,2	1,52
4	10,65	82,2	235	20,3	1,67	10,5	43	124	36,3	1,56
<b>Média</b>		111,8	430	14,95	1,61		67,15	242	25,05	1,535

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$	<i>% humidade</i>
<i>Dubai</i>	123,03	412,63	22,31	2,59	127,98
<i>Microsidney</i>	110,89	312,75	23,56	2,21	87,81
<i>Granada</i>	110,96	370	24,24	2,36	110,68
<i>Pigori</i>	127,84	325,75	20,2	2,33	102,83
<i>Roma</i>	115,36	313,38	22,41	2,31	79,89
<i>Toscana</i>	123,59	311,88	24,5	2,75	90,99
<i>Carlombrell</i>	89,48	336	20	1,57	101,7

Estrutura	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$		Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
<i>Dubai</i>	43,2	123,03	90,05	412,63	57,9	22,31
<i>Microsidney</i>	41,75	110,89	91,5	312,75	50,9	23,56
<i>Granada</i>	38,7	110,96	91,6	370	57,15	24,24
<i>Pigori</i>	40,95	127,84	85,4	325,75	54,95	20,2
<i>Roma</i>	40,85	115,36	92,1	313,38	53,9	22,41
<i>Toscana</i>	42,7	123,59	82,85	311,88	61,75	24,5
<i>Carlombrell</i>	37,85	89,48	102,3	336	39,45	20

# ANEXO B

Ensaio no Alambeta no estado seco e no estado húmido à  
pressão de 250 Pa

## *ESTRUTURAS DESENVOLVIDAS*

$P=250\text{Pa}$

Estado seco

<i>Estrutura</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Direito</i>				<i>Avesso</i>			
		$\lambda$	$b$	$r$	$h$	$\lambda$	$b$	$r$	$h$
1×2	56,51	70,4	123	61,5	4,33	63,2	122	67,8	4,28
1×3	102,16	77,6	84,6	54,9	4,26	95,3	147	44,4	4,23
1×4	68,89	65,7	93,8	81,2	5,33	68,4	118	77	5,27
1×5	65,94	63,4	93,4	76,3	4,84	72,2	134	67,9	4,9
2×2	84,09	68,4	134	68,9	4,71	80,2	129	58,6	4,7
2×3	69,13	73,5	143	65,7	4,83	73,9	125	63,9	4,72
2×4	89,48	66,7	118	70,2	4,68	65,6	123	70,8	4,65
2×5	54,83	71,1	132	53,8	3,83	66,2	130	55,3	3,66
3×2	66,27	69,9	72,4	67,8	4,74	66,5	88,2	66,7	4,44
3×3	80,48	63,5	63,6	76,7	4,87	66,8	136	62,6	4,18
3×4	89,61	65,6	122	74,3	4,87	74,3	140	69,6	5,17
3×5	56,3	60,7	90,4	62,6	3,8	66,6	116	59,6	3,97

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
1×2	66,8	122,5	64,65	4,305
1×3	86,45	115,8	49,65	4,245
1×4	67,05	105,9	79,1	5,3
1×5	67,8	113,7	72,1	4,87
2×2	74,3	131,5	63,75	4,705
2×3	73,7	134	64,8	4,775
2×4	66,15	120,5	70,5	4,665
2×5	68,65	131	54,55	3,745
3×2	68,2	80,3	67,25	4,59
3×3	65,15	99,8	69,65	4,525
3×4	69,95	131	71,95	5,02
3×5	63,65	103,2	61,1	3,885

## Estado húmido

### Estrutura derivada do rib 1x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	154,18	172,8366661	130	503	33,7	4,4
2	132,91	135,1973102	118	383	37,6	4,42
3	113,99	101,7165104	105	332	39,8	4,18
4	89,62	58,59139975	127	320	33,1	4,2
5	82,7	46,34577951	105	267	39,2	4,12
6	73,26	29,64077154	110	212	37,7	4,17
7	61,4	8,653335693	90	215	47	4,23

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	153,31	171,2971156	213	629	20,6	4,37
2	129,54	129,2337639	134	440	31,6	4,24
3	113,29	100,4777915	156	506	27,5	4,29
4	89,09	57,65351265	152	397	28,6	4,34
5	82,17	45,40789241	161	405	26,3	4,23
6	72,88	28,96832419	150	355	27,9	4,19
7	60,98	7,910104406	127	270	32,8	4,17

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	78,99739616	112,1429	318,8571	38,3	4,245714
Averso	77,27835781	156,1429	428,8571	27,9	4,261429
<b>Total</b>	<b>78,14</b>	<b>134,14</b>	<b>373,86</b>	<b>33,10</b>	<b>4,25</b>

## Estrutura derivada do rib 1x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	198,4	141,01069	109	397	33	3,6
2	172,5	109,548105	113	372	34,2	3,87
3	157,87	91,77599611	119	357	32,5	3,88
4	135,67	64,80806608	96,2	242	38,8	3,73
5	117,42	42,63848397	99,8	246	37,1	3,7
6	106,16	28,96015549	101	232	38,8	3,91
7	92,26	12,07482993	105	231	37,4	3,92

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	197,03	139,3464529	148	514	23,4	3,47
2	171,32	108,1146744	162	517	21,9	3,55
3	156,92	90,62196307	152	456	24,6	3,76
4	135,15	64,17638484	156	429	23,3	3,64
5	116,91	42,01895044	150	396	24,3	3,65
6	105,48	28,13411079	157	381	23,6	3,72
7	91,78	11,49173955	123	257	29,2	3,59

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	70,12	106,14	296,71	35,97	3,8
Avesso	69,13	149,71	421,43	24,33	3,63
<b>Total</b>	<b>69,62</b>	<b>127,93</b>	<b>359,07</b>	<b>30,15</b>	<b>3,71</b>

## Estrutura derivada do rib 1x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	174,33	153,0555959	113	377	47,3	5,33
2	151,8	120,3512847	98,5	336	43,1	4,25
3	131,2	90,44854115	101	315	44,2	4,48
4	110,16	59,90709827	102	275	50,9	5,17
5	102,85	49,2959791	122	314	41,9	5,1
6	87,71	27,31891421	116	273	44,6	5,18
7	78,6	14,09493395	89,9	207	57,1	5,13

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	173,18	151,386268	181	529	29,2	5,29
2	150,95	119,1174336	143	417	30	4,31
3	130,39	89,27275367	152	414	29,8	4,53
4	109,54	59,00711279	142	330	36,7	5,22
5	102,17	48,30889824	162	386	31,8	5,16
6	87,02	26,31731746	147	332	35,5	5,22
7	78,17	13,47075047	148	319	35,2	5,22

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	73,4960496	106,0571	299,5714	47,01429	4,948571
Averso	72,41150488	153,5714	389,5714	32,6	4,992857
<b>Total</b>	<b>72,95</b>	<b>129,81</b>	<b>344,57</b>	<b>39,81</b>	<b>4,97</b>

## Estrutura derivada do rib 1x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	158,15	139,8392478	97,7	336	56,7	5,51
2	131,72	99,75735517	98,9	276	54,9	5,43
3	118,42	79,58750379	98,1	271	51,8	5,08
4	108,01	63,80042463	95,1	246	55,2	5,25
5	96,89	46,93660904	112	288	46,1	5,17
6	87,8	33,15134971	96,3	207	54,3	5,22
7	77,79	17,97088262	82,6	179	65,4	5,41

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	155,22	135,3958144	150	461	35,5	5,33
2	131	98,66545344	155	388	35,7	5,53
3	117,71	78,51076736	157	402	33,4	5,22
4	107,46	62,96633303	147	358	36,6	5,37
5	96,3	46,04185623	147	371	35,9	5,28
6	87,34	32,45374583	140	309	37,3	5,21
7	77,37	17,33393995	137	295	39,2	5,37

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	68,72048182	97,24286	257,5714	54,91429	5,295714
Averso	67,33827289	147,5714	369,1429	36,22857	5,33
<b>Total</b>	<b>68,03</b>	<b>122,41</b>	<b>313,36</b>	<b>45,57</b>	<b>5,31</b>

## Estrutura derivada do rib 2x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	191,06	127,2089428	133	431	32,7	4,34
2	169,68	101,7838031	140	452	33,4	4,69
3	148,91	77,08407658	157	481	28,2	4,42
4	129,75	54,29896539	179	383	25,6	4,59
5	120,75	43,59614699	160	411	28,1	4,48
6	109,17	29,8251873	116	283	39,6	4,61
7	91,55	8,871447259	115	276	37,5	4,31

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	188,97	124,7235105	149	332	31	4,63
2	168,98	100,9513616	150	481	31	4,65
3	148,1	76,12082293	176	482	25,8	4,55
4	128,97	53,3713878	166	440	27,2	4,53
5	120,1	42,82316566	158	384	28,7	4,55
6	108,59	29,13545011	155	360	30,1	4,65
7	90,78	7,955761684	118	256	38,9	4,61

