

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Cristina da Luz Broega

Contribuição para a Definição de Padrões de
Conforto de Tecidos Finos de Lã

Tese de Doutoramento
Ramo de Física Têxtil

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professora Doutora Maria Elisabete Martins Paiva
Monteiro Cabeço Silva

Maio de 2007

DECLARAÇÃO

Nome: Ana Cristina da Luz Broega

Endereço electrónico: **cbroega@det.uminho.pt**

Telefone: **938465594 / 253510279**

Número do Bilhete de Identidade: **7035084**

Título dissertação /tese: **Contribuição para a Definição de Padrões de Conforto de Tecidos Finos de Lã**

Orientador(es): **Prof. Maria Elisabete Paiva Cabeço Silva**

Ano de conclusão: **Maio 2007**

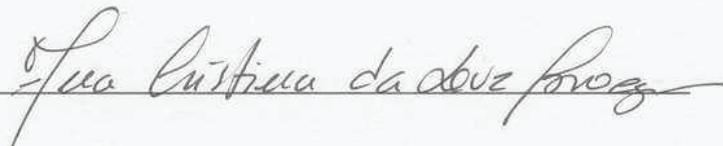
Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento: **Engenharia Têxtil, ramo de Física Têxtil**

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:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
- 3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO**

Universidade do Minho, **25 / 5 / 2007**

Assinatura:



AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento à minha orientadora, Professora Doutora Maria Elisabete Cabeço Silva, pelo seu conhecimento científico transmitido, o seu rigor, espírito crítico, apoio e disponibilidade demonstrada durante o desenvolvimento desta tese.

Um agradecimento especial para à Professora Doutora Laurence Schacher e ao Professor Doutor Dominique Adolphe, da ENSITM pelo auxílio técnico proporcionado ao longo do trabalho experimental em França.

Agradeço especialmente aos Professores Lijing Wang, e Xungai Wang da Universidade de Deakin, pelo auxílio técnico proporcionado ao longo do trabalho experimental em Victoria-Austrália e pela pertinência das suas críticas, sempre construtivas.

Agradecimento sincero à D. Margarida do Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis da Universidade da Beira Interior, por todo o apoio e disponibilidade na preparação de ensaios laboratoriais.

Exprimo igualmente o meu reconhecimento à minha colega Doutora Joana Cunha, pelo tratamento das imagens inseridas nesta tese.

Não podia deixar de agradecer à toda a equipa envolvida no Projecto COM4WOOL e à Agência de Inovação, por terem contribuído para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Ao estado Português pelo apoio financeiro nas minhas deslocações a França, através do PROGRAMA PESSOA 2005/2006 (Acções integradas LUSO-FRANCESAS).

Ao governo Australiano na forma IWTO (International Wool Textile Organisation) e AWI (Australian Wool Innovation), pelo prémio concedido sob a forma de bolsa de investigação, que permitiu enriquecer este trabalho.

As empresas Paulo de Oliveira LDA. (Covilhã), Vitale BarBeris Canónico S.P.A. (Biella) e Lanificio Fratelli Cerruti, S.P.A. (Biella) pela fabricação e preparação dos tecidos utilizados neste trabalho.

E ainda a todos os demais que, directa ou indirectamente contribuíram com conselhos e incentivos para a realização deste trabalho, de uma forma desinteressada e amiga.

A todos o meu bem haja

O conforto é um “estado agradável de harmonia fisiológica, psicológica e física entre o ser humano e o ambiente”. Sendo uma necessidade universal e fundamental para o homem, o vestuário, neste contexto, assume um papel primordial.

A indústria têxtil, atenta às evoluções do mercado não pode descuidar estas solicitações de conforto, que têm vindo a tornar-se cada vez mais, uma exigência actual e consciente dos utilizadores finais dos seus produtos.

Esta tendência, em conjunto com a procura de tecidos cada vez mais leves e “soltos”, têm influenciado de forma significativa a evolução recente da indústria têxtil, principalmente a laneira, onde o tecido tradicional para vestuário sofreu um redimensionamento irreversível, o que o torna apto e até preferido nas estações mais quentes, como a Primavera e Verão.

Assim, o conforto tornou-se num dos aspectos mais importantes do vestuário, principalmente para produtos directamente em contacto com a pele, como calças e camisas para o Verão. O conforto apercebido pelos portadores destes produtos depende, em grande parte, das propriedades sensoriais de toque e termofisiológicas dos tecidos, pelo que muitas são as propriedades físicas, térmicas e mecânicas a ter em consideração aquando da sua concepção. Para além disso, as condições ambientais e o nível de actividade física dos utilizadores também influenciam a percepção de conforto do vestuário. Todas estas variáveis contribuem para a elevada complexidade da avaliação e quantificação do conforto do vestuário, que até hoje tem vindo a ser avaliado por clientes, confeccionadores e produtores de tecidos de uma forma empírica, pelo “toque” e pelo “sentir-se bem quando se veste”. Trata-se de uma avaliação completamente subjectiva, baseada nos sentidos e experiências, sem qualquer base científica.

Neste contexto, surge o presente trabalho, que tem como objectivo principal realizar o estudo de diferentes tipos de tecidos finos e super finos de lã, com base na avaliação objectiva do conforto termofisiológico e sensorial do toque, segundo preferências nacionais, com intuito de criar padrões de conforto e desenvolver um modelo previsível simples de conforto sensorial.

Um modelo baseado em estudos de correlações, que a partir de propriedades objectivas, (valores parâmetros físicos medidos) prevê as avaliações subjectivas de conforto sensorial para tecidos finos de lã de aplicação a fabricação de fatos de homem.

Na metodologia aplicada ao desenvolvimento deste modelo, foi necessário proceder à divisão do trabalho em duas partes. Numa primeira parte, foi realizada a avaliação subjectiva dos materiais, por um painel de avaliadores, onde foi aplicado o método de “selecção por pares”. Deste procedimento resultou uma escala de conforto sensorial, que classifica os tecidos pela sua “Qualidades Total de Toque”.

Na outra parte, foram avaliados objectivamente os materiais por medição directa das propriedades físico-mecânicas (16 parâmetros do Sistema KES-FB), propriedades térmicas, permeabilidade ao ar e vapor de água. Foram utilizadas técnicas de análise multivariada na exploração dos dados, de forma a reduzir e classificar os parâmetros/variáveis, para evidenciar os que podem contribuir para uma melhor definição e avaliação do toque de tecidos.

Os resultados das duas partes foram posteriormente correlacionados, de modo a quantificar o conforto, contribuindo para a criação da definição de padrões de conforto sensorial de tecidos finos de lã.

A partir deste perfil de qualidade de conforto (sensorial e termofisiológico) foi criada uma etiqueta de conforto, de fácil interpretação, à semelhança das etiquetas de limpeza e conservação dos produtos têxteis, indispensáveis actualmente no comércio de têxteis e vestuário. Uma etiqueta que certifica um produto de qualidade e prestígio, indo ao encontro das exigências do consumidor actual.

The comfort is a “pleasant state of physiological, psychological and, physical harmony between a human being and the environment”, being a universal basic requirement for man, the clothing in this field plays a grate role.

The textile and clothing industry, aware of the marketing evolution can not neglect these requests of comfort, that has been an increased and actual exigency of conscientious clothing goods consumers.

This trend together with the search for lighter and lighter fabrics have significantly influenced the recent evolution of the wool textile industry, since the weight of traditional woven fabrics for jackets and suits has decreased in a probable irreversible way. The wool products became suitable for all the seasons including Spring and Summer.

Therefore, comfort has become one of the most important aspects of clothing, mainly for next-to-skin garments such as trousers and shirts for summer. The perceived comfort of wearers of these garments depends largely on the tactile and thermo-physiological properties of the fabrics. Several thermal, mechanical and physical properties can be critical from the comfort point of view and they have to be considered in the textile design areas.

Furthermore, environmental conditions and the physical activity of the users also influence the perception of clothes comfort. All these variables contribute for the high complexity of the clothing comfort evaluation and quantification, that until today have been evaluated by customers, textiles manufactures and clothing industry in a empirical way by handle or “feeling well when dressed”. This is a completely subjective evaluation, based on ones feelings and experiences, without any scientific base.

From this context, surge the present work, which aims to make a study of the different types of light-weight wool fabrics, based on the objective evaluation of thermophysiological and sensorial comfort, according to national preferences, with the goal of creating “comfort standards” and to develop a simple sensorial comfort “predictable model”.

A predictable model based on correlation studies, that from objective properties (physical and mechanical measured parameters) predicts the subjective evaluations of sensorial comfort, for

ABSTRACT

A CONTRIBUTION FOR THE STANDARDS DEFINITION OF LIGHTWEIGHT WOOL FABRIC COMFORT PROPERTIES

men summer suits fabrics. In the methodology applied to develop this model, we divided the work in two parts. In the first part, it was carried out the subjective evaluation of the materials, using a psychophysical methodology that enables you to quantify the descriptive aspects of hand sensation (subjective evaluation by a panel of experts) whereby the "paired-comparison method" was applied. In this way, we obtained a ranking of fabrics classified by the "Total Hand Value/Qualities".

One the other part, we studied the fabric with objective measurements, thermal, physical and mechanical properties (KES-FB system), air and water vapour permeability. In this parte, we used statistics multivariate analysis techniques to identify independent factors and their relative contribution for the objective evaluation of fabric hand.

Combining this sensory perception methodology with established instrumental measures of fabrics characterization, it was possible to develop a better predictable relationship between sensorial, instrumental and comfort properties of fabrics.

The results of the two parts were correlated, in order to quantify the comfort, contributing for the definition of comfort sensorial standards for lightweight wool fabrics.

This comfort quality profile (sensorial and thermophysiological), allow us to create a "comfort label" of easy interpretation, similar to the textiles "clean and conservation label", currently used in the textiles and clothes industry labelling. This label will certify the quality and prestige of these textiles, towards the modern consumer's needs and demands.

Índice

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA | 5 |
| 1.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 7 |
| CAPÍTULO 1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO | 9 |
| 1 DEFINIÇÃO DE CONFORTO | 9 |
| 2. PSICOLOGIA SENSORIAL | 11 |
| 2.1 A PELE | 12 |
| 2.2 DA PELE AO CÉREBRO | 14 |
| 3. O TOQUE | 15 |
| 3.1 OS ASPECTOS SENSORIAIS DO TOQUE | 15 |
| 3.2 O TOQUE PASSIVO | 16 |
| 3.2.1 Limiares do Toque | 17 |
| 3.2.2 Adaptação ao Toque | 18 |
| 3.3 TOQUE ACTIVO | 19 |
| 4. PSICOFISIOLOGIA DA PERCEPÇÃO | 20 |
| 4.1 DA SENSACÃO À PERCEPÇÃO | 20 |
| 4.2 ETAPAS PSICOLÓGICAS DA PERCEPÇÃO | 20 |
| 4.3 A QUANTIFICAÇÃO DA PERCEPÇÃO | 23 |
| 5. ANÁLISE SENSORIAL | 24 |
| 5.1 AVALIAÇÃO SENSORIAL DO TOQUE NA ÁREA TÊXTIL | 26 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 5.2 | DEFINIÇÃO DO “TOQUE” DE UM TECIDO | 27 |
| 5.3 | AVALIAÇÃO DO “TOQUE” | 28 |
| 5.3.1 | Condições de Avaliação Subjectiva do “Toque” | 29 |
| 5.3.2 | Os “Avaliadores” | 30 |
| 5.3.3 | Métodos de Avaliação | 32 |
| 5.3.3.1 | Classes de tecidos | 32 |
| 5.3.3.2 | A “semântica diferencial” | 33 |
| 5.3.3.3 | Análise da percepção humana | 35 |
| 5.3.4 | Estudo sobre as “Expressões Primárias” do Toque | 36 |
| 5.3.5 | Trabalhos de Normalização | 37 |
| 5.4 | KAWABATA EVALUATION SYSTEM PARA TECIDOS (KES-F) | 37 |
| 5.4.1 | Desenvolvimento do Sistema H.E.S.C. | 38 |
| 5.4.1.1 | Avaliação subjectiva do H.E.S.C. | 38 |
| 5.4.1.2 | Avaliação das propriedades mecânicas dos tecidos | 41 |
| 5.4.1.3 | Diagrama do perfil de “Alta Qualidade” de um tecido | 42 |
| 6. | CONFORTO TÉRMICO | 54 |
| 6.1 | AMBIENTES TÉRMICOS HUMANOS | 46 |
| 6.1.1 | Temperatura | 46 |
| 6.1.2 | Movimento do Ar | 46 |
| 6.1.3 | Humidade | 47 |
| 6.2 | BALANÇO TERMO-ENERGÉTICO DO CORPO HUMANO | 47 |
| 6.2.1 | Produção de Calor no Corpo | 49 |
| 6.2.2 | Calor Perdido pela Pele | 49 |
| 6.2.3 | Perda de Calor por Respiração | 50 |
| 6.3 | A TERMOFISIOLOGIA E TERMOREGULAÇÃO HUMANA | 50 |
| 6.3.1 | As propriedades Termofisiológicas do Corpo Humano | 51 |
| 6.3.2 | Auto-regulação Térmica do Corpo Humano | 52 |
| 6.3.2.1 | Respostas fisiológicas | 53 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 6.3.2.2 | Temperatura corporal | 56 |
| 6.3.2.3 | Percepção de calor – frio e (des)conforto térmico | 59 |
| 6.3.2.4 | Sensação de humidade | 60 |
| 6.4 | AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO | 62 |
| 6.4.1 | Os trabalhos de Fanger | 63 |
| 6.4.1.1 | Equação do conforto térmico de Fanger | 64 |
| 6.4.1.2 | O voto médio previsto (PMV) | 65 |
| 6.4.1.3 | Percentagem prevista de descontentamento (PPD) | 66 |
| 6.4.2 | Outros Trabalhos | 67 |
| 6.4.3 | Normalização | 68 |
| 6.5 | O VESTUÁRIO E O CONFORTO TÉRMICO | 68 |
| 6.5.1 | Transferência de Calor e de Humidade no Vestuário | 69 |
| 6.5.1.1 | A transferência de calor do vestuário | 70 |
| 6.5.1.2 | Transferência de humidade | 75 |
| 6.5.2 | Determinação das Propriedades Térmicas do Vestuário | 76 |
| CAPÍTULO 2 DESCRIÇÃO DO TRABALHO EXPERIMENTAL | | 83 |
| 2.1. | MATERIAIS EM ESTUDO | 84 |
| 2.1.1 | Caracterização Básica dos Materiais | 85 |
| 2.2 | IDENTIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTUDADAS | 86 |
| 2.3 | PLANO DE EXPERIÊNCIAS | 93 |
| 2.3.1 | Parte I: Avaliação Objectiva | 93 |
| 2.3.1.1 | <u>Fase 1</u> | 94 |
| 2.3.1.2 | <u>Fase 2</u> | 103 |
| 2.3.2 | Parte II: Avaliação Subjectiva | 104 |
| 2.3.2.1 | Apresentação das Amostras | 106 |
| 2.3.2.2 | Criação e Implementação de Procedimentos na Avaliação Subjectiva do Toque | 106 |
| 2.3.2.2.1 | <u>Fase 1</u> : Metodologia na selecção de atributos | 107 |
| 2.3.2.2.2 | <u>Fase 2</u> : Procedimentos e Condições de Ensaios da Avaliação Subjectiva | |

| | | |
|--|---|------------|
| | do Toque | 109 |
| 2.4 | PROCEDIMENTOS E CONDIÇÕES DE ENSAIOS DA AVALIAÇÃO OBJECTIVAS | 110 |
| 2.5 | MÉTODOS ESTATÍSTICOS | 110 |
| CAPÍTULO 3 TRATAMENTO E ANÁLISE DE RESULTADOS | | 113 |
| 3.1 | AVALIAÇÃO SENSORIAL SUBJECTIVA | 114 |
| 3.2 | AVALIAÇÃO DO TOQUE - VOTO SENSORIAL | 117 |
| 3.3 | AVALIAÇÃO DO “VOTO MÉDIO PREVISTO - PMV” | 122 |
| 3.4 | AVALIAÇÃO OBJECTIVA DOS MATERIAIS PARA OS PARÂMETROS SELECIONADOS | 126 |
| 3.5 | CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES SUBJECTIVAS DO CONFORTO E AS PROPRIEDADES OBJECTIVAS | 127 |
| 3.5.1 | Propriedades Estruturais | 130 |
| 3.5.1.1 | Média das massas lineares dos fios | 130 |
| 3.5.1.2 | Densidade média de fios por centímetro | 132 |
| 3.5.1.3 | Massa por unidade de superfície | 135 |
| 3.5.1.4 | Espessura (mm) | 136 |
| 3.5.1.5 | Massa volúmica | 139 |
| 3.5.2 | Propriedades Mecânicas | 143 |
| 3.5.2.1 | Propriedade de flexão | 143 |
| 3.5.2.2 | Propriedade de corte | 149 |
| 3.5.3 | Propriedades Térmicas e de Permeabilidade | 151 |
| 3.5.3.1 | Toque térmico | 151 |
| 3.5.3.2 | Permeabilidade ao ar | 153 |
| 3.5.3.3 | Índice de molhagem | 155 |
| 3.6 | CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES SUBJECTIVAS | 157 |
| 3.7 | CONCLUSÕES DOS RESULTADOS | 158 |
| 3.8 | ETIQUETA DE PERFIL DE QUALIDADE DE CONFORTO | 161 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| CAPÍTULO 4 | INSTRUMENTO ALTERNATIVO | 165 |
| <hr/> | | |
| 4.1 | INSTRUMENTO E PARTE EXPERIMENTAL | 165 |
| 4.2 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 167 |
| CAPÍTULO 5 | CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS | 171 |
| <hr/> | | |
| 5.1 | CONCLUSÕES | 171 |
| 5.2 | PERSPECTIVAS FUTURAS | 173 |
| BIBLIOGRAFIA | | 176 |
| ANEXOS | | CD |
| <hr/> | | |
| Anexo I | INSTRUMENTOS E MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO | |
| Anexo II | AVALIAÇÃO SUBJECTIVA DO CONFORTO TERMOFISIOLÓGICO SEGUNDO FANGER | |
| Anexo III | RESULTADOS | |
| Anexo IV | FICHAS DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO SENSORIAL | |

