

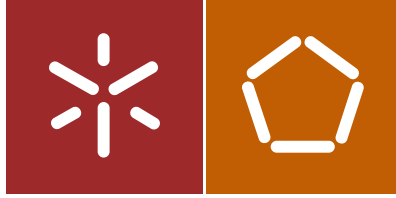


Joaquim Filipe Vasconcelos Matos

Desenvolvimento de materiais têxteis
com propriedades antimicrobianas
para revestimento de calçado

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joaquim Filipe Vasconcelos Matos

Desenvolvimento de materiais têxteis
com propriedades antimicrobianas
para revestimento de calçado

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Design e Marketing

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Jorge Santos

DECLARAÇÃO

Nome Joaquim Filipe Vasconcelos Matos

Endereço electrónico: Joaquim.filipe.matos@gmail.com Telefone: 932323910

Número do Bilhete de Identidade: 11219120

Título dissertação /tese Desenvolvimento de materiais têxteis com propriedades antimicrobianas para revestimento de calçado

Orientador: Jorge Gomes Santos _____

_____ Ano de conclusão: 2014

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respectiva, deve constar uma das seguintes declarações:

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 31/10/2014

Assinatura: _____

Joaquim Filipe Vasconcelos Matos

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

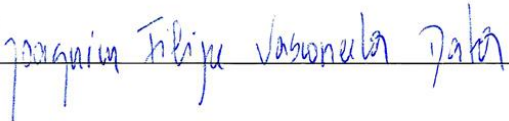
Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 31 de outubro de 2014

Nome completo:

Joaquim Filipe Vasconcelos Matos

Assinatura:

 _____

AGRADECIMENTOS



Gostaria de realçar e elogiar a disponibilidade, organização e competência concedidos pelo Professor Doutor Jorge Santos com que orientou este estudo.

Agradeço a oportunidade que me deu de ter desenvolvido este estudo nesta área de conhecimento, pela qual tinha um interesse especial. Reconheço também o apoio e segurança com que me direcionou em momentos de bloqueio, mas, principalmente, o voto de confiança para finalizar esta dissertação. Sem o seu apoio, a tarefa de concluir esta dissertação seria improvável.

Muito grato e obrigado!

Um sentido agradecimento a todos os docentes que contribuíram para o bom desenvolvimento do meu percurso neste mestrado.

À Zélia, Mariana e Gualter pelo companheirismo e paciência despendida durante este período académico.

E finalmente à Marta, Júlia e aos meus pais.

Obrigado!

RESUMO

Atualmente, o sector do calçado tem um papel importante na economia Portuguesa e está entre os sectores com melhor desempenho relativamente às exportações. Este sector exporta cerca de 95% do total da produção nacional, tem o segundo preço médio de venda mais alto a nível mundial, perto de convergir com o líder Itália, utiliza tecnologia inovadora na produção, o que determina a capacidade e a importância deste sector em compreender e reagir às necessidades dos clientes. Neste contexto, pode-se afirmar que a indústria do calçado é sustentável e com uma responsabilidade acrescida devido às proporções globais que reconquistou nos últimos anos.

No fim dos anos 90 e início da década de 2000 a deslocalização para oriente das empresas e agentes, mais concretamente China, provocaram uma forte quebra da procura de calçado nacional. Esta deslocalização deveu-se à grande oferta industrial com baixos preços de produção. Desta forma o sector do calçado foi obrigado a proceder a uma reestruturação e reorientação da indústria nacional e conseqüentemente do produto, com o objetivo de tornar a indústria mais ágil e competitiva face à indústria oriental.

A partir de 2004, o segmento do calçado apresenta-se mais competitivo ao nível da qualidade e com uma comunicação mais agressiva dos seus produtos, com novas marcas, fabricantes e retalhistas a disputarem as preferências dos mercados. O consumidor mais informado, mais diversificado e com uma consciência apurada no que respeita ao bem-estar, conforto, funcionalidade e segurança, foram requisitos que serviram de para direcionar o setor e funcionam como elementos que influenciam a seleção do produto final.

O calçado desempenha um papel importante no bem-estar físico e psicológico do seu utilizador, devido ao contacto direto ou próximo com a pele. Durante a utilização, de determinado calçado, o utilizador avalia o seu desempenho através de um processo, que na generalidade é inconsciente e, no futuro, contribui para selecionar e adquirir calçado que melhor se adapte à morfologia do pé e ao seu estilo de vida. A boa adaptação do calçado à morfologia do pé é variável e depende de fatores fisiológicos, no entanto, esta relação influencia o índice de conforto que cada pessoa percebe durante a utilização. O bem-estar ou conforto, físico e psicológico, são provocados por estímulos durante a utilização e dependem de diferentes

características da composição do calçado, como o volume da forma, materiais, componentes aplicados e o tipo de construção. Para além destas características, existem requisitos importantes de ordem fisiológica, o calçado é uma espécie de recipiente que envolve o pé do utilizador que cria uma interação muito próxima do calçado com o pé. Esta interação do pé com o calçado é estabelecida em ambiente fechado, escuro, quente e húmido, o qual é propício para o desenvolvimento de colónias de fungos e bactérias. O desenvolvimento destas colónias é potenciado pelos nutrientes que resultam da transpiração proveniente do pé do utilizador. A falta de manutenção, excesso de uso ou as baixas defesas do sistema imunitário são fatores que também influenciam o desenvolvimento de doenças podológicas, sendo as micoses as mais comuns. Estas doenças podem ser controladas, total ou parcialmente, pela utilização de fibras ou acabamentos têxteis com desempenho adequado ao tipo de ação pretendida.

Este estudo tem em atenção o desempenho das fibras e acabamentos na sua interação com a pele e o meio bacteriológico e o impacto ambiental que estas soluções produzem no ecossistema.

No panorama social contemporâneo, o bem-estar, conforto e o baixo impacto ambiental, são fatores que agregam valor e que motivam a aquisição do produto.

Dentro destes objetivos, a prioridade centra-se na pesquisa, conceção e desenvolvimento de têxteis antimicrobianos, recorrendo a fibras e/ou acabamentos que permitam resultados adequados a este nível. Com a utilização deste tipo de fibras e/ou acabamentos pretende-se obter materiais têxteis capazes de controlar a atividade microbiana no interior do calçado.

Inicialmente, este estudo passou pela pesquisa de fibras e acabamentos com propriedades antimicrobianas, tendo-se posteriormente desenvolvido diferentes estruturas têxteis, no sentido de avaliar o seu comportamento no que concerne à maior ou menor adequação à termorregulação e controlo de humidade, avaliando-se estas propriedades do ponto de vista da sua aplicação no interior do calçado.

As fibras selecionadas para este estudo foram o poliéster, o poliéster bioativo, o algodão e o bambu. O poliéster e o algodão são fibras de uso comum em vários tipos de produtos têxteis, não possuindo no seu estado natural atividade antimicrobiana. Por sua vez, o bambu é uma fibra “verde”, amiga do ambiente e com propriedades antimicrobianas intrínsecas, características que foram consideradas especialmente interessantes no desenvolvimento deste estudo.

As amostras produzidas a partir destas fibras e suas misturas em diferentes percentagens relativas, foram submetidas a diversos ensaios laboratoriais destinados a avaliar o seu desempenho no que diz respeito à sua permeabilidade ao ar e ao vapor de água, condutividade térmica e coeficiente de atrito.

Estas amostras foram produzidas utilizando estruturas tricotadas do tipo “*sandwich*” que se diferenciam entre si na percentagem relativa de cada fibra nas duas faces do material e no fio de ligação das camadas.

Com base nos testes de avaliação do desempenho das várias amostras produzidas, determinou-se aquelas que manifestaram melhor desempenho relativamente aos requisitos do presente estudo e que em última análise melhor se adequam ao desenvolvimento de materiais para revestimento das paredes interiores e das palmilhas do calçado.

ABSTRACT



Currently, the footwear industry has an important role in the Portuguese economy and is among the best performing sectors for exports. This sector exports about 95% of the total national production, has the second average sales price highest globally converge near the leader Italy, utilizes innovative technology in the production, which determines the ability and the importance of this sector in understanding and responding to customer needs. In this context, one can say that the footwear industry is sustainable and increased due to global proportions in recent years it has regained responsibility.

In the late 90s and early 2000s relocating to the east of companies and agents, namely China, caused a sharp drop in demand for domestic footwear. This relocation was due to the large industrial supply with low production costs. Thus the footwear industry was forced to restructure and refocus the national industry and consequently the product, with the goal of becoming more agile and competitive industry in the face of eastern industry.

Since 2004, the footwear segment presents itself more competitive in terms of quality and a more aggressive communication of their products, with new brands, manufacturers and retailers to compete preferences markets. The more informed, more diverse and of awareness exists regarding the welfare, comfort, functionality and safety, consumer requirements that were served to drive the industry and function as elements that influence the selection of the final product.

Footwear plays an important role in the physical and psychological well-being of its user, due to direct or close contact with the skin. During use of certain footwear, the user evaluates it's through a process that is generally unconscious and, in the future, helps to select and acquire footwear that best suits the morphology of the foot and your lifestyle. A good adaptation of the shoe to the foot morphology is variable and depends on physiological factors, however, this ratio affects the rate of each individual comfort perception during use. The welfare or comfort, physical and psychological, are caused by stimuli during use and depend on different

characteristics of the composition of the shoes, as the volume of the shape, materials, components applied and the type of construction. Apart from these features, there are important physiological order requirements, footwear is a kind of container that surrounds the foot of the user who creates a very close interaction of the shoe with the foot. This interaction of the foot with the shoe is set in a closed, dark, warm, moist environment, which is conducive to the development of colonies of fungi and bacteria. The development of these colonies is enhanced by the nutrients resulting from perspiration from the foot of the wearer. The lack of maintenance, overuse or low immune system defenses are factors which also influence the development of foot diseases, mycoses being the most common. These diseases can be controlled in whole or in part, by the use of fibers or textile finishes for the kind of performance desired action.

This study takes into account the performance of the fibers and finishes with the interaction of skin and bacteriological medium and the environmental impact these solutions have on the ecosystem.

In the contemporary social landscape, welfare, comfort and low environmental impact, are factors that add value and that motivate purchase.

Within these objectives, the priority is focused on researching, designing and development of antimicrobial textiles, using fibers and / or finishes that allow adequate results in this respect. With the use of such fibers and / or finishes being sought textile materials able to control the microbial activity inside the footwear.

Initially, this study has started a search for fibers and finishes with antimicrobial properties, having subsequently developed different textile structures, in order to evaluate its behavior in relation to the greater or lesser capacity for thermoregulation and moisture control, by evaluating these properties from the point of view of its application within the footwear.

Selected for this study were polyester fibers, bioactive polyester, cotton and bamboo. Polyester and cotton are commonly used in various types of textiles fibers, possessing in its natural state antimicrobial property. In turn, the Bamboo is a "green" fiber, environmentally friendly and with intrinsic antimicrobial properties, characteristics that were considered especially interesting in the development of this study.

Samples produced from these fibers and their mixtures in different relative percentages were subjected to various laboratory tests to evaluate their performance with respect to its permeability to air and water vapor, thermal conductivity and coefficient of friction.

These samples were produced using different types of three-dimensional knitted structures, differing from each other in the relative percentage of each fiber on both sides of the material and the wire bonding of the

layers.

In addition to the different structures and fibers, were still applied antimicrobial finishes on samples produced with cotton, polyester blends and polyester / cotton, aiming to compare the antimicrobial activity obtained by two different approaches.

Based on tests assessing the performance of various samples, it was determined that those expressed best performance against the requirements of this study and that in the final analysis is best suited to the development of materials for lining of footwear.

INDICE

1	INTRODUÇÃO	23
	OBJETIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
1.1		25
	ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	26
1.2		26
2	O CALÇADO	29
2.1	ENQUADRAMENTO DO SECTOR PORTUGUÊS DE CALÇADO E SUA INDUSTRIALIZAÇÃO	30
2.2	A HISTÓRIA DO CALÇADO	32
2.3	INTERAÇÃO HOMEM/CALÇADO	34
		38
2.4	TIPOLOGIAS DE CALÇADO	38
2.5	PRINCIPAIS PARTES CONSTITUINTES DO CALÇADO	38
2.6	MATERIAIS MAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE CALÇADO	39
	2.6.1 <i>Couro</i>	40
	2.6.2 <i>Materiais Têxteis</i>	43
	2.6.3 <i>Outros Materiais</i>	44
3	CONFORTO	45
	TIPOS DE CONFORTO	47
3.1		47
	3.1.1 <i>Conforto Psico-estético</i>	47
	3.1.2 <i>Conforto Ergonómico</i>	47
	3.1.3 <i>Conforto Sensorial</i>	47
	3.1.4 <i>Conforto Termofisiológico</i>	48
3.2	ANÁLISE DO CONFORTO NO CALÇADO	48
	3.2.1 <i>Requisitos e ensaios para avaliação do conforto no calçado</i>	49
	3.2.1.1 <i>Determinação dinâmica da distribuição da pressão plantar</i>	50
	3.2.1.2 <i>Determinação da temperatura interna do calçado</i>	51
	3.2.1.3 <i>Determinação do índice de amortecimento do calçado</i>	51
	Índice de pronação do calcâneo durante a marcha	53
	3.2.1.4	53
4	HIGIENIZAÇÃO DO CALÇADO	55
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA GERADO DURANTE A UTILIZAÇÃO	56
	4.1.1 <i>Importância da respirabilidade dos materiais utilizados</i>	56
4.2	DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS	58
	4.2.1 <i>Identificação dos principais tipos de microrganismos encontrados no interior do calçado</i>	59
	4.2.2 <i>Impacto do desenvolvimento de microrganismos na saúde e na percepção de conforto do utilizador</i>	60
4.3	FORMAÇÃO DE ODORES DESAGRADÁVEIS	62
	4.3.1 <i>Fatores que potenciam a formação de odores no calçado</i>	63
	4.3.2 <i>Principais formas de combater a formação de odores</i>	63

5	MATERIAIS TÊXTEIS COM PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS.....	65
5.1	DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS NOS MATERIAIS TÊXTEIS.....	65
5.2	APLICAÇÃO DE ACABAMENTOS ANTIMICROBIANOS NOS MATERIAIS TÊXTEIS	66
5.3	REQUISITOS EXIGIDOS A UM ACABAMENTO ANTIMICROBIANO.....	67
5.4	MECANISMO DE AÇÃO DOS COMPOSTOS ANTIMICROBIANOS.....	67
5.5	COMPOSTOS ANTIMICROBIANOS E FIBRAS BIOATIVAS COMERCIALMENTE DISPONÍVEIS	69
5.6	MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA NOS MATERIAIS TÊXTEIS	71
6	FATORES A CONSIDERAR NA SELEÇÃO DOS MATERIAIS TÊXTEIS A UTILIZAR	73
6.1	PRINCIPAIS CRITÉRIOS A APLICAR NO PROCESSO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS.....	75
6.1.1	<i>Capacidade de acolchoamento</i>	76
6.1.2	<i>Propriedades térmicas</i>	77
6.1.2.1	Condutividade térmica	77
6.1.2.2	Resistência térmica.....	77
6.1.2.3	Absortividade térmica.....	78
6.1.3	<i>Permeabilidade ao vapor de água</i>	78
6.1.4	<i>Permeabilidade ao ar</i>	78
6.1.5	<i>Transporte de humidade</i>	79
6.1.6	<i>Coefficiente de atrito</i>	79
6.1.7	<i>Atividade antimicrobiana</i>	80
7	DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....	81
7.1	SELEÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.....	81
7.2	SELEÇÃO DO TIPO DE ESTRUTURAS TÊXTEIS PRODUZIDAS	83
7.2.1	<i>Composição das estruturas têxteis produzidas</i>	85
7.3	PRODUÇÃO DAS ESTRUTURAS TÊXTEIS SELECIONADAS	87
7.3.1	<i>Estruturas produzidas</i>	87
7.4	CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS TÊXTEIS PRODUZIDAS.....	88
7.4.1	<i>Caracterização básica das estruturas produzidas</i>	88
7.5	PERMEABILIDADE AO AR	89
7.6	PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	90
7.7	COEFICIENTE DE ATRITO	92
7.8	PROPRIEDADES TÉRMICAS	93
7.8.1	<i>Condutividade térmica</i>	93
7.8.2	<i>Resistência térmica</i>	95
7.8.3	<i>Absortividade térmica</i>	96
7.9	CAPILARIDADE.....	98
7.10	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA	99
8	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS.....	101
8.1	PERSPETIVAS FUTURAS.....	102
9	BIBLIOGRAFIA	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Rotação realizada pelo pé direito no plano transversal.

Figura 2 - Movimento do pé direito no plano frontal.

Figura 3 - Movimento do pé direito no plano frontal.

Figura 4 - Movimento com Pronação e Supinação do pé direito no plano frontal.

Figura 5 - Medidas base no desenvolvimento das formas.

Figura 6 - Estilos de Calçado segundo Rossi.

Figura 7 - Anatomia do sapato.

Figura 8 - *Footprints*.

Figura 9 - Variantes de pressão da superfície plantar.

Figura 10 - Posições derivadas do alinhamento entre o calcâneo e a tibia.

Figura 11 - Ação das fibras de Trevira bioactive sobre os microrganismos.

ÍNDICE DE TABELAS



Tabela 1 - Compostos antimicrobianos disponíveis comercialmente. [35]

Tabela 2 - Fibras antibacterianas disponíveis comercialmente. [36]

Tabela 3 - Métodos de Avaliação da Atividade Antimicrobiana. [35]

Tabela 4 - Caracterização dos fios utilizados.

Tabela 5 - Composição e distribuição dos fios nas amostras de malha produzidas.

Tabela 6 - Descrição das amostras produzidas.

Tabela 7 - Caracterização básica dos materiais têxteis produzidos.

Tabela 8 - Resultados do ensaio da permeabilidade ao ar.

Tabela 9 - Resultados do ensaio da permeabilidade ao vapor de água.

Tabela 10 - Coeficiente de atrito.

Tabela 11 - Condutividade térmica das malhas produzidas.

Tabela 12 - Resistência térmica.

Tabela 13 - Absortividade térmica.

ÍNDICE DE GRÁFICOS



Gráfico 1 - Relação entre a condutividade térmica e a respectiva densidade aparente.

Gráfico 2 - Relação entre a resistência térmica e a espessura do material.

SIGLAS E ABREVIATURAS

PES - Poliéster.

SBR - Borracha sintética tradicional

PU - Poliuretano

ESD - *Electrostatic discharge material*

TPU – Poliuretano termoplástico

TPR - Borracha termoplástica

EVA - Etileno acetato de vinilo

R - Permeabilidade ao ar (mm/s).

q - Valor médio da velocidade que atravessa o material (L/min).

A - Área do provete ensaiado (cm²).

I - Índice de permeabilidade ao vapor de água.

μ - Coeficiente de atrito.

q - Intensidade do fluxo térmico (Wm⁻²).

h - Espessura do material (m).

ΔT - Diferença de temperatura entre as duas superfícies do material (K).

σ - Espessura do material.

r - Resistência térmica do material.

λ - Condutividade térmica (Wm⁻¹K⁻¹).

ρ - Massa específica [Kg m⁻³].

c - Calor específico [J/Kg⁻¹K⁻¹].

b - Absortividade térmica ($W s^{\frac{1}{2}} m^{-2} K^{-1}$).

1 INTRODUÇÃO

A transição da postura quadrúpede para a postura bípede exigiu do homem um controle de estabilidade mais complexo, a coluna vertebral tornou-se responsável pela verticalidade e pela sustentação do tronco, como consequência, os pés passaram a ser a base de sustentação e locomoção do ser humano.

O pé humano é constituído por 26 ossos, 114 ligamentos e 20 músculos e tem duas funções primordiais: suportar o peso do corpo na posição vertical ou durante a marcha, que atua como alavanca propulsora na locomoção. Os pés suportam o peso do corpo ereto, atuam como trampolim e fazem ajustamentos mínimos, constantes e inconstantes, para manterem o equilíbrio do corpo. [1]

Desde cedo o homem começou a explorar formas de envolver o pé, com o objetivo de o proteger durante a locomoção, devido aos diferentes tipos de solo e variações climáticas a que estava exposto. O conceito de sapato surgiu espontaneamente, como uma consequência natural da necessidade de proteção, tornando-o menos dependente das irregularidades e das imprevisibilidades do piso e concedendo maior autonomia.

A relação do homem com o sapato começa a partir de 10 mil A.C., ou seja, no final do Paleolítico. Com ajuda de alguns utensílios de pedra rudimentares, os homens das cavernas raspavam as peles com o objetivo de preparar o couro, era certamente o início da ideia de curtir a pele. Na história do calçado, o couro foi o material preferencialmente utilizado para o seu desenvolvimento, contudo, no Antigo Egito as sandálias eram feitas de palha, papiro ou de fibra de palmeira.

Na Mesopotâmia eram comuns os sapatos de couro cru, amarrados aos pés por tiras do mesmo material e na Grécia Antiga, os gregos chegaram a lançar tendências de moda, como por exemplo, criaram modelos diferentes para os pés direito e esquerdo.

O calçado começava a ser objeto diferenciador da classe social de cada cidadão. Na Roma Antiga os cônsules usavam sapato branco, os senadores sapatos marrons presos por quatro fitas pretas de couro atadas a dois nós, e o calçado das legiões era a bota de cano curto que descobria os dedos.

Também no antigo Egito, as sandálias eram produzidas em couro e tingidas de acordo com a classe social do seu utilizador. O faraó usava sandálias douradas e os elementos pertencentes à classe alta utilizavam

sandálias em tons pastel. Relativamente aos escravos, não era permitida a utilização de qualquer tipo de calçado. De igual forma, na Grécia Antiga, os nobres usavam sandálias feitas com fios de ouro. Em Roma, o imperador Aurélio determinou que apenas ele e os seus descendentes poderiam usar sandálias romanas de cor vermelha. Já na Idade Média considerava-se que o tamanho do bico do sapato era equivalente ao prestígio social do seu utilizador. [2]

O material mais corrente na construção de calçado era o couro de vaca, mas as botas de qualidade superior eram feitas de couro de cabra.