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	63,23836706	142,8571	388,1429	32,15714	4,491429
Averso	62,15449433	153,1429	390,7143	30,38571	4,595714
<b>Total</b>	<b>62,70</b>	<b>148</b>	<b>389,43</b>	<b>31,27</b>	<b>4,54</b>

## Estrutura derivada do rib 2x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	176,91	155,9091567	170	606	28,2	4,8
2	152,81	121,0473022	149	502	32,2	4,81
3	128,45	85,80934471	122	371	37,8	4,63
4	113,58	64,29914654	131	395	35,5	4,65
5	105,9	53,1896427	139	387	33,1	4,61
6	90,92	31,52032403	104	257	44	4,56
7	76,69	10,93591784	106	252	42,7	4,51

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	176	154,5927962	164	453	29,9	4,9
2	151,92	119,7598727	143	480	32,5	4,65
3	127,55	84,50744973	152	441	30,4	4,63
4	112,9	63,31549255	119	257	40,5	4,8
5	104,89	51,72862722	114	300	41,7	4,73
6	90,31	30,63792854	119	297	38,7	4,61
7	76,28	10,34283234	116	243	39,2	4,53

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	74,67297638	131,5714	395,7143	36,21429	4,652857
Avesso	73,5549999	132,4286	353	36,12857	4,692857
<b>Total</b>	<b>74,11</b>	<b>132</b>	<b>374,36</b>	<b>36,17</b>	<b>4,67</b>

## Estrutura derivada do rib 2x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	208,74	133,2811802	152	391	32,1	4,89
2	175,13	95,7197139	136	444	34,5	4,71
3	153,46	71,50201162	154	511	29,3	4,5
4	129,11	44,28922664	124	348	37,9	4,71
5	116,83	30,56548949	136	356	37,3	5,07
6	103,91	16,12650872	111	264	41,2	4,59
7	96,8	8,180599017	88,6	219	50,5	4,47

<i>Avesso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	207,37	131,7501118	117	390	40,4	4,73
2	174,03	94,49038891	140	379	35,9	5,01
3	152,63	70,57443004	132	308	34,8	4,59
4	127,76	42,78050961	107	308	42,7	4,59
5	116,17	29,8278945	114	238	40,4	4,61
6	103,28	15,42244077	120	298	39,4	4,73
7	96,16	7,465355387	99,3	226	45,6	4,53

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	57,09496136	128,8	361,8571	37,54286	4,705714
Avesso	56,04444728	118,4714	306,7143	39,88571	4,684286
<b>Total</b>	<b>56,57</b>	<b>123,64</b>	<b>334,29</b>	<b>38,71</b>	<b>4,70</b>

## Estrutura derivada do rib2x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	122,09	122,6700711	138	480	29,9	4,13
2	110,85	102,1703447	114	333	35,8	4,09
3	98	78,73426956	138	396	29,3	4,04
4	90,35	64,78205362	123	416	33,8	4,14
5	80,72	47,21867591	111	367	35,4	3,93
6	70,83	29,18110523	110	295	38	4,18
7	60,1	9,611526537	82,4	208	49,3	4,06

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	120,98	120,645632	169	664	22	3,72
2	109,96	100,5471457	157	452	24,5	3,85
3	96,97	76,85573591	164	517	23,3	3,82
4	89,44	63,12237826	142	394	27,2	3,85
5	79,89	45,70490607	157	463	24,8	3,88
6	70,21	28,05033741	154	411	25	3,84
7	59,65	8,790807952	124	322	33,3	4,12

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	64,90972096	116,6286	356,4286	35,92857	4,081429
Averso	63,38813475	152,4286	460,4286	25,72857	3,868571
<b>Total</b>	<b>64,15</b>	<b>134,53</b>	<b>408,43</b>	<b>30,83</b>	<b>3,98</b>

## Estrutura derivada do rib 3x2

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	172,34	160,0573412	132	413	39,3	5,18
2	142,77	115,4368493	130	416	41,2	5,35
3	127,96	93,08887883	115	331	43,5	5,01
4	109,19	64,76535386	125	334	41,7	5,2
5	96,73	45,96348272	144	377	36,2	5,2
6	84,24	27,11634224	140	311	38,7	5,41
7	77,44	16,85528897	117	267	46,9	5,48

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	171,32	158,5181832	145	482	34,7	5,04
2	141,93	114,1693074	121	384	40,4	4,87
3	127,25	92,01750415	170	463	31,4	5,33
4	108,6	63,87505659	152	405	32,7	4,98
5	96,12	45,04300589	113	284	43,6	4,91
6	83,72	26,33167346	172	399	30,6	5,26
7	77,05	16,26678738	113	256	45,1	5,08

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	74,75479101	129	349,8571	41,07143	5,261429
Averso	73,74593115	140,8571	381,8571	36,92857	5,067143
<b>Total</b>	<b>74,25</b>	<b>134,93</b>	<b>365,86</b>	<b>39</b>	<b>5,16</b>

## Estrutura derivada do rib 3x3

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	183,99	128,6158052	155	481	34,7	5,41
2	155,18	92,81809145	142	424	34	4,83
3	139,89	73,8195825	118	341	41,7	4,93
4	120,93	50,26093439	128	332	33,4	4,28
5	105,84	31,51093439	128	306	35,2	4,49
6	96,3	19,65705765	123	282	36,3	4,48
7	84,68	5,218687873	81,7	192	51,9	4,24

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	182,87	127,2241551	157	427	32,9	5,17
2	154,02	91,37673956	111	318	40,8	4,52
3	139,16	72,91252485	132	342	35,9	4,72
4	119,92	49,00596421	129	319	36,2	4,68
5	104,91	30,35536779	133	322	32,8	4,35
6	95,58	18,76242545	145	346	30	4,36
7	84,27	4,709244533	85,2	193	45,9	3,91

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	57,41444192	125,1	336,8571	38,17143	4,665714
Averso	56,33520307	127,4571	323,8571	36,35714	4,53
<b>Total</b>	<b>56,87</b>	<b>126,28</b>	<b>330,36</b>	<b>37,26</b>	<b>4,60</b>

## Estrutura derivada do rib 3x4

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	186,31	181,1377697	134	346	38,7	5,16
2	161	142,9455259	127	378	39,9	5,06
3	138,81	109,4612947	141	387	32,7	4,63
4	122,96	85,54398672	115	257	43,9	5,03
5	112,79	70,19767617	119	299	42,2	5,01
6	106,45	60,63075298	135	296	37,3	5,04
7	92,39	39,41451637	81,5	186	60,1	4,9

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	185,03	179,2062774	176	541	28,5	5,01
2	159,95	141,3610985	185	504	27,4	5,07
3	137,66	107,7259695	147	417	31,8	4,67
4	121,98	84,06518787	149	390	30,9	4,61
5	111,76	68,6434284	148	369	32,5	4,81
6	105,37	59,00105628	140	325	32,9	4,61
7	91,9	38,67511695	72,9	173	64,8	4,73

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	98,47593179	121,7857	307	42,11429	4,975714
Averso	96,95401927	145,4143	388,4286	35,54286	4,787143
<b>Total</b>	<b>97,71</b>	<b>133,60</b>	<b>347,71</b>	<b>38,83</b>	<b>4,88</b>

## Estrutura derivada do rib 3x5

<i>Direito</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	120,77	114,5115453	126	361	34,5	4,35
2	113,02	100,7460036	121	365	38,7	4,68
3	100,48	78,47246892	119	384	35,1	4,16
4	91,56	62,62877442	118	352	36,7	4,44
5	81,07	43,9964476	118	349	39,2	2,63
6	71,17	26,41207815	109	261	39,8	4,32
7	60,03	6,625222025	80,4	200	53	4,26

<i>Averso</i>						
Ensaio	Massa húmida (g)	% humidade (%)	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$	Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]	Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	Espessura $h$ (mm)
1	119,69	112,5932504	156	430	29,9	4,65
2	111,88	98,72113677	143	388	30,5	4,36
3	99,54	76,80284192	132	350	31,4	4,13
4	90,7	61,10124334	132	328	35	4,63
5	80,36	42,73534636	137	343	33,4	4,59
6	70,56	25,3285968	120	279	35,7	4,3
7	59,64	5,93250444	114	260	35,8	4,08

Média	% humidade	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
Direito	61,91321999	113,0571	324,5714	39,57143	4,12
Averso	60,4592743	133,4286	339,7143	33,1	4,391429
<b>Total</b>	<b>61,19</b>	<b>123,24</b>	<b>332,14</b>	<b>36,34</b>	<b>4,26</b>

<i>Estrutura</i>	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$		Absortividade Térmica $b$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $r$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
1×2	66,8	134,14	122,5	373,86	64,65	33,1
1×3	61	127,93	117,5	359,07	67,2	30,15
1×4	67,05	129,81	105,9	344,57	79,1	39,81
1×5	67,8	122,41	113,7	313,36	72,1	45,57
2×2	74,3	148	131,5	389,43	63,75	31,27
2×3	73,7	132	134	374,36	64,8	36,17
2×4	66,15	123,64	120,5	334,29	70,5	38,71
2×5	68,65	134,53	131	408,43	54,55	30,83
3×2	68,2	134,93	80,3	365,86	67,25	39
3×3	65,15	126,28	99,8	330,36	69,65	37,26
3×4	69,95	133,6	131	347,71	71,95	38,83
3×5	63,65	123,24	103,2	332,14	61,1	36,34