Índice de Figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1.1 Representação Esquemática da Secção Transversal da Pele Humana com Pêlo | 12 |
| Figura 1.2 Tipo de Sensores na Pele Humana | 13 |
| Figura 1.3 Mapa do Córtex Somatosensorial | 16 |
| Figura 1.4 a) Comparação da Sensibilidade de Algumas Partes do Corpo Humano | 18 |
| Figura 1.4 b) Valores Médios dos Limiares Absolutos de Toque | 18 |
| Figura 1.5 Etapas Psicológicas da Percepção | 21 |
| Figura 1.6 Diagrama de Qualidade de Tecidos de Fato de Verão para Homem | 42 |
| Figura 1.7 Diagrama Simplificado do Sistema Termoregulador | 53 |
| Figura 1.8 Descarga Estacionária das Fibras Nervosas Sensoriais do Calor e do Frio da Pele | 55 |
| Figura 1.9 Valores Estimados de Desconforto em Função da Temperatura Ambiente | 57 |
| Figura 1.10 Fluxo de Térmico em Função do Tempo | 73 |
| Figura 1.11 Triângulo de Avaliação Termofisiológica do Vestuário em 5 Níveis | 77 |
| Figura 2.1 Ciclo de Acabamentos de Tecidos Super Ligeiros | 85 |
| Figura 2.2 Fluxograma de Experiências para os Tecidos Inicialmente Fabricados | 95 |
| Figura 2.3 Fluxograma de Experiências para os Tecidos de Tafetá | 103 |
| Figura 2.4 Avaliação Sensorial dos Tecidos por Pares | 109 |
| Figura 3.1 Representação Gráfica da Frequência de Utilização do Vestuário | 114 |
| Figura 3.2 Preferências de Sensações Tácteis de Tecidos de Aplicação à Fabricação de Fatos de Homem para o Primavera/Verão | 115 |
| Figura 3.3 Resultados da Comparação entre Pares de Tecidos Iguais Fabricados com os mesmos Fios | 116 |
| Figura 3.4 Resultados da Comparação entre Pares de Tecidos Iguais Fabricados com a mesma Estrutura e Diferentes Fios | 117 |
| Figura 3.5 Resultados das Avaliações Sensoriais por Tipo de Fio | 118 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.6 Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Tafetá | 119 |
| Figura 3.7 Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Sarja 3 | 120 |
| Figura 3.8 Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Derivado da Sarja 4 | 121 |
| Figura 3.9 Resultado da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura - Tafetá | 122 |
| Figura 3.10 Resultado da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura - Sarja 3 | 123 |
| Figura 3.11 Resultado da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura - Derivado de Sarja 4 | 124 |
| Figura 3.12 Média da Massa Linear dos Fios e Voto Sensorial | 130 |
| Figura 3.13 Média da Massa Linear dos Fios e Voto Médio Previsto | 131 |
| Figura 3.14 Densidade Média de Fios/cm e Voto Sensorial | 132 |
| Figura 3.15 Densidade Média de Fios/cm e Voto Médio Previsto | 133 |
| Figura 3.16 Densidade Média de Fios/cm por Classe de Fios e Voto Médio Previsto | 134 |
| Figura 3.17 Massa por Unidade de Superfície e Voto Sensorial | 135 |
| Figura 3.18 Massa por Unidade de Superfície e Voto Médio Previsto | 137 |
| Figura 3.19 Espessura por Estruturas e Voto Sensorial | 138 |
| Figura 3.20 Espessura por Classe de Fios e Voto Sensorial | 139 |
| Figura 3.21 Espessura em mm ³ por Classe de Fios e Voto Médio Previsto | 140 |
| Figura 3.22 Massa Volúmica por Classe de Fios e Voto Sensorial | 141 |
| Figura 3.23 Massa Volúmica por Classe de Fios e Voto Médio Previsto | 142 |
| Figura 3.24 Rigidez de Flexão por Estruturas e Voto Sensorial | 143 |
| Figura 3.25 Rigidez de Flexão por Estruturas e Voto Médio Previsto | 145 |
| Figura 3.26 Histerese de Flexão por Estruturas e Voto Sensorial | 146 |
| Figura 3.27 Histerese de Flexão por Classe de Fios e Voto Sensorial | 147 |
| Figura 3.28 Histerese de Flexão por Estruturas e Voto Médio Previsto | 148 |
| Figura 3.29 Histerese de Flexão por Classe de Fios e Voto Médio Previsto | 148 |
| Figura 3.30 Rigidez de Corte por Estruturas e Voto Sensorial | 149 |
| Figura 3.31 Histerese da Força de Corte por Estruturas e Voto Sensorial | 151 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.32 Toque Térmico por Classe de Fios e Voto Sensorial | 152 |
| Figura 3.33 Toque Térmico por Classe de Fios e Voto Médio Previsto | 153 |
| Figura 3.34 Permeabilidade ao Ar por Estruturas e Voto Sensorial | 154 |
| Figura 3.35 Permeabilidade ao Ar e Voto Médio Previsto | 155 |
| Figura 3.36 Índice de Molhagem por Estruturas e Voto Sensorial | 156 |
| Figura 3.37 Índice de Molhagem por Estruturas e Voto Médio Previsto | 156 |
| Figura 3.38 Etiqueta de Perfil de Qualidade de Conforto para Tecidos Finos de Lã | 163 |
| Figura 4.1 Instalação Experimental do Dinamómetro (Tipo LR30K) | 167 |
| Figura 4.2 Curva de Força de Tracção de Deslizamento | 168 |
| Figura 4.3 Resultados do Conforto Sensorial | 169 |

Índice de Tabelas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabela 1.1 Processo de Apreciação Subjectiva do H.E.S.C. | 39 |
| Tabela 1.2 Expressões Primárias do Toque | 39 |
| Tabela 1.3 Relação entre as Expressões Primárias do Toque e as Funções (Conforto) Desempenhadas no Vestuário | 40 |
| Tabela 1.4 Processo de Apreciação Objectiva | 41 |
| Tabela 1.5 Propriedades Mecânicas Fundamentais | 43 |
| Tabela 1.6 Propriedades Térmicas da Pele Humana | 53 |
| Tabela 1.7 Escala de Sensações Térmicas | 63 |
| Tabela 2.1 Caracterização Básica dos Materiais | 86 |
| Tabela 2.2 Características dos Fios Utilizados | 87 |
| Tabela 2.3 Características dos Tecidos | 88 |
| Tabela 2.4 Propriedades de Conforto Avaliadas | 91 |
| Tabela 2.5 Parâmetros Calculados | 93 |
| Tabela 2.6 Resultados da Análise Factorial após a Rotação para os Tecidos Iniciais | 97 |
| Tabela 2.7 Resultados da Análise Factorial após a Rotação para os Tecidos de Tafetá Iniciais | 99 |
| Tabela 2.8 Resultados da Análise Factorial após a Rotação para os Tecidos de Sarja 3 | 100 |
| Tabela 2.9 Resultados da Análise Factorial após a Rotação para os Tecidos de Debuxo Derivado da Sarja de 4 | 104 |
| Tabela 2.10 Distribuição das Amostras para Avaliação Subjectiva dos Tafetás | 106 |
| Tabela 2.11 Atributos Agrupados e Seleccionados | 108 |
| Tabela 3.1 Resultados da Análise Factorial após Rotação para os Tafetás | 126 |
| Tabela 3.2 Resultados da Análise Factorial após Rotação por Classe Fios | 128 |
| Tabela 3.3 Resumo das Correlações Encontradas Entre as Propriedades Objectivas e Subjectivas | 129 |
| Tabela 4.1 Dimensões dos Pinos do Adaptador do Dinamómetro | 166 |

| | |
|----------|--|
| AATCC | American Association of Textile Chemists and Colonists |
| ASHRAE | American Society of Heating and Ventilating Engineers |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| AWI | Australian Wool Innovation |
| B | Rigidez à Flexão ou Referente à Propriedade de Flexão |
| CIT-H | Coeficiente Isolamento Térmico na Presença de Humidade |
| CIT-S | Coeficiente de Isolamento Térmico a Seco |
| COD | Codificação dos Fios e Tecidos |
| COMPSSB | Compressibilidade de um Tecido |
| COMPSSB | Compressibilidade |
| CP-Vágua | Coeficiente de Permeabilidade ao Vapor de Água a Frio |
| DET | Departamento de Engenharia Têxtil |
| DMfio/cm | Densidade Média de Fios por cm |
| DSarja 4 | Debuxo Derivado da Sarja de 4 |
| EMT | Alongamento de Tracção |
| ENSITM | Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse |
| FC | Acabamento Feito na Cor (tecido é fabricado com os fios já tingidos) |
| FTD | Forças de Tracção de Deslizamento |
| G | Rigidez ao Corte ou Referente à Propriedade de Corte |
| HB | Momento de Histerese de Flexão |
| HESC | Hand Evaluation and Standardisation Committee |
| HG | Momento de Histerese de Corte |
| Icl | Isolamento Térmico |
| I-MOLHGM | Índice de Molhagem |
| imt | Índice de Permeabilidade Térmica ao Vapor de Água |
| ISO | International Standard Organisation |

| | |
|-----------|--|
| IWTO | International Wool Textile Organisation |
| k | Condutividade Térmica |
| KES-FB | Kawabata Evaluation System For Fabrics |
| LC | Linearidade da Curva de Compressão |
| LT | Linearidade da Curva de Força de Alongamento |
| MIU | Coefficiente de Atrito Médio |
| MMD | Desvio Linear do Coeficiente de Atrito |
| MMLfio | Média da Massa Linear dos Fios |
| MVOL | Massa Volúmica |
| PMV | Voto Médio Previsto |
| PPD | Percentagem Prevista de Descontentamento/Insatisfação |
| PRBD-ar | Permeabilidade ao Ar |
| q_{max} | Toque Térmico (fluxo térmico máximo) |
| RC | Resiliência de Compressão |
| RT | Resiliência de Tracção |
| SMD | Desvio Linear da Espessura |
| T | Espessura de um Tecido |
| THV | Total Hand Value (Qualidade Total de Toque) |
| TP | Acabamento Tinto em Peça (Tecido Tingido Após a Tecelagem) |
| VS | Votação Sensorial |
| W | Massa por Unidade de Superfície |
| WC | Energia de Compressão por Unidade de Superfície |
| WT | Energia de Tracção por Unidade de Superfície |

INTRODUÇÃO

No início deste novo milénio, a análise das tendências macroeconómicas dos mercados mostra que a globalização está a ser a mola impulsadora para a revitalização do sector têxtil.

A globalização não é mais que o fenómeno resultante do cruzamento da universalidade do mercado com a forma instantânea com que os operadores do mesmo podem estabelecer comunicação. Ou seja, o mundo, todo ele, é um único mercado sem barreiras, onde todos podem potencialmente vender e comprar. Isto é potencializado pelos avanços tecnológicos na área das comunicações que aceleram a desregulamentação dos mercados, possibilitando a livre circulação de pessoas, de bens e capitais, já que a informação é, mais que tudo o resto, livre.

Se a face luminosa da globalização é o crescimento e desenvolvimento económico, a multiplicação de oportunidades, o aumento da produtividade e da competitividade dos Estados, empresas e indivíduos, a face negra é a desordem que a globalização está a causar, por absoluta falta de regulamentação mínima, onde as vítimas são os menos capazes e o seu principal efeito é o agravamento dramático do fosso entre os mais ricos e os mais pobres.

Por outro lado, os consumidores actuais já não estão só interessados no vestuário de boa aparência, na qualidade do que “fica bem”, mas exigem cada vez mais, roupas com as quais se sintam confortáveis. Desejam que a sua indumentária esteja de acordo com as suas atitudes, funções e imagem que pretendem transmitir à sociedade. O marketing têxtil tem identificado que os consumidores envolvem, cada vez mais, na sua decisão de compra, para além do seu sentido visual, o toque, o cheiro, a intuição e a emoção. Em consequência desta atitude, uma maior importância está a ser atribuída à experiência/acto da “compra” e à utilização do vestuário, sendo cada vez maior o interesse por tecidos mais agradáveis ao

toque. O conforto é já um parâmetro chave na selecção e compra de produtos têxteis, seja de vestuário ou produtos para o lar.

É neste cenário, de mercados altamente exigentes e competitivos, que a indústria têxtil e do vestuário nacional, necessita de traçar as suas estratégias, para poder, não só sobreviver, mas crescer.

Com a crescente liberalização dos mercados, a abertura de novos mercados de exportação reveste-se de crucial importância para todas as empresas. As indústrias deverão assumir um papel mais ofensivo, na conquista de mercados exteriores, particularmente em países, onde se verifica o crescimento do consumo (rendimento médio), pois a procura irá aí aumentar substancialmente, tanto quantitativa como qualitativamente.

A procura de produtos têxteis de alta qualidade, funcionais, saudáveis, amigos do ambiente e personalizados, aumentará consideravelmente, exigindo às empresas, a capacidade para a produção de menores quantidades, maior flexibilidade e respostas rápidas (vestuário para massas e/ou produtos feitos à medida).

Um exemplo deste esforço é o dos produtores de fibras sintéticas, que fizeram uma notável recuperação nas suas vendas, através da variante dos produtos de "sportswear", onde deram uma ênfase muito especial ao conforto, à facilidade de movimento e ao desempenho, dirigindo-se às necessidades dos consumidores, pelo uso da relação crescente entre o vestuário desportivo e a moda, conseguindo assim ser detentoras de metade do volume de negócios no sector têxtil actual (CSAIRO 2005).

Neste contexto, alguns dos parâmetros chave a considerar são: estar atento às evoluções sócio-culturais dos mercados, respondendo prontamente e, se possível, antecipar as potenciais necessidades, tendo em conta:

- o envelhecimento populacional, com uma crescente capacidade de poder de compra;
- a melhoria dos padrões de vida de uma nova classe média, nos mercados, em rápida ascensão, nos países mais desenvolvidos;
- a crescente cobertura pelos "media" e uma consciência crítica dos consumidores, face aos assuntos relacionados com questões ambientais e sociais, (preferência cada vez maior por produtos naturais e ecológicos).

Compreender e satisfazer as necessidades dos consumidores de uma forma rápida, será crucial para a sobrevivência a longo prazo, de qualquer empresa têxtil, de modo a garantir o seu lugar no mercado. A segmentação de mercado será uma realidade incontornável, acompanhada por novas formas de consumo.

No futuro, o factor chave do sucesso das empresas residirá, cada vez mais, na capacidade de implementar e gerir a área logística e promover novos esquemas de organização e gestão, tendo sempre presente a necessidade de lançar mão das Tecnologias de Informação & Comunicação (TIC), sustentadas no conceito de rede/intercâmbio.

A integração vertical das empresas é uma tendência natural, a integração do sector do retalho é o modo de acompanhar as mudanças e aumentar o lucro, particularmente nos mercados médios, para possibilitar a competitividade com os grandes retalhistas e distribuidores, que desempenharão sempre um papel cada vez mais importante, particularmente nos países que, até ao momento, tiveram um papel menos activo.

Estes últimos dois pontos, pressupõem pois uma evolução na forma de comunicação técnica entre os diferentes sectores têxteis. Por isso, é premente a criação de uma linguagem comum, normalizada em termos de parâmetros, não só de qualidade técnica dos produtos, mas também de conforto sensorial, estético, moda, design, etc.. Esta linguagem pode não só facilitar em muito as transacções a nível do comércio electrónico, mas também trará ao comércio por catálogo, o “toque” que lhe falta.

A moda, o desenvolvimento da marca e a imagem de marca representam uma mais valia importante, particularmente para mercados em crescimento, onde o poder de compra aumenta e os símbolos de status (social, económico) são decisivos nas escolhas das classes mais abastadas, que podem comprar produtos de alto valor acrescentado.

A estratégia da marca é importante, pois define a orientação táctica das empresas, face ao mercado. Através das marcas, as empresas suportam a própria oferta, material e imaterial, pois a marca é o resultado da soma do produto físico e do produto psicológico, proposto pelas empresas. A principal dificuldade a enfrentar, no mercado das marcas é, precisamente, a formação e conservação daqueles que são os seus alicerces.

A formação de sólidos alicerces é já hoje incontornável. Assiste-se pois, como tendência lógica face ao futuro, que os espaços para as marcas com uma identidade débil são cada vez mais reduzidos.

Um pilar ou alicerce, sem dúvida inabalável na estratégia de marca, é a “Qualidade”. Esta palavra adquiriu extrema importância no seguinte contexto: “Se os estilos se aproximam cada vez mais, os consumidores tomam consciência de que os materiais têm diferentes valores e fazem a diferença através do bem-estar e do toque” (estudo de mercado, realizado pela RISC em 1999, a pedido da LYCRA (2002)). Isto refere-se ao Conforto ou Qualidade Sensorial e é devido a esta qualidade que os novos produtos se impõem no mercado.

O conforto é uma necessidade universal e fundamental para os seres vivos, tudo o que se faça pode ser considerado como um esforço para melhorar os seus níveis de conforto na vida. O vestuário e os produtos têxteis são materiais essenciais usados diariamente, para obter conforto, (fisiológico e psicológico) e fundamentalmente assegurar as condições físicas apropriadas para a sobrevivência do organismo. Consequentemente, as investigações sobre o conforto no domínio têxtil têm um significado fundamental para a sobrevivência dos seres humanos e a melhoria da sua qualidade de vida. Do ponto de vista da gestão dos negócios das empresas têxteis, a investigação do conforto no vestuário tem implicações financeiras substanciais no esforço de satisfazer as necessidades e desejos dos utilizadores, a fim de obter vantagens de competição sustentável nos mercados dos consumidores modernos.