A primeira proposta oficial de um sistema para medição do tamanho do calçado surgiu em Inglaterra em 1688. No manual “The Academy of Armory and Blazon”, Randle Holme refere um acordo estabelecido entre sapateiros para utilizar como padrão um sistema baseado numa unidade de medida de um quarto de polegada (0,635 cm). Volvido mais de um século, surgiu um novo sistema de medida instituído pelos fabricantes ingleses que substituiu o quarto de polegada pelo terço de polegada (0,846 cm), que era então considerado o equivalente a um grão de cevada. Esta era também a unidade de medida utilizada no século XIV como padrão para os calçados pelo rei Eduardo I. Essa unidade de medida deu origem a uma unidade métrica denominada ponto, que, na sequência da Revolução Industrial, originou o primeiro sistema de numeração utilizado pelas fábricas de calçado, estabelecido em 1800 pelo americano Edwin B. Simpson. O sistema incluía igualmente medidas de meio ponto, utilizadas até hoje nos Estados Unidos e na Inglaterra. Os fabricantes só adotaram este sistema de medição a partir de 1808, tendo no entanto sobrevivido até à atualidade com pequenas variações.

Com a revolução industrial, em meados do séc. XIX começaram a surgir as máquinas de costura e o aumento de produção de calçado permitiu que o mesmo se tornasse mais acessível.

Em pleno século XX, as mulheres finlandesas usavam sapatos feitos com casca de árvore e com tecidos enrolados nos pés que serviam como uma espécie de meia. Normalmente, eram feitos com a casca de bétula, mas tinham a desvantagem de se degradarem ao fim de uma semana de uso contínuo.

Em meados do século XX, o couro foi pela primeira vez substituído por materiais como a borracha e por materiais sintéticos, principalmente nos calçados femininos e infantis. Este facto permitiu otimizar o desempenho do calçado no que respeita à flexão e impermeabilização.

1.1 Objetivos e estrutura da dissertação

O desenvolvimento deste estudo teve como objetivo dar resposta a algumas das necessidades do pé do utilizador durante a utilização de calçado, nos momentos de marcha e repouso, em especial no que concerne às questões relacionadas com a sua higienização e conforto. Neste contexto, procedeu-se ao desenvolvimento de materiais têxteis com propriedades antimicrobianas, para aplicação no revestimento interior de calçado e palmilhas, procurando-se garantir que os materiais desenvolvidos não alterassem negativamente a sensação de conforto por parte do utilizador, e sempre que possível contribuísse para a sua otimização.

Tendo por base os objetivos anteriormente citados, começou por se elaborar um plano de trabalho que permitisse alcançar as metas definidas, dividindo o conjunto de tarefas a desenvolver em três etapas. A primeira consistiu na realização de uma pesquisa bibliográfica abrangente, que permitisse recolher o máximo de informação relativa ao estado da arte dos temas diretamente relacionados com o trabalho a desenvolver. Com base nessa informação foram identificadas as matérias-primas e estruturas têxteis que seriam alvo do estudo a realizar, procedendo-se por fim ao desenvolvimento do trabalho experimental e à análise dos resultados obtidos, a partir da qual se retiraram as conclusões do trabalho desenvolvido.

A estrutura desta dissertação reflete a forma como o trabalho foi desenvolvido. Assim, nos primeiros capítulos, partindo das informações recolhidas no decorrer da realização da pesquisa bibliográfica, apresenta-se informação relativa à história, caracterização e constituição do calçado, dando especial ênfase a todos os aspetos relacionados com a sua higienização e conforto, nomeadamente no que concerne à utilização de materiais com atividade antimicrobiana, introduzidos na sua construção. Dada a importância para o tema do trabalho, apresenta-se de igual forma informação relativa ao estado da arte da produção de materiais têxteis com propriedades antimicrobianas e sua possível utilização ao nível da indústria do calçado.

Nos capítulos seguintes, depois de identificadas as propriedades dos materiais têxteis que mais poderiam contribuir para melhorar a higienização do sapato e o conforto do seu utilizador, identificam-se as estruturas têxteis e respetivas composições que melhor podem responder a essas necessidades. Partindo dessas conclusões, descreve-se a produção e caracterização de amostras tricotadas, tipo "Sandwich", utilizando para o efeito fios constituídos pelas fibras identificadas na pesquisa realizada. Na caracterização das amostras produzidas procedeu-se à realização de ensaios laboratoriais, no sentido de avaliar a sua atividade

antimicrobiana e o respetivo desempenho, no que concerne às suas propriedades mecânicas e físicas anteriormente identificadas, que poderão condicionar a sensação de conforto experimentada pelo utilizador do calçado, apresentando a descrição dos resultados obtidos.

A tese termina com a apresentação das conclusões do trabalho, baseadas na análise dos resultados obtidos e culminando na seleção dos materiais considerados mais adequados para este tipo de aplicação.

1.2 Enquadramento e motivação do trabalho

A competitividade do setor têxtil a nível mundial estimulou o desenvolvimento de têxteis com *performances* otimizadas relativamente às funções a que se destinavam. A moda, as preocupações relacionadas com a funcionalidade, o bem-estar, a saúde, a segurança e o ambiente, tornaram-se matérias de estudo nesta indústria, permitindo oferecer ao consumidor soluções específicas capazes de responder às suas expectativas. Em resposta às exigências e necessidades específicas do mercado, foram incorporadas nos materiais têxteis novas tecnologias que melhoravam as suas propriedades intrínsecas, recorrendo para o efeito à utilização de novas fibras ou à aplicação de acabamentos destinados a alterar o comportamento desses materiais.

A chegada das fibras funcionais conferiu ao têxtil um valor acrescentado adicional, devido ao elevado conteúdo tecnológico incorporado, o que permitiu otimizar e obter um desempenho funcional superior quando submetido a um contexto específico. Este desenvolvimento tecnológico ocorreu em diversas áreas, procurando responder a necessidades específicas. No entanto, no âmbito do presente estudo dar-se-á especial destaque à incorporação de propriedades antibacterianas nos materiais têxteis.

A utilização desta funcionalidade nos materiais têxteis permite eliminar ou inibir o desenvolvimento de microrganismos, sendo este facto relevante, uma vez que os mesmos são responsáveis pelo desenvolvimento de diversos tipos de doenças da pele e pelo aparecimento de odores desagradáveis. Os materiais dotados desta funcionalidade permitem em simultâneo aumentar a sensação de conforto proporcionada aos seus utilizadores.

Sendo o sapato um espaço fechado e escuro, que apresenta no seu interior um ambiente com as condições adequadas ao desenvolvimento de microrganismos, dada a temperatura do meio e a forte presença de nutrientes, considerou-se que seria interessante no âmbito do presente trabalho, desenvolver e testar tecidos

com propriedades antimicrobianas para aplicar no interior do calçado, reduzindo dessa forma o aparecimento de doenças dermatológicas e podológicas por eles potenciadas, bem como minorar os maus odores característicos.

Por ser um produto que é utilizado na base do corpo humano, o material têxtil utilizado na construção do sapato é submetido a elevadas forças de tração e pressão durante a sua utilização. Estas condições caracterizam um contexto exigente que é agravado pelas diferentes atividades e pelo tempo de utilização a que está sujeito. Por essa razão torna-se também importante avaliar o comportamento mecânico dos materiais utilizados neste tipo de aplicação, de forma a garantir a sua adequabilidade ao tipo de solicitações a que vai ser submetido.

Resumindo, podemos afirmar que a incidência de doenças dermatológicas e infeções podológicas associadas ao desenvolvimento de microrganismos, constituíram a principal fonte de motivação para o desenvolvimento de uma solução, destinada a controlar o desenvolvimento de colónias de micro-organismos no interior do calçado. Essa solução passa pelo desenvolvimento de materiais têxteis para revestimento do interior e das palmilhas dos sapatos, com atividade antimicrobiana, reduzido impacto toxicológico e durabilidade adequada à vida útil do produto. Pretende-se de igual forma que os materiais a desenvolver garantam em simultâneo uma boa respirabilidade, de forma a garantir níveis de conforto adequados para este tipo de utilização.

2 O calçado

Existem várias tipologias de calçado, abertos, fechados, altos, baixos, decotados, bota ou botim. De igual forma podemos distribuir estas tipologias de calçado em diferentes segmentos como casual, desportivo, informal ou formal.

O requisito base do calçado é a proteção, o que implica reduzir o impacto das variações climáticas (chuva, vento, calor, frio), das ações mecânicas (abrasões, corte, impactos) e de outros elementos exteriores (poluição, partículas, insetos).

Genericamente, o calçado é constituído por três partes. A base do calçado é constituída pelo solado, ou sola, enquanto que na parte superior existe o corte e o forro. Por último, temos a palmilha no interior da base que proporciona uma boa adaptação ergonómica da base plantar do pé no interior do sapato, promovendo o conforto através da absorção dos impactos provocados durante a marcha. O forro, por ser a camada mais próxima do pé assume especial interesse no âmbito do presente estudo, o mesmo acontece com o revestimento da palmilha, a qual funciona como base de sustentação do corpo e como depósito da sujidade e da transpiração libertada pelo pé. Entre as funções mais importantes da palmilha destacam-se a função de sustentação e da adaptação ergonómica do volume plantar do pé ao sapato, a proteção ao choque, absorção da transpiração do pé, sendo também o local de maior desenvolvimento de microrganismos no ecossistema do interior do sapato.

Neste estudo, o foco do trabalho centrou-se no calçado fechado, não só por ser a tipologia mais utilizada, mas também por ser aquela que mais contribui para o desenvolvimento de doenças do pé, através da criação de condições quentes e húmidas no seu interior, especialmente propícias ao desenvolvimento de microrganismos. Assim, o calçado fechado funciona como protetor do pé durante a marcha, isolando-o e protegendo-o de possíveis agressões externas, como o solo, as variações climáticas, impactos, choques. No entanto, é também através do interior deste tipo de calçado que ocorrem as trocas de calor e de humidade entre o pé e o meio ambiente, uma vez que o sapato funciona como uma interface entre estes dois meios.

A prioridade do estudo centrou-se na conceção de um material têxtil para aplicação no interior do calçado com propriedades antimicrobianas, boa capacidade de acolchoamento, respirabilidade e evaporação de

humidade e que em conjunto ou isoladamente do couro desempenhe adequadamente as funções desejadas.

2.1 Enquadramento do sector português de calçado e sua industrialização

A indústria do calçado, nas últimas décadas, passou por diferentes fases relativas ao escoamento do produto. No início dos anos 2000, com o forte abrandamento económico deste setor, houve a necessidade de reestruturação a nível tecnológico, otimização do processo de fabrico e comunicação deste setor.

Esta reestruturação produtiva permitiu um aumento na rapidez de resposta e conseguiu adaptar um processo produtivo mais flexível em resposta às diferentes tipologias e dimensões das encomendas, através da otimização de gestão dos equipamentos por forma a estabelecer o melhor compromisso na relação qualidade/preço.

Esta otimização industrial foi executada e nos anos seguintes tornou-se evidente a necessidade de exploração de campos para-além do lado industrial. A competitividade do sector começa a carecer de novos estilistas e marcas, com a vantagem de compreender, preencher e reagir a determinados nichos de mercado e a específicas necessidades dos seus clientes. A promoção de diferentes conceitos aliada à versatilidade dos processos industriais, permitiram parcerias que contribuíram para o desenvolvimento e exploração de novos mercados. Em paralelo surgem preocupações sociais que acabam por influenciar a seleção e aquisição dos produtos, principalmente produtos com valor acrescentado com preocupações económicas, ecológicas e de conforto.

Esta otimização da indústria deveu-se às desvantagens do sistema industrial oriental, direcionado para a produção em grande escala. Para além deste aspeto, a contínua comunicação do produto nacional proporcionou ao sector do calçado a possibilidade de emergir em novos mercados de uma forma mais ágil e focada. A inovação permitiu às empresas diferenciar os seus produtos e tornarem-se mais atuais e competitivas, através da boa seleção de materiais e componentes, convertendo um produto normal em artigos de elevada qualidade com performances completamente distintas. O couro é por excelência o material mais utilizado no setor do calçado, devido às suas propriedades físicas e mecânicas, que permite uma boa adaptação às exigências produtivas e às necessidades do utilizador. A efervescência do mundo da moda exige, em períodos semestrais, a apresentação de novas coleções, o que obriga a uma pesquisa e exploração de materiais muito ativa e diversificada. Neste contexto os materiais têxteis são também

explorados e aplicados em situações pontuais, ligadas à estética e ao conforto. O calçado ao estar em contacto ou próximo da pele obriga que o material proporcione um bem-estar em contexto de marcha, corrida, trabalho ou repouso.

Até ao produto final, o calçado passa por inúmeras operações durante a produção. Genericamente, o tecido industrial de calçado está organizado em fornecedores e produtores. Os fornecedores são responsáveis pela seleção e fornecimento das matérias-primas e acessórios para a execução do calçado. Matérias-primas como o couro e materiais têxteis e acessórios como formas, solados, palmilhas, cordões, reforços, aplicações metálicas (fivelas, molas, ribetes, ilhós,) exigem o seu aprovisionamento para iniciar a transformação de todos os elementos para executar a produção do calçado. Os produtores têm os recursos humanos competentes e maquinaria necessária para dar início à transformação do produto com o objetivo de alcançar o aspeto final projetado. Esta fase de transformação contém um considerável número de operações na produção e possui alguma complexidade devido aos vários setores de produção, ao número de materiais utilizados, à quantidade de modelos executados anualmente e à heterogeneidade dos modelos.

Os modelos de calçado mais comum são o sapato, ténis, botim, bota, sandália, chinelo tanto para homem como senhora, contudo, definidos os modelos clássicos, existem diversas variantes de modelos que resultam de fusões propostas pelos criadores, comerciantes e utilizadores.

A variedade de modelos existentes, matérias-primas, acessórios e operações obrigou as empresas a especializarem-se em determinadas tipologias de calçado, por género, tipologia ou conceito. Esta especialização proporcionou uma diferenciação, adotada como estratégia de comercialização dentro do mercado do calçado e facilita o processo de pesquisa por segmento de produto por parte dos agentes ou retalhistas.

Esta segmentação e especialização da indústria sofreu alguns ajustes com a crise económica de 2008, devido à crescente perda de poder de compra do mercado, ao local de negociação, ao número de encomendas realizadas e à recente redeslocalização de grandes indústrias e marcas do Oriente para Portugal. Os retalhistas começaram a ter um papel importante nas feiras internacionais de calçado, que até então eram dominadas pelos agentes.

2.2 A história do calçado

A necessidade do homem proteger os pés do meio ambiente está intimamente associada ao aparecimento do calçado, sendo do período Magdaliense (15.000- 12.000 A.C .), as primeiras notícias ou documentos mais antigos que temos acerca da existência do calçado [3].

Ao longo da história, o calçado foi considerado como um produto modesto no contexto do vestuário, contudo nas civilizações antigas, começou a ser utilizado como diferenciador social, símbolo de poder e riqueza. Contemporaneamente esta simbologia continua a ser comunicada, distinguindo o posicionamento comercial de cada marca no mercado, baseado no “*status*”, qualidade, conforto ou preço.

A atividade sedentária permitiu ao homem organizar e otimizar os recursos necessários á sua sobrevivência, aprendeu a cultivar e a criar animais, utilizando as suas peles para o fabrico de vestuário e calçado.

Geograficamente, a zona do médio oriente é a mais rica em informação relativa ao uso do calçado. Aqui, como fator de distinção social e poder, somente o faraó e os seus dignatários podiam usar sandálias, trabalhadas com fios de ouro e pedras preciosas. A qualidade de produção da sandália e o pormenor que apresentavam nos acabamentos das peles evidenciavam que o calçado era executado por artesãos especializados. É também no antigo Egito que surge a primeira descrição do ofício de sapateiro.

A sandália do faraó era uma extensão do seu corpo e da sua vida, eram produzidas e decoradas como se tratassem de uma autobiografia, devido á cuidada personalização dos motivos decorativos. Como exemplo desse simbolismo, encontramos nas solas das sandálias reais, representações de prisioneiros. Dessa forma, ao apoiar o pé, o Faraó “pisava” os seus inimigos. [3]

O desenvolvimento de diferentes tipos de calçado aconteceu na Grécia. Para além das sandálias, aqui foram utilizados outros tipos de calçado como botas com biqueira levantada, com e sem salto e sapatos com plataformas de madeira ou cortiça. O calçado com plataforma era usado por atores, com a finalidade de lhes conferir altura e aspeto de divindade durante as peças de teatro.

A expansão do império romano permitiu a recolha de diferentes tipos de calçado oriundas de diversas culturas. Foi provavelmente a primeira civilização que aproveitou a sua expansão para adaptar inovações e produtos na sociedade. Os gregos, etruscos, gauleses, egípcios foram algumas das civilizações que

influenciaram o império romano. Continuava a haver uma distinção social através do calçado, contudo existiam bancas de venda onde estavam disponíveis determinados modelos. Esta forma de comercialização provocou uma necessidade de controlar a inflação descontrolada dos preços praticados, levando à criação de uma tabela de preços máximos para cada modelo disponível. Com esta abordagem foram descritos os diferentes modelos disponíveis com as respetivas variantes e materiais utilizados. O calçado era distinguido por género e utilização, ou seja, existiam modelos para senhora, homem, soldados, oficiais e atletas.

No ofício do calçado, o período da idade média foi o mais rico, para os artesãos, em termos de criatividade e na obtenção de lucros provenientes das encomendas e vendas do produto aos nobres e senhores feudais {3}.

Verificaram-se profundas transformações no calçado oriundo da cultura romana. As alterações económicas, sociais e culturais favoreceram diferentes maneiras de calçar, utilizar e perfeccionar este produto.

Durante este período, o calçado sofreu uma grande variação, tanto no desenho dos modelos como ao nível da estrutura do calçado. No início, assiste-se a modelos com uma forma semelhante ao pé e com uma ilimitada oferta de variantes de modelos, relativamente ao desenho e materiais. Entre o séc. XII e XV começa a surgir um ténue conceito de moda, onde a função e o exótico passam a fazer parte do produto. A visível alteração do calçado que marca esta época foi a forma do sapato, que passa a ser extravagante, evidenciando uma biqueira extremamente comprida.

No entanto, a forma e o estilo ganham mais consistência no séc. XVI, onde o calçado passa a ser mais cómodo e ganha altura. A utilização de plataformas que elevavam o pé do solo, a utilização de biqueira larga e quadrada, por oposição a biqueiras com bicos que chegavam a atingir o joelho com o objetivo de conferir uma distinção social. A introdução do salto era utilizado para tornar mais altas as pessoas com estatura baixa.

Na época barroca assiste-se á utilização de cores vivas que eram combinadas com a roupa. A ostentação e a vaidade eram comunicadas pela decoração do calçado, através de joias ornamentadas que podiam ser guardadas, ou então, vendidas e adaptadas a outros sapatos. Nesta época, a sociedade francesa era o motor influenciador europeu e o modelo mais explorado foi a bota. Esta era usada na caça e na guerra, e caracterizava-se pelo aspeto de funil, definida pela forma do cano.

A revolução industrial conferiu ao calçado uma nova dinâmica. O calçado passa da produção manual para a produção em série, como consequência desta inovação produtiva, aumentou a oferta de produto que permitiu que o seu custo sofresse uma significativa rebaixa. O acesso a novas ferramentas e máquinas de produção permitiram otimizar o calçado e aproximá-lo da imagem que dele temos atualmente. Foi possível começar a distinguir o sapato esquerdo do direito, introduzir a máquina de costura e desenvolver máquinas que ajudavam a montar o sapato, ou seja, ajudavam a interligar a sola ao sapato. Nesta época surgiram marcas que hoje são referências no mundo da moda.

O séc. XX é marcado pela moda cujos artesãos converteram-se em estilistas e criadores, o que permitiu explorar conceitos e formas originais acompanhado pelo desenvolvimento e aplicações de novos materiais. A liberdade e a prosperidade influenciaram o calçado, e o seu aspeto passou a ter um tom mais sóbrio e funcional. Contudo a exploração de novos materiais, do desenho e da otimização dos acessórios para calçado, permitiram fornecer ao consumidor uma variedade de produtos a preços acessíveis.

No decorrer deste século verifica-se que os fatores sociais, políticos, tecnológicos e económicos são ferramentas que os estilistas utilizam e que marcaram as diferentes décadas. O estilista funciona como interface entre o estilo de vida da sua época e o produto.

2.3 Interação Homem/Calçado

Desde a pré-história o homem teve a necessidade de proteger os pés, os primeiros registos datam de 15.000 AC relativos ao período Magdaliense [3].

Esta necessidade fomentou uma relação entre o pé e o calçado durante toda a evolução do ser humano. O homem evoluiu e otimizou o calçado nas vertentes da funcionalidade e da estética. A função inicial de proteção não deixou de estar presente, contudo foram adicionadas funções por forma a adaptar o calçado a atividades ligadas ao trabalho, desporto ou simplesmente ao contexto social.

O ser humano distingue-se de outras espécies pela postura bípede. Esta postura é possível devido á complexidade da estrutura do pé, que permite equilibrar, sustentar e impulsionar o corpo durante a sua atividade.

Os pés possuem uma estrutura óssea composta por 26 ossos, sustentados por 114 ligamentos e 20

músculos. Para termos uma rápida percepção da sua complexidade, os dois pés detêm $\frac{1}{4}$ da totalidade dos ossos que compõem o corpo humano. Esta estrutura óssea tem características distintas de pessoa para pessoa e assume diversas formas. [4]

A complexidade da estrutura óssea do pé permite executar vários movimentos. Os mais comuns são a abdução, adução, inversão, eversão, flexão dorsal, flexão plantar (Fig. 1, 2 e 3).



Fig. 1 - Rotação realizada pelo pé direito no plano transversal. [5]



Fig. 2 - Movimento do pé direito no plano frontal. [5]

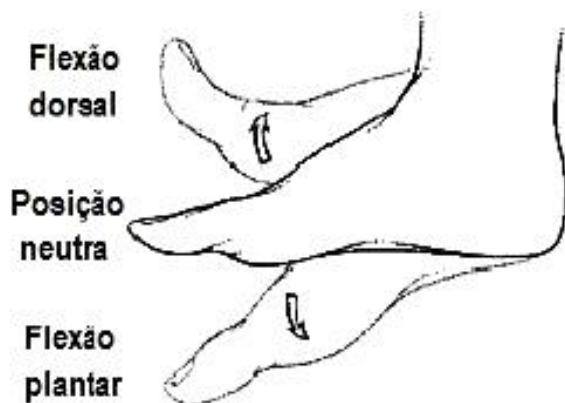


Fig. 3 - Movimento do pé direito no plano frontal. [5]

As variantes de estruturas ósseas são diversas e muitas desenvolvem deformações como a pronação e supinação (Fig. 4).