## AMOSTRAS CARLOM

P=250Pa

Estado seco

<i>Estrutura</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Direito</i>				<i>Avesso</i>			
		$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
<i>Dubai</i>	15,96	44,2	97,2	62,7	2,77	44,9	47,5	61,5	2,76
<i>Microsidney</i>	13,13	42,4	103	55,4	2,35	41,4	49,3	55,6	2,3
<i>Granada</i>	13,57	43,4	102	59,2	2,57	43	61,4	59,7	2,57
<i>Pigori</i>	8,88	42,5	90,6	57,9	2,46	42,3	57,3	56,4	2,38
<i>Roma</i>	10,05	43,5	107	53,4	2,32	43,1	59,9	55,5	2,39
<i>Toscana</i>	10,59	46,4	102	60,4	2,8	43,2	54	65,1	2,81
<i>Carlombrell</i>	8,18	38,5	118	44,2	1,7	38,8	86,3	41,9	1,62

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$
<i>Dubai</i>	44,55	72,35	62,1	2,765
<i>Microsidney</i>	41,9	76,15	55,5	2,325
<i>Granada</i>	43,2	81,7	59,45	2,57
<i>Pigori</i>	42,4	73,95	57,15	2,42
<i>Roma</i>	43,3	83,45	54,45	2,355
<i>Toscana</i>	44,8	78	62,75	2,805
<i>Carlombrell</i>	38,65	102,15	43,05	1,66

## Estado húmido

### Dubai

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	50,94	141	609	19,6	2,75	50,33	156	445	17,8	2,77
2	43,43	119	449	23,7	2,81	42,86	121	362	23,2	2,8
3	32,14	112	409	24,4	2,74	31,71	104	304	27,1	2,81
4	21,83	90,2	261	31,3	2,82	21,58	71,7	194	38,7	2,77
<b>Média</b>		115,55	432	24,75	2,78		113,175	326,25	26,7	2,787

### Microsidney

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	33,56	180	650	13	2,35	33,02	126	322	18	2,28
2	27,54	165	553	13,8	2,28	26,97	129	352	17,5	2,27
3	21,83	152	452	14,8	2,26	21,35	113	274	20,2	2,28
4	16,24	92,5	237	25,6	2,36	15,95	96,3	201	25	2,4
<b>Média</b>		147,375	473	16,8	2,312		116,075	287,25	20,175	2,307

### Granada

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	39,9	152	602	17	2,59	39,46	123	348	20,9	2,58
2	32,28	140	512	18,5	2,59	31,95	91,1	274	28,1	2,56
3	25,39	130	422	20	2,59	25,07	83,6	227	30,7	2,57
4	19,06	114	297	22,8	2,61	18,71	55,7	161	46	2,57
<b>Média</b>		134	458,25	19,575	2,596		88,35	252,5	31,425	2,57

## Pigori

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	25,35	160	558	15	2,4	24,58	135	381	18,1	2,44
2	20,32	164	515	14,6	2,4	19,73	147	325	16,6	2,45
3	16,6	149	412	16	2,38	16,16	104	232	22,8	2,37
4	13,08	134	287	18	2,4	12,8	98,4	245	24,3	2,4
<b>Média</b>		151,75	443	15,9	2,395		121,1	295,75	20,45	2,415

## Roma

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	25,84	175	548	14,1	2,46	25,35	131	342	18,4	2,41
2	20,68	167	494	14,4	2,4	20,31	130	322	18,3	2,39
3	17,22	151	413	15,6	2,36	16,82	114	253	20,9	2,39
4	13,11	91,3	227	26	2,37	12,7	79,9	174	29,7	2,38
<b>Média</b>		146,075	420,5	17,525	2,397		113,725	272,75	21,825	2,392

## Toscana

	<i>Direito</i>					<i>Averso</i>				
<i>Ensaio</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	29,24	179	621	15,8	2,83	28,83	151	440	19	2,87
2	23,09	164	498	17	2,8	22,69	130	302	21,6	2,82
3	19,15	153	412	18,3	2,81	18,54	108	240	26,6	2,88
4	13,61	86,7	206	32,7	2,83	13,37	80,1	181	35	2,81
<b>Média</b>		145,675	434,25	20,95	2,817		117,275	290,75	25,55	2,845

## Carlombrell

<i>Ensaio</i>	<i>Direito</i>					<i>Avesso</i>				
	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Massa húmida</i>	$\lambda$	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>h</i>
1	24,72	132	614	13,6	1,79	24,18	124	437	13,5	1,66
2	19,13	122	499	14	1,71	18,78	94,6	318	17,4	1,64
3	15,04	116	393	15,7	1,83	14,53	67,6	217	24,4	1,65
4	10,8	101	270	18,4	1,87	10,43	53,7	172	30,7	1,65
<b>Média</b>		117,75	444	15,425	1,8		84,975	286	21,5	1,65

<i>Estrutura</i>	$\bar{\lambda}$	$\bar{b}$	$\bar{r}$	$\bar{h}$	<i>% humidade</i>
<i>Dubai</i>	114,36	379,13	25,73	2,78	130,91
<i>Microsidney</i>	131,73	380,13	18,49	2,31	87,03
<i>Granada</i>	111,18	355,38	25,5	2,58	113,54
<i>Pigori</i>	136,43	369,38	18,18	2,41	109,21
<i>Roma</i>	129,9	346,63	19,68	2,40	89,09
<i>Toscana</i>	131,48	362,5	23,25	2,83	98,91
<i>Carlombrell</i>	101,36	365	18,46	1,73	109,03

Estrutura	Condutividade Térmica $\lambda$ [W/m.K] $\times 10^{-3}$		Absortividade Térmica $\mathbf{b}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> .S <sup>1/2</sup> ]		Resistência Térmica $\mathbf{r}$ [m <sup>2</sup> .K/W] $\times 10^{-3}$	
	Seco	Húmido	Seco	Húmido	Seco	Húmido
<i>Dubai</i>	44,55	114,36	72,35	379,13	62,1	25,73
<i>Microsidney</i>	41,9	131,73	76,15	380,13	55,5	18,49
<i>Granada</i>	43,2	111,18	81,7	355,38	59,45	25,5
<i>Pigori</i>	42,4	136,43	73,95	369,38	57,15	18,18
<i>Roma</i>	43,3	129,9	83,45	346,63	54,45	19,68
<i>Toscana</i>	44,8	131,48	78	362,5	62,75	23,25
<i>Carlombrell</i>	38,65	101,36	102,15	365	43,05	18,46

# ANEXO C

Ensaio no Permetest nos estados seco, ultraseco e húmido

## Estrutura derivada do rib 1x2

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	150,35	178,6323202	36,5	9,3
	2	131,68	144,0326168	36,8	9,8
	3	111,6	106,8198666	34,7	11,1
	4	91,45	69,47739066	35,4	11,6
	5	79,53	47,3869533	31,1	12,4
	6	73,7	36,58265382	37	8,1
	7	62,54	15,90066716	29,7	12,8
	seco	56,51	4,725722758	19,4	25
	ultraseco	53,96	0	13,6	42,9

## Estrutura derivada do rib 1x3

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	189,79	143,8206578	46,2	6,8
	2	171,97	120,9275437	41,9	9,1
	3	153,4	97,0709147	43	6,8
	4	130,22	67,29188078	39,9	8,6
	5	116,72	49,94861254	46,3	5,7
	6	105,62	35,68859198	45,2	5,9
	7	90,15	15,81449126	39,3	8,4
	seco	82,32	5,755395683	23,1	18,9
	ultraseco	77,84	0	20,9	25,4

## Estrutura derivada do rib 1x4

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	171,78	160,8656036	40,5	8,2
	2	150,67	128,8078967	37,8	9,3
	3	131,15	99,16476841	43,4	7,6
	4	110,56	67,896735	37,6	9,9
	5	103,28	56,841306	37,2	9,8
	6	86,12	30,78208049	37,2	7,8
	7	78,01	18,46621109	35,2	9,9
	seco	68,89	4,616552771	26,4	16,8
	ultraseco	65,85	0	15,1	37,1

## Estrutura derivada do rib 1x5

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	156,1	151,6524262	48	6,1
	2	131,05	111,2687409	38,5	9,1
	3	114,82	85,10398194	39,8	8,7
	4	105,75	70,48202483	37,6	10,2
	5	97,87	57,77849428	31,6	11,9
	6	87,37	40,85120103	39	7,5
	7	77,32	24,64936321	39,9	7,9
	seco	65,94	6,30340158	17,8	28,5
	ultraseco	62,03	0	14,7	38,7