1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

No mercado global altamente competitivo em que vivemos, as empresas têxteis e de vestuário buscam vantagens competitivas, procurando conhecer e antever as necessidades e desejos dos consumidores. Neste desafio, o conceito global de qualidade, torna-se cada vez mais dinâmico, pois para além do desempenho técnico dos materiais, caracterizados por propriedades como: a resistência, a solidez ao tinto, a durabilidade, a qualidade enquadra também parâmetros como, o “toque”, o conforto fisiológico, a constância da aparência das peças durante o uso, etc..

Assim, o conforto tornou-se num dos aspectos mais importantes do vestuário, principalmente para produtos em contacto directo com a pele, como calças e camisas para o Verão. O conforto apercebido pelos portadores depende em grande parte, das propriedades termofisiológicas e sensoriais de toque dos tecidos, pelo que as propriedades físicas, térmicas e mecânicas devem ser consideradas. Para além disso, as condições ambientais e nível de actividade física dos utilizadores também influenciam a percepção do conforto do vestuário. Todas estas variáveis contribuem para a elevada complexidade da avaliação e quantificação do conforto do vestuário, que tem vindo a ser avaliada por clientes, confeccionadores e produtores de tecidos empiricamente, pelo “toque” e pelo “sentir-se bem no corpo quando se veste”. Trata-se de uma avaliação completamente subjectiva, baseada nos sentidos e experiências, sem qualquer base científica.

Simultaneamente com estas tendências de mercado, o sector têxtil laneiro tem evoluído para a fabricação de produtos cada vez mais leves e finos, que emprega matérias-primas onerosas de elevada qualidade. Estes produtos, de alto valor acrescentado, têm uma grande receptividade nos mercados europeu e americano, o que obriga ao desenvolvimento de um conhecimento mais aprofundado das relações existentes entre matérias-primas, processo de fabrico e modelos de validação dos parâmetros de conforto, como forma de manter e conquistar nichos de mercado de segmentos mais elevados e com maiores margens de lucros.

Neste contexto, surge o presente trabalho, que tem como objectivo principal realizar um estudo alargado de diferentes tipos de tecidos finos e super finos de lã, com base na avaliação objectiva do conforto termofisiológico e sensorial e na avaliação subjectiva do toque, segundo preferências nacionais.

Este trabalho surge na sequência da dissertação de mestrado “Contribuição para a Quantificação do Toque e Conforto Fisiológico de Tecidos Finos de Lã” (Broega 2001), que evidenciou que a quantificação do conforto de tecidos de lã se poderia tornar uma realidade. No entanto, a problemática da quantificação de parâmetros como o toque e o conforto estava ainda longe de ser resolvido.

Algumas das conclusões e perspectivas futuras retiradas do referido trabalho foram:

“As propriedades de toque e conforto mecânico, que estão intimamente ligadas às propriedades mecânicas e físicas, avaliadas pelo sistema KES-FB, apresentam valores, que comparados com os padrões japoneses, são mais indicados para tecidos considerados de Senhora-Verão do que para tecidos Homem-Verão, pois foram projectados e fabricados segundo o conceito europeu”.

Mais uma vez se confirmou a subjectividade do conceito de toque mecânico, que varia de país para país e depende de circunstâncias, nomeadamente culturais e religiosas, que fazem com que os padrões japoneses não se adaptem aos padrões europeus. Assim, considerámos que seria de todo o interesse e actualidade, numa perspectiva de valoração dos parâmetros de conforto e de adequação às necessidades e exigências do utilizador europeu, empreender estudos, com vista à obtenção de uma melhor correlação com as preferências destes consumidores e à procura de uma simplificação de procedimentos de quantificação, para diminuir o tempo de resposta.

Tendo sido utilizados neste estudo sistemas de medição fornecedores de grande volume de dados, a informação por eles fornecida teria de ser valorizada pela aplicação de métodos de estatística avançada, nomeadamente de análise multivariada, para reduzir e classificar os parâmetros/variáveis, de modo a evidenciar aqueles que podem contribuir para uma melhor definição e avaliação do toque de tecidos aumentando o conhecimento neste domínio (toque e do conforto), numa óptica de engenharia do produto e do processo.”

2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Como o objectivo de contribuir para a resolução do problema identificado, este trabalho pretende criar um perfil de qualidade de conforto (sensorial e termofisiológico) para tecidos finos de lã, de aplicação ao vestuário masculino, que possa, no futuro, traduzir-se numa etiqueta de conforto, de fácil interpretação, à semelhança das etiquetas de limpeza e conservação dos produtos têxteis que são hoje indispensáveis no comércio têxteis. Para responder a tal desafio, torna-se necessário desenvolver e definir, com base científica, um método preciso, consistente e simples, (com potencialidades de normalização), de avaliação sensorial (táctil) e termofisiológica de tecidos, que permita, a partir de propriedades objectivas, prever as suas avaliações de conforto subjectivo.

Com esse objectivo, foi necessário proceder à divisão do trabalho em duas partes mais ou menos distintas. Numa primeira parte, foi realizada a avaliação subjectiva dos materiais para a qual foi criada uma escala de conforto sensorial, com o fim de classificar tecidos quanto às suas qualidades de “toque”. Para tal, utilizou-se uma metodologia de psicofísica que permitiu quantificar os aspectos descritivos de sensação de toque (avaliação subjectiva por um painel de pessoas, composto por peritos têxteis, alunos universitários e consumidores normais), utilizando uma metodologia de avaliação por pares.

Esta parte engloba ainda a avaliação subjectiva do conforto termofisiológico dos materiais, recorrendo a um modelo de previsão (fórmulas e tabelas de normas da especialidade). Este modelo permitiu, a partir dos resultados de propriedades térmicas simples dos materiais, prever as avaliações (subjectivas) de conforto termofisiológicos do vestuário em condições bem definidas.

Numa segunda parte, foram avaliados objectivamente os materiais por medição directa das propriedades físico-mecânicas (16 parâmetros medidos com o Sistema KES-FB, propriedades de corte, tracção, flexão, compressão e superfície), propriedades térmicas (resistência ou isolamento térmico), permeabilidade ao ar e vapor de água.

Posteriormente, os resultados das partes foram correlacionados, de modo a quantificar o conforto, contribuindo para a criação da definição de padrões de conforto de tecidos finos de lã. Neste estudo, foram utilizadas as técnicas de análise multivariada na exploração e redução de dados, de forma a identificar os factores independentes e a contribuição relativa destes, para a avaliação objectiva do conforto.

A selecção dos parâmetros definidores do conforto sensorial destes tecidos, levou à procura de instrumentos que pudessem medi-los de uma forma rápida e objectiva. Neste sentido, recorreu-se a um instrumento ainda em fase de protótipo, que permitiu complementar este trabalho.

A redacção da dissertação foi estruturada nos seguintes capítulos:

- Capítulo I dedicado à pesquisa bibliográfica da definição de conforto nas suas diferentes vertentes; introdução à psicologia sensorial; “toque” e análise sensorial, assim como o conforto térmico e sua avaliação.
- No capítulo II é descrito o desenvolvimento experimental, no que respeita as avaliações objectivas e subjectivas dos parâmetros de conforto.
- O capítulo III apresenta os resultados e o seu tratamento estatístico.
- No capítulo IV está descrito o estudo complementar com o instrumento de medição alternativo.
- A discussão de resultados e as conclusões são abordados no último capítulo.

A bibliografia deste trabalho é apresentada segundo as normas Harvard Referencing 2007.

CAPÍTULO 1 - ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1. DEFINIÇÃO DE CONFORTO

O conforto é um conceito complexo e difícil de definir. Fourt e Hollies (1970) ao examinarem a literatura concluíram que o conforto envolve componentes térmicas e não-térmicas e está relacionado com as condições de utilização, tais como o ambiente térmico em situações críticas ou não-críticas. As respostas fisiológicas do corpo humano, para determinada combinação de vestuário e condições ambientais, são previsíveis quando o sistema atinge um estado estacionário. Os níveis de conforto térmico são passíveis de cálculo, a partir do conhecimento de um conjunto de factores de fácil medição, como a resistência térmica, a resistência ao vapor de água do vestuário, as condições climáticas e o nível da actividade física do indivíduo. Esta é a investigação tradicional quando se pretende estudar o conforto do vestuário, onde uma extensa quantidade de trabalhos tem sido publicada e aplicada na resolução de problemas práticos.

O vestuário está directamente em contacto com a pele humana, interagindo contínua e dinamicamente com ela, estimulando sensações mecânicas, térmicas e visuais, pelo que deve considerar-se outras vertentes do conforto, como o denominado por alguns autores, “conforto sensorial”, que deve ser introduzida na pesquisa do conforto no vestuário (Li 2002).

Slater (1986) definiu o conforto, como sendo “um estado agradável de harmonia fisiológica, psicológica e física entre o ser humano e o ambiente”. Identificou ainda a importância do ambiente para o conforto e definiu três tipos de conforto:

- “conforto fisiológico” relacionado com a capacidade que o organismo humano tem de manter a vida,
- “conforto psicológico” relacionado com a capacidade da mente humana, se manter a funcionar satisfatoriamente com ajuda externa,

▪ “conforto físico” que é o efeito do ambiente externo sobre o organismo humano. É reconhecido, desde há muito tempo, que é difícil descrever o conforto de uma forma positiva, mas o desconforto pode ser facilmente descrito em termos de quente, frio, áspero, picante, etc.. Desta forma, uma definição unanimemente aceite para o conforto é “a ausência de dor e de desconforto em estado neutro” (Slater 1997). Além disso, os estados psicológico e fisiológico têm um certo número de aspectos a considerar, como o:

- Conforto Termofisiológico – que traduz um estado térmico e de humidade à superfície da pele confortável, que envolve a transferência de calor e de vapor de água através dos materiais têxteis ou do vestuário,
- Conforto Sensorial – que é o conjunto de várias sensações neurais, quando um têxtil entra em contacto directo com a pele,
- O Conforto Ergonómico – que é a capacidade que uma peça de vestuário tem de “vestir bem” e de permitir a liberdade dos movimentos do corpo,
- Conforto Psico-Estético – que é a percepção subjectiva da avaliação estética, com base na visão, toque, audição e olfacto, que contribuem para o bem-estar total do portador (Slater 1997).

Em todas estas definições, há um número de componentes essenciais que, estando o conforto relacionado com a percepção subjectiva de várias sensações, abrange muitos aspectos sensoriais humanos, como o visual (conforto estético), o térmico (frio e quente), a dor (áspero e picante) e o toque (liso, macio, rugoso, fresco, quente).

As percepções subjectivas envolvem processos psicológicos, nos quais toda a percepção sensorial relevante é formulada, processada, combinada e avaliada, à luz das experiências passadas e dos desejos do presente, de modo a formular uma avaliação total do estado de conforto.

As interacções corpo-vestuário (térmicas e mecânicas) desempenham funções muito importantes na determinação do estado de conforto do portador, assim como os ambientes externos, (físico, social e cultural).

A percepção subjectiva do conforto compreende processos complicados de “psicologia sensorial”, em que um grande número de estímulos do vestuário e de ambientes

externos se transmitem ao cérebro, através de multi-canais sensoriais, estimulando respostas de percepções subjectivas. Por Tudo isto, o conforto é um conceito multidimensional e complexo.

2. PSICOLOGIA SENSORIAL

“Quanto é que pagaríamos por um fato que nos mantivesse quente quando estamos com frio e frescos quando estamos com calor? E que se remendasse automaticamente quando se rasgasse?” Naturalmente, que isto se refere à pele, que faz tudo isto e muito mais. Com efeito, a pele representa o maior sistema sensorial do indivíduo, com aproximadamente dois metros quadrados de superfície receptora (1,8 m² para um homem médio). Mas, apesar do seu impressionante tamanho, ignoramos frequentemente a sua importância.

“A visão e a audição são muito importantes e interrogamo-nos frequentemente como seriam diferentes as nossas vidas se fossemos cegos ou surdos. Mas alguma vez pensamos o que a pele e o sistema sensorial da pele pode fazer por nós?”

Considere-se o valor protector da pele. Por exemplo, o sistema sensorial da pele alerta, quando um objecto, que nos cobre a cara, se poderá tornar um potencial perigo de sufoco. E o sistema sensorial da pele protege-nos de um maior dano nesta quando sentimos dor”. Além disso, os mecanismos do sistema sensorial da pele protegem o organismo humano das temperaturas extremas, quentes ou frias. Finalmente, dois sentidos ainda relacionados como o tacto são: o sentido vestibular e o cinestésico. O sentido vestibular é o responsável pelo equilíbrio e verticalidade do corpo, que representa a percepção de contrapeso e está relacionado com as cavidades que contêm o líquido no sistema auditivo interno. O sentido cinestésico é o sentido da percepção do corpo, que informa onde se encontram umas partes do nosso corpo, em relação às outras (Elsner et al. 2003).

É hoje comum, os investigadores da psicologia sensorial considerarem que para além dos tradicionais cinco sentidos (visão, audição, olfacto, gosto e tacto) a categoria do tacto se pode subdividir no que designam, pelo toque, incluindo a dor, a percepção de temperatura e os sentidos cinestésicos e vestibular. Embora diferentes, estes sentidos pertencem a um mesmo

conjunto. Para se poder compreender como funciona a psicologia sensorial, há que perceber o funcionamento do sistema sensorial nas suas componentes principais, como a pele e o cérebro.

2.1 A PELE

A pele humana tem uma estrutura muito complexa. A Figura 1.1 mostra um esquema da pele coberta de pêlo. Trata-se do tipo de pele que reveste a maior parte do corpo humano, que contém cabelo visível ou pêlo praticamente imperceptível. Um outro tipo de pele, designada por pele glabra, caracteriza-se pela ausência de pêlos e encontra-se nas solas dos pés, nas palmas das mãos e nas superfícies lisas dos dedos dos pés e das mãos. A pele glabra é idêntica à pele com pêlo, diferindo na sua camada exterior que se apresenta mais grossa e com uma mistura mais complexa de terminais receptores. Esta complexidade estará provavelmente relacionada com o facto, de que sendo estas áreas mais sensíveis aos estímulos, as usamos (especialmente as mãos) para explorar as qualidades físicas dos objectos.

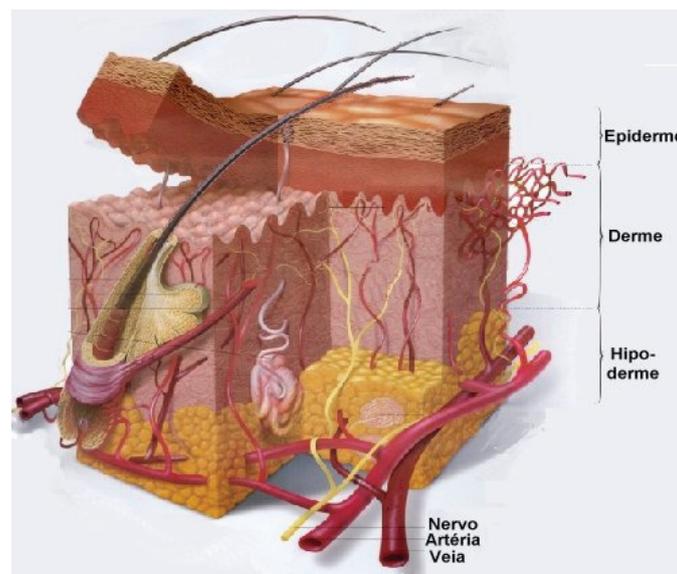


Figura 1.1 - Representação Esquemática de uma Seção Transversal da Pele Humana com Pêlo (Histologia da pele 2006)

A pele divide-se em três camadas (Figura 1.1). A epiderme que é a camada protectora exterior, com várias camadas de células mortas. A derme é a camada responsável pela reprodução das células novas, que se deslocam para a superfície, para substituírem as camadas da epiderme que vão sendo esfoliadas. Debaxo da derme está o tecido subcutâneo, a hipoderme, que contém o tecido de ligação e o tecido adiposo. A pele tem uma grande variedade de veias, artérias, glândulas sudoríferas, capilares, músculos e terminais receptores. A espessura da pele varia muito, podendo variar de 0,5 milímetros na face, até à pele da sola dos pés, que é aproximadamente 10 vezes mais grossa (Elsner et al. 2003).