Fig. 4- Movimento com Pronação e Supinação do pé direito no plano frontal. [5]

Estas variações das estruturas ósseas favorecem o desenvolvimento de deformações como joanetes, pé torto, pé cavo pé boto, esporão do calcâneo, fascite plantar, dedos em garra e calosidades. As deformações ósseas podem ser congénitas, provocadas por traumatismos, infeções ou inflamações e pelo uso de calçado com uma construção incorreta. Algumas destas deformações podem ser corrigidas com o tempo através de calçado ortopédico, que ajuda a deformar o pé para a posição correta. O calçado desempenha um papel importante na prevenção de danos no pé pela aplicação das medidas antropométricas, segundo as características do pé e respetivas necessidades. Genericamente, o calçado pode minimizar o esforço

muscular, evitar lesões e corrigir os excessos de pronação e de supinação por três vias: [5]

- Amortecimento
- Controlo de estabilidade
- Controlo de movimento

A utilização de componentes que contribuem para a estabilidade e o conforto do pé, como é o caso do tipo de sola e da palmilha que absorvem diferentes tipos de pressão e ajudam a minimizar choques e esforços, provocados pelo peso do corpo durante a marcha e também na posição estática.

Contudo o bom desenvolvimento de fôrmas que respeitem as regras antropométricas, ajudam a aproximar ao volume do pé e permite ajustar o calçado da maneira mais apropriada, proporcionando o máximo de conforto ao utilizador.

O *know-how* da indústria do calçado e as normas antropométricas apontam medidas importantes para o desenvolvimento das fôrmas (Fig. 5):



Fig. 5- Medidas base no desenvolvimento das formas. [5]

A fôrma dá o aspeto exterior ao sapato e o define o seu volume, o que permite colmatar dois requisitos importantes para o consumidor, a estética e o conforto.

2.4 Tipologias de calçado

O calçado pode ser classificado por diversas vias, por género, por estilo de modelo, pela funcionalidade, pelo tipo de utilização, pelo tipo de construção, pela anatomia que apresenta ou pelo tipo fôrma utilizada.

De uma forma mais intuitiva, **William Rossi** (1993) classificou o calçado por estilo, dividindo-o em oito modelos.

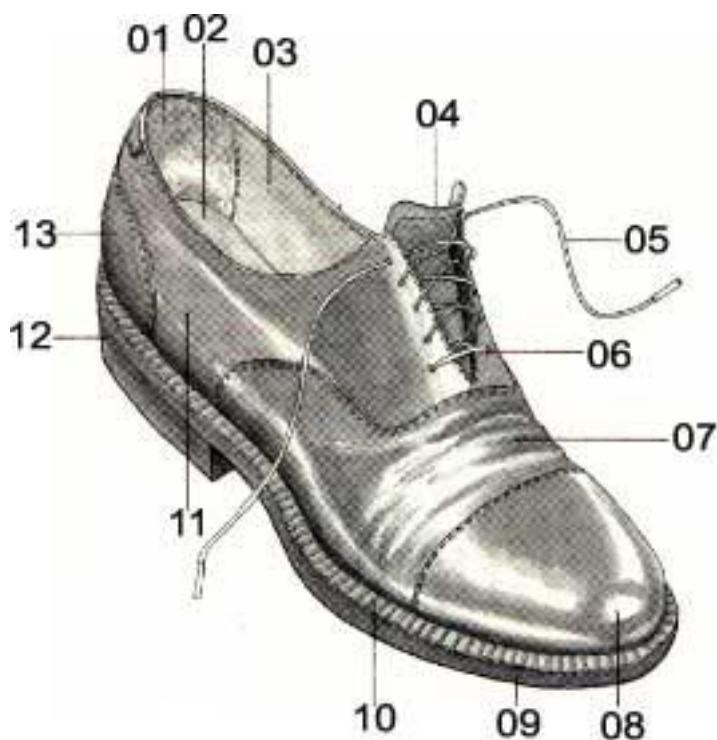
Nesta classificação pode ser incorporado o calçado desportivo e de trabalho, os quais pertencem ao sapato com cordões. O chinelo depende do tipo de utilização já que pode pertencer ao estilo mula ou ao grupo das sandálias. Existe também o botim que tem expressão comercial e poderia originar o nono estilo, contudo é visto por muitos como uma fusão do sapato e da bota.

Os oito estilos básicos de calçado, segundo Rossi			
Tipo de Calçado	Homem	Mulher	Criança
Bota (Boot)			
Calçado com cordões (Lacing shoes)			
Mocassin (Moccasin)			
Monge (Monk)			
Mula (Mule)			
Escarpim (Court shoe ou pump)	/		
Sandália (Sandal)			
Soco (Clog)			

Fig. 6- Estilos de Calçado segundo Rossi. [5]

2.5 Principais partes constituintes do calçado

Do ponto de vista da sua constituição, o calçado pode ser dividido em três partes fundamentais (Fig. 7). O corte, parte superior do sapato destinado a vestir e a proteger a parte superior do pé. Esta é a parte mais visível do calçado e encontra-se em contacto direto com o meio exterior. O forro tem a mesma configuração do corte e está em contacto direto ou próximo do pé. O solado situa-se na base do calçado, é constituído por diversos componentes e está em contato com o solo.



- 01- Contraforte
- 02- Palmilha
- 03- **Forro**
- 04- Língua
- 05- Cordão
- 06- Ilhó
- 07- **Corte** / Gáspea
- 08- Biqueira
- 09- **Sola**
- 10- Vira
- 11- Talão
- 12- Salto
- 13- Taloeira

Fig. 7- Anatomia do sapato. [6]

As peças designadas por biqueira, gáspea, talão, taloeira e língua formam o corte, as quais são unidas através de costuras e podem ser produzidas com diferentes tipos de material.

Relativamente ao contraforte, testeira, enfuste, cordão, ilhó, vira e palmilha de acabamento são componentes com a função de reforço ou de acabamento do calçado.

2.6 Materiais mais utilizados na fabricação de calçado

Ao longo da História, o material de eleição por parte da indústria do calçado tem sido o couro. Trata-se de um produto natural e apresenta propriedades que se adaptam às variações volumétricas do pé ao longo do dia, possuindo uma flexibilidade adequada ao movimento do pé, elevada resistência e durabilidade a longo prazo. Por outro lado absorve e permite a libertação da humidade de forma controlada, devido à sua respirabilidade.

No geral, o couro possui propriedades físicas e mecânicas que o tornam muito adequado às exigências produtivas e às necessidades do utilizador, tais como a durabilidade, flexibilidade, permeabilidade ao ar e à água, regulação de temperatura, absorção de humidade e facilidade de manutenção [5].

No calçado, os materiais têxteis são utilizados tanto no exterior do calçado (corte) como no seu interior (forro). Os têxteis são utilizados pela necessidade estética e pelas propriedades de impermeabilização, permeabilidade e absorção, dependendo do objetivo pretendido. A utilização no calçado é muito influenciada pelas tendências de moda e pela extensão criativa dos estilistas durante o desenvolvimento das suas coleções.

Além do couro e dos materiais têxteis, a indústria do calçado também utiliza os não-tecidos, principalmente os feltros e os tecidos de fibra compacta.

2.6.1 Couro

Na pré-história, a pele animal, foi uma das matérias-primas que o homem utilizou para se proteger das variações climáticas. Esta matéria-prima foi utilizada como consequência das caçadas que o homem fazia para obter alimento e o que não era aproveitado para alimentar era explorado e reutilizado. Desses materiais, a pele e o esqueleto do animal foram aproveitados para executar tarefas ou funções para além da alimentação. O manto que protegia o animal foi utilizado como manta para o ser humano se proteger das variações climáticas. Contudo, a decomposição da pele não permitia que o material tivesse uma durabilidade mais longa e, inicialmente, a forma de parar o processo de decomposição e tentar melhorar algumas das suas propriedades, consistia em colocar as peles ao sol, o que tornava o couro seco, rígido, duro e pouco maleável. Era necessário transformar a pele em couro de forma a preservar as suas propriedades e foi na pré-história que o homem percebeu que o fumo das fogueiras conservava (curtia) as peles e aumentava a sua resistência aos elementos. A curtimenta vegetal foi descoberta posteriormente e consistia em imergir em depósitos de água as peles misturadas com restos de madeira e cascas (pinheiro, carvalho, salgueiro, mimosa, castanheiro, “quebracho” (*Schinopsis balansae*), frutos e raízes que continham agentes naturais curtidores que conferiam à pele propriedades plásticas. Atualmente, a curtimenta vegetal é pouco utilizada devido ao custo elevado e à reduzida solidez de cor durante o processo de transformação. Este tipo de curtimenta permite que o couro sofra alterações de cor através da aplicação de diferentes forças de tração, contudo é utilizado para o corte do sapato e solado. A curtimenta vegetal foi utilizada nas indústrias de

curtumes até ao séc. XIX, altura em que foi descoberto o processo de curtimenta do couro com sais de crómio. Atualmente este tipo de curtimenta é utilizada para produzir solas e couros específicos [7]

O aparecimento da curtimenta com crómio, designada por curtimenta mineral, vem resolver a falta de solidez da cor e otimizar as propriedades elásticas do couro. Esta curtimenta torna o couro mais flexível e deformável, eliminando ao mesmo tempo os problemas associados à descoloração e encolhimento por imersão em água, e reduzindo o grau de dificuldade associado a este processo, que é ainda hoje o principal processo de curtimenta utilizado a nível mundial, pelo tempo relativamente curto do processo e pela qualidade que confere aos couros nas suas principais aplicações [8].

Apesar disso, a curtimenta com crómio é proibida nos países europeus, sendo a comercialização de produtos tratados desta forma é interdita, devido aos elevados níveis de poluição provocada pela libertação de efluentes contaminados com crómio para o meio ambiente. A sua toxicidade e a lenta absorção pela natureza acentuam a necessidade de substituir um determinado tipo de curtimenta que reduza ou evite este impacto ambiental [9].

A curtimenta sintética confere ao couro a capacidade de ser lavável, pela utilização de agentes curtidores sintéticos (aldeídos, óleo de peixe, resinas, taninos sintéticos) resultando em couro mais esbranquiçado [10].

Os diferentes tipos de curtimentas podem ser combinados, existindo a designada curtimenta mista que utiliza duas das anteriormente referidas, por exemplo, uma curtimenta vegetal-mineral ou mineral-sintética. A curtimenta mista é utilizada com o objetivo de se obter vantagens dos dois tipos de curtimenta base.

Historicamente, o couro teve a sua posição salvaguardada nas tendências de vestuário e acessórios, mais concretamente na aplicação em acessórios de moda, setor da marroquinaria e calçado.

As peles mais utilizadas no mercado são provenientes de animais de origem bovina, ovina, caprina e suína. Em determinados produtos e coleções de moda específicos que exijam determinados requisitos, como a textura, espessura, resistência do material, recorre-se a outros tipos de materiais como é o caso das peles de antilope, equinos, veado, gamo, crocodilo e cobra.

Por ser um material natural, apresenta vantagens devido às suas características e propriedades. Nas diferentes fases de utilização, durante anos de uso e abuso, o processo de envelhecimento do couro é capaz

de lhe conferir “novas vidas”. Seja pela sua versatilidade, durabilidade ou envelhecimento muito característico, o couro sempre esteve ligado à moda e ao uso quotidiano.

O lado *vintage* que o couro adquire com o tempo de utilização pode assemelhar-se a alguns acabamentos efetuados nos materiais têxteis. Assim, a sarja quando sujeita às lavagens no processo de acabamento, especificamente nos *jeans*, adquire um aspeto desgastado e que lhe confere esse aspeto *vintage*.

Finalizada a curtimenta é iniciado o processo de acabamento que vai definir as características relativamente ao aspeto visual e tátil do couro. Os tipos de couro mais comercializados são designados por anilina, semi-anilina, corrigidos, *nubuck*, *pull-up* e forro.

A anilina é um couro de boa qualidade, durável, permite cores consistentes, tem um aspeto brilhante, liso e apresenta a flor natural da pele, incluindo os defeitos naturais como é o caso das rugas, cicatrizes e manchas. É composta por couro e uma camada de proteção superficial o que confere uma boa resistência à formação de manchas.

A semi-anilina difere da anilina devido às camadas que compõem o couro. Esta é composta por quatro camadas designadas por acabamento de proteção, compostas por pigmento de anilina, pigmentos de cobertura e couro. Esta adição de camadas anula, parcialmente, a flor natural da pele.

O couro corrigido apresenta uma película de cobertura que imita uma textura gravada, encrespada, chagrinada, lisa ou uma textura/padrão pré-definida. Este aspeto é possível porque a flor do couro é retirada por desbaste e posteriormente reconstruída com uma outra flor, conseqüentemente, torna os poros originais do couro invisíveis.

O *nubuck* é um couro sem flor e apresenta um aspeto aveludado. *Nubuck* é a face do lado da flor e a camurça é a parte oposta, a diferença está na diferença de altura das fibras soltas que os lados apresentam.

Os couros laminados sofrem uma aplicação superficial de filmes maleáveis, impermeáveis à água através de camadas de verniz (resinas, PVC ou PU), obtendo-se couros envernizados e *pull-up*. No caso do verniz tem um aspeto final partido, enrugado ou liso. O *pull-up* tem um acabamento de cor uniforme e permite evidenciar o pigmento coberto através do desbaste da resina aplicada na camada superficial. Este processo torna o couro mais rígido e menos permeável devido às camadas aplicadas na sua superfície.

O couro tem um aroma, toque e propriedades característicos que lhe conferem um valor acrescido, durabilidade e estilo único devido às variações de densidade das texturas: Requer também pouca manutenção para mantê-lo flexível, limpo e confortável. Com o uso contínuo envelhece naturalmente.

Do ponto de vista mecânico, o couro apresenta elevada resistência à tração, à abrasão, ao rasgo, à perfuração e à flexão.

O isolamento térmico e a boa permeabilidade ao ar e ao vapor de água que apresenta, permite a manutenção de uma temperatura apropriada à sua utilização no calçado.

2.6.2 Materiais Têxteis

Os materiais têxteis são frequentemente utilizados nas diferentes partes do calçado, dependendo a sua aplicação das propriedades intrínsecas das fibras e tecidos. Quando aplicado no forro, as propriedades térmicas, a permeabilidade ao vapor de água e ao ar são fatores determinantes a considerar na sua seleção. Por outro lado, a resistência á abrasão e distensão são importantes quando aplicados ao corte e no revestimento do solado.

A indústria do calçado utiliza frequentemente não-tecidos, nomeadamente os feltros. O feltros são produzidos através de fibras de Lã e de pelos de animais. Ao contrário do entrelaçamento regular dos fios, o feltro apresenta uma estrutura de fibras compacta e tem uma elevada resistência devido ao enredamento desordenado dos fios. Este tipo de estrutura permite que o feltro seja cortado em qualquer direção sem apresentar desfiamento ou desgaste.

No entanto, o desenvolvimento e aplicação de materiais têxteis com propriedades e funções específicas, tais como propriedades antibacterianas, antisséticas, anti-UV e outras, que permitem acrescentar valor aos materiais, dotando-os de novas funcionalidades, veio abri novas possibilidades de aplicação deste tipo de materiais na indústria do calçado.

2.6.3 Outros Materiais

Na composição do sapato existem diversos materiais, muitos deles são aplicados em distintos componentes. No caso dos solados são utilizados a borracha, plásticos termoplásticos, madeira, cortiça, palha e componentes metálicos, como é o caso do enfraque. Estes materiais apresentam diferentes propriedades mecânicas e físicas, os quais são adaptados conforme os requisitos definidos do calçado. O peso e a capacidade de impermeabilização são dois fatores que influenciam na seleção do material mais adequado. Na parte superior do calçado, ou corte, utilizam-se pele sintética, cortiça, elastómeros, adesivos, peças e componentes metálicos.

Contudo a borracha, pele sintética, cortiça e materiais termoplásticos substituem, em determinados casos, o couro e o material têxtil.

3 Conforto

A relação entre o conforto e o vestuário tem sido alvo de estudo por parte de vários autores, não sendo no entanto fácil de definir, por resultar de uma combinação de parâmetros específicos mensuráveis e de aspetos subjetivos não quantificáveis. Contudo, é genericamente consensual que para existir uma situação de conforto é necessário que nos encontremos numa situação de equilíbrio térmico, com reduzido teor de humidade na pele e numa situação em que o esforço fisiológico de termorregulação seja mínimo. No entanto, o conforto não depende apenas de questões fisiológicas, mas sim de todo um conjunto de estímulos ao nível psicológico que o ser humano processa [11].

Os estímulos sensoriais, como frio, calor, dor, luz, pressão, textura, vibrações, deslizamentos, tato, captados pela pele são complexos, devido à sua estrutura que é composta por três camadas. A epiderme é a zona de contacto com o meio ambiente e funciona como um “escudo” de células mortas, responsável pela proteção. A derme é a responsável pela reprodução de novas células para substituírem as camadas da epiderme. A hipoderme subcutânea contém o tecido de ligação com o tecido adiposo.

Nesta estrutura encontram-se órgãos anexos, como folículos pilosos, glândulas sudoríparas e sebáceas, capilares, músculos e terminais recetores. Os terminais recetores da superfície da pele têm diferentes funções pelo que captam diferentes tipos de sensações e existem em seis tipologias diferentes: [12]

- Recetores de Krause - identificam sensações de frio-quente e situam-se em regiões com as membranas mucosas, em torno dos lábios e dos genitais.
- Recetores de Ruffini - identificam sensações de peso e de tato, relacionado com a pressão, localizadas nas camadas mais profundas da pele e nas cápsulas das articulações.
- Recetores de Meissner - identificam sensações ao nível do tato, pressão e dor, e situam-se nas zonas não pilosas da pele como nas pontas dos dedos, nos lábios e na planta dos pés.
- Recetores de Merkel - identificam sensações de tato e pressão, localizam-se nos discos das pontas dos dedos e são responsáveis pela sensibilidade à textura dos objetos tocados.
- Recetores de Pacini - identificam sensações de pressão. Estes últimos são muito numerosos nas palmas das mãos, plantas dos pés e órgãos genitais. A sensibilidade destes recetores é apurada

dada a capacidade de perceber vibrações suaves e deslizamentos de objetos na superfície da pele.

O cérebro avalia a informação recolhida a partir destes diferentes recetores e de uma forma subjetiva interpreta o estado geral de conforto do indivíduo. Respondendo em conformidade à exposição do organismo relativamente ao meio, o efeito de sudação ou de tremor provocado pela variação do fluxo de sangue, surge como a resposta relacionada com os diferentes estados de desconforto. A intensidade destes efeitos aumentam proporcionalmente com o aumento variação entre o equilíbrio térmico do corpo humano e a temperatura exterior.

A interpretação da informação recolhida por esses recetores permite, igualmente, que o indivíduo se aperceba das variações climáticas a que está sujeito e adapte o seu vestuário e calçado, de forma a obter um estado de conforto. O nível de conforto percecionado é subjetivo, podendo variar de pessoa para pessoa, tendo em conta a diversidade de avaliações e interpretações quanto ao nível de bem-estar.

Ao submeter um grupo de pessoas a um determinado ambiente com as mesmas condições térmicas, a sensação de bem-estar não atinge da mesma forma todos os indivíduos do grupo. Um ambiente que é confortável para uma pessoa, pode não ser para outra. Contudo, as normas NBR 6401 (1980) e ISO 7730 (1994) estabelecem intervalos de temperatura ambientais em que o ser humano encontra uma sensação de conforto térmico. Pela norma NBR 6401 (1980), no verão esse intervalo situa-se entre os 23°C e os 25°C, enquanto no inverno se situa entre os 20°C e os 22°C. Segundo a norma ISO 7730 (1994), no verão as temperaturas de conforto situam-se no intervalo 23°C-26°C e no inverno entre os 20°C e os 24°C. Ambas as normas determinam estes intervalos de temperatura, em atividade sedentária [13].

O conforto térmico de um indivíduo, depende de fatores como a temperatura ambiente, a humidade relativa, a velocidade do ar, o vestuário utilizado e o tipo de atividade física exercida. Em determinadas situações, a sensação de bem-estar é difícil de se obter, caso de situações em que o indivíduo executa atividades exigentes do ponto de vista físico, como por exemplo a prática de desporto, nas quais o seu metabolismo gera enormes quantidades de energia que tem de ser dissipada de forma a manter o equilíbrio térmico do organismo. Também as situações nas quais o indivíduo se encontra exposto a temperaturas e condições climáticas exigentes, situações de extremo frio ou calor, constituem um problema acrescido para a manutenção do equilíbrio térmico. Num contexto mais quotidiano, encontram-se as situações em que o indivíduo executa trabalhos mais sedentários, situação muito característica das sociedades contemporâneas, que provocam uma menor produção de calor por parte do metabolismo, que acaba por

se revelar insuficiente para manter uma sensação de bem-estar térmico.

3.1 Tipos de conforto

Resumindo, podemos então afirmar que o conforto pode ser descrito como uma condição ou sentimento de bem-estar, que resulta de um conjunto de sensações com interpretações subjetivas, percebidas através de um conjunto de estímulos pelo corpo humano e que o resultado traduz um estado de ausência de dor e de sentimentos desagradáveis. No contexto dos têxteis e do vestuário, a sensação de conforto transporta-nos para um estado em que não nos encontramos conscientes do tipo de vestuário que utilizamos.

De facto, o conforto é um processo complexo, que pode em geral ser subdividido em quatro vertentes fundamentais, mais especificamente em conforto psico-estético, conforto ergonómico, conforto termofisiológico e conforto sensorial.

3.1.1 Conforto Psico-estético

O conforto psico-estético é uma sensação essencialmente determinada pelo contexto socioeconómico e cultural. Esta sensação é alcançada por um conjunto de fatores que determinam as preferências pessoais, sociais, a sua individualidade e nas tendências de moda. Trata-se na realidade de um parâmetro que não pode ser desvalorizado, pois ninguém se sente confortável utilizando peças de vestuário que não são do seu agrado ou não vão ao encontro das suas expectativas.

3.1.2 Conforto Ergonómico

Esta variante do conforto é determinado pela relação entre o homem e o vestuário. A otimização do vestuário deve ser ajustado ao corpo, de forma a respeitar o seu volume e facilitar os seus movimentos. Para que este objetivo possa ser alcançado é imprescindível a aplicação de conhecimentos de anatomia, antropometria, biomecânica e fisiologia.