## Estrutura derivada do rib 2x2

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	190,39	137,394015	43,2	7,5
	2	162,26	102,319202	35,2	11
	3	144,5	80,17456359	42,1	7,2
	4	127,13	58,51620948	36	10,5
	5	121,27	51,20947631	31,8	12,2
	6	107,74	34,33915212	37,3	8,1
	7	90,92	13,36658354	31,2	11,8
	seco	84,09	4,850374065	19,1	26,9
	ultraseco	80,2	0	16,4	34,3

## Estrutura derivada do rib 2x3

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	169,06	155,416226	44,9	7
	2	147,12	122,269225	49,7	6,7
	3	128,63	94,33449162	39,7	7,9
	4	113,01	70,73576069	40,1	8,2
	5	101,66	53,58815531	31,6	11,8
	6	91,57	38,34416075	35,2	8,7
	7	77,57	17,19292945	34,7	10
	seco	69,13	4,441758574	24,3	18,9
	ultraseco	66,19	0	18,3	29,6

## Estrutura derivada do rib 2x4

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	197,67	130,3846154	46,2	6,2
	2	172,42	100,955711	45,5	5,8
	3	153,48	78,88111888	44	5,9
	4	124,08	44,61538462	38	7,7
	5	115,85	35,02331002	41,1	7
	6	104,89	22,24941725	37,9	7,6
	7	97,47	13,6013986	35,4	9,8
	seco	89,48	4,289044289	32,2	12,7
	ultraseco	85,8	0	19	28,1

## Estrutura derivada do rib 2x5

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	121,33	132,5666092	50,9	5,3
	2	112,38	115,4111558	45,8	6,3
	3	98,67	89,13168488	44,8	6,7
	4	90,35	73,18382212	42,4	7,8
	5	80,87	55,01245927	35,6	9,8
	6	70,97	36,03603604	40,5	6,9
	7	60,25	15,48782825	35,9	8,3
	seco	54,83	5,098715737	21	24,8
	ultraseco	52,17	0	14,8	37,6

## Estrutura derivada do rib 3x2

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	168,11	167,605858	45,9	7
	2	139,21	121,6014008	39,1	7,6
	3	129,24	105,730659	36,9	9,1
	4	108,74	73,09773957	36	10,3
	5	94,4	50,27061445	39	7,6
	6	84,65	34,75007959	36,4	8,4
	7	76,57	21,88793378	35,6	8,3
	seco	66,27	5,491881566	16,8	29,4
	ultraseco	62,82	0	14,3	39,9

### Estrutura derivada do rib 3x3

		Massa húmida [g]	Porcentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	184,41	139,0278678	50,9	6,3
	2	156,47	102,8127025	41,2	7,6
	3	139,38	80,6610499	43,5	7,3
	4	118,55	53,66169799	41,7	6,8
	5	105,45	36,68178872	44,9	6
	6	94,7	22,74789371	40,8	6,8
	7	84,55	9,591704472	37,7	9
	seco	80,48	4,316267012	21,6	21,2
	ultraseco	77,15	0	20,2	26,6

### Estrutura derivada do rib 3x4

		Massa húmida [g]	Porcentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	177,88	107,5128325	40,4	7,6
	2	157,48	83,71441904	42,5	7,2
	3	139,28	62,48250117	38,6	7,7
	4	120,97	41,12225852	36,7	8,2
	5	109,51	27,75314979	40,1	7,4
	6	103,03	20,19365376	40,9	6,8
	7	94,51	10,25431638	36,7	9,7
	seco	89,61	4,538030798	28	15,1
	ultraseco	85,72	0	20,6	26,3

### Estrutura derivada do rib 3x5

		Massa húmida [g]	Porcentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	122,37	126,1922366	45,8	6,2
	2	112,56	108,0591497	43,3	6,6
	3	100,55	85,85951941	43,8	6,2
	4	91,67	69,44547135	39,4	7,7
	5	80,84	49,42698706	42,9	6,2
	6	71,09	31,40480591	43,2	6,3
	7	60,08	11,05360444	40,1	8
	seco	56,3	4,066543438	31,4	14,5
	ultraseco	54,1	0	29,9	15,4

## AMOSTRAS CARLOM

### Dubai

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	50,56	218,7894073	51,9	5,5
	2	42,73	169,4199243	48,1	6,2
	3	32,31	103,7200504	44,9	7
	4	21,76	37,20050441	36,9	9,3
	seco	15,96	0,630517024	33	12,1
	ultraseco	15,86	0	29,7	11,4

### Microsydney

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	33,54	156,8147014	55,6	4,6
	2	26,54	103,2159265	50,7	5,5
	3	21,79	66,84532925	44,2	7,1
	4	16,21	24,1194487	41	7,8
	seco	13,13	0,535987749	36,5	10,5
	ultraseco	13,06	0	31,4	10,4

### Granada

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	38,72	187,4536006	51,8	5,3
	2	31,66	135,0408315	51	5,4
	3	25,3	87,82479584	47,9	6
	4	19,05	41,42538976	43,9	7,1
	seco	13,57	0,742390497	37,8	10
	ultraseco	13,47	0	34,2	9,3

## Pigori

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	25,75	199,4186047	55,4	4,9
	2	20,54	138,8372093	52,5	5,3
	3	16,85	95,93023256	48,9	6,2
	4	13,11	52,44186047	44,8	7,3
	seco	8,88	3,255813953	38,6	9,7
	ultraseco	8,6	0	33,9	9,4

## Roma

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	25,79	158,4168337	54,7	4,8
	2	20,5	105,4108216	53	5,1
	3	17,3	73,34669339	50,4	5,8
	4	13,08	31,06212425	46,5	6,8
	seco	10,05	0,701402806	36,1	10,7
	ultraseco	9,98	0	33,3	9,8

## Toscana

		Massa húmida [g]	Percentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	29,28	178,5918173	50,2	5,6
	2	23,02	119,0294957	47,9	6,1
	3	19,19	82,58801142	45,7	6,6
	4	13,52	28,63939106	39,7	8,5
	seco	10,59	0,761179829	32,2	12,9
	ultraseco	10,51	0	29,9	11,4

## Carlombrell

		Massa húmida [g]	Porcentagem de humidade [%]	Permeabilidade ao vapor de água [%]	Resistência evaporativa [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Ensaio	1	24,31	207,721519	60,4	3,7
	2	18,96	140	55,9	4,2
	3	15,12	91,39240506	52,2	5
	4	10,72	35,69620253	48,7	5,9
	seco	8,18	3,544303797	40,3	9,2
	ultraseco	7,9	0	33	9,6

# ANEXO D

ISO 11092 Standard (Textiles - Physiological effects -  
Measurement of the thermal and water-vapour resistance)

# Textiles — Physiological effects — Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)

## 1 Scope

This International Standard specifies methods for the measurement of the thermal resistance and water-vapour resistance, under steady-state conditions, of e.g. fabrics, films, coatings, foams and leather, including multilayer assemblies, for use in clothing, quilts, sleeping bags, upholstery and similar textile or textile-like products.

The application of this measurement technique is restricted to a maximum thermal resistance and water-vapour resistance which depend on the dimensions and construction of the apparatus used (e.g.  $2 \text{ m}^2\text{-K/W}$  and  $700 \text{ m}^2\text{-Pa/W}$  respectively, for the minimum specifications of the equipment referred to in this International Standard).

The test conditions used in this standard are not intended to represent specific comfort situations, and performance specifications in relation to physiological comfort are not stated.

## 2 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

**2.1 thermal resistance,  $R_{ct}$ :** Temperature difference between the two faces of a material divided by the resultant heat flux per unit area in the direction of the gradient. The dry heat flux may consist of one or more conductive, convective and radiant components.

Thermal resistance  $R_{ct}$ , expressed in square metres kelvin per watt, is a quantity specific to textile materials or composites which determines the dry heat flux across a given area in response to a steady applied temperature gradient.

**2.2 water-vapour resistance,  $R_{ev}$ :** Water-vapour pressure difference between the two faces of a material divided by the resultant evaporative heat flux per unit area in the direction of the gradient. The evaporative heat flux may consist of both diffusive and convective components.

Water-vapour resistance  $R_{ev}$ , expressed in square metres pascal per watt, is a quantity specific to textile materials or composites which determines the "latent" evaporative heat flux across a given area in response to a steady applied water-vapour pressure gradient.

**2.3 water-vapour permeability index,  $i_{mv}$ :** Ratio of thermal and water-vapour resistances in accordance with equation (1):

$$i_{mv} = S \cdot \frac{R_{ct}}{R_{ev}} \quad \dots (1)$$

where  $S$  equals  $60 \text{ Pa/K}$ .

$i_{mv}$  is dimensionless, and has values between 0 and 1. A value of 0 implies that the material is water-vapour impermeable, that is, it has infinite water-vapour resistance, and a material with a value of 1 has both the thermal resistance and water-vapour resistance of an air layer of the same thickness.