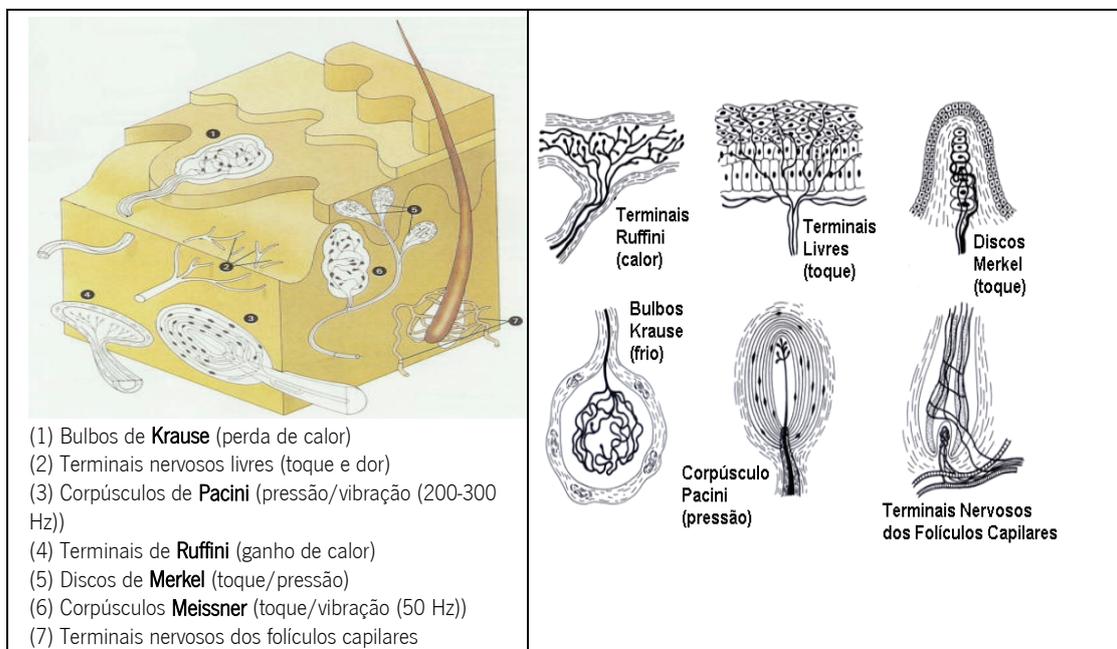


Figura 1.2 - Tipo de Sensores na Pele Humana (Healthy Heating 2005)

Espalhada por toda a pele, existe uma enorme variedade de tipos de receptores, que se distinguem pelas suas diferenças estruturais e funcionais (Figura 1.2). Apesar da sua variedade, todos os receptores são fibras neuro-terminais, que transportam a informação da pele até aos níveis mais elevados de processamento. Estes podem ser agrupados em dois tipos de terminais nervosos:

- receptores terminais livres, da camada subcutânea, que se projectam na epiderme e estão associados à sensação de dor, de toque e de temperatura,

- terminais encapsulados, que têm pequenos bolbos ou cápsulas na extremidade mais próxima da epiderme e estão associados às sensações mecânicas de pressão.

Estes terminais diferem em tamanho, forma e grau de organização (Figura 1.2). Os receptores com terminais encapsulados (corpúsculos) incluem os corpúsculos de *Vater-Pacini*, os corpúsculos de *Meissner*, os discos de Merkel e os terminais livres, que respondem particularmente ao estímulo do toque (estímulos mecânicos).

2.3 DA PELE AO CÉREBRO

Nos sistemas visual e auditivo, os receptores ocupam um espaço relativamente pequeno e compacto, o que facilita a transmissão dos estímulos ao cérebro. Em oposição, os receptores da pele estão distribuídos sobre todo o corpo, o que torna a transmissão mais complexa. Toda a informação sensorial recebida na pele é transportada através da medula espinal por 31 pares de nervos. A informação ascende depois para diferentes partes do cérebro, das quais se destacam o tálamo e o sistema límbico, responsável por emoções e pela memória, chegando finalmente ao córtex somatosensorial (Coren et al 1993).

Um aspecto importante da transmissão neuronal é que a informação ascende ao cérebro por meio de dois sistemas nervosos: o sistema espinotalâmico e o sistema lemniscal (Martlin & Foley 1992). O sistema espinotalâmico é caracterizado por fibras nervosas menores, com uma transmissão mais lenta. O sistema lemniscal possui fibras nervosas maiores que além de ter uma transmissão mais rápida, tem maior precisão do que o sistema espinotalâmico. O sistema lemniscal poderá distinguir na pele duas gotas da água separadas por apenas alguns milímetros de distância, ao passo que o sistema espinotalâmico pode, de forma errônea, interpretar as duas gotas como sendo uma só gota maior. Os sistemas espinotalâmico e lemniscal passam a sua informação ao córtex somatosensorial (Figura 1.3).

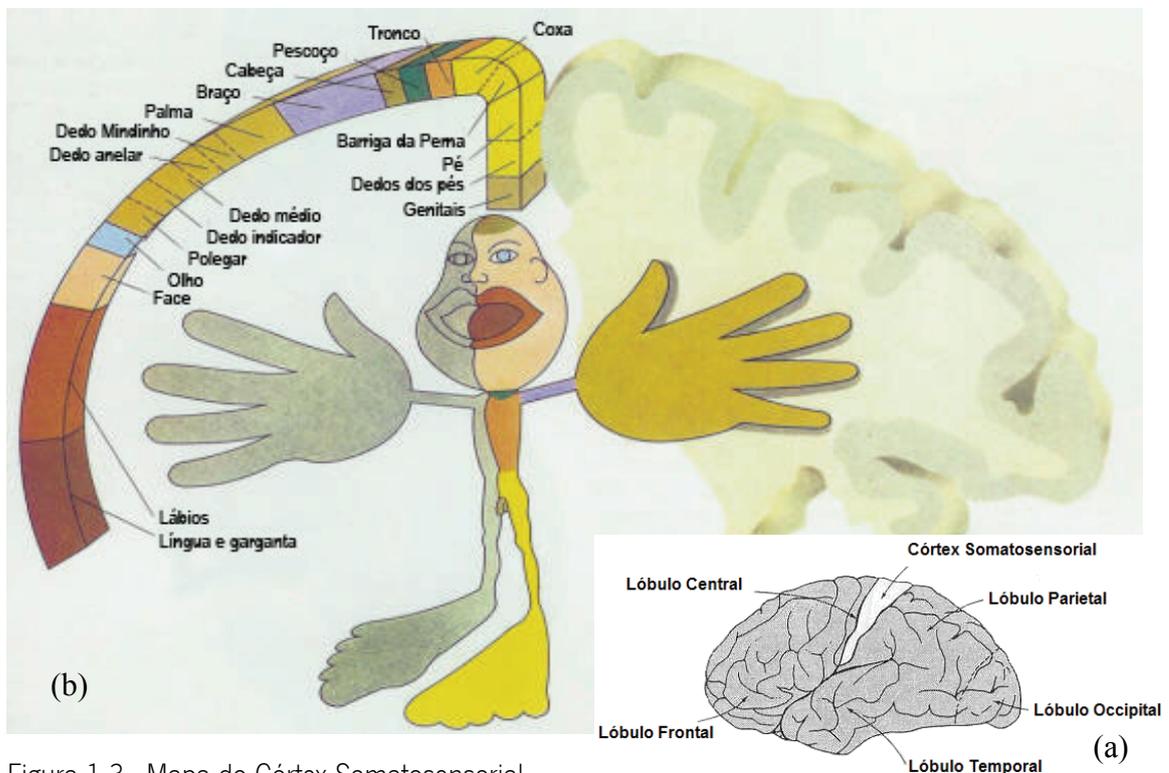


Figura 1.3 - Mapa do Córtex Somatosensorial

- a) Localização do córtex somatosensorial, destino final da informação proveniente dos receptores da pele, através dos sistemas espinotalâmico e lemniscal (Coren et al 1993)
- b) Mapa topográfico da percepção das fibras nervosas do "toque" no córtex somatosensorial. As diferentes partes do corpo estão desenhadas proporcionalmente à quantidade de terminais nervosos representados no córtex somatosensorial (Healthy Heating 2005)

3. O TOQUE

O toque inclui as sensações produzidas pela deformação da pele, quando toca ou é tocada por um objecto cujo estímulo invoca uma sensação de "toque".

3.1 ASPECTOS SENSORIAIS DO TOQUE

Como é que uma simples pressão, exercida sobre a pele, leva à percepção do toque? A sensação de toque provém do estímulo de diferentes tipos de receptores, de entre os quais, os mais estudados e percebidos são os terminais nervosos encapsulados, chamados corpúsculos

Vater-Pacini. Os corpúsculos *Vater-Pacini* são os maiores terminais sensores do corpo (aproximadamente 0,5 milímetros de largura e 1,0 milímetro de comprimento) e são extremamente sensíveis à vibração (200-300 Hz) sobre a pele (Coren et al 1993). Cada corpúsculo de *Vater-Pacini* é constituído por várias camadas concêntricas de tecido conjuntivo (tipo casca de cebola) que envolve a extremidade de um axónio sensorial. Parece que esta invulgar estrutura permite que as suas sucessivas camadas deslizem umas sobre as outras, o que leva a que este receptor seja mais sensível a uma mudança no toque, do que a um toque permanente. Estes receptores parecem estar posicionados estrategicamente, com aproximadamente 1000 a 1500 corpúsculos *Vater-Pacini* na palma de cada mão.

O estímulo dos receptores da pele produz a activação dos referidos nervos, que conduzem ao córtex somatosensorial. Durante muitos anos, os investigadores tentaram descobrir a relação entre os diferentes pontos do corpo e os pontos do córtex associados ao sistema espinotalâmico. A Figura 1.3 (b) mostra um mapa do sistema lemniscal. A criatura distorcida está desenhada de acordo com a quantidade de terminais nervosos representados no córtex somatosensorial. As partes do corpo de maiores dimensões são as mãos, os pés e os lábios. O espaço que cada órgão ocupa no córtex está relacionado com a sua sensibilidade ao toque.

3.2 TOQUE PASSIVO

A actividade somatosensorial do tacto pode ser produzida, estimulando os receptores da pele de duas formas diferentes:

- por um toque passivo - em que um objecto é colocado em contacto com a pele ou
- por um toque activo - que envolve o interesse de uma pessoa que procura a interacção com o ambiente, explorando os objectos com as mãos.

É importante examinar ambos os tipos de estimulação, pois conduzem a percepções diferentes.

3.2.1 Limiares do Toque

Nos estudos clássicos do toque passivo, os investigadores medem os pontos limiares do toque, como forma de detectar as diferentes sensibilidades sensoriais ao longo do corpo. O limiar ou limiar absoluto do toque é o ponto fronteira entre a detecção da presença ou ausência do estímulo, isto é, a quantidade mínima de estímulo necessária, para que o indivíduo tenha consciência da sua presença e que seja capaz de o relatar, no mínimo metade das vezes que ele ocorre.

A mais importante pesquisa sobre limiares do toque foi conduzida por Weinstein em 1968 (cited in Coren et al 1993), que examinou homens e mulheres, tocando-lhes em 20 partes diferentes do corpo, com uma fibra de poliamida, com características bem definidas, para que a força aplicada pudesse ser medida com precisão. A Figura 1.4 (a) mostra a sensibilidade de homens e mulheres. Quanto maiores são as barras apresentadas na Figura, maior é a força necessária para a detecção do estímulo, isto é, maior é o limiar absoluto do toque e mais baixa é a sensibilidade dessa zona. São de referir três particularidades no diagrama:

- as mulheres são mais sensíveis ao toque do que os homens, para diversas partes do corpo, isto é, os seus limiares de toque são mais baixos,
- as diferentes partes do corpo têm diferentes sensibilidades, por ex., as pessoas são mais sensíveis na zona facial do que em torno dos pés,
- homens e mulheres diferem nos seus padrões específicos de sensibilidade, por ex., a zona do ventre e costas nas mulheres são quase tão sensíveis quanto a zona da face.

Já estas zonas do corpo são muito menos sensíveis para os homens.

Embora as mulheres sejam mais sensíveis em diversas zonas do corpo, noutras zonas, tais como a língua, as mulheres e os homens parecem ter igual sensibilidade (Martlin & Foley 1992).

As aptidões para localizar com precisão as sensações de toque variam ao longo das diferentes áreas da pele, mas parecem estar directamente relacionadas com a quantidade da representação neural, que cada uma dessas áreas tem no córtex somatosensorial (Figura 1.4) (Coren et al 1993).

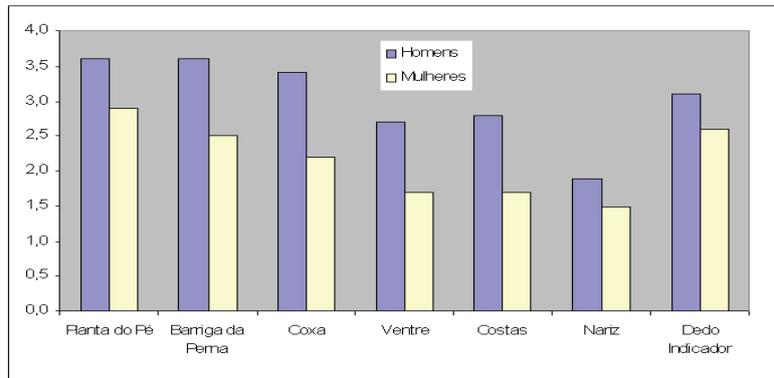


Figura 1.4 - a) Comparação da Sensibilidade de Algumas Partes do Corpo, para Homem e Mulher

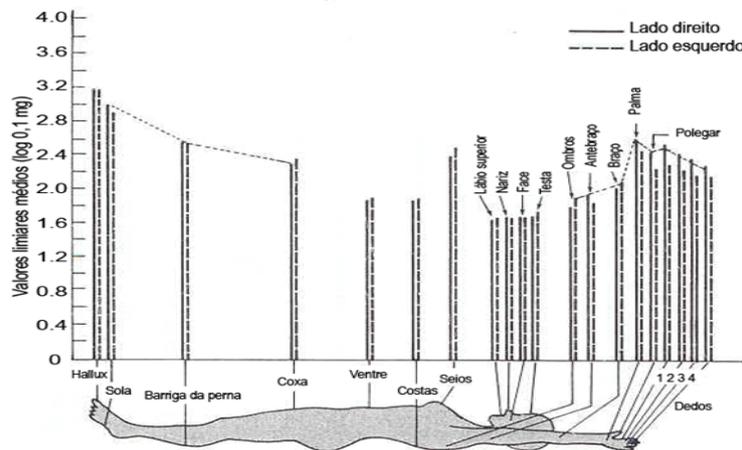


Figura 1.4 - b) Valores Médios dos Limiares Absolutos de Toque para Diferentes Áreas do Corpo Feminino

3.2.2 Adaptação ao Toque

A intensidade da sensação apercebida de um estímulo táctil permanente diminui gradualmente com o tempo, pelo que o homem mostra adaptar-se ao toque.

Alguns estudos permitiram medir a adaptação ao toque em diferentes áreas do corpo, mostrando que quanto mais intenso é o estímulo, mais tempo leva a sensação a desaparecer, mas quanto maior for a área estimulada menor é o tempo de adaptação. A adaptação ao toque é mais rápida nos primeiros segundos, decrescendo depois mais lentamente; passados os primeiros 3 segundos, o nível de sensação decresce cerca de um quarto do seu valor inicial (Coren et al 1993).

A adaptação ao toque num lábio está completa ao fim de 20 segundos, ao passo que no antebraço esta adaptação é mais lenta e não está completa antes de 60 segundos. (Martlin & Foley 1992).

Há trabalhos que frisam que a adaptação ao toque não pode ser explicada pela "fadiga" dos receptores, mas a adaptação pode provavelmente ser consequência do constrangimento mecânico dos receptores. Consequentemente, como referido atrás, os corpúsculos de *Pacinian* respondem melhor, quando são primeiramente sujeitos a uma pressão inicial ou quando esta deixa de se exercer. Sob pressão constante, os seus terminais nervosos flutuam dentro de todas as camadas protectoras, (do tipo casca de cebola) e não produzem, de uma forma continuada, os sinais que se seguem, ao estímulo inicial.

3.3 TOQUE ACTIVO

Os aspectos do toque activo foram explorados em particular por Gibson (1966), cujo trabalho é discutido frequentemente em muitos livros de psicologia (cited in (Coren et al 1993) & (Martlin & Foley 1992)) e em que referem que “estamos acostumados a acreditar que a visão é um sentido tão importante, que ignoramos as potencialidades do toque activo”. O toque activo na determinação da "sensação" de um objecto é designado por percepção háptica. A percepção háptica envolve o pousar ocasional de uma mão sobre um objecto sem qualquer movimento ou a procura de informação adicional, passando a mão na superfície do objecto, para explorar as suas características.

As mãos são o mais poderoso instrumento para explorar e manipular o mundo exterior, sendo, por isso, a sua função sensorial de extrema importância.

A percepção da rugosidade pelo tacto varia ao longo do corpo, sendo as zonas de maior sensibilidade os lábios, os dedos e o antebraço. As de menor sensibilidade são o calcanhar, costas e coxas. As zonas do corpo reactivas a esta sensibilidade são idênticas às apresentadas na Figura 1.4, com os valores médios de limiares absolutos de toque (Coren et al 1993).

Porque os seres humanos são muito dependentes do seu sistema de visão, as pessoas tendem a confiar mais nos estímulos visuais, sempre que há um conflito sensorial entre o

toque e a visão (Martlin & Foley 1992). No entanto, os sentidos são particularmente dominantes nas suas áreas de especialidade e se a visão funciona melhor que o toque, na percepção de estímulos característicos de estruturas como a forma, o tamanho e a cor, o toque funciona melhor que a visão, na percepção de dureza, textura, rugosidade, temperatura, etc..

4. PSICOFISIOLOGIA DA PERCEPÇÃO

4.1 DA SENSACÃO À PERCEPÇÃO

A sensação traduz-se na básica e imediata detecção de um simples estímulo físico, resultante de uma modificação no meio ambiente. Esta definição implica que se tenha um tratamento mínimo da informação ao nível do sistema nervoso central a seguir a um estímulo de um órgão sensorial, o que não implica que a sensação seja consciente. Segundo esta definição, a sensação é um fenómeno psicológico concomitante com a chegada de um influxo nervoso ao córtex cerebral (Depledt 1998).

A percepção de um estímulo resulta do tratamento que os centros nervosos especializados do respectivo sistema sensorial fazem sobre a informação bruta que recebem dos órgãos receptores periféricos, dando a esta uma organização e um significado. Mas os estudiosos dizem que não existe uma distinção precisa entre estes dois termos. Então “Qual a complexidade que um estímulo deve tomar para se tornar numa percepção em vez de sensação? Quanta interpretação é necessária antes da sensação se tornar percepção?” (Martlin & Foley 1992).