3.1.3 Conforto Sensorial

O contacto mecânico da pele com o material têxtil determina o índice de conforto sensorial, que pode ser

caracterizado pelas sensações mecânicas que o material têxtil provoca ao entrar em contacto direto com a pele. Suavidade, rigidez, aspereza e peso são exemplos de sensações que resultam da relação e do contato da pele com o vestuário.

3.1.4 Conforto Termofisiológico

O conforto termofisiológico condiciona a capacidade de termorregulação do corpo humano, encontrando-se diretamente relacionado com fenómenos de transporte de calor e humidade através dos materiais têxteis que entram na composição dos artigos de vestuário. Os fatores mais importantes a considerar na sua avaliação são o isolamento térmico, a respirabilidade e a gestão de humidade.

O conforto termofisiológico baseia-se no princípio da conservação de energia, segundo o qual, a energia produzida pelo metabolismo corporal deve ser de alguma forma dissipada pelo corpo. Caso tal não suceda, o organismo não atingirá o seu equilíbrio térmico, podendo essa situação acarretar sérios problemas do ponto de vista da saúde do indivíduo. Assim, se a quantidade de energia dissipada for inferior à quantidade de energia produzida, o corpo entrará em hipertermia. Se pelo contrário a quantidade de energia dissipada pelo corpo for superior à quantidade de energia produzida, o corpo entrará em hipotermia. Qualquer um destes dois estados conduz a uma alteração do conteúdo energético do corpo ao longo do tempo, sendo negativa esta alteração.

3.2 Análise do conforto no calçado

O somatório destas quatro variantes do conforto determina, ou fornece, uma noção da subjetividade na avaliação e interpretação de conforto efetuada por cada pessoa. O vestuário e acessórios (calçado, meias, luvas, gorro, cachecol, chapéu, etc.) asseguram uma proteção ao ser humano quando exposto a diversos ambientes e evita as variações bruscas da temperatura corporal. Neste contexto, a boa adaptação do vestuário e calçado ajuda o metabolismo humano a desempenhar uma gestão mais eficaz da energia gerada e despendida para o seu bom funcionamento, minimizando esforços provocados pelo sobreaquecimento ou arrefecimento ou arrefecimento do corpo.

A adaptação do vestuário e do calçado ao ambiente depende essencialmente das propriedades dos materiais que compõem o produto. Propriedades como, isolamento térmico, resistência à perda de calor por

evaporação, condutividade térmica, permeabilidade ao vapor, absorção de água, *wicking*, permeabilidade ao ar, taxa de secagem, coeficiente de atrito da superfície e propriedades antimicrobianas e anti-odor podem variar significativamente de material para material, dependendo do tipo de matéria-prima utilizada na sua produção.

3.2.1 Requisitos e ensaios para avaliação do conforto no calçado

O conforto no calçado resulta dos estímulos percebidos pelo utilizador durante a marcha. Através da biomecânica é possível estabelecer uma abordagem quantitativa para análise do conforto proporcionado, utilizando métodos de estudo, nos quais a antropometria desempenha um papel fundamental.

Baseados na biomecânica e antropometria do pé, foram desenvolvidos métodos de análise que permitem avaliar e quantificar a percepção de conforto neste tipo de produto, através da aplicação de um conjunto de normas que foram especialmente desenvolvidas para o efeito.

Os métodos de avaliação dos requisitos relacionados com o conforto do calçado, incidem essencialmente na determinação dos seguintes parâmetros [14].

- Dinâmica da pressão plantar
- Temperatura interna do calçado
- Índice de amortecimento
- Índice de pronação do calcâneo.

3.2.1.1 Determinação dinâmica da distribuição da pressão plantar

A distribuição da pressão plantar é irregular e pode ser visualizada por uma impressão da planta do pé, conhecida globalmente por *“footprint”*.

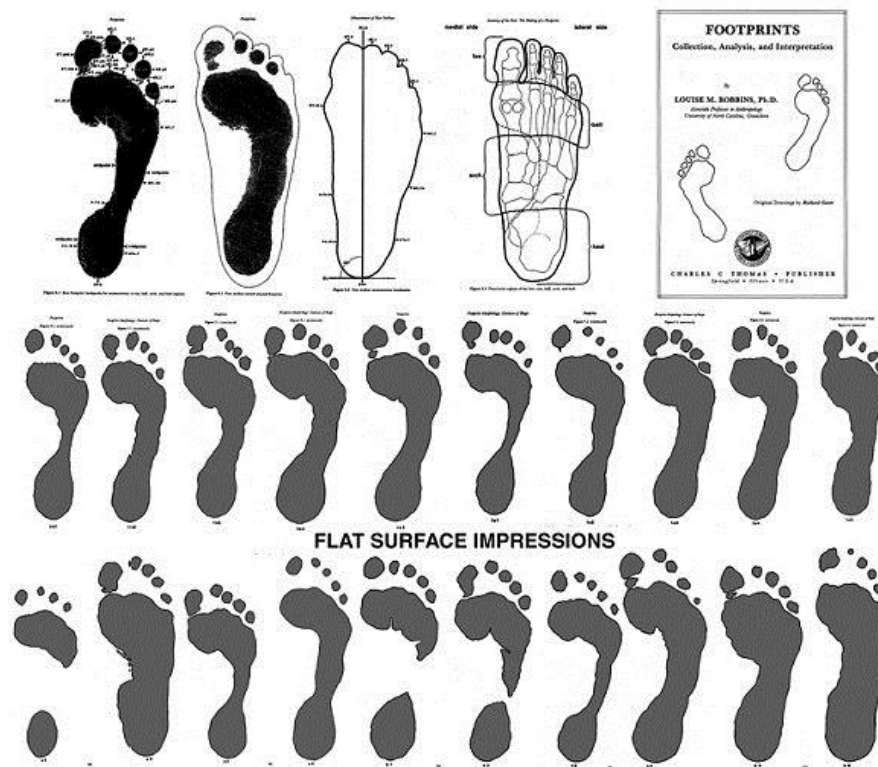


Fig. 8- Footprints [15]

Esta análise permite perceber as variações de pressão na superfície plantar, bem como, perceber as variações de pressão da planta do pé realizada por diferentes pessoas.

A utilização de plataformas com sensores permite analisar os pontos de apoio em posição estática e dinâmica. Este método possibilita a visualização das pressões exercidas na planta do pé em diferentes seqüências de impressões plantares durante a marcha. Desta forma, torna possível o desenvolvimento de palmilhas personalizadas ao pé, que em casos de deformações e problemas congênitos favorecem uma melhor adaptação e/ou tratamento.

No caso do pé boto (pé com alta curvatura) e pé raso a utilização deste tipo de tecnologia é fundamental, dadas as diferenças das zonas de pressão com a generalidade das pessoas.



Fig. 9- Variantes de pressão da superfície plantar. [4]

No pé raso, praticamente não existem áreas sem pressão, enquanto no pé bato, a área de ausência de pressão pode atingir toda a zona central do pé, na linha do arco plantar.

3.2.1.2 Determinação da temperatura interna do calçado

Para a realização deste teste, coloca-se uma pessoa a correr durante 30 minutos num tapete rolante e para realizar a determinação da temperatura interna do calçado avaliam-se os seguintes dois fatores: [14]

- A temperatura interna do calçado durante o uso.
- O controlo da humidade produzida pelo pé.

A temperatura interna é classificada como confortável, caso o forro apresente uma boa dissipação de humidade, que evidencia a absorção e permeabilidade do têxtil.

3.2.1.3 Determinação do índice de amortecimento do calçado

O amortecimento promovido pelo calçado depende do desempenho de três componentes situados na base do calçado, nomeadamente a sola, a entressola e a palmilha. A aplicação de diferentes materiais na construção destes componentes influencia o desempenho do índice de amortecimento. O componente que mais influencia o amortecimento e a absorção de choques é a sola, e é mais frequente ser produzida por duas vias que influenciam a seleção dos materiais, o couro (pré-fabricado) ou por injeção (borracha, termoplástico, PU,...). Uma comparação breve entre estas duas tipologias de solas evidencia que o couro é

mais duro, porém minimiza as irregularidades do solo, enquanto as solas injetadas apresentam maior maleabilidade e capacidade de absorção. Estas duas tipologias de solas apresentam diferentes índices de respirabilidade, devido às propriedades dos materiais que compõem a sola, como referencia, os materiais injetados apresentam um reduzido, ou mesmo ausente, índice de respirabilidade.

Existe uma grande variedade de materiais para solas injetadas que permitem obter diferentes propriedades físicas, mecânicas e ambientais: [16]

- Borracha natural
- Borracha natural I- borracha natural da árvore Hevea.
- SBR - Borracha sintética tradicional.
- Borracha nitrílica - Borracha resistente a combustível / óleo / solventes.
- Borracha nitrílica + Anti-estática - Borracha anti-estática.
- Borracha nitrílica + ESD - Borracha com proteção de descargas elétricas.
- Borracha nitrílica + Retardante de chama - Borracha retardadora de fogo.
- Borracha nitrílica + Anti-derrapante - Ever Grip® - Borracha anti-derrapante.
- Borracha de Neoprene - Proteção alargada + Resistente a chamas.
- PU - Material de conforto.
- PU+ESD - Conforto + proteção de descargas elétricas.
- PU+Cortiça - Conforto extra por adição de cortiça. Adequado para calçado ortopédico.
- SEBS - Steri-tech® - Esterilizável em autoclave. Adequado para ambientes clínicos.
- Termoplástico- TPU
- Termoplástico- TPU expandido
- Termoplástico- TR
- Termoplástico- TR expandido
- Termoplástico- TPR biodegradável
- Termoplástico- PVC
- EVA - Everlite®

A composição e o revestimento da palmilha também desempenha um papel importante no amortecimento e absorção de choques, que no âmbito deste estudo foi prestada especial atenção pelo facto de ser um componente onde é aplicado o têxtil com propriedades antibacteriano e que serve de apoio da planta do pé.

3.2.1.4 Índice de pronação do calcâneo durante a marcha

O pé permite diferentes tipos de movimentos devido à estrutura óssea que possui. Durante o crescimento, determinadas deformações ou lesões são provocadas pela má postura ou pela utilização de calçado que permitem desenvolver tais situações.

Os movimentos de inversão e eversão são possíveis para o pé, contudo a utilização de calçado que force os movimentos de inversão ou de eversão favorecem a deformação da estrutura óssea, designadas por pronação e supinação. Na Figura 8 encontram-se representados os três tipos de posição.

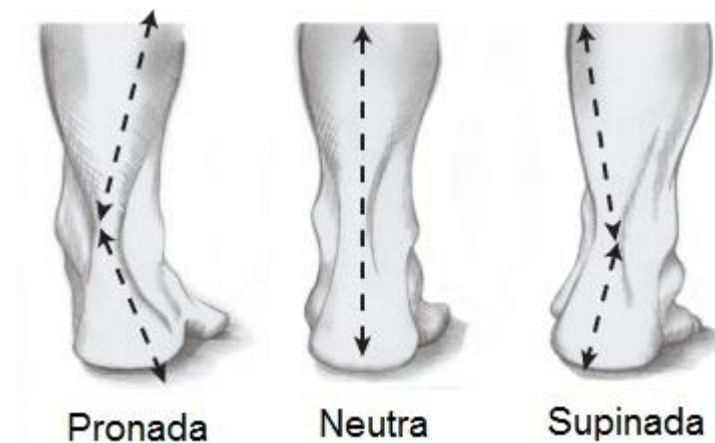


Fig. 10- Posições derivadas do alinhamento entre o calcâneo e a tibia. [17]

Durante a utilização de calçado que apresente reduzida qualidade favorece o desenvolvimento deste tipo de deformações, as mesmas podem também resultar de razões anatómicas, nomeadamente diferença de comprimento de perna, relaxamento dos ligamentos, fraqueza muscular ou tensão muscular.

A inclinação de pronação aumenta proporcionalmente com o aumento da velocidade da marcha. Este aumento da inclinação do calcâneo relativamente à tibia é provocado pelo aumento da pressão na zona do calcanhar, contudo o aumento de velocidade na marcha não evidencia o aumento de pressão na zona dos dedos [18].

4 Higienização do calçado

Os objetos com os quais o ser humano mais contacta diariamente são o vestuário, o calçado e a cama utilizada durante o sono. Os pés são a base de locomoção permanecendo grande parte do dia inseridos no interior do calçado, contexto este, que intensifica a probabilidade de contaminação e o desenvolvimento de colónias fúngicas e bacterianas. Os ambientes públicos como balneários, piscinas ou praias contêm uma larga diversidade de microrganismos, que por via direta ou indireta, acaba por entrar em contacto com o ser humano.

As necessidades do homem do século XXI impõem desenvolvimentos que otimizem a sua relação com o bem-estar, conforto, saúde, sustentabilidade e com o ecossistema a que diariamente está exposto e com o qual interage de forma íntima. São conceitos que associam um valor acrescentado aos produtos e ajudam o utilizador a formar uma ideia de qualidade, conforto, manutenção e durabilidade do calçado. O indivíduo contemporâneo está informado, valoriza e percebe a importância destes conceitos, que influenciam o seu bem-estar e determinam qual o impacto ambiental exercido pelo produto durante o seu ciclo de vida.

O calçado funciona como acessório imprescindível na locomoção e na indumentária do ser humano e um dos problemas mais difíceis de resolver é o controlo da proliferação de bactérias no seu interior. O tipo de calçado que utilizamos no nosso dia-a-dia constitui um elemento fundamental na manutenção do equilíbrio da flora microbiana da pele e conseqüentemente na saúde dos pés.

O desenvolvimento de uma solução que impeça o desenvolvimento de microrganismos para aplicação no revestimento interior e na palmilha do sapato é o objetivo principal. Pretende-se ainda, que o efeito não interfira na flora do utilizador, ou seja, que a “barreira” antibacteriana e/ou anti-sética desenvolvida desempenhe o seu papel sem prejuízo para o utilizador.

O desenvolvimento de microrganismos, no interior do calçado promove o desenvolvimento de doenças podológicas. Estima-se que 35%-40% da população europeia revela ou revelou doenças de incidência podológica, facto que evidencia a importância da higienização do calçado como preocupação quotidiana na vida de cada indivíduo.

As doenças podológicas ocorrem devido às condições criadas neste ambiente fechado, aconchegante,

escuro e húmido, que promovem o desenvolvimento destas colónias e acabam por causar no utilizador pele seca, vermelhidão, bolhas, prurido, descamação, micoses, pé de atleta ou verrugas. Estas doenças habituais e comuns podem-se tornar num problema mais sério, pois podem assumir consequências graves no ser humano, especialmente em pessoas diabéticas ou com o sistema imunológico debilitado.

No âmbito deste trabalho subjacente à apresentação da dissertação, pretende-se conferir vantagens efetivas no âmbito do conforto, saúde e ambiente para o utilizador de calçado. Conceitos que favorecem uma vantagem competitiva ao nível da qualidade, bem-estar e na durabilidade do produto.

4.1 Caracterização do microclima gerado durante a utilização

A principal função do calçado consiste em proteger o pé das variações climatéricas e das agressões durante a marcha. Neste contexto, o pé encontra-se isolado do contacto com o ambiente exterior, criando uma atmosfera fechada e escura, com temperatura estável e húmida devido à transpiração produzida pelo homem durante a sua utilização. Estas condições podem promover o crescimento de colónias de microrganismo e fomentar o desenvolvimento de doenças podológicas. O calçado é desenvolvido para ser o mais ajustado possível ao pé, tentando-se dessa forma otimizar o conforto durante a marcha. Por esta razão o pé está em constante contacto direto com o interior do calçado, composto na generalidade das situações por materiais têxteis ou couro.

4.1.1 Importância da respirabilidade dos materiais utilizados

No decurso da sua atividade, o corpo humano produz uma quantidade de energia que poderá ser maior ou menor, em função do tipo de atividade desenvolvida. Assim, durante o sono produz cerca de 80W de energia, podendo no entanto esse valor pode atingir os 1000W no caso de realização de exercício físico extremo. O excesso de calor gerado nestas situações deverá ser libertado para as vizinhanças do sistema, caso contrário o corpo entrará em hipertermia.

A libertação de energia para a vizinhança pode ser realizada por três diferentes vias: respiração, calor seco (radiação, convecção e condução) e evaporação. Em condições de temperatura baixa a moderada, a transferência de calor por evaporação ocorre na forma de perspiração insensível e representa cerca de 15% das perdas de calor através da pele. No caso de exercício físico intenso, ou quando submetidos condições

de temperatura mais elevadas (a partir dos 34-37°C), as perdas de calor por evaporação são acompanhadas por transpiração, originando a formação de um filme de água sobre a pele. Para que o utilizador do vestuário possa sentir-se confortável nessas condições, é necessário que o suor seja removido da superfície da pele, na forma líquida ou de vapor de água, garantindo dessa forma uma boa gestão de humidade, assegurando em simultâneo uma redução da temperatura corporal [19].

A passagem da água do estado líquido ao estado de vapor é um processo que consome energia. O processo de evaporação é um mecanismo fundamental para o arrefecimento em sistemas mecânicos e em sistemas biológicos. Porque razão transpiramos num dia quente ou quando fazemos exercício físico? Porque a energia consumida na evaporação do suor que geramos, consome energia e, dessa forma, o nosso corpo consegue transferir essa energia para a vizinhança, reduzindo a sua temperatura.

A transpiração constitui por isso um mecanismo essencial no arrefecimento do corpo humano quando submetido a temperaturas elevadas. Por essa razão, as propriedades dos materiais utilizados na fabricação do calçado, em especial os aplicados no revestimento do seu interior, assumem um papel preponderante na adequação do sapato às solicitações a que é submetido durante a sua utilização, devendo entre outras propriedades evidenciar uma boa permeabilidade ao vapor de água, garantindo dessa forma as condições indispensáveis a uma boa dissipação do calor gerado pelo organismo.

O revestimento interior do calçado pode ser definido como o material que cobre a superfície interna do sapato e que, em última análise, envolve e é a camada de material mais próxima do pé. A ausência de saliências que possam criar lesões por via da abrasão com a pele constitui outro dos principais requisitos a que estes materiais devem obedecer, que normalmente se alcança recobrando as suas costuras interiores. A utilização de materiais mais espessos também podem contribuir para proporcionar um maior conforto durante a sua utilização, dotando o sapato de um acolchoamento adicional. Deve no entanto garantir-se sempre que essa espessura acrescida do material não contribui de forma significativa para reduzir a sua permeabilidade ao vapor de água, fator que como já foi referido é essencial para atingir o equilíbrio térmico, especialmente em situações de atividade física intensa e de exposição a condições climatéricas especialmente quentes.

Em última análise, o interior do calçado funciona como um “recipiente”, no qual se deposita a transpiração que é rica em nutrientes e vai sendo gradualmente absorvida e evaporada pelos materiais que entram na

sua composição. Os materiais têxteis integram o grupo daqueles que são frequentemente aplicados no interior do calçado, sendo nesses casos normalmente compostos por fibras sintéticas. Esta escolha justifica-se pelo facto de possuírem resistência mecânica superior às fibras naturais e exibirem uma fraca capacidade de retenção de água, devido à sua reduzida hidrofiliidade, contribuindo dessa forma para aumentar a velocidade à qual a humidade é conduzida para as paredes externas do material e a partir daí evaporada.

A permeabilidade ao ar e ao vapor de água, o baixo teor de absorção de humidade, a resistência á tração e a solidez dos tintos, são assim aspetos determinantes que têm vindo a contribuir para o aumento da utilização de materiais têxteis sintéticos no interior do calçado. Apesar de menos propensas a serem degradadas por microrganismos, podem também ser submetidas a acabamentos funcionais destinados a eliminar ou inibir o desenvolvimento de microrganismos nestes meios, contribuindo dessa forma para melhorar a higienização do interior do sapato. Esta operação é geralmente efetuada durante o seu processo de fabrico, através da incorporação de compostos antimicrobianos na massa que vai originar as fibras durante o processo de extrusão. Pelo contrário, as fibras naturais e celulósicas encontram-se mais sujeitas ao ataque e desenvolvimento de microrganismos, pelo que a utilização deste tipo de acabamentos é ainda mais premente, uma vez que permite higienizar o meio e reduzir a probabilidade de degradação dos materiais.

4.2 Desenvolvimento de microrganismos

Os microrganismos presentes no interior do calçado são principalmente bactérias e fungos. As bactérias são organismos unicelulares que se desenvolvem rapidamente em ambientes quentes e húmidos e são classificadas como Gram-positivas e Gram-negativas em função das diferenças na estrutura das suas membranas celulares. No que concerne ao ser humano, as doenças ou infeções causadas por bactérias são mais comuns, contudo as de origem fúngica são mais graves.

O pé possui um elevado número de glândulas sudoríparas responsáveis pela libertação de suor, dependendo a quantidade libertada de fatores como a intensidade da atividade física e características genéticas específicas de cada indivíduo. O facto de o pé se encontrar totalmente envolvido pelo sapato, excluindo modelos abertos como sandálias e chinelos, dificulta a evaporação do suor libertado, criando no interior do calçado condições específicas de humidade e temperatura muito propícias ao desenvolvimento de microrganismos. Se a isto adicionarmos o facto de os produtos do suor constituírem uma fonte de alimento para a flora microbiana, o

problema assume ainda maior relevância, uma vez que a combinação destes fatores contribui para o aumento do número de colónias de microrganismos e da probabilidade do desenvolvimento de dermatófitos que podem originar o aparecimento de infeções na pele e também o aparecimento de maus odores característicos [20].

Existe uma relação direta entre a velocidade de desenvolvimento das colónias e a intensidade do odor, proporcionalmente, verifica-se que quanto mais ativo for o seu crescimento maior é a produção de odores. A longo prazo podem também ser visualizados sinais de descoloração e deterioração nos materiais têxteis que compõem o produto.

4.2.1 Identificação dos principais tipos de microrganismos encontrados no interior do calçado

As colónias de bactérias podem ser benignas ou prejudiciais, dependendo da estirpe, concentração e defesas imunológicas do portador. A relação entre as bactérias e os seres humanos está em constante evolução e existe um contínuo equilíbrio, pelo que, em muitos casos estas são benéficas à nossa sobrevivência. Exemplo disso é o nosso sistema digestivo que se encontra revestido por bactérias parasitas benignas que fornecem uma proteção vital contra outros microrganismos presentes no mesmo contexto e que seriam difíceis de combater de uma outra forma. No entanto, o equilíbrio natural entre o homem e o meio bacteriano é variável, complexo e está sujeito a uma contínua evolução de ambas as partes, o que torna difícil identificar o ponto de equilíbrio e de rutura.