## 2.4

**water-vapour permeability,  $W_d$** 

characteristic of a textile material or composite depending on water-vapour resistance and temperature in accordance with equation (2):

$$W_d = \frac{1}{R_{ct} \cdot \phi_{T_m}} \quad \dots(2)$$

where

$\phi_{T_m}$  is the latent heat of vaporization of water at the temperature  $T_m$  of the measuring unit  
equals, for example, 0,672 W h/g at  $T_m = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Water-vapour permeability is expressed in grams per square metre hour pascal

**3 Symbols and units**

$R_{ct}$  is the thermal resistance, in square metres kelvin per watt

$R_{et}$  is the water-vapour resistance, in square metres pascal per watt

$i_{mt}$  is the water-vapour permeability index, dimensionless

$R_{ct0}$  is the apparatus constant, in square metres kelvin per watt, for the measurement of thermal resistance  $R_{ct}$

$R_{ct0}$  is the apparatus constant, in square metres pascal per watt, for the measurement of

water vapour resistance  $R_{et}$

$W_d$  is the water-vapour permeability, in grams per square meter hour pascal

$\phi_{T_m}$  is the latent heat of vaporization of water at the temperature  $T_m$ , in watt hours per gram

$A$  is the area of the measuring unit, in square metres

$T_a$  is the air temperature in the test enclosure, in degrees Celsius

$T_m$  is the temperature of the measuring unit, in degrees Celsius

$T_s$  is the temperature of the thermal guard, in degrees Celsius

$P_a$  is the water-vapour partial pressure, in pascals, of the air in the test enclosure at temperature  $T_a$

$P_m$  is the saturation water-vapour partial pressure, in pascals, at the surface of the measuring unit at temperature  $T_m$

$v_a$  is the speed of air above the surface of the

specimen, in metres per second

R.H. is the relative humidity, in percent

$H$  is the heating power supplied to the measuring unit, in watts

$\Delta H_c$  is the correction term for heating power for the measurement of thermal resistance  $R_{ct}$

$\Delta H_e$  is the correction term for heating power for the measurement of water-vapour resistance  $R_{et}$

$\alpha$  is the slope of the correction line for the calculation of  $\Delta H_c$

$\beta$  is the slope of the correction line for the calculation of  $\Delta H_e$

**4 Principle**

The specimen to be tested is placed on an electrically heated plate with conditioned air ducted to flow across and parallel to its upper surface as specified in this International Standard.

For the determination of thermal resistance, the heat flux through the test specimen is measured after steady-state conditions have been reached.

The technique described in this International Standard enables the thermal resistance  $R_{ct}$  of a material to be determined by subtracting the thermal resistance of the boundary air layer above the surface of the test apparatus from that of a test specimen plus boundary air layer, both measured under the same conditions.

For the determination of water-vapour resistance, an electrically heated porous plate is covered by a water-vapour permeable but liquid-water impermeable membrane. Water fed to the heated plate evaporates and passes through the membrane as vapour, so that no liquid water contacts the test specimen. With the test specimen placed on the membrane, the heat flux required to maintain a constant temperature at the plate is a measure of the rate of water evaporation, and from this the water-vapour resistance of the test specimen is determined.

The technique described in this International Standard enables the water-vapour resistance  $R_{et}$  of a material to be determined by subtracting the water-vapour resistance of the boundary air layer above the surface of the test apparatus from that of a test specimen plus boundary air layer, both measured under the same conditions.

## 5 Apparatus

**5.1 Measuring unit, with temperature and water supply control**, consisting of a metal plate approximately 3 mm thick with a minimum area of 0,04 m<sup>2</sup> (e.g. a square with each side 200 mm in length) fixed to a conductive metal block containing an electrical heating element [see figure 1, items (1) and (6)]. For the measurement of water-vapour resistance, the metal plate (1) must be porous. It is surrounded by a thermal guard [item (8) of figure 2] which is in turn located within an opening in a measuring table (11).

The coefficient of radiant emissivity of the plate surface (1) shall be greater than 0,35, measured at 20 °C between the wavelengths 8 μm to 14 μm, with the primary beam perpendicular to the plate surface and the reflection hemispherical.

Channels are machined into the face of the heating element block (6) where it contacts the porous plate to enable water to be fed from a dosing device (5).

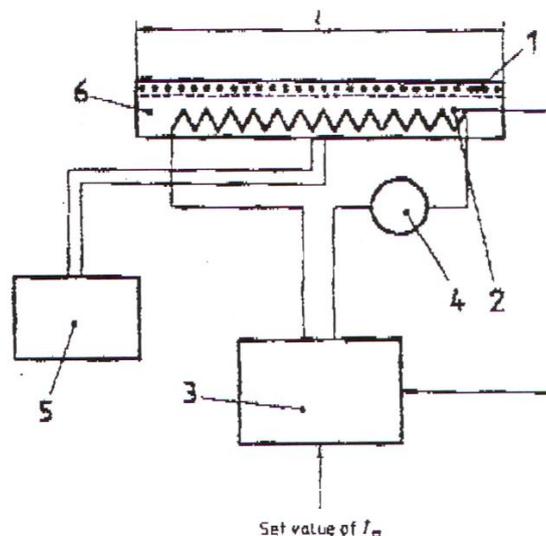
The position of the measuring unit with respect to the measuring table shall be adjustable, so that the upper surface of test specimens placed on it can be made coplanar with the measuring table.

Heat losses from the wiring to the measuring unit or to its temperature-measuring device should be minimized, e.g. by leading as much wiring as possible along the inner face of the thermal guard (8).

The temperature controller (3), including the temperature sensor of the measuring unit (2), shall maintain the temperature  $T_m$  of the measuring unit (2) constant to within  $\pm 0,1$  K. The heating power  $H$  shall be measurable by means of a suitable device (4) to within  $\pm 2$  % over the whole of its usable range.

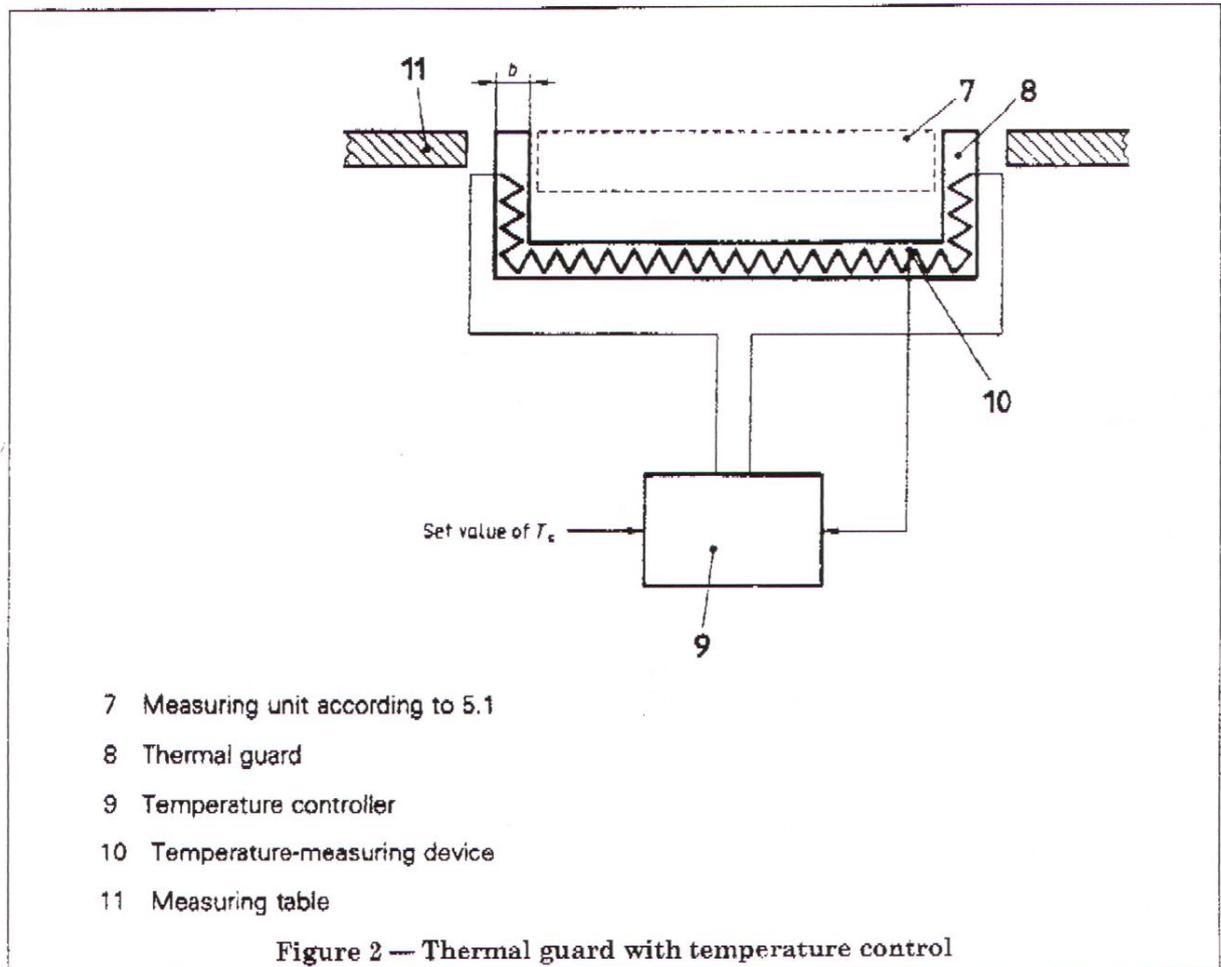
Water is supplied to the surface of the porous metal plate (1) by a dosing device (5) such as a motor-driven burette. The dosing device is activated by a switch which senses when the level of water in the plate falls more than approximately 1,0 mm below the plate surface, in order to maintain a constant rate of evaporation. The level switch is mechanically connected to the measuring unit.