4.2 ETAPAS PSICOLÓGICAS DA PERCEPÇÃO

A percepção é o resultado da interpretação das informações sensoriais, que necessita da integração das diferentes sensações sobre as quais o indivíduo efectua uma escolha e toma uma decisão, em função dos seus conhecimentos anteriores, das suas vivências e das suas motivações cognitivas e afectivas.

De uma forma simplificada, é possível representar as etapas psicológicas da percepção, como esquematizado na Figura 1.5. O estímulo físico é transformado numa mensagem nervosa que contém todas as informações necessárias à elaboração da percepção, que circula dos receptores sensoriais periféricos até aos centros nervosos especializados. Estes centros são ligados em série, quer dizer, que cada um deles recebe como sinal de entrada, o sinal de saída do antecedente e o tratamento da informação sensorial encontra-se repartido em três ou quatro patamares antes de chegar à consciência.

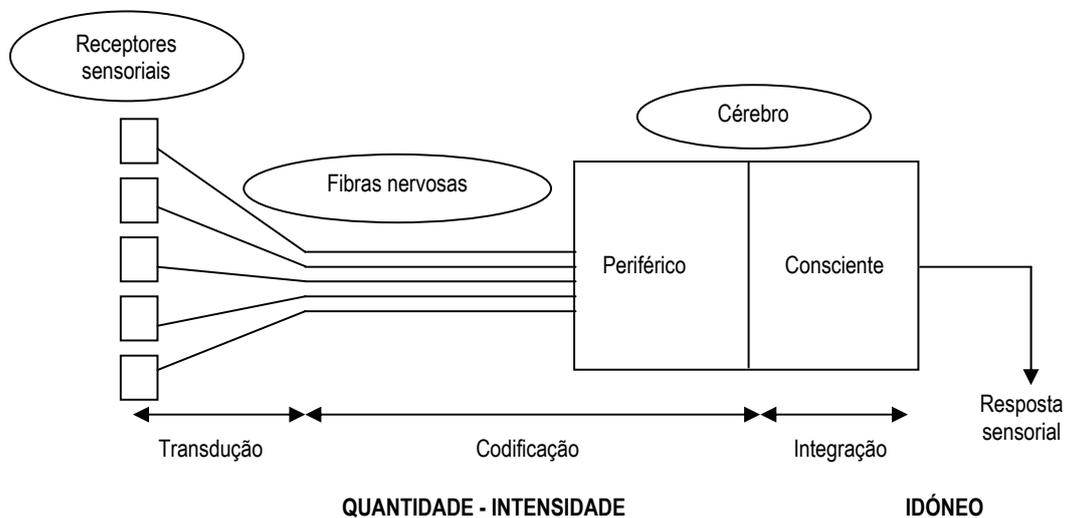


Figura 1.5 - Etapas Psicológicas da Percepção (Depledge 1998)

Na parte mais periférica de um canal sensorial, compreendendo o órgão de recepção propriamente dito e as duas ou três primeiras retransmissões nervosas, a informação é tratada em tempo real, sem referência às percepções anteriores, o que resulta numa codificação da qualidade e da intensidade do estímulo, sem referir o seu significado biológico nem, especificamente, o seu valor idóneo.

À entrada no cérebro, a informação sensorial apresenta-se turva e redundante, sendo progressivamente filtrada, reduzida, estabilizada e confrontada, à medida que progride para os centros superiores.

Quando as informações vêm de diferentes órgãos receptores, chegam ao nível dos centros superiores, isto é, onde a memória e a consciência entram simultaneamente em jogo e

convergem para um sistema integrador único, tálamo-cortical, cujo funcionamento sequencial é relativamente lento, contrastando com o funcionamento paralelo e rápido das vias aferentes. No momento em que a percepção consciente se produz, isto é, de 0,1 a 0,2 segundos, após a recepção do estímulo, a memória leva à conotação idónea (conotação de agradável ou desagradável), que se vem juntar à qualidade e à intensidade, onde as informações codificadas são reconhecidas. Nessa altura, toda a informação é reunida numa mensagem global, ao mesmo tempo sensorial e afectiva, da qual o sujeito é, na maior parte das vezes, incapaz de distinguir os componentes. Diz espontaneamente o que sente, evocando habitualmente primeiro a nota idónea, seguida da qualidade apercebida e, finalmente, a intensidade (Depledt 1998).

Se a mensagem nervosa não é conduzida até ao sistema nervoso central, trata-se de um reflexo (domínio da sensibilidade inconsciente).

Qualquer que seja o sistema sensorial em causa, as percepções elaboram-se ao nível consciente, partindo de uma informação bruta, que é essencialmente topográfica. O processo de tratamento que se aplica a este tipo de informação é o reconhecimento da forma (Depledt 1998).

Cada código topográfico corresponde a uma forma ou imagem sensorial única e reprodutível. A operação mais simples, que se aplica às formas, é a identificação, que consiste na comparação de duas ou mais formas. Se a comparação necessita da intervenção de percepções anteriormente memorizadas, então trata-se do reconhecimento.

Na sua forma mais elementar, o reconhecimento é uma simples operação lógica com duas saídas possíveis: a forma é reconhecida, quer dizer idêntica a uma forma memorizada ou não.

Noutra forma de reconhecimento, mais específica do cérebro humano, passa-se da noção de identidade à de semelhança. A percepção actua, apresentando analogias com uma ou várias experiências anteriores, ainda que o estímulo experimentado se apresente diferente de todas as referências memorizadas. Esta nota de semelhança é muito rica, pois permite à mente apreender objectos singulares através das suas características, que pertencem a um conjunto de objectos semelhantes, isto é, a classes de semelhantes (Stone & Sidel 1992).

A descrição de uma percepção é uma operação mais complexa do que o simples reconhecimento. Os homens comunicam entre si por palavras. É possível, por meio desta semântica, fazer compreender a uma pessoa que não se tenha apercebido de um objecto, o que ela experimentaria na percepção deste. A descrição consiste em representar uma forma, por meio de um conjunto de palavras, designado por “descritores” ou “atributos”.

Distinguem-se dois níveis de descrições: a descrição simples ou a representação de um objecto por um conjunto de palavras e a descrição quantitativa que é a representação de um objecto por um conjunto de palavras associadas a números ou a uma escala numérica. Estes números servem para quantificar a importância relativa do descritor ao qual estão associados, de acordo com o objecto descrito. É aprendendo a analisar o que se sente, que se treina a utilizar a palavra adequada e que progressivamente se vem a dar respostas precisas e reprodutíveis (AFNOR 1999).

4.3 QUANTIFICAÇÃO DA PERCEPÇÃO

Fechner e Stevens interessaram-se pela medição dita “objectiva” da percepção e da sua quantificação, bem como pela procura de uma lei universal e integradora do estímulo e da percepção. O raciocínio de Fechner fundamenta-se na lei de Weber de 1831, segundo a qual existiria uma relação constante, entre uma pequena diferença de estímulo e a intensidade da reacção psicológica. O método elaborado por Fechner, parte do princípio que uma percepção não poderá ser medida directamente, sendo apenas possível medir a diferença entre percepções. Para ele, a relação entre a percepção e o estímulo é do tipo logarítmica, o que significa que quando a intensidade do estímulo é fraca, basta uma ligeira variação no estímulo, para que haja uma diferença de percepção, ao passo que, se a intensidade é forte, só uma elevada variação do estímulo permitirá uma percepção da mesma magnitude. A equação da Lei de Fechner, relativamente à resposta a um estímulo, é a seguinte:

$$S_{ps} = c_{si} \log R_e \quad (1)$$

Onde: S_{ps} - sensação ou resposta psicológica,
 c_{sj} - constante,
 R_e - intensidade do estímulo.

Stevens, desejando confirmar esta lei, utilizou, contrariamente a Fechner, um método de avaliação directa (Cited in Coren et al 1993), que consiste em pedir aos indivíduos que, perante um estímulo, assinalassem um valor para esse estímulo, em função da intensidade da percepção experimentada. Os estímulos são normalmente avaliados um de cada vez e a única restrição é que a resposta seja em valor maior que zero. Este processo é também designado por procedimento de estimativa de grandeza, avaliação directa ou avaliação absoluta. Estes estudos levaram à Lei de Stevens que apresenta a seguinte forma:

$$S_{ps} = c_{sj} R_e^m \quad (2)$$

Onde: S_{ps} - sensação ou resposta psicológica,
 c_{sj} - constante,
 R_e - intensidade do estímulo,
 m - grau da potência (função do tipo de estímulos sensoriais).

5. ANÁLISE SENSORIAL

O homem, quando usa um dos seus sentidos para avaliar um produto, cria uma opinião a partir de um conjunto de sensações geradas pelos estímulos sensoriais e reproduzidos no seu cérebro. O seu conhecimento permite-lhe avaliar a qualidade e a aceitação ou rejeição do produto (Stone & Sidel 1992).

A análise sensorial define-se como sendo a avaliação dos atributos organolépticos de um produto pelos órgãos sensoriais (AFNOR 1992). No sector agro-alimentar, onde esta avaliação está mais implementada, esta será o estudo das propriedades organolépticas de um produto alimentar, fonte de estímulos sensoriais que vão induzir respostas humanas.

A análise sensorial quer de alimentos quer do vestuário ou de todo o meio ambiente, envolve todos os sentidos relevantes e dá forma a uma série de conceitos que são utilizados para expressar estas percepções. Para compreender os processos psicológicos da análise sensorial, é necessário medir estas percepções de forma subjectiva.

A avaliação subjectiva é a medição directa da opinião de uma pessoa, uma vez que não existe nenhum instrumento físico capaz de medir o que o utilizador do produto está a pensar ou a sentir de uma forma objectiva. A única maneira de obter as percepções subjectivas, é fazendo perguntas e utilizando escalas psicométricas. Com as escalas psicométricas, o processo de avaliação sensorial é baseado nas escalas de descritores, atributos ou adjectivos qualificativos, que conhecemos da nossa experiência quotidiana.

Slater (1986) alerta para o grande número de problemas relativo às avaliações subjectivas:

- *Primeiro, estas medições assentam completamente na honestidade do avaliador.*
- *Segundo, existe uma grande variedade de opiniões subjectivas nos seres humanos, o que exige a realização de uma grande quantidade de medições, para obter uma precisão estatística satisfatória dos resultados.*
- *Terceiro, há uma grande dificuldade na análise estatística dos dados subjectivos, porque as respostas subjectivas não são números reais e a calibração mental usada por cada avaliador pode não ser a mesma.*
- *Finalmente, existe uma inconsistência nos dados subjectivos, uma vez que a opinião individual dos avaliadores é influenciada por um grande número de factores psicológicos, fisiológicos, sociais e ambientais.*

Apesar das dificuldades, a psicologia sensorial tem sido desenvolvida e utilizada há mais de 100 anos, para estudar o comportamento dos seres humanos, principalmente no sector agro-alimentar (Depledge 1998; Stone & Sidel 1992). Um grande número de trabalhos tem sido realizado no domínio das escalas psicométricas, o que levou ao desenvolvimento de leis psicológicas, técnicas experimentais e métodos matemáticos, para tratar os dados das respostas subjectivas (Martlin & Foley 1992; Stone & Sidel 1992; Coren et al 1993; Depledge 1998). Muitos investigadores aplicaram as técnicas de escalas psicológicas ao conforto do vestuário em geral (De Martino et al. 1984; Gwosdow et al. 1986; Li 1988; Hatch et al. 1990;

Markee et al. 1990; Plante et al. 1995; Barnes et al. 1996; Wang et al. 2003) e ao toque em particular (Binns 1934; Elder et al. 1984; Matsudaira et al. 1990; Jacobsen et al. 1992; Philippe et al. 2004).

Hollies et al. (1991) resumiram seis etapas essenciais no método das escalas psicométricas têxteis, que podem ter sido transpostas do sector agro-alimentar:

- Seleção de descritores ou atributos do conhecimento geral,
- Linguagem (termos) para descrever estes atributos,
- Atribuição de uma escala para indicar o nível dos atributos,
- Um painel de avaliadores para aplicar a escala de avaliação dos atributos,
- Avaliação apropriada dos dados,
- Comparação dos resultados da avaliação psicológica subjectiva com as medições objectivas dos mesmos atributos.

Cada uma destas etapas tem procedimentos específicos. Por exemplo, a avaliação sensorial é geralmente realizada por um grupo de pessoas que são recrutadas e treinadas, cujos desempenhos são controlados, sendo normalmente o grupo designado por “painel”. Estas pessoas avaliam em condições particulares, de acordo com o tipo de avaliação em causa (por ex. com ou sem visualização), para evitar a intervenção enviesada dos outros sentidos. As avaliações podem, contudo, ser realizadas por simples consumidores finais do produto, pessoas sem qualquer treino, utilizando todos os seus sentidos ao mesmo tempo, sem qualquer restrição.

5.1 AVALIAÇÃO SENSORIAL DO TOQUE NA ÁREA TÊXTIL

Apesar da análise sensorial ter o seu forte desenvolvimento no domínio agro-alimentar, está também presente no sector têxtil desde os anos 30, quando se iniciou a realização de estudos sobre a avaliação sensorial táctil, com grupos de pessoas. Em simultâneo, os investigadores no domínio têxtil, conseguiram desenvolver uma abordagem instrumental, principalmente mecânica, propondo instrumentos específicos, onde o sistema de medição Kawabata Evaluation System For Fabrics KES-FB, construído nos anos 70, é um exemplo típico.

Na prática, existe ainda hoje um grande número de operações comerciais, nomeadamente na comercialização de produtos acabados e semi-acabados, que é influenciado por uma apreciação empírica muito típica do sector, efectuada sobre os tecidos, quer por via visual, quer sobretudo por via táctil. O confeccionador/cliente pronuncia-se sobre a qualidade dos tecidos, tanto do ponto de vista táctil, como do ponto de vista de “transformabilidade”, isto é, em termos de características mecânicas intervenientes no desempenho do tecido na confecção. A aparência final estimada é igualmente um parâmetro importante a ter em conta nessa avaliação.

Na têxtil, a avaliação realizada por pessoas é geralmente designada por avaliação subjectiva e a avaliação efectuada por instrumentos de medição é denominada por avaliação objectiva. Esta análise “táctil-mecânico-térmica” é designada, em linguagem têxtil, por “toque” de um tecido.

5.2 DEFINIÇÃO DO “TOQUE” DE UM TECIDO

O “toque” (“fabric hand” ou “handle” em inglês) é uma noção muito complexa. É um conceito que engloba propriedades mecânicas, de conforto, de uso e sensoriais. O toque condiciona a “confeccionabilidade”, isto é, a capacidade que um tecido tem de ser transformado numa peça de vestuário, o cair, o drapeado, ou seja, a aparência final do vestuário, mas também o conforto experimentado pelo portador.

Há que ter em consideração uma diferença fundamental entre a percepção do toque, quando se veste uma peça de vestuário e do toque de uma superfície têxtil com a mão. Quando se veste uma peça de vestuário, trata-se do toque passivo, onde o portador não procura intencionalmente obter informação precisa do vestuário, sendo a informação simplesmente imposta à pele. No processo de tocar um tecido com as mãos, trata-se de um toque activo, onde o avaliador passa a mão intencionalmente sobre o tecido, para obter informação adicional.

Bishop (1994) faz a diferenciação entre toque passivo e toque activo e denomina-os por toque sintético e toque analítico, respectivamente. O toque sintético é usado para obter uma

impressão geral de um tecido, pousando-lhe simplesmente a mão em cima e o toque analítico é realizado de forma a conseguir informação exhaustiva sobre as propriedades tácteis do tecido. A noção de “toque activo” é habitualmente designado simplesmente por “toque” e depende de numerosos parâmetros que vão da matéria-prima ao acabamento. A mão do homem é um preceptor do toque muito sensível e os especialistas do toque procuram chegar a um vocabulário comum e universal, que lhes permita qualificar os tecidos segundo este parâmetro.

Na literatura, pode encontrar-se várias definições para o termo “toque”, nomeadamente:

- “o que o homem avalia de forma sensorial das propriedades mecânicas de um tecido” (Peirce 1930),
- “percepção de um indivíduo quando toca um tecido entre os dedos e o polegar” (Thorndike & Varley 1961),
- “a soma das contribuições ponderadas de estímulos reproduzidos por um tecido sobre o centro sensorial maior” (Lundgren 1969),
- “a soma total das sensações quando um tecido é manipulado pelos dedos da mão por flexão e fricção” (Dawes & Owen 1971),
- “a avaliação subjectiva de um material têxtil realizada pelo sentido do toque” (The Textile Institute 1995),
- “a sensação ou impressão táctil que provem do tocar, apertar, esfregar ou simplesmente manipular um tecido” (AATCC 1996),
- “a forma como se sente um produto têxtil quando tocado pela mão humana” (Li 2002).

Ainda que certas definições se refiram somente ao sentido do tacto, elas incluem claramente a percepção de outros sentidos.

5.3 AVALIAÇÃO DO “TOQUE”

O primeiro a aperceber-se da importância do “toque” de um tecido e a definir os parâmetros fundamentais que o caracterizam, foi Peirce em 1930.

Segundo Peirce, a quantificação do “toque” de um tecido permitiria intervir no processo de fabricação, com o objectivo de conferir ao produto final o toque pretendido. Pierce definiu as propriedades mecânicas dos tecidos, como a flexão, a compressão, a espessura, o comportamento à tracção e a massa por unidade de superfície, como sendo as características de medição do “toque”. Sublinhou igualmente a influência de certas características de condução de calor e de humidade, sobre o toque dos tecidos têxteis. Há autores que introduziram outros parâmetros mecânicos elementares, que estão ligados à caracterização superficial dos tecidos (Hoffman & Beste 1951).