Na pele humana encontram-se maioritariamente bactérias Gram-positivas, como as espécies *Staphylococcus*. As bactérias Gram-negativas, como a *Escherichia coli*, habitam principalmente no intestino grosso [21].

As bactérias mais comuns presentes no vestuário são as bactérias Gram positivas *Bacillus*, *Staphylococcus aureus*, *Methicillin-resistant staphylococcus Aureus (MRSA)*, *Enterococcus faecalis* e bactérias Gram negativas *Escherichia coli*, *Escherichia coliformes bacilo O-157*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Cladosporium herbarum* e *Saccharomyces cerevisiae* [22].

Os fungos são microrganismos com uma taxa de crescimento mais baixa e necessitam de humidade e luz solar para se desenvolverem. *Chaetomium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Memnoniella*,

Stachybotrys são alguns dos fungos presentes no vestuário e no interior do calçado [21].

4.2.2 Impacto do desenvolvimento de microrganismos na saúde e na percepção de conforto do utilizador

Numa análise breve, o desenvolvimento de microrganismos no interior do calçado, fomenta a sensação de desconforto e coloca em causa a saúde do utilizador. Este contexto permite desenvolver doenças podológicas comuns e, em determinados casos, como diabéticos, podem mesmo colocar em risco a vida do utilizador.

No interior do calçado é criado o ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos, devido à temperatura, à ausência de luz e funciona como recipiente. A estes fatores são adicionados outros, oferecidos pelo utilizador, como uma fonte de calor e nutrientes provenientes da sua transpiração.

O pé é a zona do corpo humano com mais glândulas sudoríparas, e os dois pés em conjunto, têm cerca de 250 mil. Porém, cada organismo tem um comportamento diferente relativamente ao índice de transpiração, estas glândulas produzem em cada pé cerca de 2 decilitros de suor por dia. Estes dados são contextualizados na atividade diária, sendo que um adulto pode efetuar em média 6.000 passos por dia e exercer atividades que podem elevar estes valores como a prática desportiva e exercício que o corpo absorve uma carga extra durante o período laboral [23].

A abundancia de nutrientes presentes no suor libertado pelos pés, são um catalisador no desenvolvimento de colónias de microrganismos.

Os primeiros sinais de atividade e crescimento de microrganismos é evidenciado pelo surgir de maus odores e pela sensação de desconforto provocado pela transpiração, com o conseqüente humedecimento dos revestimentos do calçado. Estes são os primeiros e comuns fatores que contribuem para uma sensação de mal-estar.

Para além do mal-estar causado numa fase inicial, o desenvolvimento destas colónias e o constante contacto com microrganismos favorece a manifestação de diversas patologias.

Entre as principais patologias que podem surgir nos pés durante o inverno, destaque para os eritemas pérmios ou frieiras, as unhas encravadas, as micoses (onicomicoses e dermatomicoses, respetivamente) e os calos e calosidades (helomas ou hiperqueratoses) provocados pela pressão dos saltos altos e/ou fricção

das frentes apertadas [24].

A Associação Portuguesa de Podologia realizou um estudo em Portugal em 2007, que evidenciou que 86% da população sofria de doenças nos pés.

Relativamente ao bem-estar e saúde infantil a Escola Superior de Saúde do Vale do Sousa (ESSVS) realizou um estudo podológico em crianças do norte de Portugal, com a colaboração dos alunos de mestrado do curso de Podiatria Infantil, e evidenciou que apenas 32% das crianças apresentam pés considerados normais. Foram analisadas cerca de mil crianças, com a média de idades de nove anos e concluiu-se que mais de 60% das crianças apresentavam alterações digitais e dedos em garra, 14% tinham alterações dérmicas ou ungueais e mais de 50% apresentavam pés assimétricos no seu apoio [25].

Estas patologias criam mal-estar e alteram as funções normais das articulações dos membros inferiores, coluna e cabeça.

Estima-se que 75% a 80% da população adulta tem algum tipo de problema no pé. No caso dos diabéticos, as simples e comuns patologias, podem provocar graves desenvolvimentos, sendo o mais drástico a amputação de membros.

A inadequação ou a utilização de fraca qualidade de calçado causa lesões podológicas, devido à introdução de materiais menos adequados, normas de fabrico deficientes ou seleção de calçado com tamanho inadequado para o utilizador,

Pesquisas demonstram que os problemas dos pés relacionados com o trabalho estão muitas vezes associados à inadequação e à fraca qualidade do calçado [26].

A perceção de conforto e o impacto que o desenvolvimento de microrganismos exerce na saúde e bem-estar do ser humano é significativo e a necessidade de otimizar aspetos que ajudem a minimizar esforços e favoreçam uma boa manutenção do pé e do produto. A utilização de materiais que minimizem este impacto na saúde e otimizem a uma sensação de bem-estar é um objetivo deste estudo e que a procura tende a aumentar devido às necessidades do utilizador. Um último fator que influenciará esta procura e diminuirá a relativização, com que a sociedade encara este problema, passa pela sensibilização junto da sociedade, por forma a tornar claro os riscos inerentes da má manutenção do pé

4.3 Formação de odores desagradáveis

O odor corporal resulta da combinação da atividade das glândulas sudoríparas da pele, da contaminação microbiana e do metabolismo do indivíduo. Determinados tipos de doenças como a diabetes, o tipo de alimentação, a ingestão de medicamentos e a utilização de produtos cosméticos e de higiene, podem também condicionar o tipo de odor corporal.

A formação de odores a partir do suor libertado pelas glândulas sudoríparas encontra-se diretamente associada à presença de microrganismos na pele. A maioria do suor forma-se nas denominadas glândulas sudoríparas écrinas, cerca de 2-3 milhões das quais se encontram distribuídas ao longo de todo o nosso corpo [27]. O suor produzido por estas glândulas pode ser descrito como sendo um líquido claro e quase inodoro, composto essencialmente por água (99%), que se evapora a partir da pele, permitindo o arrefecimento do corpo no decorrer desse processo. Constitui por isso um fator importante na regulação térmica do organismo, contribuindo também para aumentar a sensação de conforto do indivíduo [28].

Para além destas, existe ainda outro tipo de glândulas sudoríparas, as denominadas glândulas apócrinas, a partir das quais se liberta o suor responsável pela formação dos característicos odores desagradáveis associados à transpiração. Estas encontram-se ao lado das glândulas écrinas em várias partes do corpo, nos folículos pilosos das axilas, pálpebras, cavidades nasais e auditivas, em redor dos mamilos e nas regiões púbica e anal. No entanto, o suor recém-produzido libertado pelas glândulas apócrinas é absolutamente inodoro quando atinge a superfície da pele. Somente quando exposto à ação de certos microrganismos da flora da pele é que o seu odor mais ou menos desagradável se manifesta, com maior ou menor intensidade, em função entre outros fatores do número de bactérias presentes no meio.

A composição da flora da pele humana apresenta diferenças significativas entre as diversas regiões do corpo, e também de indivíduo para indivíduo, o que acaba por originar a formação de diferentes tipos de odores. Assim, verifica-se que o típico odor das axilas é substancialmente diferente do odor ligeiramente ácido da pele originado pelo suor écrino. No ambiente quente e húmido das axilas, os microrganismos encontram as condições ideais para se desenvolverem, criando-se o ambiente propício para a formação de intensos e característicos odores corporais, uma vez que a intensidade do odor é basicamente determinada pelo número de bactérias presentes. Também o tipo de bactérias existentes na pele constitui um fator determinante na formação do odor corporal.

4.3.1 Fatores que potenciam a formação de odores no calçado

O calçado é um produto particularmente vulnerável à contaminação e desenvolvimento de microrganismos. O contacto físico com o pé, a absorção de humidade resultante da transpiração e a temperatura do interior do calçado, onde o pé se encontra envolvido, são elementos potenciadores da proliferação microbiana.

Pesquisas recentes vieram demonstrar que as doenças dos pés são causadas principalmente por microrganismos. As crianças, pelo facto de se encontrarem em constante atividade física, acabam muitas vezes por libertar maiores quantidades de suor que os próprios adultos [29]. Em resultado disso, verifica-se normalmente uma maior proliferação de microrganismos em calçados infantis, os quais acabam por produzir odores indesejáveis e potenciar o desenvolvimento de vários tipos de doenças que podem afetar diretamente a saúde das crianças a nível físico e até psicológico [30].

Para diminuir a possibilidade de desenvolvimento de doenças de pele nos pés, eliminar o odor resultante da ação dos micro-organismos sobre o suor libertado e, em última análise, aumentar o conforto na utilização do calçado, torna-se imprescindível controlar o desenvolvimento de colónias de fungos e bactérias no interior dos sapatos [31]. Para atingir esse objetivo, é indispensável a criação de um ambiente limpo e saudável no seu interior, desempenhando o acabamento antimicrobiano do revestimento interior e da palmilha do sapato um papel fundamental na concretização desse objetivo [32].

4.3.2 Principais formas de combater a formação de odores

A redução da formação de maus odores pode ser conseguida através da redução da atividade microbiana e/ou através da redução da atividade das glândulas sudoríparas. O recurso a materiais têxteis com uma elevada taxa de eficiência na evaporação de humidade pode também contribuir de uma forma indireta para reduzir a intensidade do problema.

A utilização de materiais têxteis com propriedades antimicrobianas, pode contribuir para impedir a propagação de micro-organismos e mesmo para a eliminação dos já existentes, suprimindo por essa via um dos vetores fundamentais para a formação de maus odores. O mercado tem vindo a demonstrar um interesse crescente por este tipo de produtos, com especial incidência na área da tapeçaria, uma vez que este tipo de artigos são normalmente suspeitos de serem portadores de elevado número de microrganismos.

Para além destes, vários outros tipos de produtos têm também beneficiado da aplicação de tratamentos antimicrobianos, alguns deles difundidos em larga escala, por exemplo na área médica, na fabricação de filtros, na produção de artigos de decoração e em artigos de vestuário específicos, como meias.

Resumindo, os principais benefícios associados à utilização de acabamentos antimicrobianos são:

- Reduzem a degradação das propriedades mecânicas dos materiais que poderia resultar da ação destrutiva dos microrganismos sobre as fibras;
- Limitam de forma significativa a incidência de microrganismos sobre os materiais;
- Reduzem a formação de odores, como resultado da limitação da degradação microbiana da transpiração;
- Evitam a transferência e propagação de germes patogénicos.

Estes benefícios contribuem para responder de forma efetiva às necessidades que os utilizadores sentem no seu dia-a-dia, no que concerne ao bem-estar, conforto, funcionalidade e segurança proporcionados pelo calçado.

A respirabilidade dos materiais utilizados na fabricação do calçado e em especial dos materiais têxteis utilizados no seu revestimento interno e na construção da palmilha são também fundamentais no combate à formação de odores.

Como foi anteriormente referido, a presença de humidade constitui um fator fundamental para o desenvolvimento de colónias de microrganismos nos materiais têxteis, Por essa razão é absolutamente fundamental garantir que a humidade gerada pela libertação de suor é eficazmente transferida para o meio ambiente, sendo para isso imprescindível a utilização de materiais com uma boa permeabilidade ao vapor de água. A utilização de materiais com estas características contribui de igual forma para aumentar a sensação de conforto do utilizador, uma vez que a evaporação do suor constitui um mecanismo fundamental no processo de autorregulação da temperatura do corpo humano, especialmente quando exposto a ambientes quentes e húmidos.

5 Materiais têxteis com propriedades antimicrobianas

Por se encontrarem em contacto próximo e permanente com a pele, os materiais têxteis proporcionam um suporte ideal para a transferência de microrganismos a partir da pele, podendo esta ocorrer por contacto direto ou através do suor. Em condições normais, a presença de microrganismos na pele não apresenta problemas para a performance dos materiais têxteis, nem origina a formação de odores desagradáveis. No entanto, em condições favoráveis ao seu crescimento, os microrganismos multiplicam-se a elevada velocidade e a sua atividade metabólica pode conduzir à formação de odores, reduzir as propriedades mecânicas e induzir alterações de cor dos materiais têxteis.

A presença de elevados níveis de humidade contribui decisivamente para favorecer o crescimento de colónias de microrganismos. Por essa razão o suor constitui um meio de excelência para o seu desenvolvimento, uma vez que os seus constituintes funcionam como nutrientes, que uma vez digeridos originam a formação de resíduos com odores voláteis pungentes. [33]

5.1 Desenvolvimento de microrganismos nos materiais têxteis

O desenvolvimento de microrganismos nos materiais têxteis depende de fatores como a disponibilidade de nutrientes, a tipologia das fibras e as condições ambientais. As fibras naturais são as mais propensas ao desenvolvimento de microrganismos, devido à sua elevada hidrofiliidade. Pelo contrário, a reduzida hidrofiliidade das fibras sintéticas condiciona o seu desenvolvimento devido à reduzida capacidade de absorção de humidade. [21]

As fibras naturais encontram-se por isso mais expostas aos ataques por microrganismos do que as fibras sintéticas, apesar de também estas não estarem totalmente imunes à sua ação, a qual pode provocar a degradação e descoloração das fibras, com implicações não apenas ao nível da performance dos materiais mas também do ponto de vista estético.

O crescimento e a ação dos microrganismos sobre os materiais têxteis são normalmente evidenciados por sinais que as fibras começam gradualmente a apresentar, como a descoloração e o aparecimento de maus odores característicos. Dependendo do facto de se tratar de bactérias ou de fungos, os microrganismos

exibem distintos modos de ação, sendo que a ação das bactérias se encontra dependente dos níveis de humidade do meio. [21]

No que respeita ao utilizador, o contacto com estes microrganismos pode originar doenças, alergias e formação de maus odores. O tratamento antimicrobiano dos materiais têxteis permite reduzir a incidência destes problemas, contribuindo dessa forma para a sua higienização e para a saúde e bem-estar dos utilizadores desses materiais, protegendo-os em simultâneo de uma degradação precoce.

Uma vez que a absorção e retenção de humidade e suor pelas fibras têxteis favorecem o desenvolvimento de microrganismos, este problema torna-se especialmente premente no caso dos materiais têxteis aplicados no interior do calçado, dado o ambiente escuro, quente e húmido característico, onde se encontram submetidos.

5.2 Aplicação de acabamentos antimicrobianos nos materiais têxteis

O combate ao desenvolvimento de microrganismos nos materiais têxteis pode ser implementado atuando por duas vias distintas. A primeira consiste na utilização de fibras naturais que possuem propriedades antimicrobianas e/ou antissépticas intrínsecas. A segunda passa pelo controlo do desenvolvimento de microrganismos, através da criação de “barreiras” que limitam a proliferação das colónias de fungos e bactérias em fibras sem qualquer capacidade antimicrobiana intrínseca. Qualquer delas impede a ação e proliferação dos micro-organismos, reduzindo o potencial para a formação de maus odores e a ocorrência de problemas dermatológicos quando em contacto com a pele.

No caso dos materiais que não possuem atividade antimicrobiana intrínseca, a aplicação de acabamentos destinados à criação de “barreiras” que limitam a proliferação das colónias de microrganismos, realiza-se através da aplicação de agentes químicos com propriedades antimicrobianas, que impedem a sua proliferação e reduzem por essa via a ocorrência dos problemas anteriormente mencionados. Esta estratégia permite também melhorar a proteção do material têxtil contra o desgaste causado pelos fungos e bactérias, que em condições específicas podem conduzir a uma degradação significativa das propriedades mecânicas das fibras.

Esta abordagem pode ser concretizada de duas diferentes formas. A primeira consiste na produção de fibras não naturais às quais se adicionam agentes antimicrobianos no decorrer da sua produção (tratamento em

massa). A segunda passa pela aplicação de acabamentos antimicrobianos numa fase mais adiantada do processamento têxtil, normalmente após a produção dos tecidos ou malhas que serão utilizados no artigo final.

5.3 Requisitos exigidos a um acabamento antimicrobiano

O calçado apresenta um ambiente exigente do ponto de vista do controlo da atividade microbiana no seu interior, devido á grande disponibilidade de nutrientes no meio em questão e às condições ambientais específicas que se desenvolvem no seu interior. Contudo, a aplicação de agentes antimicrobianos deve ser doseada em função das necessidades, procurando-se sempre garantir que a utilização destes agentes é tão inofensiva quanto possível para o utilizador, assegurando que a flora e o organismo não são contaminados. Deve de igual forma prestar-se especial atenção ao processo de seleção dos agentes antimicrobianos a utilizar, procurando-se sempre que a escolha incida sobre aqueles que possam contribuir para minimizar o impacto ambiental do processo de aplicação e das operações destinadas à manutenção dos materiais ao longo da sua vida útil.[21]

Para além destes, existem outros requisitos que devem igualmente ser impostos nos processos de seleção e de fabrico, nomeadamente: [21]

- Aplicação fácil
- Compatibilidade com outros processos e acabamentos
- Baixo custo
- Ausência de influência nas propriedades das fibras
- Resistência à lavagem, limpeza a seco e à passagem a ferro
- Resistência às condições climáticas

5.4 Mecanismo de ação dos compostos antimicrobianos

Os compostos antimicrobianos podem eliminar ou controlar o desenvolvimento de colónias de microrganismos. Em função do seu mecanismo de atuação, podem ser classificados como agentes bacteriostáticos ou fungistáticos que inibem o crescimento e desenvolvimento de microrganismos, ou como bactericidas, biocidas ou fungicidas que eliminam os microrganismos sobre os quais atuam.

Os mecanismos de eliminação ou inibição produzidos pelos agentes antimicrobianos pode ser concretizados através de:

- Degradação da parede celular
- Inibição do seu metabolismo
- Alteração da permeabilidade da membrana citoplasmática
- Variação do estado físico e químico das proteínas e ácidos nucleicos
- Impedimento da ação enzimática [34]

Os agentes antimicrobianos podem também ser divididos em dois grupos, em função da sua capacidade de migração no material têxtil. No primeiro grupo incluem-se aqueles que atuam através de um mecanismo de libertação controlada que permite que o composto seja gradualmente libertado do interior ou da superfície das fibras, fazendo com que a sua ação se faça sentir nas fibras e na sua vizinhança. O segundo grupo é composto por agentes que estabelecem ligação química com as fibras, atuando assim, apenas na sua superfície.

O processo de libertação controlada permite que os agentes migrem da superfície da fibra para o seu exterior, o que faz com que a sua função se faça sentir na superfície da fibra e no ambiente envolvente. A migração dos agentes comporta no entanto algumas desvantagens relacionadas com a diminuição da concentração de agente antimicrobiano no material e consequente diminuição da durabilidade do efeito. A libertação do composto pode também levar à sua absorção por parte da pele, com possíveis efeitos secundários na saúde e no bem-estar do utilizador. Este mecanismo de atuação pode igualmente originar o aparecimento de estirpes multirresistentes, devido à mutação e seleção dos microrganismos. No caso de interferir com a flora da pele pode também fomentar o desenvolvimento de alergias, irritações e outros efeitos indesejáveis.

Relativamente aos agentes antimicrobianos que estão ligados quimicamente às fibras, exercem a sua ação na fibra, não existindo neste caso, a migração dos agentes para o ambiente envolvente. Desta forma, o risco de contaminação e de ocorrência de algum tipo de ação sobre a flora humana é mais reduzido que no caso anterior. Na perspetiva da durabilidade do tratamento, o modo de ação por ligação química salvaguarda a sua funcionalidade durante todo o ciclo de vida da fibra têxtil.

5.5 Compostos antimicrobianos e fibras bioativas comercialmente disponíveis

A literatura disponível descreve um vasto conjunto de agentes antimicrobianos com aplicação têxtil disponíveis no mercado, nomeadamente antibióticos, formaldeído, metais pesados (prata, cobre, sais metálicos), compostos organometálicos, fenóis, cloroamina, peróxido de hidrogénio, iodeto, ozono, compostos quaternários de amónio, e organosiloxanos. [35]

Uma parte significativa destes funciona por libertação controlada, permitindo a sua migração para a superfície das fibras e para as suas vizinhanças. Entre os compostos que atuam por esta via podemos citar os sais quaternários de amónio e os iões de prata. Os restantes encontram-se imobilizados na superfície das fibras, exercendo o seu efeito através de contacto direto com os microrganismos. Os derivados de siloxano constituem um exemplo de agentes antimicrobianos que atuam por esta via.

Existe também já disponível no mercado um vasto conjunto de fibras de origem não natural, com propriedades antimicrobianas intrínsecas, nas quais foram introduzidos agentes antibacterianos no decorrer da sua produção. A oferta deste tipo de fibras tem vindo a aumentar face à procura crescente deste tipo de produto, o que tem vindo a fomentar o aumento da oferta por parte dos produtores.

Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se listagens de compostos microbianos e fibras bioativas comercialmente disponíveis no mercado.

Tabela 1- Compostos antimicrobianos disponíveis comercialmente [35].

Compostos	Nome comercial	Fornecedor
Siloxano quaternário	<i>Aegis Microbe Shield®</i>	<i>Aegis Environments Bioshield Technologies</i>
Triclosano e outros	<i>Irgaguard® Sanitized® Microban®</i>	<i>Ciba Clariant Microban Products Co</i>
Zeólito de prata	<i>AgION™</i>	<i>AgION Technologies</i>
PHMA- Cloridrato de Poli (hexametileno biguanina)	<i>Reputex 20</i>	<i>Avecia Ltd.</i>
Diodo-metilp-tolilsulfona	<i>Diodometyl-p-tolylsulfone</i>	<i>Dow chemical</i>
N-Halaminas	<i>Halosource N-Halamines</i>	<i>Halosource Co.</i>
Triclosano, Diodometilp-tolilsulfona, isotiazolonas, Compostos de	<i>Ultrafresh®</i>	<i>Thomson Research Associates</i>

Tabela 2- Fibras antibacterianas disponíveis comercialmente [36].