Before entering the measuring unit, the water shall be preheated to the temperature of the measuring unit. This can be achieved by passing it through tubes in the thermal guard before it enters the measuring unit.



- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1 Metal plate            | 4 Heating-power measuring device   |
| 2 Temperature sensor     | 5 Water-dosing device              |
| 3 Temperature controller | 6 Metal block with heating element |

Figure 1 — Measuring unit with temperature and water supply control



**5.2 Thermal guard with temperature control** [item (8) of Figure 2], consisting of a material with high thermal conductivity, typically metal, and containing electrical heating elements.

Its purpose is to prevent heat leakage from the sides and bottom of the measuring unit (7).

The width  $b$  of the thermal guard (Figure 2) should be a minimum of 15 mm. The gap between the upper surface of the thermal guard and the metal plate of the measuring unit shall not exceed 1,5 mm.

The thermal guard may be fitted with a porous plate and water-dosing system similar to that of the measuring unit to form a moisture guard.

The thermal guard temperature  $T_g$  measured by the temperature sensor (10) shall, by means of the controller (9), be maintained at the same temperature as the measuring unit  $T_m$  to within  $\pm 0,1$  K.

**5.3 Test enclosure**, into which is built the measuring unit and thermal guard, and in which the ambient air temperature and humidity are controlled.

The conditioned air shall be ducted so that it flows across and parallel to the upper surface of the measuring unit and thermal guard. The height of the duct above the measuring table shall not be less than 50 mm.

The drift of the temperature  $T_a$  of this air flow shall not exceed  $\pm 0,1$  K for the duration of a test. For the measurement of thermal resistance, and water-vapour resistance values below  $100 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ , an accuracy of  $\pm 0,5$  K is sufficient.

The drift of the relative humidity R.H. of this air flow shall not exceed  $\pm 3$  % R.H. for the duration of a test.

This air flow is measured at a point 15 mm above the measuring table over the centre of the uncovered measuring unit and at an air temperature  $T_a$  of  $20^\circ \text{C}$ . The air speed  $v_a$  measured at this point shall have a mean value of 1 m/s, with the drift not exceeding  $\pm 0,05$  m/s for the duration of a test.

## 6 Test specimens

### 6.1 Materials $\leq 5$ mm thick

Test specimens shall completely cover the surfaces of the measuring unit and thermal guard.

From each material to be tested, a minimum of three test specimens shall be cut and tested.

Before testing, specimens shall be conditioned for a minimum of 12 h at the temperature and humidity specified in either 7.3 or 7.4 as appropriate.

### 6.2 Materials $> 5$ mm thick

6.2.1 Specimens falling into this category require a special test procedure to avoid loss of heat or water vapour from their edges.

In the measurement of thermal resistance, corrections for thermal edge losses are necessary if the specimen thickness is greater than approximately twice the width  $b$  of the thermal guard (see figure 2). The deviation from the linear relationship between

thermal resistance and specimen thickness can be determined and corrected by the factor  $[1 + (\Delta R_{ct}/R_{ct\text{ measured}})]$  using the measurement of the  $R_{ct}$  values for several thicknesses of a homogeneous material such as foam, up to a total thickness  $d$  of at least that of the specimen to be tested (see figure 3).

6.2.2 If the thermal guard is not fitted with a porous plate and water-dosing system similar to that of the measuring unit, for the measurement of water-vapour resistance the vertical sides of the cut specimens shall be surrounded by a water-vapour impermeable frame of approximately the same height as that of the free-standing specimen. The inner dimensions of the frame shall be the same on all sides as those of the porous plate of the measuring unit.

6.2.3 Before testing, specimens shall be conditioned for a minimum of 24 h at the temperature and humidity specified in either 7.3 or 7.4 as appropriate.

6.2.4 Specimens containing loose filling materials or having uneven thickness, such as quilts and sleeping bags, require a special mounting procedure as described in annex A.

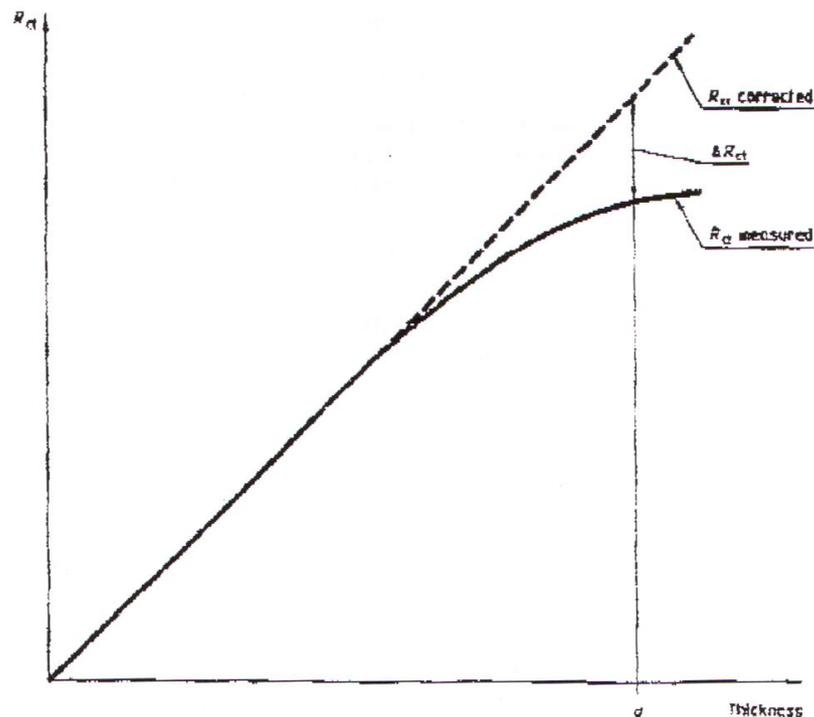


Figure 3 — Corrections for thermal edge losses during the measurement of thermal resistance

6.2.3 Before testing, specimens shall be conditioned for a minimum of 24 h at the temperature and humidity specified in either 7.3 or 7.4 as appropriate.

6.2.4 Specimens containing loose filling materials or having uneven thickness, such as quilts and sleeping bags, require a special mounting procedure as described in Annex A.

## 7 Test procedure

### 7.1 Determination of apparatus constants

In the values for thermal and water-vapour resistance measured with the device described in this International Standard, constants intrinsic to the apparatus are included. These constants comprise the resistance within the measuring unit itself, plus that of the boundary air layer adhering to the surface of the test specimen. The latter is dependent on the speed and degree of turbulence of the air flowing over the test specimen.

These apparatus constants,  $R_{ct0}$  and  $R_{et0}$ , are determined as "bare plate" values, and it is essential that the upper surface of the measuring unit is coplanar with the measuring table.

#### 7.1.1 Determination of $R_{ct0}$

For the determination of  $R_{ct0}$  set the temperature of the measuring unit  $T_m$  at 35 °C and the air temperature  $T_a$  at 20 °C with a relative humidity R.H. of 65 %. Set the air speed  $v_a$  to 1 m/s. Any deviations from these values shall be within the limits stated in clause 5. Wait until the measured quantities ( $T_m$ ,  $T_a$ , R.H.,  $H$ ) reach steady-state before recording their values.

The bare plate resistance  $R_{ct0}$  is determined from equation (3).

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad \dots(3)$$

$\Delta H_c$  is a correction term and is determined as described in Annex B.

#### 7.1.2 Determination of $R_{et0}$

7.1.2.1 During the determination of  $R_{et0}$ , the surface of the porous plate is kept constantly moist by means of a water-dosing device (see 5.1). A smooth, water-vapour permeable but liquid-water impermeable cellophane membrane of thickness 10  $\mu\text{m}$  – 50  $\mu\text{m}$  shall be fitted over the porous plate.

The cellophane membrane shall be moistened with distilled water and fixed to the measuring plate by appropriate means so that it remains completely free of wrinkles.

The water supplied to the measuring plate shall be distilled, preferably double-distilled, and reboiled prior to use so that it is free of gas in order to prevent the formation of gas bubbles beneath the membrane.

7.1.2.2 Set the temperature of both the measuring unit  $T_m$  and the air temperature  $T_a$  at 35 °C. Set the air speed  $v_a$  to 1 m/s.