Numerosos estudos tiveram em consideração a avaliação subjectiva do “toque” (Binns 1934; Vaughn & Kim 1975; Ellis et al. 1980; Jacobsen et al. 1992) e mais recentemente Slater (1997) tentou fazer um ponto de situação.

5.3.1 Condições de Avaliação Subjectiva do “Toque”

A definição de avaliação do “toque”, sendo bastante vaga, pode ser realizada com “visão (o sujeito vê e toca o tecido) ou não (o sujeito toca mas não vê o tecido). A avaliação sensorial baseada no sentido do tacto deve ser à priori, “sem visualização” evitando a influência causada pela aparência dos tecidos, pelo odor e pelo som emitido por estes, quando manipulados.

Certos autores realizaram esta avaliação com o método de “sem visão” (Howorth & Oliver 1958; Elder et al. 1984; Brooks 1991), de forma a só estar em jogo o sentido do tacto, utilizando uma caixa apenas com duas aberturas, para introduzir as mãos e avaliar os tecidos. Outros autores compararam os resultados das avaliações subjectivas em três condições de avaliação: utilizando apenas a visão, o toque simples e o toque e a visão simultaneamente. O estudo de Hallos *and all.* (1990) refere sempre a avaliação com visão e toque. Laughlin (1991) verificou que a percepção visual é mais importante que a táctil. Portanto, a percepção visual ou a percepção visual com toque em simultâneo devem dar diferenças mais importantes que aquelas que se obtêm pela percepção táctil simples.

Na sua pesquisa bibliográfica, Li (2002) referencia alguns autores que fizeram este tipo de análise, chegando às seguintes conclusões: nos estudos com visão e toque, são mais

valorizados os atributos relativos ao aspecto, aparência, finalidade e atractividade (associada à cor e lustro). Nos grupos de avaliadores do toque sem visão, os tecidos foram caracterizados em termos de leveza/peso, textura e tipo de matéria-prima.

É de notar que nestes estudos, com ou sem visão, foi descrita a apresentação dos tecidos. A maior parte das publicações tem pouca informação sobre a forma como se apresentam os tecidos e sobre o modo de avaliação (com ou sem visão). Se a avaliação é visual, todos os tecidos deveriam ter a mesma cor e aparência para minimizar a influência do aspecto sobre a percepção dos outros descritores.

As condições de temperatura e humidade, sob as quais os materiais são avaliados, modificam as propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos e, conseqüentemente, o seu toque. Estas condições são importantes para os tecidos e foram objecto da norma EN 20139, 96 (ISO 1996). Uma vez que as medições objectivas das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos são efectuadas nestas condições, parece lógico que as avaliações subjectivas também tenham lugar nas mesmas condições, sobretudo se se pretende encontrar uma correlação entre as propriedades subjectivas e objectivas dos tecidos. Poucos são os autores que mencionam em que condições hidroclimáticas as avaliações são realizadas, bem como o procedimento para a lavagem e secagem das mãos dos avaliadores. Nestas circunstâncias, a comparação entre estudos subjectivos torna-se impossível, pois as condições de ensaio não estão suficientemente detalhadas.

5.3.2 Os “Avaliadores”

Na indústria têxtil, as decisões comerciais da compra de tecidos são feitas por pessoas ou pequenos grupos de pessoas designados por “peritos têxteis”. Estas pessoas são treinadas no seio das empresas de forma a avaliar a “confeccionabilidade” dos tecidos. Estas decisões não são unicamente tomadas com base na avaliação táctil dos tecidos, mas também recaem sobre o tipo de matéria-prima, no conhecimento dos processos de fabricação, acabamento dos tecidos e, certamente, em função de critérios económicos das empresas. Por consequência, muitos autores compararam o desempenho da avaliação dos “peritos têxteis”, com grupos de pessoas “naïfs” (leigos, consumidores finais dos produtos).

Estes peritos muitas vezes usam descritores e apreciam atributos no vestuário, que não são conhecidos e valorizados pelos consumidores comuns. Por outro lado, é importante saber quais são os atributos de conforto e toque dos tecidos e do vestuário, geralmente reconhecidos pelos consumidores e saber o que estes significam.

Binnis (1934) foi o primeiro a estudar a avaliação subjectiva do toque segundo a vivência social e profissional das pessoas. Utilizou “peritos têxteis” e pessoas comuns “naífs” (rapazes dos 15 aos 18 anos). Segundo Binnis, “a avaliação altamente qualificada (por peritos têxteis) é baseada no toque natural e delicado dos tecidos, no qual ainda não há a medida física absoluta. Apesar do sentido do tacto nascer com o indivíduo, não implica que essa pessoa seja qualificada ou não, para comprar ou vender produtos têxteis, pois existem outros factores a ter em consideração. A capacidade de diferenciação, sob o ponto de vista táctil, é já uma boa base sobre a qual outros factores podem ser desenvolvidos”.

Em 1964, Brand (1964) mostrou que existem diferenças de vocabulário entre os “peritos têxteis” e os avaliadores não treinados e concluiu que estas diferenças eram demasiado grandes para permitir uma boa comunicação entre os peritos e os consumidores; o vocabulário dos peritos têxteis era bastante mais rico, do que o dos consumidores. A comissão da “American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC1966) fez a distinção entre a apreciação dos “peritos têxteis” e a avaliação dos consumidores. No entanto, na maior parte dos casos, nos estudos de avaliação subjectiva, os painéis eram compostos por peritos têxteis e pessoas comuns “naífs” (Hallos et al. 1990; Hollies et al.1991). Kawabata e Masako (1989) utilizaram um painel de peritos de produtos têxteis, acabadores e confeccionadores, para a realização do sistema Kawabata System For Fabrics.

Muitos têm sido os investigadores que têm apelado a painéis de estudantes, de assistentes de laboratório e de consumidores. Estes painéis têm conseguido fazer avaliações coerentes com o auxílio de descritores (Binns 1934; Elder et al. 1984; Byrne 1986; Kawabata & Masako 1989; Jacobsen et al.1992; Byrne et al. 1993) onde se mostra que a variabilidade entre avaliadores é maior que entre os peritos têxteis (Winakor et al.1980).

5.3.3 Métodos de Avaliação

Entre todos os métodos utilizados no estudo da avaliação subjectiva do toque, três parecem ser os mais interessantes, pois são baseados, quer em classes, quer na procura de descritores apropriados aos tecidos, com as respectivas escalas de quantificação dos descritores (assemelhando-se à descrição quantitativa da análise sensorial).

5.3.3.1 Classes de tecidos

Para determinar as preferências dos consumidores não treinados e verificar a sua capacidade para diferenciar produtos, o método da comparação por pares é o mais indicado e usado.

O método de comparação de tecidos por pares é um método de classes, em que é pedido aos avaliadores que comparem 2 tecidos ao mesmo tempo. O princípio é o seguinte: se forem considerados 3 tecidos A, B e C, não se pode formar mais de 3 pares: AB, AC, e BC. Se a intensidade de A é considerada maior (relativamente a uma dada característica sensorial) que a de B e a intensidade de B é maior que a de C, então a intensidade de A deveria ser maior que a de C. Mas é também possível que a intensidade de A seja menor que a de C, porque as diferenças entre os tecidos são demasiado pequenas para serem relevantes ou porque a classificação é complicada de efectuar, devido a variações do critério de apreciação.

Cada avaliador deve justificar porque é que aceita ou não, um dos tecidos do par. O tecido do par que tiver a maior intensidade (o que for aceite) é classificado com a nota 1 e o outro (o rejeitado) com a nota 0. Todos os pares possíveis de tecidos ($n[n-1]/2$, onde n é o número de tecidos a serem comparados) são comparados por todos os avaliadores, sendo calculada a soma das notas. Os tecidos são assim classificados pela soma das notas. Para cada atributo que se pretenda estudar, este processo necessita de ser repetido. Devido à grande quantidade de testes envolvidos, a avaliação por comparação de pares é limitada geralmente a um atributo, tal como a preferência total do toque ou a um par de produtos para os diferentes atributos. Este método pode ser considerado um método discriminativo (Stone & Sidel 1992; Depledge 1998).

Muitos investigadores utilizam este método de comparação por pares (Howorth & Oliver 1958; Matsudaira et al. 1990a e 1990b; Brooks 1991; Bishop 1994; Slater 1997), por exemplo, em estudos sobre as frequências de citações de descritores na avaliação sensorial.

Li *et al* (2002) aplicaram esta técnica em conjunto com escalas de avaliação não-comparativas, para obter a preferência total dos consumidores em t-shirts fabricadas com oito tipos diferentes de fibras, através da apreciação do toque e da experiência de uso controlado. Os resultados das preferências foram convertidos numa escala de intervalos e usados para compreender as relações entre as sensações, as respostas fisiológicas e as propriedades físicas dos materiais.

Schneider *et al* (1996) utilizaram o método de comparação por pares, para estudar o toque fresco dos tecidos de fibras higroscópicas. Este método tem a vantagem de assegurar que todos os avaliadores avaliem segundo os mesmos padrões, evitando que os avaliadores utilizem padrões de comparação internos e desconhecidos, como o seu tecido ideal ou o do seu próprio vestuário, etc..

Outros autores assinalam como desvantagens deste método, o facto de não poder fornecer o valor das diferenças percebidas entre amostras (Li 2002) e a sua morosidade (Slater 1997).

5.3.3.2 A “semântica diferencial”

A semântica diferencial foi desenvolvida na aplicação dos métodos derivados dos trabalhos de Kelly (1955) sobre as “grelhas de repetições” e tem por objectivo explorar os factores que influenciam as preferências dos consumidores (cited in Bishop 1994). Este método consiste numa série de pares de palavras, que são geralmente antónimas, separadas por um intervalo de espaços (habitualmente de 0 a 5 ou 7). Cada par de palavras constitui uma escala de intensidade, que descreve um aspecto do produto a avaliar. Estes descritores foram previamente gerados por um grupo de consumidores. Após discussão, os sinónimos foram excluídos da lista, sendo os restantes descritores reagrupados em descritores bipolares por consenso (Depledge 1998). Um primeiro perfil “ideal” de tecidos é criado pelos avaliadores, sendo depois o perfil dos diferentes tecidos obtido por avaliação. Por fim, os dois perfis são comparados.

Alguns autores usam as escalas de semântica diferencial em estudos de toque e conforto. Fritz (1990) utilizou este método na avaliação do toque de tecidos. Esta abordagem permitiu determinar a influência da fibra e da estrutura de um tecido a aplicar em fato de senhora. Usou uma escala de 7 pontos, em que nos dois extremos tem a indicação de “extremamente” e onde o ponto médio, “zero”, indica “nenhum dos dois”. Esta análise de perfil, também aplicada na comparação de tecidos ideais para roupa interior, permite ainda comparar as diferenças de percepção entre homem e mulher.

Byrne *et al* (1993) aplicaram este método para investigar o efeito dos diferentes tipos de fibra sobre o “toque” de tecidos, para várias aplicações. Conseguiram comparar a percepção dos consumidores, australianos e ingleses, em materiais de seda, algodão, poliamida e poliéster, aplicados à fabricação de saias de senhora e de camisas desportivas. Os resultados deste estudo mostraram concordância entre os painéis dos dois países.

Graças à semântica diferencial, Fritz (1990) afirmou que “as pessoas são capazes de fazer avaliações objectivas, quantitativas e reprodutíveis baseadas nas suas sensações”.

Bishop (1994), num senso mais filosófico que físico, está de acordo sobre o facto de que as pessoas serem capazes de fazer avaliações objectivas. A semântica diferencial assemelha-se ao método de perfil em análise sensorial, pela geração de descritores e pela redução da lista dos mesmos, por consenso dos avaliadores. Contudo, os autores não especificam as condições de avaliação (com ou sem visão, temperatura e humidade da sala de avaliação, tecidos condicionados, etc.), nem a prática de um eventual treino dos avaliadores ou se sobre estes houve qualquer tipo de controlo dos seus desempenhos.

Bishop (1994) sublinha como inconveniente essencial, a relação dos resultados obtidos pelos instrumentos de medição e a avaliação feita por um painel, onde um atributo pode ter vários antónimos. Por exemplo, suave pode ser o contrário de diferentes descritores: áspero, rugoso, crespo, hirto, duro, rijo, etc.. Defende também que, em termos de avaliação subjectiva, os descritores bipolares não acrescentam qualquer mais valia comparativamente aos descritores simples, podendo trazer algumas desvantagens, como contribuir para complicar o processo de geração de descritores, impondo correlações desnecessárias entre eles e ainda associar

atributos positivos e negativos, por introdução inconsciente de sentimentos, gosto/desagrado, na apreciação dos avaliadores.

5.3.3.3 Análise da percepção humana

Hollies, em 1989, sugere que uma nova linguagem deve ser criada para melhorar a compreensão sobre a avaliação das percepções, da aparência e de contacto da pele, com os têxteis, tendo desenvolvido com dois outros autores, uma nova avaliação sensorial "Human Perception Analysis" (Hollies et al.1991). Este método permite quantificar as medições subjectivas, nos estudos sobre o conforto do vestuário, baseado na semântica. As percepções e sensações dos seres humanos podem ser detectadas utilizando apenas descritores seleccionados numa escala de categorias.

Num estudo realizado com mangas, foram seleccionados 48 descritores de conforto (Hollies et al.1991), em que os descritores citados menos de 3 vezes foram eliminados e os restantes foram reagrupados em 7 categorias. Na avaliação das mangas de algodão e de poliamida, os avaliadores assinalaram o seu voto numa escala de categorias (de 0 a 5) para cada descritor e os resultados obtidos permitiram classificar os materiais por composições, de acordo com os descritores. Estes estudos não foram continuados, devido ao falecimento do seu principal autor Hollies em 1989.

Esta metodologia de avaliação do conforto é importante porque, como no método do perfil, começa por uma geração de descritores e a redução da lista é feita em função da frequência de citação. Para o painel, parece não ser necessário treino, nem mesmo um controlo de desempenhos. Neste sentido, Bishop (1994) defende que na avaliação subjectiva do toque, os indivíduos que fazem a avaliação sabem intrinsecamente como manipular os tecidos de forma a obter a informação pretendida, quando estão familiarizados com os atributos que lhe são pedidos para avaliar.

Os dois métodos citados são baseados no método de perfil (geração de descritores, discussão sobre a definição dos descritores, redução destes por consenso e/ou por tratamento estatístico). Contudo, os autores não dão informações sobre o treino dos avaliadores, nem sobre o controlo dos desempenhos, pontos extremamente importantes para a validação dos

resultados, segundo o grupo francês de investigação sensorial da ENSITM, que tem vindo a desenvolver um trabalho importante na área da pré-normalização da avaliação sensorial aplicada a têxteis (Philippe et al. 2004).

5.3.4 Estudo das “Expressões Primárias” do Toque

Alguns estudos focalizaram-se sobre a determinação das "expressões primárias" do toque. As expressões primárias do toque que descrevem os produtos têxteis são elementares e independentes, por conseguinte, não podem ser substituídas por outras. Num estudo de Howorth e Oliver em 1958 foi pedido a 25 participantes para classificarem 27 tecidos e descrever as razões dessa classificação. Dos 21 termos seleccionados e descritos, foi elaborada uma classificação decrescente, seleccionada com base na soma das frequências de citação. Com o auxílio da estatística multivariada, sete termos foram seleccionados como descritores do toque de tecidos, a saber: “smoothness, softness, coarseness, thickness, weight, warmth e stiffness” (Brooks 1991).

Mais recentemente, foi proposta uma abordagem por descritores agrupados por "pares antónimos" (David et al. 1983). Entre os 14 pares considerados, sete foram retidos. Os sete pares de descritores são: “coarse-fine, stiff-pliable, rough-smooth, harsh-soft, cool-warm, hard-soft” (em compressão) e “rustly-quiet”.

Estas duas abordagens têm mais ou menos os mesmos descritores, mas na segunda, a espessura e a massa por unidade de superfície não figuram.

Ao desenvolver a metodologia para avaliar o toque de tecidos, Kawabata e Niwa (1989) determinaram ainda uma série de descritores sensoriais, com o auxílio de um painel de peritos têxteis, que se apresenta detalhadamente no ponto 5.4.1.1.

Dos descritores sensoriais destes estudos constam alguns atributos já conhecidos e uma linguagem para os descrever relacionada com o conforto, em geral, e com o toque, em particular. Estas sensações podem ser expressas em diferentes línguas, mas há uma grande dificuldade em interpretar e traduzir os descritores sensoriais de uma língua para outra. Para além das barreiras linguísticas, existem as culturais.

5.3.5 Trabalhos de Normalização

Apesar da quantidade de estudos realizados sobre avaliação dita subjectiva do toque de tecidos, poucas normas foram criadas nesta área. No entanto, podemos citar os trabalhos sobre os descritores realizados por David *and all*, que foram publicados em 1983 na “American Society for Testing and Materials” num artigo que tem por título “Standard Definition of Terms Relating to Textile” (ASTM 83).

A American Association of Têxtil Chemists and Colorists propôs, em 1990, um protocolo de apresentação de amostras têxteis, com o propósito da sua avaliação táctil: “Fabric Hand: Guidelines for the Subjective Evaluation of” (AATCC 1996). Esta normalização resultou dos trabalhos do Comité RA89, que se limitou a aspectos práticos, como:

- indicações em termos de preparação, dimensão e condicionamento das amostras,
- procedimento de teste (manipulação das amostras).

Iniciado em 1991, retomado em 1995 e seguidamente em 1998, este projecto foi durante algum tempo uma das únicas tentativas de normalização de protocolo e avaliação táctil de materiais têxteis.