Fibra	Nome comercial	Fornecedor
Viscose	<i>Lenzing Viscosa</i> <i>Miley</i> <i>Crabiyon</i> <i>SanitizedTPL89-07</i>	<i>Lenzing</i> <i>Daiwabo Rayon</i> <i>Omikenshi</i> <i>Sanitized AG</i>
Modal	<i>Modalfresh</i> <i>Chitopoly</i>	<i>Lenzing</i> <i>Fuji</i>
Acetato	<i>Silfresh</i> <i>Microsafe</i>	<i>Novaceta</i> <i>Celanese</i>
Poliéster	<i>Trevira Bioactive</i> <i>Terital Saniwear</i> <i>Bacterbril</i> <i>Livefresh-P-Neo</i> <i>Wellcare</i> <i>Allerban</i> <i>Bactershield</i>	<i>Trevira</i> <i>Montefibre</i> <i>Brilen</i> <i>Kanebo</i> <i>Wellman</i> <i>Dupont</i> <i>sinterama</i>
Poliacrílica	<i>Amicor</i> <i>Biofresh</i>	<i>Accordis</i> <i>Sterling</i>
Poliamida	<i>Livefresh-N-Neo</i> <i>R-Stat</i> <i>Meryl Skinlife</i> <i>X-Static</i> <i>Trimbrelle</i> <i>Anso IV Halofresh</i>	<i>Kanebo</i> <i>Nylstar</i> <i>Nylstar</i> <i>Dupont</i> <i>TWD</i> <i>Allied Chemical</i>
Polipropileno Policloreto de vinilo	<i>Gymlene</i> <i>Permafresh</i> <i>Asota AM Sanitary</i> <i>AM Microstop</i> <i>Trofil</i> <i>Rhovy'sas Antibacterial</i>	<i>Drake Extrusion</i> <i>Plasticisers</i> <i>Asota</i> <i>Coville</i> <i>Meraklon</i> <i>Societé Rhovyl</i>
Celulose regenerada (Lyocell)	<i>Sea Cell Activated</i>	<i>Zimmer AG</i>

5.6 Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana nos materiais têxteis

A percepção relativamente à eficácia do agente antibacteriano, é assegurado pelos métodos de avaliação específicos, descritos na tabela 3.

Tabela 3- Métodos de Avaliação da Atividade Antimicrobiana [35].

Método	Designação do teste	Descrição
Difusão em agar (teste qualitativo)	<i>AATCC 147-1998</i>	<i>Antibacterial Activity of textile Materials: Parallel Streak Method</i>
	<i>AATCC 30-1999</i>	<i>Antifungal Activity, Assessment on Textile Materials: Mildew and Rot resistance of Textile materials</i>
	<i>AATCC 90-1982</i>	<i>Antibacterial activity of fabrics, detection of: Agar plate method</i>
	<i>AATCC 174-1993</i>	<i>Antimicrobial Activity assesement of carpets</i>
	<i>SN 195920-1992</i>	<i>Textile fabrics: Determination of the antibacterial activity: Agar Diffusion plate test</i>
	<i>SN 195921-1992</i>	<i>Textile fabrics: Determination of the antimycotic activity: Agar diffusion plate test</i>
	<i>SN 1902-1998</i>	<i>Testing Method for antibacterial of textiles</i>
Contagem (teste quantitativo)	<i>AATCC 100-1999</i>	<i>Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of</i>
	<i>SN 195924-1983</i>	<i>Textile Fabrics: Determination of the antibacterial activity: Germ count method</i>
	<i>XPG 39-010-2000</i>	<i>Properties of Textiles-Textiles and polymeric surfaces having antibacterial properties. Characterization and measurement of antibacterial activity</i>
“Fouling Tests, soil burial test”	<i>JISZ2911-1992</i>	<i>Methods of test for fungus resistance</i>
	<i>ISO 846-1997</i>	<i>Plastics-Evaluation of the action of microorganisms</i>
	<i>ISO 117721-1-2001</i>	<i>Textiles-Determination of resistance of cellulose containing</i>
Novos testes	<i>ISOTC38WG 23</i>	<i>Testing for antibacterial activity</i>
	<i>CENTC248WG 13</i>	<i>Textiles-Determination of the antibacterial activity- Agar plate diffusion test</i>

6 Fatores a considerar na seleção dos materiais têxteis a utilizar

O revestimento interior do calçado envolve o pé e pode ser dividido em duas partes fundamentais, o forro e a palmilha. A primeira cobre a superfície superior do pé, enquanto a segunda protege toda a superfície plantar, encontrando-se as duas em contacto permanente com o pé durante a utilização do calçado, estática ou em marcha. As questões relacionadas com a higienização e conforto do calçado permitem que o revestimento destas duas superfícies, assumam uma função especialmente importante, dadas as condições ambientais criadas no seu interior durante a respetiva utilização.

Como já foi descrito, trata-se de um ambiente fechado, escuro, húmido e rico em nutrientes, que potencia o desenvolvimento de colónias de microrganismos. Por esta razão, os materiais utilizados no desenvolvimento deste tipo de revestimentos devem criar as condições necessárias para um controlo efetivo da atividade microbiana no interior do sapato. Dessa forma contribuirão para melhorar a sua higienização, através da redução da probabilidade de formação de odores desagradáveis e da ocorrência de doenças da pele resultantes do contacto do pé com estes meios. A ação antimicrobiana fornece uma proteção ao nível da proteção dos próprios materiais, uma vez que a presença de colónias de microrganismos pode degradá-los e alterar a sua cor.

A eliminação da humidade proveniente da libertação de suor é também fundamental para alcançar este objetivo, dada a íntima relação existente entre o teor de humidade presente no meio e o desenvolvimento de colónias de microrganismos. É por isso importante garantir que os materiais utilizados no revestimento do forro e da palmilha do sapato possuem uma boa capacidade de absorção e transporte da humidade gerada pelo pé, bem como uma boa permeabilidade ao vapor de água, de forma a permitir a sua transferência para as camadas exteriores do material e a partir daí a sua evaporação.

Para além de contribuir para melhorar a higienização do interior do sapato, estas características contribuirão de igual forma para assegurar um bom funcionamento dos mecanismos de autorregulação da temperatura corporal, ajudando dessa forma a melhorar a sensação de conforto durante a utilização do calçado. Convém lembrar que em condições normais, o pé de um indivíduo adulto com um tipo de atividade típica considerada típica, gera cerca de 219 ml de suor por dia, podendo este valor chegar aos 100 ml por hora numa situação de atividade física intensa [37]. Caso esta humidade não seja eliminada do meio por qualquer

um dos mecanismos anteriormente descritos (evaporação ou capilaridade), produzir-se-á inevitavelmente uma sensação de desconforto sensorial e termofisiológico, criando-se em simultâneo, condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos.

As propriedades superficiais dos materiais a utilizar neste tipo de revestimentos revelam-se também muito importantes na caracterização do conforto sensorial. Dada a sua constituição, os materiais têxteis não são totalmente homogêneos e lisos, pelo que a sua superfície contribui para lhes conferir algum grau de aspereza, que se manifesta sempre que a nossa pele entra em contacto com eles. O coeficiente de atrito dos dois materiais em contacto, neste caso dois materiais têxteis no caso de o utilizador utilizar meias ou o material têxtil e a pele no caso contrário, permite concluir acerca da maior ou menor rugosidade dos materiais e do toque mais ou menos agradável que proporcionam quando lhes tocamos. De igual forma dar-nos-á uma indicação da possibilidade de desenvolvimento de ações abrasivas intensas que possam conduzir à formação de lesões na pele, derivadas do contacto com os materiais de revestimento do sapato.

A composição dos materiais utilizados revela-se também importante na sensação de “quente-frio”, o denominado “toque térmico”, que experienciámos quando tocamos na sua superfície. Na generalidade das situações, quando tocamos outros materiais, nomeadamente materiais têxteis, estes encontram-se a uma temperatura inferior à temperatura da pele. Nessa situação verifica-se uma transferência de calor por condução, do nosso corpo (mais quente) para o material que tocamos (mais frio), dependendo a velocidade a que ela ocorre, da condutividade térmica do material em questão. Essa transferência continuará até que os dois corpos em contato atinjam a mesma temperatura, ou seja, atinjam o equilíbrio térmico. Quanto mais rapidamente se processar essa transferência de calor, ou seja, quanto maior a condutividade térmica do material com que contactamos, maior a sensação de frio que esse material nos transmitirá. Uma vez que as transferências de calor por condução ocorrem através da área de contato entre os dois corpos, esta assume um papel importante na determinação do tempo necessário para que os dois corpos atinjam o equilíbrio térmico.

Uma outra sensação cuja intensidade se encontra intimamente relacionada com a área de contacto entre o corpo humano e os materiais têxteis é o desconforto que resulta do contacto com materiais têxteis humedecidos com suor. Dependendo da sua morfologia que lhes pode conferir uma superfície mais ou menos homogênea, os materiais tendem nesse estado a colar-se ao corpo, provocando uma sensação de incómodo e irritação e prejudicando também o denominado conforto sensorial.

A condutividade térmica dos materiais têxteis revela-se também fundamental nas questões relacionadas com o conforto termofisiológico, uma vez que um dos mecanismos envolvidos na termorregulação da temperatura corporal é a transferência de calor por condução. Assim, quanto maior a condutividade dos materiais utilizados, mais rapidamente se transferirá energia do corpo a mais baixa temperatura para o corpo a temperatura mais elevada.

É igualmente importante que os materiais utilizados na construção do forro e da palmilha contribuam para melhorar a capacidade de acolchoamento do sapato. O forro é construído pela sobreposição e costura de peças, e deve-se garantir que essa sobreposição não provoque variações de espessura na silhueta de cada peça, garantindo a ausência de variações de espessura na superfície do forro. Caso tal não aconteça, poderá ocorrer a formação de pontos ou zonas de abrasão, favorecendo o desenvolvimento de lesões ou ferimentos.

6.1 Principais critérios a aplicar no processo de seleção de materiais

Partindo das propriedades dos materiais têxteis anteriormente identificadas como importantes para a criação das condições necessárias a uma boa higienização do calçado e para a criação de índices de conforto considerados adequados, foi selecionado um conjunto de ensaios de controlo de qualidade a realizar nos materiais a desenvolver, tendo em vista, aferir o seu desempenho relativamente às suas propriedades.

Assim, os materiais desenvolvidos serão submetidos a um conjunto de ensaios de controlo de qualidade que visam avaliar as seguintes propriedades:

- Capacidade de acolchoamento
- Propriedades térmicas
 - Condutividade térmica
 - Resistência térmica
 - Absortividade térmica
- Permeabilidade ao vapor de água
- Permeabilidade ao ar
- Transporte de humidade (Capilaridade)
- Coeficiente de atrito
- Atividade antimicrobiana

6.1.1 Capacidade de acolchoamento

A capacidade de acolchoamento da palmilha favorece uma melhor adaptação da base plantar do pé ao sapato, permitindo em simultâneo a absorção de choques resultantes da marcha ou da realização de outras atividades mais exigentes do ponto de vista mecânico. Estas constituem as funções base de uma palmilha comum acolchoada, contudo a utilização de palmilhas ortopédicas permite também corrigir ou atenuar deformidades específicas da estrutura óssea e respetivas articulações do pé, como a pronação, supinação, pé raso, pé boto e dedos em garra. Estas palmilhas desenvolvidas especificamente para cada uma destas patologias ajudam a “deformar”, a longo prazo, para a sua posição normal e permitem a minimizar esforços provocados por estas deformações.

A conceção da palmilha deve obedecer à dinâmica de distribuição de diferentes pressões na superfície plantar do pé, através da aplicação de diferentes espessuras e utilização de diferentes materiais, de forma a otimizar o desempenho em zonas de elevada pressão, como é o caso da zona do calcâneo. Esta abordagem favorece a distribuição homogénea da pressão na superfície plantar e evita o desenvolvimento de lesões, alterações de movimentos durante a marcha e formação de calosidades que conduzem a desconforto do utilizador.

As palmilhas de acabamento são formadas por duas partes, base e revestimento. A base funciona como molde da área plantar do pé, permitindo a sua adaptação ao sapato e o amortecimento de choques. Os materiais mais utilizados para obter estes requisitos são:

- Cortiça
- Feltro
- EVA
- Poliuretano
- Polietileno
- Borracha
- Latex
- Silicone

A seleção do material a utilizar na sua construção depende do tipo de atividade, modelo de calçado e grau

de respirabilidade exigido. A cortiça é o material que revela melhores desempenhos ao nível da absorção de humidade e respirabilidade, exibindo contudo menor capacidade de amortecimento de choques.

O revestimento da região da palmilha em contacto com o pé é muitas vezes feito pela aplicação de materiais têxteis. Nestes casos, o tipo de fibra selecionada não se revela particularmente importante. No entanto, a utilização de estruturas têxteis mais espessas e mais densas poderá contribuir para melhorar a sua capacidade de acolchoamento e conseqüentemente os índices de conforto proporcionado ao utilizador durante a marcha.

6.1.2 Propriedades térmicas

6.1.2.1 Condutividade térmica

A condutividade térmica constitui uma propriedade fundamental dos materiais, uma vez que define as transferências de calor que podem ocorrer através deles. Para além da sua própria constituição, a grandeza desta propriedade pode ser influenciada pelo seu peso por unidade de superfície, pela sua espessura e pelo volume de ar que a estrutura do material consegue reter no seu interior. Este fator é especialmente importante, uma vez que o ar possui uma condutividade térmica muito baixa ($\lambda_{ar} = 0.025 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$), transferindo por isso uma quantidade de energia por unidade de tempo muito reduzida, quando comparada com outros materiais, como por exemplo os metais. Assim, podemos dizer que quanto maior a quantidade de ar retida pelo material no seu interior, maior será a capacidade de isolamento térmico que o mesmo terá.

6.1.2.2 Resistência térmica

A resistência térmica de um material pode ser definida como a capacidade do mesmo em resistir à ocorrência de trocas de calor através dele. Na realidade, para um mesmo material, verifica-se que existe uma relação inversa entre a sua resistência térmica e a sua respetiva condutividade térmica. Assim, um material com uma boa condutividade térmica terá conseqüentemente uma reduzida resistência térmica e vice-versa.

Se quando expostos a baixas temperaturas utilizarmos vestuário produzido com materiais com reduzida resistência térmica, a transferência de energia do nosso corpo (temperatura mais elevada) para o exterior

(temperatura mais baixa) ocorrerá facilmente, induzindo uma sensação de frio no nosso organismo. Se pelo contrário o material possuir uma elevada resistência térmica, essa transferência de calor ocorrerá a uma taxa mais lenta, reduzindo o desconforto associado à perda de calor.

6.1.2.3 Absortividade térmica

A absortividade térmica constitui uma medida objetiva da sensação de quente-frio proporcionada pelos materiais, estando intimamente relacionada com as características da sua superfície [40]. Podemos portanto afirmar que o primeiro contacto com um material pode transmitir-nos uma sensação de quente ou de frio, em função da sua absortividade térmica. Assim, se a absortividade térmica de um material for elevada, sentiremos que esse material está frio quando nele tocamos pela primeira vez, resultando essa sensação de uma elevada absorção de energia por contacto com o nosso corpo mais aquecido.

6.1.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água fornece-nos uma indicação da maior ou menor facilidade com que o vapor de água resultante da denominada perspiração insensível produzida pelo nosso organismo atravessa o material têxtil.

Baixos índices de permeabilidade ao vapor de água, indiciam maiores dificuldades em fazer passar para o exterior do material a humidade resultante da atividade metabólica do organismo, levando a que a mesma se acumule na pele e nas camadas mais internas do material, criando dessa forma uma sensação de desconforto. Para dois materiais produzidos com o mesmo tipo de matéria-prima, esta propriedade é habitualmente inversamente proporcional à espessura desses materiais, pelo que a permeabilidade ao vapor de água será tanto maior quanto menor for a respetiva espessura. [38]

6.1.4 Permeabilidade ao ar

A permeabilidade ao ar é uma das propriedades mais importantes dos materiais, do ponto de vista da sua higienização, uma vez que determina o fluxo de gases que se pode estabelecer entre o corpo humano e o meio ambiente, estando por isso dela dependente a maior ou menor facilidade com que se processam as trocas de gases entre o corpo humano o meio ambiente [39]

Os índices de permeabilidade ao ar dos materiais encontra-se essencialmente relacionada com a porosidade do material, sendo também importante também ter em atenção o facto de a capacidade de isolamento térmico dos materiais depender em grande parte da extensão desta propriedade.

6.1.5 Transporte de humidade

O transporte de humidade nos materiais fibrosos pode ser visto como resultando do fluxo espontâneo de um líquido através de um substrato poroso, promovido por forças de capilaridade. Para que este fenómeno possa ocorrer, é no entanto necessário que o líquido possa ser inicialmente absorvido pelo material. Assim, se um dado material não tiver capacidade de absorver um determinado líquido, o segundo não poderá ser transportado através do primeiro, como resultado da ação das forças de capilaridade anteriormente referidas.

No caso dos materiais têxteis, este mecanismo de absorção e transporte de humidade revela-se de extrema importância, dado o seu contributo na eliminação do suor produzido pelo organismo e as consequências que daí resultam do ponto de vista do conforto do utilizador dos materiais e da sua própria higienização [40].

6.1.6 Coeficiente de atrito

O atrito pode ser visto como o resultado de forças tangenciais que se opõem ao movimento relativo de dois corpos, quando um deles desliza sobre o outro. A grandeza dessas forças pode ser traduzida através do coeficiente de atrito (dinâmico ou estático), sendo esta uma grandeza adimensional e característica de uma par de materiais, não podendo por isso ser considerada uma propriedade intrínseca do material.

No caso da pele humana, o coeficiente de atrito é condicionado pelo tipo e propriedades do material que com ela contacta (sólido, macio, material fibroso, etc.) e pelas condições fisiológicas manifestadas pela pele no momento em que se estabelece o contacto, nomeadamente o grau de hidratação e de matérias gordas que apresenta na sua superfície [41].

Uma vez que a pele humana se encontra em contacto permanente com materiais têxteis durante grande parte do dia, o coeficiente de atrito entre o material têxtil e a pele assume especial importância na definição do conforto sensorial por eles proporcionado, dada a sua relação com forças de corte que se estabelecem

entre as duas superfícies (pele e material têxtil) que, se excessivas, poderão em última análise conduzir à formação de lesões na pele.

Sabe-se também que o coeficiente de atrito entre os materiais têxteis e a pele aumenta à medida que o teor de humidade das fibras também cresce, aumentando dessa forma a probabilidade de formação de lesões da pele resultantes das forças de fricção que se vão acumulando. Este facto realça ainda mais a importância de os materiais têxteis possuírem uma boa capacidade de gestão de humidade que permita a eliminação do suor gerado pelo organismo.

6.1.7 Atividade antimicrobiana

A utilização de fibras e acabamentos com propriedades antimicrobianas constitui uma tendência inovadora que tem vindo a ser aplicada a diversos produtos de vestuário interior e meias. Esta tendência tem-se manifestado também ao nível da produção de materiais têxteis para calçado, uma vez que o seu interior apresenta um ambiente com condições ideais para o desenvolvimento de colónias de microrganismos.

O controlo de microrganismos no calçado permite assegurar a higienização deste habitáculo, que envolve e está em contato com o pé durante longos períodos de tempo. A higienização do interior do calçado contribui também para a diminuição da produção de maus odores e minimiza o risco de desenvolvimento de infeções dermatológicas, bem como, previne a deterioração dos próprios materiais, que pode conduzir a problemas funcionais (diminuição da elasticidade e tenacidade), higiénicos (desenvolvimento de mofo e odores desagradáveis) e estéticos, como a descoloração.

O controlo da atividade microbiana desempenha por isso um papel importante na perceção de conforto que o produto proporciona., existindo atualmente várias marcas com diferentes tipos de produtos com propriedades antimicrobianas, antifúngica e anti odor. Na pesquisa efetuada foi também possível encontrar diversas soluções e aplicações destas propriedades nos materiais têxteis.

A oferta de fibras com propriedades antimicrobianas, por parte dos produtores têxteis, permitiu que marcas do sector do vestuário e acessórios as aplicassem nos seus produtos. O calçado não constitui exceção e pela pesquisa efetuada, constatou-se que existe no mercado diferentes tipos de fibras com propriedades antibacterianas, aplicadas e comercializadas em forro de calçado. No ano 2000, a utilização de têxteis com propriedades antibacterianas aplicados nos forros de calçado correspondia a 9%, na Europa [36].

7 Desenvolvimento experimental

Identificadas as principais propriedades dos materiais a utilizar no revestimento do interior do calçado e das palmilhas, avançou-se para a construção de alguns protótipos que foram posteriormente submetidos a um conjunto de ensaios de controlo de qualidade destinados a avaliar a sua adequação aos objetivos inicialmente definidos.

Numa primeira fase procedeu-se à seleção das matérias-primas a utilizar e das estruturas têxteis a desenvolver, partindo-se de seguida para a produção de alguns protótipos que foram então submetidos ao processo de avaliação.

7.1 Seleção das matérias-primas

No processo de seleção das matérias-primas foram inicialmente consideradas propriedades como a hidrofiliidade e sua influência no processo de gestão de humidade dos materiais, resistência mecânica e atividade antimicrobiana patenteada pelas diversas fibras têxteis disponíveis no mercado.

No que concerne à hidrofiliidade, procurou-se encontrar soluções que garantissem uma adequada gestão da humidade dos materiais que viessem a ser produzidos, sendo que nesse caso é especialmente importante que a capacidade de absorção de humidade das fibras não seja nem muito alta nem muito baixa. Partindo deste princípio, entendeu-se que nenhuma das fibras têxteis não modificadas, comercialmente disponíveis, possuía no seu estado natural as propriedades consideradas adequadas ao tipo de aplicação que se pretendia desenvolver.

Essa conclusão resulta do facto de as fibras naturais e artificiais possuírem uma capacidade de absorção e retenção de humidade relativamente elevada, consequência do tipo de ligações que estabelecem com as moléculas de água, o que dificulta o processo de remoção e evaporação do suor produzido pelo organismo. Por seu lado, as fibras sintéticas não modificadas apresentam propriedades opostas, uma vez que possuem uma capacidade de absorção e retenção de humidade extremamente diminuta, dado o seu carácter fortemente hidrofóbico. Este facto inviabiliza a criação de forças de capilaridade em extensão adequada a um bom transporte de humidade, do interior do material em contacto com o corpo para o seu exterior, dificultando também por essa via a eliminação do suor produzido pelo organismo.

Relativamente à resistência mecânica dos materiais, a mesma estará obviamente fortemente dependente da resistência mecânica das próprias fibras que os constituem, sendo que neste caso as fibras sintéticas apresentam regra geral propriedades mecânicas mais interessantes que as fibras naturais e artificiais.