The relative humidity R.H. of the air shall be kept constant at 40 %, corresponding to a water-vapour partial pressure  $p_a$  of 2 250 Pa. The water-vapour partial pressure  $p_m$  directly at the surface of the measuring unit can be assumed equal to the saturation vapour pressure at the temperature of this surface, i.e. 5 620 Pa, without compromising the accuracy of the test.

Any deviations from the above values of  $T_m$ ,  $T_a$ ,  $v_a$  and R.H. shall be within the limits stated in clause 5. Wait until the measured quantities ( $T_m$ ,  $T_a$ , R.H.,  $H$ ) reach steady-state before recording their values.

7.1.2.3 The bare plate resistance  $R_{et0}$  is determined from equation (4).

$$R_{et0} = \frac{(p_m - p_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} \quad \dots(4)$$

$\Delta H_e$  is a correction term and is determined as described in Annex B.

#### 7.1.3 Reference material

A useful cross-check of the apparatus can be obtained by measuring a precalibrated thermal resistance material, e.g. a reference material for thermal conductivity<sup>1)</sup>.

#### 7.1.4 Recalibration

Check the apparatus constants  $R_{ct0}$  and  $R_{et0}$  at regular intervals. Where deviations greater than the accuracy of the measuring device occur (see clause 8), an adjustment shall be made. In most cases a change in  $R_{ct0}$  or  $R_{et0}$  is caused by a deviation in the speed of the air  $v_a$  over the surface of the test specimen. Air speed should be checked at regular intervals by the technique described in 5.3.

The test specimens shall be placed so that they lie flat across the measuring unit, with the side normally facing the human body towards the measuring unit. In the case of multiple layers, specimens shall be arranged and stacked on the measuring unit as on the human body. Water-vapour impermeable adhesive tape or a light metal frame may be used around the edges of the test specimen to keep it flat.

Bubbles and wrinkles in the test specimen, or air gaps between the specimen and measuring unit or between the components of multilayer specimens, shall be prevented provided they are not specific to the surface profile of the specimens.

**7.2.2** Normally, test specimens are measured free from stretch or loading and, in the case of multiple layers, without air gaps between layers. However, if a test is carried out under extension or applied pressure or with air gaps, this shall be mentioned in the test report.

**7.2.3** With test specimens thicker than 3 mm, the measuring unit shall be lowered so that the outer surface of the specimen is flush with the measuring table.

### 7.3 Measurement of thermal resistance $R_{ct}$

**7.3.1** Set the temperature of the measuring unit  $T_m$  at 35 °C and the air temperature  $T_a$  at 20 °C with a relative humidity R.H. of 65 %. Set the air speed  $v_a$  at 1 m/s. Any deviations from these values shall be within the limits stated in clause 5.

Other conditions of air temperature  $T_a$ , relative humidity R.H. and air speed  $v_a$  may be used. The test report shall describe the alternative conditions and shall include a statement to the effect that the results differ from those of tests carried out under the conditions stated in this International Standard.

After placing the test specimen on the measuring unit, wait until the measured quantities ( $T_m$ ,  $T_a$ , R.H.,  $H$ ) reach steady-state before recording their values.

**7.3.2** Calculate the thermal resistance  $R_{ct}$  from equation (5):

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a)A}{H - \Delta H_0} - R_{ad} \quad \dots (5)$$

where the symbols and units are defined in clause 3.

Calculate the thermal resistance  $R_{ct}$  of the material being tested as the arithmetic mean of the individual measurements.

### 7.4 Measurement of water-vapour resistance $R_{ev}$

**7.4.1** For the measurement of water-vapour resistance, a water-vapour permeable but liquid-water impermeable cellophane membrane shall be fitted over the surface of the measuring unit as described in 7.1.2.

**7.4.2** Set the temperature of both the measuring unit  $T_m$  and the air  $T_a$  to 35 °C with a relative humidity R.H. of 40 %. Hold the air speed  $v_a$  at 1 m/s. Any deviations from these values shall be within the limits stated in clause 5.

These isothermal conditions prevent water-vapour condensation within the test specimen.

Other conditions of relative humidity and air speed  $v_a$  may be used. The test report shall describe the alternative conditions and shall include a statement to the effect that the results may differ from those of tests carried out under the conditions stated in this International Standard.

If the air temperature  $T_a$  is changed, the test is non-isothermal and this International Standard no longer applies.

After placing the test specimen on the measuring unit, wait until the measured quantities ( $T_m$ ,  $T_a$ , R.H.,  $H$ ) have reached steady-state before recording their values.

**7.4.3** Calculate the water-vapour resistance  $R_{ev}$  from equation (6):

$$R_{ev} = \frac{(p_m - p_a)A}{H - \Delta H_0} - R_{ad} \quad \dots (6)$$

where the symbols and units are defined in clause 3.

Calculate the water-vapour resistance  $R_{ev}$  of the material being tested as the arithmetic mean of the individual measurements.

## 8 Precision of results

### 8.1 Repeatability

For thermal resistance  $R_{ct}$ , the precision of repeated measurements on the same specimens with values up to  $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  has been found to be  $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , as measured on single layers of fabrics. With  $R_{ct}$  values higher than  $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , the precision has been found to be 7 %, as measured on foams.

For water-vapour resistance  $R_{ev}$ , the precision of repeated measurements on the same specimens with values up to  $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$  has been found to be  $0.3 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ , as measured on single layers of fabrics.

With  $R_{ct}$  values higher than  $10 \text{ m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$ , the precision has been found to be 7 %, as measured on foams.

## 8.2 Reproducibility

In an interlaboratory trial using three specimens of a foam material of 3 mm, 6 mm and 12 mm thickness tested in four laboratories, an average standard deviation of  $6,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$  for thermal resistance  $R_{ct}$  and of  $0,67 \text{ m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$  for water-vapour resistance  $R_{et}$  was found.

## 9 Test report

The test report shall include at least the following information:

a) reference to this International Standard;

- b) complete description of the material to be tested;
- c) arrangement of test specimens according to 7.2;
- d) number of test specimens per material to be tested and number of individual measurements on each test specimen;
- e) test climate;
- f) arithmetic mean value of the thermal resistance; and/or
- g) arithmetic mean value of the water-vapour resistance;
- h) details of deviations from this International Standard;
- i) date of test.

# ANEXO E

NP EN 12127 (Têxteis Tecidos. Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões)

# Norma Portuguesa

---

NP  
EN 12127  
1999

## **Têxteis**

**Tecidos. Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões**

Textiles

Etoffes. Détermination de la masse surfacique sur de petits échantillons

Textiles

Fabrics. Determination of mass per unit area using small samples

ICS  
59.080.30

### **DESCRITORES**

Têxteis; tecidos; tecidos de malha; ensaios de tecidos; massa; área; métodos de amostragem; especificação do processo; relatórios

### **CORRESPONDÊNCIA**

Versão Portuguesa da EN 12127:1997

### **HOMOLOGAÇÃO**

Termo de Homologação N° 85/99, de 1999-06-16

### **ELABORAÇÃO**

CT4 (CITEVE)

### **EDIÇÃO**

Agosto de 1999

### **CÓDIGO DE PREÇO**

X003

© IPQ reprodução proibida

---

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2  
PT - 2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. (+ 351 1) 294 81 00 Fax. (+ 351 1) 294 81 01  
X.400: C=PT, A=MAILPAC, P=GTW-MS, O=IPQ, OUI=IPQM, S=IPQMAIL  
Internet: ipq@mail.ipq.pt

NORMA EUROPEIA  
EUROPÄISCHE NORM  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPEAN STANDARD

EN 12127

Outubro 1997

ICS: 59.080.30

**Descritores:** Têxteis, tecidos, ensaios, determinação, áreas específicas, amostragem, procedimentos

**Versão Portuguesa**

Têxteis. Tecidos. Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões

Textilien. Textile  
Flächengebilde. Bestimmung  
der flächenbezogenen Masse  
unter Verwendung kleiner  
Proben

Textiles. Etoffes. Détermination  
de la masse surfacique sur de  
petits échantillons

Textiles. Fabrics.  
Determination of mass per unit  
area using small samples

A presente Norma é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 12127:1997, e tem o mesmo estatuto que as versões oficiais. A tradução é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade.

Esta Norma Europeia foi ratificada pelo CEN em 1997-07-19.

Os membros do CEN são obrigados a submeter-se ao Regulamento Interno do CEN/CENELEC que define as condições de adopção desta Norma Europeia, como norma nacional, sem qualquer modificação.

Podem ser obtidas listas actualizadas e referências bibliográficas relativas às normas nacionais correspondentes junto do Secretariado Central ou de qualquer dos membros do CEN.

A presente Norma Europeia existe nas três versões oficiais (alemão, francês e inglês). Uma versão noutra língua, obtida pela tradução, sob responsabilidade de um membro do CEN, para a sua língua nacional, e notificada ao Secretariado Central, tem o mesmo estatuto que as versões oficiais.