5.4 KAWABATA EVALUATION SYSTEM PARA TECIDOS (KES-FB)

Em 1968, Kawabata, da Universidade de Kyoto do Japão, iniciou uma série de trabalhos experimentais, a fim de encontrar uma definição objectiva do “toque” de tecidos. Esta necessidade fez-se sentir à medida que se tornava cada vez mais difícil relacionar as avaliações subjectivas dos peritos e a tecnologia têxtil que se desenvolvia rapidamente (Kawabata et al. 1982).

Estes trabalhos sobre a determinação do toque de tecidos parte de duas hipóteses:

- os estímulos que levam a uma resposta psicológica, em termos de “toque” de um tecido, são principalmente determinados pelas propriedades mecânicas e físicas dos tecidos quando solicitados por pequenas forças”,
- os critérios de avaliação são baseados na aptidão ao seu uso, como materiais destinados ao vestuário.

Na sequência dos estudos preliminares, em 1972, foi constituída uma comissão de avaliação e normalização do “toque” (H.E.S.C.: Hand Evaluation and Standardisation Committee), no seio da Textile Machinery Society of Japan, em que participaram vários peritos da indústria têxtil, da confecção e de instituições académicas.

Estes trabalhos conduziram à publicação de duas edições (1975 e 1980) de uma brochura intitulada “The Standardisation and Analysis of Hand Evaluation” e permitiram o desenvolvimento de uma série de instrumentos: o Sistema KES-FB (Kawabata Evaluation System for Fabrics).

O sistema KES-FB permite realizar um conjunto de medições físico-mecânicas sob baixas solicitações e térmicas dos tecidos, com o propósito de avaliar o seu “toque”.

5.4.1 Desenvolvimento do Sistema H.E.S.C.

O desenvolvimento do H.E.S.C. desenrolou-se em três etapas:

- avaliação “subjectiva” do toque, por peritos têxteis, de um elevado número de tecidos,
- medição dos parâmetros físico-mecânicos que caracterizam o toque desses tecidos,
- determinação da correlação entre a avaliação subjectiva e os parâmetros físico-mecânicos medidos.

5.4.1.1 Avaliação subjectiva do H.E.S.C.

O ponto de partida do estudo da avaliação do “toque” foi uma análise do processo de apreciação subjectiva, esquematizada na Tabela 1.1, em que os peritos tocam os tecidos com a mão e tentam identificar as propriedades mecânicas, responsáveis pelas sensações tácteis experimentadas, determinando, assim, as “expressões primárias do toque” (Primary Hand).

No início, foram encontradas dificuldades para obter da parte dos peritos, a separação entre as duas fases A e B do processo de apreciação, pois tinham tendência a realizar uma apreciação global, sem distinguir as expressões primárias. A escolha destas últimas, reunida na Tabela 1.2, foi orientada por uma estimacão anteriormente fixada relativamente à sua importância na prática comercial (Kawabata & Masako 1989).

| Tabela 1.1: Processo de Apreciação Subjectiva | | | | | |
|---|--|--------|--|--------|--|
| Toque do tecido com a mão | Identificação das propriedades mecânicas (rigidez, etc.) | A → | Síntese das características do tecido por “expressões primárias do toque”: rigidez, leveza, etc. | B → | Apreciação global da qualidade do tecido |
| Sensação psicofisiológica | Elaboração dos dados no cérebro | | | | |

| Tabela 1.2: Expressões Primárias do Toque | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------------|--|
| Japonês | Inglês | Português (a) | Definição |
| Koshi | Stiffness | Rigidez | Sensação ligada à rigidez e à flexão. A propriedade de “nervosidade” reforça esta sensação. Um tecido de estrutura compacta e fabricado com fios nervosos e elásticos possui esta propriedade mais acentuadamente. |
| Hari | Anti-Drapé stiffness | Hirteza, Rigidez oposta ao cair | Refere-se a uma rigidez que se opõe ao cair, seja o tecido nervoso ou não. |
| Shinayakasa | Flexibility with soft feeling | Flexibilidade e Suavidade | Sensação de suavidade e flexibilidade. |
| Numeri | Smoothness | Maciez | Sensação mista de deslizamento, flexibilidade, leveza, típica da cachemira. |
| Sofutosa | Soft feeling | Suavidade Leveza | Sensação mista de volume e flexibilidade. |
| Fukurami | Fullness and Softness | Voluminosidade e Suavidade | Sensação de volume. A resiliência após a compressão e a espessura ligada a um toque quente, está estreitamente ligada a esta sensação. |
| Shari | Crispness | Rugosidade | Sensação que provem de uma superfície crispada e rugosa, obtida pelo emprego de fios duros e muito torcidos. Apresenta uma sensação de frio. |
| Kishimi | Scrooping | “Froufrou” | Sensação de “Froufrou”, típica dos tecidos de seda. |

(a) Na ausência de uma normalização, estes termos são uma simples proposta (Cabeço Silva 1996)

Após ter definido uma escala de 11 valores (0 a 10) para cada uma das expressões primárias escolhidas, a comissão examinou várias centenas de tecidos, atribuindo a cada tecido um Hand Value (HV), como média das avaliações expressas por 20 peritos.

Em seguida, foi seleccionado um conjunto de amostras de referência, formando escalas de cinco testemunhos para cada propriedade. Comparando o tecido a analisar com os padrões, foi atribuída uma escala de 1 a 10, tendo em conta as posições intermédias entre dois testemunhos.

Ao mesmo grupo de peritos foi pedido para analisar cada tecido e emitir uma apreciação global da qualidade Total Hand Value (THV), numa escala de seis valores (0 a 5). Esta apreciação teve em consideração o conforto e o aspecto dos tecidos, em conformidade com a função que iriam desempenhar e o gosto dos indivíduos (Kawabata et al. 1991).

A partir dos valores THV e HV assim determinados, a etapa seguinte do estudo consistiu no cálculo de equações de regressão (do 2º grau), que exprimem as primeiras em função das outras, para as principais categorias de tecidos (Homem - Senhora, Inverno - Verão).

| Tabela 1.3: Relação entre as Expressões Primárias do Toque e as Funções (Conforto) Desempenhadas no Vestuário (Kawabata et al. 1991) | |
|---|--|
| Rigidez (Koshi) | Origina ligeiro espaçamento entre o corpo e o vestuário, tem boa retenção de formas e cria peças com boa silhueta (tem a ver com propriedades de “drapeado” dinâmico) |
| Maciez (Numeri) | Caracteriza um toque agradável, um misto entre deslizante e macio semelhante ao de um tecido de cachemira |
| Voluminosidade e Suavidade (Fukurami) | Caracteriza a facilidade de movimento e o espaçamento entre fibras origina tecidos mais elásticos e suaves |
| Rugosidade (Shari) | Caracteriza uma sensação de frescura em pele suada porque impede o contacto colante entre a pele e o tecido. É o chamado efeito de “crepe” |
| Hirteza (Hari) | Origina um elevado espaçamento entre o vestuário e o corpo. Esta característica permite uma boa circulação do ar no interior do vestuário, bem como o conforto de movimentos em termos ergonómicos |

5.4.1.2 Avaliação das propriedades mecânicas dos tecidos

Kawabata e os seus colaboradores colocaram o problema de verificar se as propriedades elementares definidas anteriormente poderiam ser objecto de uma medição laboratorial.

Esta avaliação consistiu em fazer substituir o processo de apreciação subjectiva dos peritos (Tabela 1.1) por uma avaliação objectiva descrita na Tabela 1.4.

| Tabela 1.4: Processo de Apreciação Objectiva | | | | |
|--|---------|---|--------|-----|
| Propriedades Mecânicas e Físicas Elementares Medidas | A → | Valores de HV ("Expressões Primárias do Toque") | B → | THV |
| Medida | Cálculo | | | |

Após um estudo analítico, os investigadores japoneses definiram um conjunto de 16 parâmetros físicos, que foram classificados em seis blocos. Para determinar todos estes parâmetros Kawabata projectou e construiu um conjunto de quatro módulos laboratoriais que designou por Sistema KES-FB (Kawabata's Evaluating System) (Anexo I).

Os parâmetros a medir pelo sistema KES-FB são 16 e caracterizam as propriedades mecânicas do tecido (Tabela 1.5)

Para completar o estudo, Kawabata calculou as correlações entre os valores medidos e as expressões primárias, utilizando uma análise estatística relativamente simples (etapa A da Tabela 1.4). As equações que relacionam as "expressões primárias do toque " com os 16 parâmetros mecânicos medidos são do tipo:

$$HV = C_0 + \sum_{i=1}^{16} C_i \frac{(X_i - \bar{X}_i)}{\sigma_i} \quad (3)$$

onde: X_i - iésimo parâmetro mecânico,

\bar{X}_i - média do iésimo parâmetro para a categoria do tecido em estudo,

σ_i - desvio padrão do iésimo parâmetro para a categoria do tecido em estudo,

C_0 e C_i - constantes que dependem da categoria do tecido em estudo e da expressão primária considerada.

A etapa B é calculada através de uma regressão do 2º grau, como na primeira fase do estudo (sistema H.E.S.C.) que traduz a relação que existe entre as expressões "primárias do toque" e a "qualidade total de toque" (THV), representando a adequação do tecido ao seu uso e expresso por:

$$THV = C_0 + \sum_{i=1}^{16} \left[C_{i1} \frac{(HV)_i - M_{i1}}{\sigma_{i1}} + C_{i2} \frac{(HV)_i^2 - M_{i2}}{\sigma_{i2}} \right] \quad (4)$$

onde: C_0 - constante dependente da categoria do tecido,

$(HV)_i$ - valor da "Expressões Primárias" nº i,

M_{i1} , σ_{i1} - média e desvio padrão de $(HV)_i$,

M_{i2} , σ_{i2} - média e desvio padrão de $(HV)_i^2$,

C_{i1} e C_{i2} - constantes que dependem da categoria do tecido em estudo e da expressão primária considerada.

De uma forma resumida, pode-se dizer que o procedimento prático que conduz à obtenção do "toque" de um tecido consiste, com a ajuda dos instrumentos do sistema de medida KES-FB, em obter os valores dos parâmetros mecânicos, calcular as "expressões primárias de toque" relativamente ao tipo de tecido estudado e, finalmente, calcular a "qualidade total de toque ou THV". É também possível traçar um perfil de qualidade para o tecido em estudo, ou seja, representar graficamente os parâmetros mecânicos, as "expressões primárias do toque" e a "qualidade total de toque" (Figura 1.6).

5.4.1.3 Diagrama do perfil de Alta Qualidade de um tecido

Com base nas propriedades mecânicas medidas (Tabela 1.5) e nas expressões primárias do toque, identificadas pelos peritos têxteis (Tabela 1.2), Kawabata definiu um "Diagrama do Perfil de Qualidade de um Tecido" Figura 1.6.

Este diagrama possui uma zona sombreada, designada por "Alta Qualidade" que serve de referência na análise da qualidade dos tecidos.

A escala de eixos horizontais é normalizada pelas médias e desvios padrões, para cada variável, dentro dos diferentes tipos de produtos considerados.

Este diagrama integra ainda uma escala (zona inferior), da avaliação subjectiva dos peritos e um valor de “Qualidade Total de Toque” (THV) que varia de 0 (para o pior) até 5 (para o melhor).

| Tabela 1.5: Propriedades Mecânicas Fundamentais | | | | |
|---|-------------|---|------------------------|------------------|
| Bloco | Símbolo | Propriedade | Unidade | Unid. SI |
| TRACÇÃO (KES-FB1) | EMT | Alongamento (500 gf/cm) | % | % |
| | LT | Linearidade da Curva de Força/ Alongamento | - | - |
| | WT | Energia de Tracção/ Unidade de Superfície | gf.cm/cm ² | J/m ² |
| | RT | Resiliência de Tracção | % | % |
| FLEXÃO (KES-FB2) | B | Rigidez à Flexão | gf.cm ² /cm | μN.m |
| | 2HB | Momento de Histerese | gf.cm/cm | mN |
| CORTE (KES-FB1) | G | Rigidez de Corte | gf/cm.grau | N/m.grau |
| | 2HG | Força de Histerese $\Phi=0,5^\circ$ | gf/cm | N/m |
| | 2HG5 | Força de Histerese $\Phi=5^\circ$ | gf/cm | N/m |
| COMPRESSÃO (KES-FB3) | LC | Linearidade da Curva de Compressão | - | - |
| | WC | Energia de Compressão/ Unidade de Superfície | gf.m/cm ² | J/m ² |
| | RC | Resiliência de compressão | % | % |
| SUPERFÍCIE (KES-FB4) | MIU | Coeficiente de Atrito Médio | - | - |
| | MMD | Desvio Linear do Coeficiente de Atrito | - | - |
| | SMD | Desvio Linear da Espessura | μm | μm |
| PESO e ESPESSURA (KES-FB3) | W | Massa/ Unidade de Superfície | mg/cm ² | g/m ² |
| | T | Espessura sob Pressão 0,5 gf/cm ² | mm | mm |

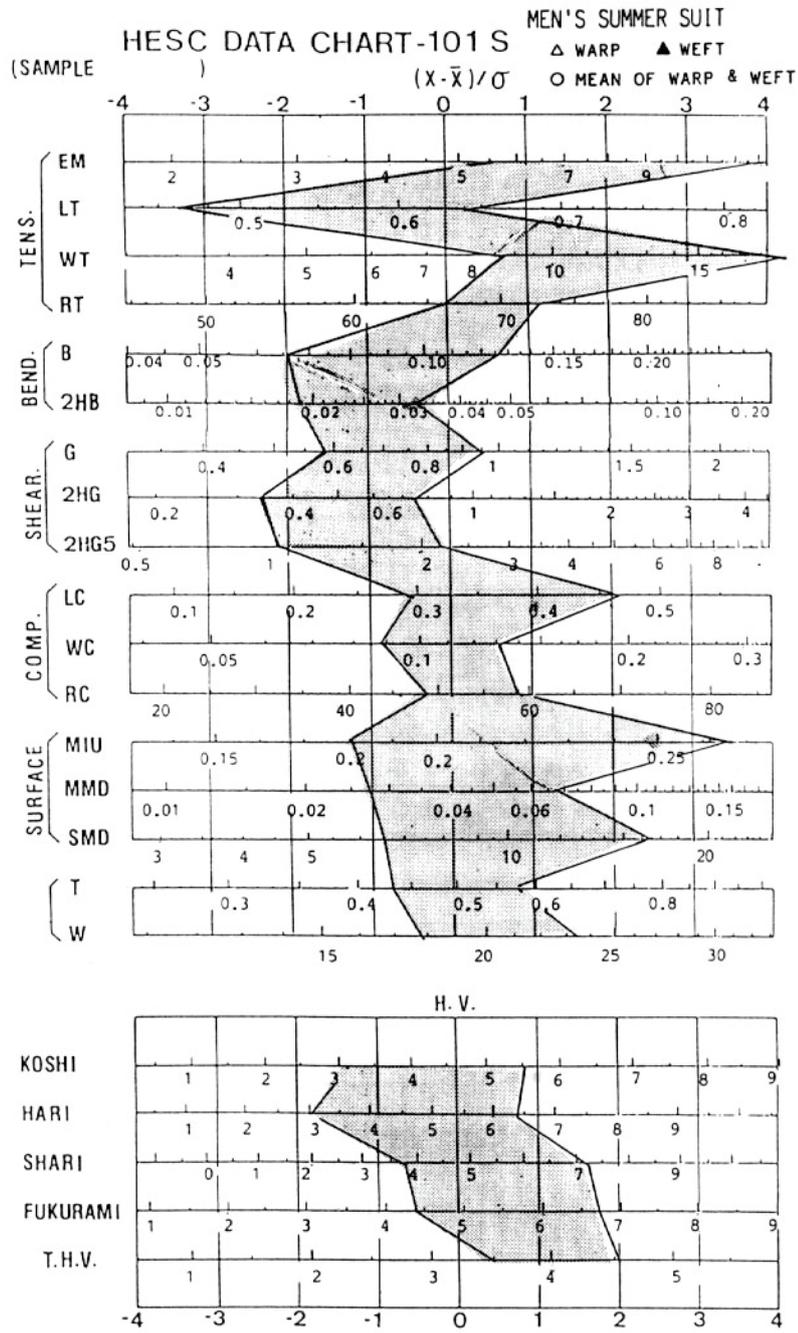


Figura 1.6 - Diagrama de Qualidade de Tecidos de Fato de Verão para Homem

6. CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico é definido como “o estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico” segundo as normas ASHRAE (1966) e ISO 7730 (International Standard Organization 1984).

São complexas e desconhecidas as razões pelas quais um indivíduo descreve conforto térmico (ou desconforto) ou sensações relacionadas com calor, frio, prazer, satisfação térmica, etc..

Ao longo de todo o século vinte, e até antes, tem havido um grande interesse no conhecimento das circunstâncias que produzem o conforto térmico. Neste debate, que continua actual, o objectivo não é compreender porque é que os indivíduos mencionam conforto ou desconforto, mas que condições produzem conforto térmico e ambientes termicamente aceitáveis.

O corpo humano responde às variações ambientais de uma forma dinâmica e interactiva e poderá ser conduzido à morte, caso a resposta seja insuficiente ou se os níveis energéticos forem além dos limites de sobrevivência.

A sensação térmica e o conforto térmico são fenómenos bipolares, isto é, variam de incomodamente frio, até desconfortavelmente quente, com o conforto ou as sensações neutras posicionadas no meio da escala.

No estado de equilíbrio, o conforto térmico pode ser considerado como uma falta de desconforto. Os sentimentos positivos, tais como o de prazer térmico experimentados, são de natureza transitória, isto é, são manifestados em situações transitórias, quando uma pessoa com frio se move para um ambiente aquecido ou vice versa, não sendo normalmente experimentados em circunstâncias de estado estacionário.