Salvo raras exceções, as fibras têxteis não modificadas comercialmente disponíveis, não exibem atividade antimicrobiana, estando para esse efeito dependentes da aplicação posterior de acabamentos que lhes confirmam essa propriedade. O bambu constitui no entanto uma das raras exceções a esta regra, uma vez que possui atividade antimicrobiana intrínseca como o demonstram alguns estudos publicados. No entanto, existem também outros autores que defendem que essa atividade antimicrobiana é inexistente ou muito reduzida [42].

No que se refere às fibras sintéticas, estas não manifestam atividade antimicrobiana no seu estado natural, podendo no entanto ser modificadas no sentido de passarem a exibir essa propriedade. É assim comum encontrarmos fibras sintéticas como por exemplo o poliéster, às quais foram adicionadas compostos com atividade antimicrobiana, como por exemplo sais de prata, durante a sua produção. As fibras podem também ser submetidas a tratamentos posteriores, habitualmente no decorrer dos acabamentos têxteis, com reagentes com atividade antimicrobiana que a elas ficam ligados, podendo dessa forma dizer-se que se trata também nesse caso de fibras com propriedades antimicrobianas. Essa hipótese pode ser desenvolvida que nas fibras sintéticas quer nas naturais e artificiais.

Existem no entanto diferenças fundamentais no que se refere à durabilidade do efeito antimicrobiano num e noutro caso, sendo a mesma muito superior no caso das fibras sintéticas com adição dos compostos antimicrobianos no decorrer da sua fabricação. Essa situação deve-se ao facto de nesses casos a ligação entre o agente e a fibra ser muito mais sólida, dado o facto de para além de eventuais ligações química entre o reagente e a fibra estarmos também na presença de um mecanismo de retenção mecânica que mantém os compostos aprisionados na fibra. Este comportamento é também importante por dificultar a saída do composto ativo das fibras, impedindo dessa forma a sua passagem para o meio ambiente, restringindo a sua ação à superfície das fibras e reduzindo a possibilidade de ser absorvido pela pele.

Confrontados com as propriedades que acabamos de descrever, optou-se por trabalhar com misturas de fibras naturais, artificiais e sintéticas, por se entender que dessa forma será possível produzir materiais com boa capacidade de gestão de humidade, boa resistência mecânica e atividade antimicrobiana adequada. Assim, optou-se por recorrer à utilização de fibras de poliéster, algodão e bambu, para com elas produzir as estruturas têxteis utilizadas no âmbito deste trabalho. No caso do poliéster optou-se por trabalhar com poliéster não modificado e com poliéster bioativo ("*Trevira bioactive*"), sendo que este exibe atividade antimicrobiana, resultantes da inclusão de iões de prata no decorrer da sua fabricação, que em contacto com os microrganismos inibem o seu crescimento (Fig. 11).

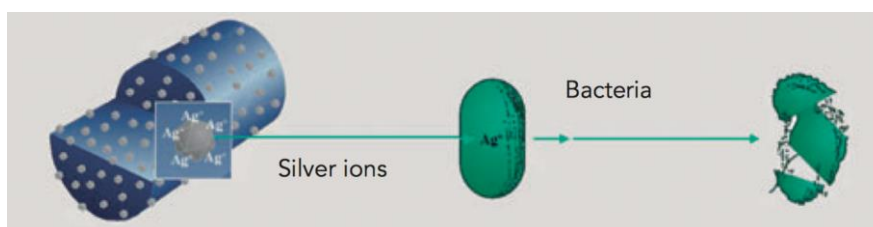


Fig. 11 – Ação das fibras de *Trevira bioactive* sobre os microrganismos [43].

7.2 Seleção do tipo de estruturas têxteis produzidas

Uma vez selecionadas as fibras, procedeu-se à seleção do tipo de estrutura considerada mais adequada para ser utilizada no revestimento do interior do sapato e da palmilha, em função dos requisitos e propriedades anteriormente identificados.

Do estudo inicialmente desenvolvido e anteriormente explanado, concluiu-se acerca da importância da respirabilidade e da capacidade de acolchoamento adicional que os materiais utilizados na produção destes revestimento devem proporcionar, tendo esses dois fatores sido considerados fundamentais para se atingirem os níveis de conforto e higienização pretendidos para este tipo de aplicação.

Foi também anteriormente referido que a respirabilidade dos materiais têxteis e consequentemente a sua permeabilidade ao ar e ao vapor de água, se encontram muito dependentes da sua porosidade, verificando-se que para um mesmo tipo de material, a sua permeabilidade será tanto menor quanto maior for a sua espessura, ou seja, o espaço a percorrer pelo ar e pelo vapor de água no caminho que os transporta da face interior para a face exterior do material e vice-versa.

Já a capacidade de proporcionar um maior acolchoamento do pé no interior do sapato, está intimamente

ligada à espessura e estrutura do material de revestimento utilizado. Como já foi referido, este é também um fator importante do ponto de vista da sensação de conforto transmitido ao utilizador e do ponto de vista da diminuição do risco de formação de lesões da pele. Materiais com essa capacidade de acolchoamento adicional, permitem uma maior proteção do pé, evitando o contacto direto com regiões mais irregulares da superfície interior do sapato, que poderiam conduzir à formação de lesões por ação das forças de fricção que se poderiam desenvolver durante a sua utilização.

Facilmente se depreende portanto que estamos neste caso perante interesses claramente antagónicos. Por um lado pretendemos utilizar materiais mais espessos, para dessa forma conferir mais conforto e proteção ao pé. Por outro, essa espessura adicional pode contribuir para reduzir a respirabilidade do material, ao reduzir a sua permeabilidade ao ar e ao vapor de água, aumentando a sensação de desconforto e a probabilidade de desenvolvimento de microrganismos no interior do sapato.

Perante este cenário, optou-se por recorrer à produção de estruturas têxteis tricotadas tipo “sandwich”. Esta escolha deveu-se ao facto de este tipo de estrutura permitir a fabricação de materiais com uma espessura e resiliência que pode favorecer o conforto e melhorar a proteção do pé, apresentando no entanto uma construção suficientemente porosa para permitir que a sua respirabilidade não seja significativamente degradada. Essa situação seria difícil de conseguir no caso de se recorrer à produção de outros tipos de estruturas com a mesma espessura frequentemente utilizadas neste tipo de revestimentos, como por exemplo os tecidos e os não-tecidos.

7.2.1 Composição das estruturas têxteis produzidas

Uma vez decidido o tipo de matéria-prima a utilizar e o tipo de estrutura têxtil a produzir, avançou-se para a sua concretização. Para tal recorreu-se à utilização de fios constituídos pelas fibras selecionadas (algodão, bambu, poliéster e poliéster bioativo), com as características descritas na tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização dos fios utilizados

Fio	Composição	Título (Tex)
1	Algodão	19,7
2	Bambu	24,6
3	Poliéster	19,7
4	Poliéster bioativo	49,2

A utilização de fios com diferentes títulos, permite mais facilmente ajustar a percentagem relativa de cada uma das fibras na frente, verso e fios de ligação dos materiais produzidos, obtendo-se assim diferentes combinações e percentagens de fibras com supostas propriedades antimicrobianas, em cada uma das regiões do material. Com a utilização destes fios foi também possível reproduzir estruturas com diferentes espessuras, no sentido de avaliar a importância deste parâmetro na respirabilidade dos materiais a desenvolver. Assim, partindo dos fios anteriormente descritos, foram produzidas 8 amostras com as composições descritas na tabela 5.

Tabela 5 – Composição e distribuição dos fios nas amostras de malha produzidas

Amostra	Fibras	Nº de fios		
		Face A	Ligação	Face B
1	Algodão			2
	Bambu			
	Poliéster			
	Poliéster bioativo	1	1	
2	Algodão		2	2
	Bambu			
	Poliéster			
	Poliéster bioativo	1		
3	Algodão	1		
	Bambu		2	2
	Poliéster	1		
	Poliéster bioativo			
4	Algodão		2	
	Bambu	2		
	Poliéster			2
	Poliéster bioativo			
5	Algodão			
	Bambu	2	2	
	Poliéster			2
	Poliéster bioativo			
6	Algodão			
	Bambu	2		
	Poliéster		2	2
	Poliéster bioativo			
7	Algodão		1	2
	Bambu		1	
	Poliéster			
	Poliéster bioativo	1		
8	Algodão			2
	Bambu		2	
	Poliéster			
	Poliéster bioativo	1		

7.3 Produção das estruturas têxteis selecionadas










As 8 amostras de estruturas tricotadas tipo “sandwich” anteriormente referidas e descritas na tabela 5, foram produzidas num tear retilíneo Stoll-320TC, equipado com um jogo 10. Na bancada da frente do tear foi produzida a face A da estrutura, a qual corresponde ao direito técnico da malha, tendo a face B, correspondente ao avesso técnico da malha, sido produzida na bancada de trás do tear.
















A informação relativa ao tipo e número de fios inseridos em cada um dos alimentadores do tear encontra-se também descrita na tabela 6.

7.3.1 Estruturas produzidas

Abaixo, na tabela 6 encontram-se representadas as várias estruturas produzidas e testadas no âmbito do presente trabalho.

Tabela 6 - Descrição das amostras produzidas.

Amostra	Debuxo	Direito técnico	Avesso técnico
1			
2			
3			

4			
5			
6			
7			
8			

7.4 Caracterização das estruturas têxteis produzidas

7.4.1 Caracterização básica das estruturas produzidas

As amostras produzidas foram caracterizadas determinando-se para cada uma as propriedades descritas na tabela 7, nomeadamente o comprimento da laçada, a massa ou superfície por unidade de área, a espessura e a densidade aparente.

Todos os testes conducentes à obtenção dos resultados apresentados foram realizados após acondicionamento prévio das amostras em condições atmosféricas normalizadas (temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e humidade relativa de $65 \pm 2\%$), de acordo com as condições expressas pela norma ISO 139:1973.

Tabela 7 – Caracterização básica dos materiais têxteis produzidos

Amostra	Massa por unidade de área (gm⁻²)	Espessura (mm)	Densidade aparente (gcm⁻³)
1	475,50	3,29	0,145
2	465,70	2,85	0,163
3	294,47	2,60	0,113
4	267,83	2,24	0,120
5	273,16	2,24	0,122
6	260,12	2,37	0,110
7	297,01	2,49	0,119
8	324,37	2,54	0,128

7.5 Permeabilidade ao ar

A avaliação desta propriedade permite perceber o desempenho do material no que se refere à passagem de ar através da sua estrutura. Esta depende da estrutura que o material têxtil apresenta e em última análise do tamanho e distribuição dos espaçamentos entre as fibras e entre os fios. Esta propriedade dos materiais têxteis é fundamental na regulação das transferências de calor por convecção entre o corpo humano e o meio ambiente.

A permeabilidade ao ar pode ser descrita como a taxa de fluxo de ar que atravessa perpendicularmente uma área conhecida do material em avaliação, quando o mesmo se encontra submetido a um diferencial de pressão de ar fixado entre a frente e o avesso do material.

A avaliação desta propriedade foi realizada de acordo com os procedimentos descritos na norma NP EN ISO9237:1997, aplicando uma pressão de 100 Pa e utilizando uma área da superfície de ensaio de 20 cm². O equipamento utilizado foi o Textest FX 3300 Air Permeability Tester. O cálculo da permeabilidade ao ar foi efetuado da seguinte forma:

$$R=q_v/A \times 167 \text{ (mm/s)}$$

Onde:

- R – Permeabilidade ao ar (mm/s);
- q_v – Valor médio da velocidade que atravessa o material (L/min);
- A – Área do provete ensaiado (cm²);

Tabela 8 – Resultados dos ensaios da permeabilidade ao ar

Amostra	Permeabilidade ao ar (Lm⁻²s⁻¹)
1	1237
2	1174
3	2397
4	2425
5	2847
6	2984
7	2019
8	2209

A realização deste ensaio permite perceber a relação entre o índice de permeabilidade ao ar, a espessura e a densidade relativa dos materiais. Facilmente se constata pela análise dos resultados que as amostras com maior permeabilidade ao ar são aquelas que apresentam menor espessura, tal como se pode verificar pelos resultados obtidos para as amostras 4, 5 e 6.

A densidade aparente do material revela-se também importante na definição desta propriedade. Se analisarmos os resultados das amostras 1 e 2, veremos que apesar da amostra 1 apresentar uma espessura superior à da amostra 2, a sua permeabilidade ao ar é também superior. Este resultado pode explicar-se pela menor densidade aparente da amostra 1 que indicia a retenção de um maior volume de ar no seu interior, resultante de uma estrutura mais aberta e mais porosa que a estrutura da amostra 2.

7.6 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água é afetada pelo tipo de matéria-prima utilizada na construção dos

materiais têxteis e pela sua estrutura.

A passagem de vapor através dos materiais têxteis pressupõe a ocorrência de dois tipos de fenômenos, difusão e absorção-dessorção. A difusão do vapor de água através do material têxtil ocorre assim por duas vias, por simples difusão através dos espaços de ar existentes entre as fibras e entre os fios e também ao longo das próprias fibras.

A um gradiente de concentração específico, a taxa de difusão através do material têxtil depende essencialmente da sua porosidade e da difusividade do vapor de água nas fibras, sendo que esta aumenta com o aumento da taxa de recuperação de humidade das fibras em questão. De igual forma, a capacidade de transporte de humidade através de processos de absorção-dessorção também aumenta com o aumento da higroscopicidade do material.

A avaliação desta propriedade foi realizada experimentalmente, de acordo com os procedimentos descritos na norma BS 7209:1990.

Tabela 9 - Resultados do ensaio da permeabilidade ao vapor de água

Amostra	Índice de permeabilidade ao vapor de água (I)
1	86,37
2	88,92
3	93,74
4	98,55
5	100,48
6	104,01
7	95,77
8	97,96

Os resultados obtidos das amostras evidenciam a importância da espessura dos materiais na extensão da sua permeabilidade ao vapor de água. Assim, verifica-se que a permeabilidade ao vapor de água é tanto maior quanto menor é a espessura da amostra, independentemente da sua constituição. No conjunto, das amostras testadas, as amostras 4, 5 e 6 são aquelas que têm a menor espessura e também aquelas que apresentam um maior índice de permeabilidade ao vapor de água. Pelo contrário, a amostra 1, apresenta

a maior espessura de entre todas as amostras testadas e o seu índice de permeabilidade ao vapor de água é também o mais reduzido.

7.7 Coeficiente de atrito

O coeficiente de atrito constitui uma das propriedades a considerar no processo de avaliação dos materiais têxteis, em especial quando os mesmos se destinam à produção de artigos de vestuário. Também no caso dos materiais têxteis destinados ao revestimento interior dos sapatos e das palmilhas, esta propriedade assume um papel preponderante. Assim, devem procurar-se materiais cujo coeficiente de atrito não seja demasiado elevado, para que não criem sensações de desconforto, dada a estreita relação entre esta propriedade e o toque dos materiais, nem demasiado baixo, de forma a garantir que o pé não fica apoiado numa base demasiado escorregadia que poderá originar também algum desconforto durante a marcha.

Na a avaliação deste parâmetro recorreu-se à utilização do equipamento Frictorq, tendo os ensaios efetuados com vista à determinação do coeficiente de atrito cinético, sido realizados de acordo com as regras definidas pelo procedimento interno da Universidade do Minho, para a realização deste tipo de ensaios.

Dado tratar-se de uma propriedade superficial do material e uma vez que as duas faces de cada uma das amostras produzidas possuem constituição diferente, os ensaios realizados foram efetuados sobre cada uma delas, encontrando-se os resultados obtidos -se descritos na tabela 10.

Tabela 10 - Coeficiente de atrito

Amostra	$\mu_{\text{cinético}}$	
	Face A	Face B
1	0,3543	0,3251
2	0,3111	0,3682
3	0,3748	0,3824
4	0,3540	0,3922
5	0,3457	0,3777
6	0,4025	0,3854
7	0,4402	0,4016
8	0,4836	0,4703

Com base nos valores obtidos não é possível retirar conclusões acerca da existência de uma relação direta

entre o posicionamento de cada uma das fibras numa das faces do material e o valor obtido para esta propriedade. Assim, pode daqui inferir-se que, neste caso, mais importante que o tipo de fibra que se situa em cada uma das superfícies, será a textura que o material apresenta em cada uma das faces.

Pode no entanto concluir-se que os resultados indiciam coeficientes de atrito que se situam numa gama de valores que embora não permitindo classificá-los como característicos de materiais macios, também não contribuirão para provocar uma sensação de desconforto durante a utilização, nem para promover a possível formação de lesões da pele durante a sua utilização. Esse atrito ligeiramente acima do considerado ideal para materiais macios, pode no entanto revelar-se neste caso especialmente útil, ao contribuir para evitar um deslizamento excessivo do pé no interior do sapato durante a marcha, contribuindo dessa forma para melhorar o conforto, através da criação de uma base de sustentação estável durante o ato de caminhar.

7.8 Propriedades térmicas

A avaliação das propriedades térmicas dos materiais produzidos foi efetuada recorrendo à utilização do equipamento Alambeta, tendo os ensaios sido executados de acordo com a norma ISO EN 31092-1994. No âmbito do estudo realizado foram avaliados a condutividade térmica, resistência térmica e absorvidade térmica das várias amostra produzidas.

7.8.1 Condutividade térmica

Como foi anteriormente enunciado, a condutividade térmica de um material expressa a quantidade de calor que flui através dele, por unidade de comprimento, para uma variação de temperatura de 1 K, de acordo com a seguinte equação.

$$\lambda = q * h / \Delta T \text{ (} \mathbf{wm^{-1}K^{-1}} \text{)}$$

Onde:

- λ - Condutividade térmica ($\mathbf{Wm^{-1}K^{-1}}$);
- q - Intensidade do fluxo térmico ($\mathbf{Wm^{-2}}$);
- h – Espessura do material (m)
- ΔT - Diferença de temperatura entre as duas superfícies do material (K)

Os valores de condutividade térmica obtidos para as várias amostras encontram-se representados na tabela 11 e no gráfico 1. Pela sua análise pode-se concluir que a amostra 2 é aquela que apresenta a condutividade térmica mais elevada, seguida das amostras 1, 7 e 3.

Tabela 11 – Condutividade térmica das malhas produzidas

	Amostra							
	1	2	3	4	5	6	7	8
λ ($\times 10^{-3}$) $Wm^{-1}K^{-1}$	47,54	52,24	45,35	43,38	41,46	41,34	45,52	44,73

A condutividade térmica é uma propriedade intrínseca dos materiais, que depende essencialmente da sua composição. Se analisarmos as condutividades térmicas dos diversos tipos de fibras utilizados no decorrer do presente trabalho, veremos que o poliéster apresenta a maior condutividade térmica ($\lambda=0.140 Wm^{-1}K^{-1}$), seguido do algodão ($\lambda=0.071 Wm^{-1}K^{-1}$) e do bambu ($\lambda=0.054-0.07 Wm^{-1}K^{-1}$).

O pressuposto anteriormente enunciado pode também aplicar-se ao caso dos materiais têxteis, devendo no entanto neste caso dar-se especial atenção ao facto de se tratar de materiais com características especiais, que permitem reter no seu interior volumes de ar superiores àquilo que acontece na maioria dos outros materiais. Esta questão assume especial relevo pelo facto de o ar possuir uma condutividade térmica muito baixa, na ordem de $0.025 Wm^{-1}K^{-1}$, pelo que quanto maior o volume de ar que as estruturas têxteis conseguirem reter no seu interior, maior será o isolamento térmico por elas proporcionado. Assim, podemos concluir que no caso dos materiais têxteis, a sua condutividade térmica será ditada não apenas pela sua composição mas também pelo volume de ar que conseguem reter no seu interior.

Analisando agora a condutividade térmica das várias amostras produzidas, em função da respetiva densidade aparente, concluímos que as amostras 2 e 1 são aquelas que possuem uma maior densidade aparente e também as que possuem maior condutividade térmica. A explicação para estes resultados deve-se ao facto de a densidade aparente estar diretamente relacionada com o maior ou menor volume de ar que os materiais podem reter na sua estrutura, sendo este tanto maior quanto menor a sua densidade aparente. Esta relação aparece expressa no gráfico 1, onde podemos ver que de uma forma geral, a linha de tendência da condutividade térmica dos materiais acompanha a linha de tendência da respetiva densidade aparente.

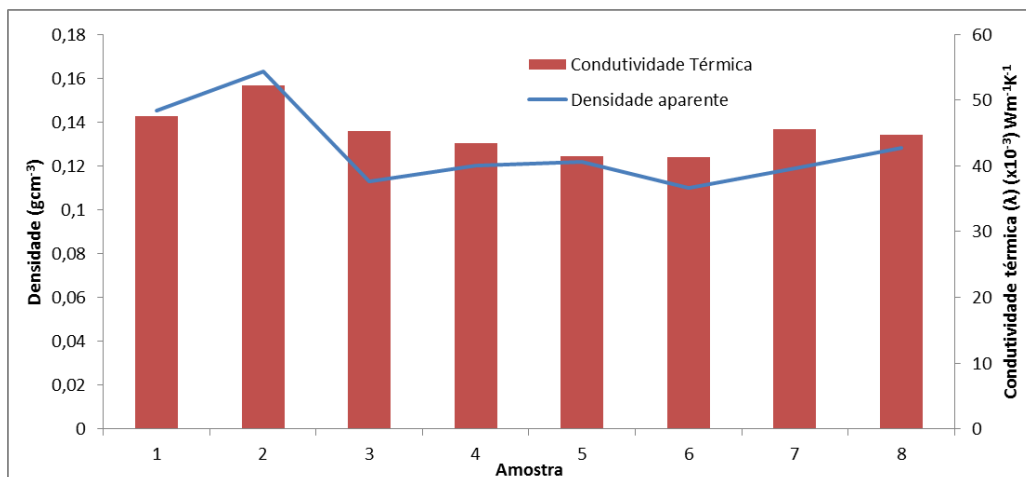


Gráfico 1 – Relação entre a condutividade térmica e a respetiva densidade aparente

Assim, será de esperar que materiais com densidade aparente mais baixa apresentem condutividades térmicas também inferiores, devido ao facto de o volume de ar retido no seu interior atuar como um material isolante, dada a sua baixa condutividade térmica. No caso dos materiais com densidade aparente mais elevada, a condutividade térmica será superior devido à menor quantidade de ar retida nos seus pontos, proporcionando por isso menor isolamento térmico, uma vez que a condutividade térmica das fibras constituintes é superior à do ar.