Os membros do CEN são os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

**CEN**

Comité Européen de Normalization  
Europäisches Komitee für Normung  
Comité Européen de Normalisation  
European Committee for Standardization

**Secretariado Central: rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelas**

© 1997 Direitos de reprodução reservados aos membros do CEN

Ref. nº EN 12127:1997 Pt

**NP**  
**EN 12127**  
**1999**

p. 4 de 10

---

**Preâmbulo**

Esta Norma Europeia foi preparada pelo Comité Técnico CEN/TC 248 "Têxteis e produtos têxteis", cujo secretariado é assegurado pelo BSI.

A esta Norma Europeia será atribuído o estatuto de Norma Nacional, quer por publicação de um texto idêntico, quer por adopção, o mais tardar até Abril de 1998, devendo ser anuladas quaisquer normas nacionais, que entrem em conflito com esta, o mais tardar até Abril de 1998.

De acordo com o Regulamento Interno do CEN/CENELEC, a presente Norma Europeia deve ser implementada pelos organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

## 0 Introdução

Este método para determinação da massa por unidade de superfície é baseado em amostras de tecido de pequenas dimensões no estado condicionado e/ou seco em estufa. Outros métodos possíveis encontram-se descritos na ISO 3801 "Textiles - Woven Fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area".

## 1 Objectivo

A presente Norma descreve métodos para a determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões em atmosfera normalizada e/ou secas em estufa. É aplicável a tecidos e tecidos de malha. Também pode ser aplicada a tecidos produzidos por outras técnicas.

## 2 Referências normativas

Esta Norma Europeia, incorpora referências técnicas ou não técnicas provenientes de outras publicações. Estas referências normativas são citadas em lugar próprio no texto e as publicações são listadas futuramente. Nas referências técnicas, subseqüentes correcções ou revisões de algumas destas publicações, serão adoptadas para esta Norma Europeia, somente quando nela incorporada para emenda ou revisão.

Para referências não técnicas a última edição das referidas publicações para aplicar:

EN 20139:1993 Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing. (ISO 139:1979)

EN 30012-1:1993 Quality assurance requirements for measuring equipment - Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment. (ISO 10012-1:1992)

## 3 Definições

Para os fins da presente Norma são aplicadas as seguintes definições:

**3.1 massa por unidade de superfície:** Massa de uma área do tecido conhecida dividida por essa mesma área, expressa em gramas por metro quadrado.

## 4 Princípio

A amostra de tecido é condicionada no estado relaxado, são cortados provetes, e pesados num estado condicionado e/ou seco em estufa, e é calculada a massa por unidade de superfície.

## 5 Amostragem

### 5.1 Amostragem de tecidos

Seleccionar provetes de acordo com o procedimento definido nas especificações do material para o tecido, ou por acordo entre as partes interessadas.

Na ausência de uma especificação do material apropriada é dado um exemplo de um procedimento de amostragem adequado no Anexo A.

Um exemplo para a selecção de provetes de uma amostra de laboratório é dado no Anexo A. Evitar provetes retirados de áreas com rugas ou vincos, orelas e de áreas não representativas do tecido. Para tecidos não

homogéneos seleccionar provetes representativos das várias áreas as quais deverão ser definidas por acordo entre as partes interessadas.

### **5.2 Amostragem para artigos de vestuário**

Quando possível, obter um provete de cada uma das diferentes partes ou elementos do artigo de vestuário.

Exemplo: Para vestuário interior de perna comprida retirar dois provetes de cada uma das pernas e um da secção superior.

## **6 Aparelhos e utensílios**

O equipamento de ensaio deve estar de acordo com a EN 30012-1:1993

### **6.1 Dispositivos de corte**

**6.1.1 Dispositivo de corte com uma área mínima de corte de 100 cm<sup>2</sup>** capaz de cortar com uma precisão de  $\pm 1\%$ .

**6.1.2 Tesouras**, se não for usado nenhum dispositivo de corte.

**6.2 Régua** graduada em  $\pm 0,5$  mm.

**6.3 Balança** de precisão a  $\pm 1$  mg.

**6.4 Recipientes de pesagem** com dimensões adequadas para os provetes.

**6.5 Estufa** de secagem capaz de manter uma temperatura de  $(105 \pm 3)$  °C e equipada com circulação de ar.

**6.6 Exsicador**.

## **7 Atmosfera de condicionamento e ensaio**

A atmosfera para pré-condicionamento, condicionamento e ensaio deve ser como especificada na EN 20139:1993.

## **8 Técnica**

### **8.1 Relaxamento dos tecidos**

É importante assegurar que os tecidos estejam num estado relaxado antes de proceder ao ensaio. Os tecidos devem ser mantidos em plano e livres de tensões pelo menos durante 24 horas, enquanto condicionam como especificado na secção 7. Além disso, os tecidos de malha podem requerer um tratamento de relaxamento prévio por acordo entre as partes interessadas. Isto deverá ser mencionado no relatório de ensaio.

### 8.2 Determinação da área

Cortar pelo menos cinco provetes com um mínimo de 100 cm<sup>2</sup> usando o dispositivo de corte (6.1.1) ou tesouras (6.1.2), evitando a distorção do tecido.

Quando usar o dispositivo de corte utilizar a área do mesmo para os cálculos (ver secção 9).

Quando usar tesouras, obter três medições do comprimento e três da largura de cada um dos provetes, com uma aproximação de 1 mm. Dos valores médios do comprimento e largura calcular a área cortada de cada uma dos provetes, arredondando o resultado a três algarismos significativos. Usar esta área para o cálculo (ver secção 9).

### 8.3 Determinação da massa em atmosfera normalizada para ensaio

Pesar os provetes individuais e registar cada valor, com uma aproximação a 1 mg.

### 8.4 Determinação da massa seca em estufa

Aquecer a estufa a (105 ± 3) °C. Colocar os provetes individualmente nos recipientes de pesagem e colocar na estufa com a tampa ao lado e secar até obter massa constante, a qual deve ser considerada como atingida quando não ocorrer uma alteração progressiva da massa superior a 0,1% em pesagens sucessivas separadas por um período de secagem de pelo menos 40 minutos.

*NOTA: Experiências têm demonstrado que um período de quatro horas de secagem é suficiente para a maioria dos tecidos têxteis.*

Após secagem colocar as tampas nos recipientes de pesagem e arrefecer num exsiccador.

Pesar o provete no recipiente, e o recipiente vazio, e registar cada valor.

Calcular a massa seca em estufa individual de cada um dos provetes de ensaio.

## 9 Expressão dos resultados

Para cada um dos provetes, calcular a massa por unidade de superfície,  $M$ , em gramas por metro quadrado usando a seguinte equação:

$$M = \frac{m \times 10000}{A}$$

onde:

$m$  é a massa de um provete condicionado ou seco em estufa, em gramas;

$A$  é a área do mesmo provete, em centímetros quadrados.

Calcular a média da massa por unidade de superfície em gramas por metro quadrado e arredondar o resultado a três algarismos significativos.

Se pedido, calcular o coeficiente de variação com uma aproximação de 0,1%, os limites de confiança para uma probabilidade de 95% e/ou os valores máximo e mínimo, arredondados a três algarismos significativos.

## **10 Relatório de ensaio**

O relatório de ensaio deve conter as seguintes indicações:

- a) a referência à presente Norma e data do ensaio;
- b) a identificação da amostra e se pedido, o procedimento de amostragem;
- c) qualquer tratamento aplicado ao material antes do ensaio e, especialmente para tecidos de malha se procedido de algum tratamento de relaxamento;
- d) as condições de ensaio, em atmosfera normalizada e/ou seco em estufa;
- e) qualquer desvio ao procedimento dado;
- f) a média da massa por unidade de superfície, em gramas por metro quadrado;
- g) se pedido, o coeficiente de variação, em percentagem;
- h) se pedido, os limites de confiança para uma probabilidade de 95%, em gramas por metro quadrado;
- i) se pedido, os valores máximo e mínimo para provetes, em gramas por metro quadrado.

---

## Anexo A (informativo)

### Sugestão para procedimento de amostragem

#### A.1 Amostra global (número de peças de um carregamento ou lote)

Tomar aleatoriamente do carregamento ou lote o número apropriado de peças como indicado na tabela A.1. Assegurar que não seja incluída na amostra qualquer peça que mostre sinais de danos ou humidade sofridos durante o transporte.

Tabela A.1 - Amostra em global

Número de peças no carregamento ou lote	Número de peças na amostra global, mínimo
3 ou menos	1
4 a 10	2
11 a 30	3
31 a 75	4
76 ou mais	5

#### A.2 Amostra de laboratório

De cada peça da amostra global, cortar (de uma posição aleatória a pelo menos 3 m de uma extremidade da peça) uma amostra de laboratório com um comprimento de pelo menos 1 m e a toda a largura. Assegurar que não são incluídas na amostra áreas com vincos ou que apresentem danos visíveis.

**Anexo B** (informativo)

**Exemplo de obtenção de provetes de ensaio de uma amostra de laboratório**