7.8.2 Resistência térmica

A resistência térmica fornece uma indicação acerca do isolamento térmico proporcionado por um determinado material, sendo por isso uma medida inversamente proporcional à condutividade térmica. Em materiais secos ou com muito pouco teor de humidade, esta grandeza essencialmente da espessura do material e em menor extensão do tipo de estrutura e da condutividade das fibras que a constituem.

A sua relação com a espessura do material pode ser expressa da seguinte forma:

$$r = \sigma \lambda \text{ (m}^2\text{KW}^{-1}\text{)}$$

Onde:

- r – Resistência térmica do material
- σ – Espessura do material
- λ – Condutividade térmica do material

Os resultados obtidos experimentalmente e apresentados na tabela 12 confirmam esta relação, sendo a resistência térmica máxima registada a da amostra 1, que corresponde de igual forma à amostra com maior espessura. De igual forma se confirma que as amostras com menor espessura, nomeadamente as amostras 4 e 5 são também aquelas que apresentam menor resistência térmica.

Tabela 12 - Resistência térmica

	Amostra							
	1	2	3	4	5	6	7	8
r (x10⁻³) m²KW⁻¹	65,12	54,71	57,25	51,68	54,45	57,19	54,74	56,67

O gráfico 2 permite confirmar esta relação existente entre a espessura do material e a resistência térmica por ele exibida, podendo verificar-se que de uma forma geral, sempre que a espessura aumenta, o mesmo acontece com a resistência térmica e vice-versa.

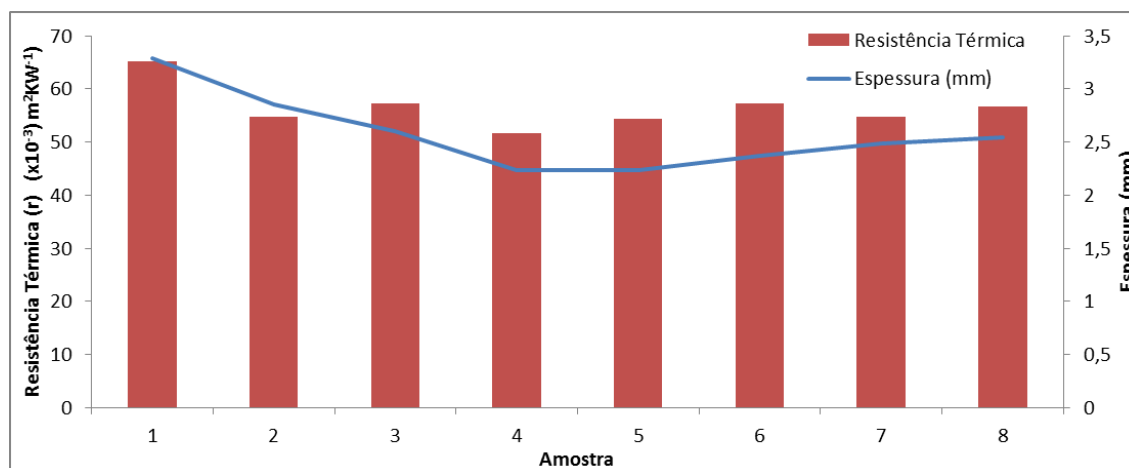


Gráfico 2- Relação entre a resistência térmica e a espessura do material

7.8.3 Absortividade térmica

A absortividade térmica de um material traduz a medição objetiva da sensação quente-frio por ele fornecida material quando nele tocamos. Se o valor desta propriedade for elevado, isso indicia que quando a nossa pele contacta com o material, encontrando-se este a uma temperatura inferior à nossa temperatura corporal, sentiremos uma sensação de frio, resultante de uma elevada taxa de transmissão de calor do nosso corpo

(mais quente) para o material (mais frio). Se o valor da absorvidade térmica for baixo, isso significa que o material fornecerá uma sensação de quente quando nele tocamos. O valor desta propriedade é calculado através da seguinte equação:

$$b = \sqrt{\lambda \rho c} \quad (Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1})$$

Onde:

- **b** - Absorvidade térmica ($Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}$);
- **λ** - Condutividade térmica ($Wm^{-1}K^{-1}$)
- **ρ** - Massa específica [$Kg\ m^{-3}$]
- **c** – Calor específico [J/Kg^1K^1]

Sendo a absorvidade térmica uma propriedade superficial do material [43] e tendo a maior parte das amostras produzidas constituições diferentes em cada uma das faces, optou-se neste caso por medir o valor desta propriedade em cada uma das faces do material.

Tabela 13 – Absorvidade térmica

Amostra	Face	Fibras	b ($Ws^{1/2}m^{-2}K^{-1}$)
1	Direito técnico	PES bioativo	85,02
	Averso técnico	CO	86,44
2	Direito técnico	PES bioativo	102,78
	Averso técnico	CO	94,96
3	Direito técnico	PES/CO	78,2
	Averso técnico	Bambu	90,74
4	Direito técnico	Bambu	90,56
	Averso técnico	PES	75,08
5	Direito técnico	Bambu	84,28
	Averso técnico	PES	73,32
6	Direito técnico	Bambu	73,62
	Averso técnico	PES	67,12
7	Direito técnico	PES bioativo	78,6
	Averso técnico	CO	77,42
8	Direito técnico	PES bioativo	74,94
	Averso técnico	CO	78,54

Estando a absorvidade térmica diretamente relacionada com as propriedades térmicas do material e com

a área de contacto por ele proporcionado, será necessário ter em consideração estes dois fatores na avaliação dos resultados. Assim, podemos constatar pelos resultados apresentados que a amostra 2 será aquela que exibe maior valor de absorvidade quer na face A quer na face B. Estes valores poderão explicar-se pelo facto de ser esta a amostra com maior densidade aparente e logo com menor porosidade, aumentando por essa razão a superfície real de contacto com outros materiais. Desta forma a transferência de energia por condução ocorrerá de forma mais rápida, induzindo uma maior sensação de frio.

7.9 Capilaridade

Pretende-se com a realização deste teste avaliar a capacidade de transporte de humidade dos materiais têxteis através da sua estrutura.

A capilaridade pode ser vista como uma propriedade dos materiais têxteis que resulta do fluxo capilar dos líquidos através dos materiais. A sua extensão depende das características das fibras que compõem o material, das propriedades do líquido que flui através dele e das tensões interfaciais que se estabelecem entre os dois. O transporte de líquidos nos substratos têxteis pode ser provocado pelas tensões capilares e pelas tensões externas formadas, podendo ocorrer quando um líquido é inicialmente absorvido pelo material fibroso e de seguida se dispersa nos espaços capilares entre as fibras.

A capacidade de gestão de humidade dos materiais têxteis é extremamente importante na definição do conforto termofisiológico do corpo humano, estando diretamente associada aos fenómenos de transferência de humidade (no estado líquido ou gasoso) que ocorrem através do vestuário, quer no sentido da pele para o meio ambiente, quer em sentido inverso. Uma eficaz gestão de humidade é absolutamente fundamental, para que se consiga manter o corpo seco e sem a sensação de desconforto característica do contacto da pele com materiais têxteis humedecidos.

Neste contexto, a estrutura dos materiais, as propriedades das fibras que os constituem e a eventual presença de acabamentos químicos ou físicos, constituem fatores determinantes na definição da extensão dos fenómenos de difusão do fluido que podem ocorrer através dos materiais. Vários estudos realizados demonstram que os materiais constituídos por fibras naturais apresentam regra geral maior capacidade de absorção de líquidos e conseqüentemente maior capilaridade.

A avaliação da capilaridade vertical dos vários materiais produzidos no âmbito deste estudo foi realizada de acordo com o procedimento interno do laboratório de Física Têxtil do Departamento de Engenharia Têxtil da

Universidade do Minho.

Os resultados obtidos para as várias amostras encontram-se registados no gráfico 3, verificando-se que aquelas que melhor comportamento apresentam a este nível são as amostras 3 e 5. Os resultados patenteados por estas amostras estão diretamente relacionados com a elevada percentagem relativa de fibras de bambu na sua composição e com a sua intrínseca elevada capacidade de absorção de humidade, que se situa na ordem dos 14,5%, bastante superior a qualquer uma das outras fibras utilizadas na produção das várias amostras. Tal como se pode constatar pela consulta da tabela 5, trata-se das amostras com maior percentagem relativa de bambu, sendo este facto especialmente importante pela estreita relação existente entre a capilaridade e a capacidade de absorção de humidade das fibras.

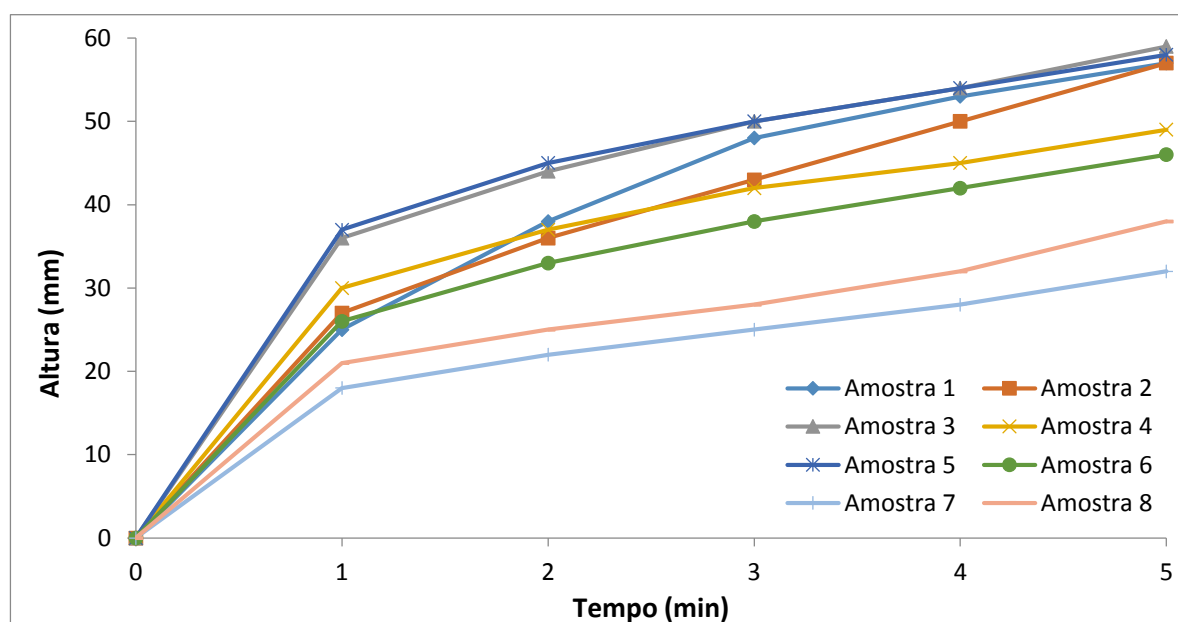


Gráfico 3 – Resultados da avaliação da capilaridade

7.10 Atividade antimicrobiana

Tal como já foi anteriormente referido, o processo de seleção das fibras utilizadas na produção das várias amostras que foram alvo de estudo ao longo deste projeto, teve em consideração a necessidade de utilização de fibras com propriedades antimicrobianas intrínsecas. Essa necessidade prende-se com o facto de o controlo da atividade antimicrobiana e do desenvolvimento de colónias de microrganismos no interior dos sapatos, ser essencial na definição do conforto e higienização que os materiais proporcionam durante a sua utilização.

Nesse sentido, selecionaram-se duas fibras cujas características descritas na literatura disponível indiciavam a capacidade de controlar o desenvolvimento de colónias de microrganismos, nomeadamente o poliéster bioativo (*Trevira bioactive*) e o bambu. Se no primeiro caso a informação disponível é consensual na eficácia da sua ação neste campo, já em relação ao bambu a informação disponível é inconclusiva, existindo autores que referem a eficácia da sua ação no controlo da atividade microbiana e outros que referem uma ação muito reduzida ou praticamente inexistente a este nível. Apesar disso, optou-se pela sua utilização na produção dos materiais desenvolvidos, dada a sua natureza celulósica que pode ser vantajosa a outros níveis, nomeadamente no que se refere à gestão de humidade do microambiente criado no interior dos sapatos. No entanto, dadas as dúvidas relacionadas com a questão da atividade antimicrobiana destas fibras, decidiu-se desde logo que seria necessário avaliar a sua ação neste domínio.

Assim, e na impossibilidade técnica de desenvolver a caracterização dos materiais produzidos ao nível da atividade antimicrobiana nos laboratórios do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, recorreu-se a um laboratório externo no sentido de realizar essa avaliação. Os estudos qualitativos preliminares já realizados confirmam a existência de alguma atividade antimicrobiana nas amostras em cuja composição se encontra o poliéster bioativo, revelando no entanto resultados inconclusivos em relação a outras, em especial no que se refere às amostras em cuja composição podemos encontrar o bambu. Por essa razão prossegue neste momento uma avaliação mais pormenorizada dos referidos materiais que infelizmente não está ainda concluída no momento da escrita deste relatório. Seguir-se-á também uma avaliação quantitativa da atividade antimicrobiana das várias amostras produzidas.

Apesar das dificuldades encontrada, foi no entanto possível comprovar a possibilidade de desenvolver materiais têxteis com a capacidade de controlar a atividade microbiana no interior dos sapatos, fator considerado essencial neste tipo de materiais pelas razões já anteriormente descritas.

8 Conclusões e perspectivas futuras

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir-se pela existência de um conjunto de relações entre determinadas propriedades. Assim verifica-se por exemplo que a espessura dos materiais que está intimamente associada à sua permeabilidade ao vapor de água e à permeabilidade ao ar, verificando-se que quanto maior for a primeira menores serão as segundas.

Também a densidade aparente evidenciou uma relação direta com a condutividade térmica de cada amostra, sendo que quanto maior a densidade aparente da respetiva amostra, maior condutividade esta apresenta. Esta relação depende da densidade aparente da amostra que é influenciada pela capacidade da fibra reter ar dentro de si. Quanto mais ar a fibra conseguir reter maior será a sua densidade aparente, esta característica da fibra funciona como “barreira” térmica entre o exterior e o utilizador. A espessura da amostra influencia diretamente a sua resistência térmica.

Segundo os testes realizados verificamos que as amostras 4, 5 e 6, apresentam bons desempenhos quanto à permeabilidade ao ar e ao vapor de água, contudo a resistência térmica é baixa. Pelo contrário a amostra 2 apresenta uma baixa permeabilidade ao ar e ao vapor de água e com razoável resistência térmica.

No contexto em que a sua aplicação é o interior do calçado, as propriedades mais relevantes nos têxteis são a permeabilidade ao ar, a permeabilidade ao vapor de água, a capilaridade e a sua resistência térmica. O coeficiente de atrito tem um papel relevante devido aos elevados índices de pressão e abrasão a que o têxtil irá estar sujeito neste ambiente. Quanto ao acolchoamento, esta é uma propriedade que poderá ser compensada por outros materiais que compõem a palmilha.

Assim, na conclusão deste estudo, as amostras 3 e 5 são as que apresentam bons desempenhos quanto à capilaridade, à permeabilidade ao ar e ao vapor de água, estas propriedades são prioritárias, dados os requisitos do ambiente interior do calçado. Os resultados, mesmo não sendo os melhores em determinados testes, acabam por estabelecer o melhor compromisso dentro dos objetivos do presente estudo. A capacidade de resistência térmica da amostra 5 apresenta um índice mais baixo. A amostra 3 tem um melhor desempenho ao nível do acolchoamento, contudo esta não é uma propriedade determinante comparativamente à resistência térmica. Contudo, estas amostras contêm na sua composição o bambu e ausência de poliéster bioativo, Assim esta seleção é válida se existir atividade antimicrobiana, caso contrário a amostra 7 será a selecionada.

8.1 Perspetivas futuras

No futuro pretende-se dar seguimento à consolidação dos resultados relativamente à atividade microbiana das amostras avaliadas por um laboratório externo. É necessário quantificar e identificar as amostras com melhor performance e estabelecer uma relação final com os testes apresentados anteriormente.

Este será um passo importante dada a pretensão de aplicar este estudo e conhecimento numa marca de calçado Portuguesa.

9 Bibliografia

1. Disponível on-line em: <http://www.podologia.com.pt/podologia/>. *Consultado em 22/Julho/2014.*
2. Disponível on-line em: <http://cienciabraganca.pt/index.php?pagina=nav/tecnologias-show&id=199>.
Consultado em 22/Julho/2014.
3. Ribeiro Jorge, história do calçado, Laborpress, 2010, pag.14, 17, 42.
4. Disponível on-line em: <http://www.podologia.com.pt/podologia/>. *Consultado em 14/Julho/2014.*
5. Disponível on-line em: <http://www.ctb.com.pt/>. *Consultado em 22/Julho/2014.*
6. Disponível on-line em: <http://www.sapatosonline.com.br/sapatos-pes>. *Consultado em 22/Julho/2014.*
7. Disponível on-line em: http://www.euroleather.com/portuguese_brochure.htm). *Consultado em 10/Agosto/2014*
8. Curtumes série P+L, CETESB- companhia de Tecnologia de saneamento ambiental, 2005, pag. 21.
9. Disponível on-line em: http://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/9-Coloquio-de-Moda_2013/ARTIGOS-DE-GT/Artigo-GT-Moda-e-Sustentabilidade/Impactos-ambientais-gerados-pelos-curtumes.pdf, Brito, Georgya, Colóquio de Moda – Fortaleza (CE) - 2013). *Consultado em 20/Julho/2014.*
10. Centro de Formação Profissional da Industria do Calçado, Tecnologia de modelos e materiais
11. Wiah Wardiningsih, “Study of Comfort Properties of Natural and Synthetic Knitted Fabrics in Different Blend Ratios for Winter Active Sportswear”, School of Fashion and Textiles Design and Social Context, RMIT University, Melbourne, 2009, pag. 2
12. Nogueira, C., Análise sensorial de produtos têxteis, Universidade do Minho, 2011, pag. 16.
13. Ruas, Alvaro, Avaliação de Conforto Térmico, Universidade Estadual de Campinas, 2001, pag. 49
14. Berwanger, Elenilton, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2011, pag. 51
15. Disponível on-line em: www.omnilogy.com. *Consultado em 22/Julho/2014.*
16. Disponível on-line em: http://www.forever.pt/pdf/material_pt.pdf. *Consultado em 12/Setembro/2014.*
17. Disponível on-line em: <http://www.multijr.com.br/>. *Consultado em 20/Julho/2014.*

18. Santos *et al*, Análise do movimento de eversão do calcanhar e comportamento do centro de pressão plantar (COP) durante a marcha em diferentes velocidades, Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos (IBTeC), Laboratório de Biomecânica - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), AC ARTIGO CIENTIFICO, Tecnicouro 2007, pag. 44.
19. Elena Onofrei, Ana Maria Rocha, André Catarino, The Influence of Knitted Fabrics' Structure on the Thermal and Moisture Management Properties, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Volume 6, Issue 4, 2011, pag, 20.
20. Chen D, Haviland-Jones J, Human olfactory communication of emotion. *Percept Mot Skills*;91:771–781, 2000
21. Daniel, Aperfeiçoamento das técnicas de avaliação da atividade antimicrobiana em produtos têxteis, Universidade da Beira Interior, 2008, pag. 4, 6, 12.
22. Fuji Chemical industries, Ltd., Bactekiller, pag. 4
23. Disponível on-line em: <http://www.scpod.org/help/guide-to-navigation/find-more-on-feet-stats-and-facts>. *Consultado em 02/Setembro/2014*.
24. Disponível on-line em: <http://podologia.sapo.pt/tag/p%C3%A9s> . *Consultado em 03/Setembro/2014*.
25. Disponível on-line em: <http://saude.sapo.pt/noticias/saude-em-familia/70-das-criancas-do-norte-de-portugal-sofrem-de-doencas-podologicas.html> . *Consultado em 03/Setembro/2014*.
26. Disponível on-line em: <http://www.podologia.com.pt/podologia/> . *Consultado em 09/Setembro/2014*.
27. Lonsdale-Eccles A, Leonard N, Lawrence C, 2003
28. Rikowski A, Grammer K., 1999
29. Dorman, Deans, 2000, pag. 1-9.
30. Anita, Chris, 2010; Ian, 2010
31. Pranab et al., 2009
32. Orlita, 2004
33. L. Teufel, A. Pipal, K.C. Schuster, T. Staudinger and B. Redl, *Journal of Applied Microbiology*, 108 (2010) 450–461, 2009, pag. 450
34. Purwar R., Joshi M., Recent developments in antimicrobial finishing of textiles – A review; *AATCC Review* 4, 3:22-26, 2004
35. Vieira Raquel, Estudo da Eficiência e Durabilidade de Diversos Métodos de Fixação de Produtos Antimicrobianos em Fibras Celulósicas, Universidade do Minho, 2006, pag. 42, 70, 74.

36. Soutinho, Hélder, Design funcional de vestuário interior, Universidade do Minho, 2006, pag. 50, 51.
37. E. C. Frederick and C. Wojcieszak, "Textiles in sport", Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2005, pag.347
38. Nida Oğlakcioğlu, Arzu Marmarali, Fibres & Textiles in Eastern Europe, January / December 2007, Vol. 15, No. 5 – 6, 2007, pag. 1-3
39. I. Frydrych, G. Dziworska, J. Bilska, Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres, Fibres & Textiles in Eastern Europe October/December, 2002, pag. 40-44.
40. A. Patnaik, R. S. Rengasamy, V. K. Kothari and A. Ghosh, Wetting and Wicking in fibrous materials, The Textile Institute, doi:10.1533/tepr.2006.0001, 2006, pag 89-90.
41. S. Derler, L.-C. Gerhardt, Tribology of Skin: Review and Analysis of Experimental Results for the Friction Coefficient of Human Skin, Tribol Lett, 45:1–27, 2012
42. Li Xia XI, Dao Chun QIN, The Antibacterial Performance of Natural Bamboo Fiber and Its Influencing Factors, Proceedings of the 55th International Convention of Society of Wood Science and Technology, August 27-31, Beijing, CHINA, 2102.
43. Disponível on-line em:
http://www.trevira.com/fileadmin/download/broschueren_cs_bioactive/Bioactive_Folder_GB.pdf
Consultado em 05/Setembro/2014.