A pergunta que se põe é: para um grupo de pessoas, que ambiente térmico humano, em termos de interacção dos seis parâmetros básicos (quatro variáveis ambientais, combinadas com o calor metabólico gerado pela actividade humana e o vestuário utilizado) produzirá o conforto e quais serão os seus efeitos, em termos de conforto térmico e de satisfação ou desvio a estas condições?

6.1 AMBIENTES TÉRMICOS HUMANOS

A temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade e o movimento do ar são as quatro variáveis ambientais básicas, que afectam a resposta humana aos ambientes térmicos. Combinados com o calor metabólico gerado pela actividade humana e o vestuário utilizado por um indivíduo constituem os seis factores fundamentais (chamados, por vezes, parâmetros básicos que variando no espaço e no tempo e que fixados um por um são elementos fundamentais de análise), que definem ambientes térmicos humanos. É a interacção destes seis factores que os seres humanos respondem, como mostra Fanger (1970) no seu livro “Conforto Térmico” (cited in ASHRAE 1989).

6.1.1 Temperatura

A temperatura é definida a um nível molecular, como a energia cinética média (energia calorífica) de um corpo. Se um corpo perder a sua energia calorífica, a sua temperatura diminui e se for transmitida energia a um corpo a sua temperatura aumenta. Isto traduz a lei da termodinâmica que diz que a energia calorífica flui dos corpos de maior temperatura para corpos de menor temperatura, quando em contacto directo. A temperatura do corpo humano é um indicador importante da sua condição de conforto, stresse por calor ou frio e desempenho. Os seres humanos são homeotérmicos e tentam manter a temperatura interna do seu corpo aproximadamente a 37 °C. Um desvio de alguns graus neste valor, pode ter consequências sérias. A temperatura do corpo humano é extremamente afectada pela temperatura do meio (fluidos ou sólidos) que o cerca, influenciando, de forma determinante, as suas transferências de calor com o exterior. O corpo humano está geralmente coberto pelo vestuário e principalmente pelo ar, pelo que os princípios termodinâmicos da transferência de calor entre meios são aqui aplicados (cited in Broega 2001).

6.1.2 Movimento do Ar

O movimento do ar na vizinhança do corpo é um outro parâmetro que influencia as trocas de calor, assim como a temperatura do próprio corpo. O movimento do ar varia no tempo, espaço

e direção. Estudos subjectivos da resposta humana ao desconforto mostraram que a variação da velocidade do ar é importante e que em combinação com a temperatura do ar, afectará a rapidez com que o ar e/ou o vapor de água são removidos da superfície da pele, influenciando a temperatura de corpo (De Martino et al. 1984; Markee et al. 1990).

6.1.3 Humidade

A humidade é um outro parâmetro a considerar. Se um líquido, por exemplo água ou suor, for aquecido pelo corpo humano, evapora-se e é perdido para o ambiente circundante, provocando o arrefecimento do corpo. A transferência de vapor realiza-se devido à diferença de volumes de humidade existente no ar circundante (entre a superfície da pele e o meio ambiente).

6.2 BALANÇO TERMO-ENERGÉTICO DO CORPO HUMANO

Sempre que a temperatura interna do organismo humano é mantida a cerca de 37 °C, significa que existe um equilíbrio termodinâmico entre o corpo e o seu ambiente. Quer isto dizer, que em média o calor transferido para o corpo e a geração de calor interno do corpo devem ser equilibrados de uma forma dinâmica, quer por ganho, quer por perda de energia.

Se a geração interna e os ganhos de calor forem maiores que as perdas de calor, a temperatura do corpo aumenta, se as perdas de calor forem maiores, a temperatura de corpo diminui. A equação do equilíbrio térmico para o corpo humano tem sido apresentada por diferentes autores e de diversas formas (Fourt, & Hollies 1970; ISO 1984; ASHRAE 1989; Li 2002; Parsons 2003), mas todas elas se baseiam no mesmo conceito que envolve três parâmetros fundamentais: a geração interna de calor no corpo, a transferência de calor e o armazenamento de calor.

O metabolismo interno do organismo (M) fornece a energia que permite ao corpo realizar trabalho mecânico (W_m) e o restante ($M - W_m$) é libertado sob a forma de calor. A transferência de calor pode dar-se por condução (K), por convecção (C), por radiação (R) e por evaporação (E). Quando combinadas, pode haver produção ou perda de calor (S). Para que o corpo esteja

em equilíbrio térmico, o calor armazenado deve ser zero ($S = 0$). Se houver um ganho de calor, o armazenamento será positivo e a temperatura de corpo aumentará. Se houver uma perda de calor, o armazenamento será negativo e a temperatura de corpo diminuirá. A equação conceptual do balanço térmico é:

$$M - W_m = E + R + C + K + S \quad (5)$$

Para que haja o equilíbrio térmico será $S = 0$ e então :

$$M - W_m - E - R - C - K = 0 \quad (6)$$

Onde, $(M - W_m)$ é sempre positivo e E, R, C e K são variações de calor do corpo (valor positivo é perda de calor, valor negativo é ganho do calor).

É importante que todos os termos acima, possam ser expressos como produção ou perda de calor; para permitir uma adição simples dos ganhos e das perdas. As suas unidades são energia por segundo, isto é, Joules por segundo ($J s^{-1}$) ou Watts (W). É usual e prático normalizar e utilizar-se unidades de medida, como o Watts por unidade de superfície do corpo humano ($W m^{-2}$), devido há grande dispersão da antropometria humana.

Com base no trabalho de Fanger foram criadas as normas ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) (1989) que apresentam a seguinte equação para o balanço térmico:

$$M - W_m = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{-sk}) + (C_{res} + E_{res}) \quad (7)$$

Onde todos os termos têm as unidades em $W m^{-2}$ e onde:

M - metabolismo interno do corpo humano,

W_m - trabalho mecânico realizado,

Q_{sk} - calor total perdido pela pele,

Q_{res} - calor total perdido através da respiração,

C - calor perdido por convecção à superfície da pele,

R - calor perdido por radiação à superfície da pele,

E_{sk} - calor evaporativo total perdido pela pele,

C_{res} - calor convectivo perdido através da respiração,

E_{res} - calor evaporativo perdido através da respiração.

6.2.1 Produção de Calor no Corpo ($M - W_m$)

A produção de calor no corpo está relacionada com a actividade física da pessoa. O oxigénio é conduzido para o interior do organismo pela respiração e transportado pelo sangue às células do corpo, onde é usado para queimar os alimentos. A maior parte da energia libertada é sob a forma de calor, dependendo da actividade física executada. A energia aplicada ao trabalho mecânico varia de aproximadamente zero (para muitas actividades) até um máximo de 25 % da energia metabólica total (Parsons 2003).

6.2.2 Calor Perdido pela Pele ($C + R + E_{sk}$)

O calor evaporativo perdido pela pele (E_{sk}) é o somatório da evaporação por transpiração e por difusão do vapor através da pele.

A transpiração é um dos mecanismos mais importantes usado pelo corpo humano para perder calor, quando a sua temperatura começa a aumentar. O calor latente necessário para evaporar a humidade da superfície da pele, é retirado desta, fazendo baixar a sua temperatura.

Existem duas formas de transpiração: a insensível, em que a transpiração é transportada sob a forma de vapor de água e difunde-se através do ar existente nos espaços entre as fibras e os fios do tecido. A outra, é a transpiração sensível ou suor, que ocorre quando se produzem elevadas quantidades de transpiração, que se condensam sob a forma de suor, o que pode levar à molhagem do tecido que estiver em contacto com a pele.

O calor perdido pela pele é influenciado pela transferência de calor através do vestuário por condução, por convecção e por radiação, que podem ser combinadas num simples valor de resistência térmica dos materiais (Fourt, & Hollies 1970; Ukponmwan 1993). No caso de transpiração sensível têm de ser considerados em termos de conforto, os parâmetros como, a

permeabilidade ao vapor de água e a capacidade de absorção de líquidos pelos tecidos, quando em contacto directo com a pele.

6.2.3 Perda de Calor por Respiração ($C_{res} + E_{res}$)

A perda de calor por respiração dá-se por transferência convectiva de calor seco através do ar fresco inspirado. Este é aquecido à temperatura das células nos pulmões e o calor é transportado pelo ar expirado para o ambiente (C_{res}). Além disso, o ar inspirado é humedecido até à saturação pelos pulmões e, conseqüentemente, dá-se uma transferência mássica de calor, do interior do corpo para o ambiente exterior (E_{res}).

6.3 A TERMOFISIOLOGIA E TERMOREGULAÇÃO HUMANA

A equação do equilíbrio térmico humano descreve como o organismo humano (homeotérmico) pode manter uma temperatura interna próxima de 37 °C, em termos de geração de calor e trocas energéticas com o ambiente. Na prática, o que acontece não é um estado isotérmico (temperaturas constantes) mas um equilíbrio dinâmico, em que as condições externas variam continuamente e o organismo responde de forma a manter a temperatura interna do corpo.

O calor metabólico é produzido nas células que devem também manter a sua homeotermia. O calor é transferido das células para a sua vizinhança, principalmente por condução, devido aos seus gradientes térmicos e por convecção, devido ao movimento de líquidos extra-celulares, como por exemplo o sangue. Há, conseqüentemente, transferência de calor dinâmico e complexo entre as células do corpo humano, que depende das propriedades termofísicas e fisiológicas das células, como por exemplo, a condutividade térmica, a massa volúmica, o calor específico das células e a difusão do sangue.

Se o corpo não perder calor para o exterior, isto é, se for completamente isolado, embora possa haver trocas de calor dentro do corpo, não haverá nenhum gradiente de temperatura entre o corpo e o ambiente. O calor será armazenado e a temperatura de corpo elevar-se-á aproximadamente de 1 °C por hora, para uma pessoa em repouso. Para a maior parte dos indivíduos, existe um gradiente de temperatura, entre a parte interna do corpo e a superfície

da pele. Há uma transferência de calor efectiva das células internas para a superfície do corpo, que pode ser perdido para o ambiente, por condução, convecção, radiação e por evaporação de vapor de água, à superfície da pele e nos pulmões. As propriedades térmicas do sangue, da massa muscular, da massa adiposa, da massa óssea, etc. são importantes para as transferências de calor e trocas de calor internas do corpo. Entretanto, para regular a temperatura corporal num ambiente em mudança, este “sistema passivo” deve ser controlado por um sistema dinâmico de termoregulação.

6.3.1 Propriedades Termofisiológicas do Corpo Humano

O calor é gerado dentro das células do organismo e as propriedades termofisiológicas do corpo determinarão a transferência de calor para a superfície (Tabela 1.6). O aumento ou diminuição do fluxo do sangue influencia significativamente a transferência de calor. Estudos realizados (Parsons 2003) com indivíduos mostram que o isolamento médio do tecido humano sujeito a um gradiente de temperatura, entre o “núcleo” e a pele do corpo, pode variar entre 0,15 e 0,16 clo para a pele vasodilatada e de 0,64 a 0,9 clo para a pele em vasoconstrição, (1 clo = 0,155 m²°CW⁻¹). É importante saber que estes valores médios são medições feitas ao calor que chega à mão e que depende do isolamento do fluxo de calor ao longo do braço, do isolamento das artérias até à camada vascular subcutânea e da resistência da pele até à sua superfície, o que torna esta avaliação muito complexa.

Outros estudos sobre a variação do fluxo normal do sangue com a temperatura evidenciam que o fluxo normal do sangue para actividades sedentárias, em condições térmicas neutras do corpo é 1,75 gs⁻¹m². Por cada 1 °C de aumento da temperatura acima da temperatura neutra interna do organismo (± 36,8 °C), o fluxo sanguíneo aumenta de 56 gs⁻¹m². Por cada diminuição de 1 °C abaixo da temperatura neutra da pele do corpo (33,7 °C) haverá uma resistência proporcional à passagem do fluxo do sangue (esta resistência depende da área e da parte do corpo, isto é, maior nas mãos e nos pés do que no tronco, onde se pode considerar insignificante (Parsons 2003).

| Tabela 1.6: Propriedades Térmicas da Pele Humana (Parsons 2003) | | | |
|---|--|-----------------------|----------------------|
| Propriedades | Unidades | Valores | |
| <i>Dimensões físicas (valores aproximados) *</i> | | | |
| Massa | kg | 4 | |
| Área Superficial | m ² | 1,8 | |
| Volume | l | 3,6 | |
| Concentração de Água | % | 70-75 | |
| Massa Volúmica (ρ) | kgm ⁻³ | 860 | |
| Espessura | mm | 0,5-5 | |
| <i>Propriedades térmicas (valores aproximados) *</i> | | | |
| Calor Específico (c) | Jkg ⁻¹ K ⁻¹ | 5021 | |
| | | Vasoconstrição | Vasodilatação |
| Condutividade Térmica (k) | Wm ⁻¹ K ⁻¹ | 0,2-0,3 | 0,4-0,9 |
| Difusividade Térmica (a = k/ ρ .c) | (m ² s ⁻¹ 10 ⁻⁸) | 4,63-6,95 | 9,26-20,84 |
| Coefficiente de Absortividade Térmica [b = (k. ρ .c) ^{1/2}] | Jm ⁻² s ^{-1/2} K ⁻¹ | 929-1138 | 1314-1971 |
| *Nota: dado ao estado vivo e dinâmico da pele, só é possível ter valores aproximativos do estado dinâmico destas propriedades | | | |

6.3.2 Auto-Regulação Térmica do Corpo Humano

A mais significativa forma de auto-regulação térmica humana é a acção de vestir ou tirar roupa, alterar a postura, movimentar-se, abrigar-se, etc.. Para além dessa atitude, o corpo humano tem um sistema fisiológico de termoregulação. Ambos os sistemas interagem continuamente, de forma a responder às mudanças ambientais, numa tentativa de assegurar a sobrevivência e o conforto humanos.

O corpo humano não mantém apenas a temperatura interna em 37 °C, como mantém também a temperatura celular de todo o organismo em níveis que evitem danos. A este processo de regulação, que opera dentro das células e a nível do organismo em geral, chama-se sistema de auto-regulação térmica humana.

Muitos têm sido os estudos acerca deste sistema (Martlin & Foley 1992; Coren et al 1993; Li 2002; Parsons 2003) gerando-se uma certa polémica sobre as suas variáveis termoreguladoras. Existem diversos modelos de funcionamento deste sistema, apesar de serem diferentes em composição mas, por razões práticas, todos eles reconhecem que quando o corpo aquece, tende a perder calor por vasodilatação e, se necessário, suar. Se o

corpo arrefece, o calor é preservado por vasoconstrição e, quando necessário, activa os músculos, tiritando. O centro primário de controlo da termoregulação situa-se no hipotálamo. Contudo, ainda não são completamente conhecidos os detalhes de como a informação é detectada pelo organismo e transferida ao controlador, onde é integrada, processada e transformada nos efectivos sinais, que levam à resposta eficaz. Em particular, a forma como é estabelecida a chamada “temperatura de referência” (“set point”) e como esta varia com factores, tais como, as condições ambientais ou o exercício físico, não são ainda inteiramente conhecidas.

Não se pode dizer que exista um “sistema sensorial de temperatura”, com dois tipos de sensores térmicos distribuídos à superfície da pele, os receptores de calor e os do frio, mas da existência de dois sistemas separados, um para a percepção do calor e outro para a do frio (Martlin & Foley 1992; Parsons 2003). No entanto, os sinais destes sensores, assim como dos sensores internos são todos integrados no hipotálamo.

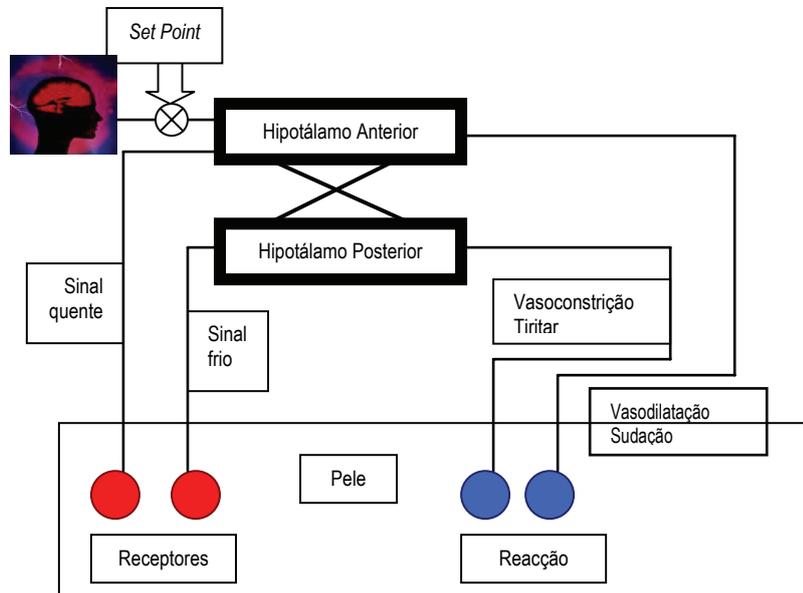


Figura 1.7 - Diagrama Simplificado do Sistema Termoregulador. Existe um circuito inibidor cruzado entre os sistemas quente e frio (Parsons 2003).

A Figura 1.7 apresenta um modelo simplificado do sistema termoregulador (Parsons 2003). No modelo, se a temperatura no cérebro ultrapassa a “temperatura de referência” o

hipotálamo anterior ordena a vasodilatação e o suar. Uma redução na temperatura de pele produz a vasoconstrição e pode levar ao tiritar, por ordem do hipotálamo posterior. A comunicação entre o hipotálamo anterior e posterior impede o sistema de trabalhar contra si próprio, numa oscilação desnecessária.

6.3.2.1 Respostas fisiológicas

Termosensores

Foram identificados receptores sensíveis à temperatura na pele e no hipotálamo. Há evidência da termoregulação noutras zonas centrais do cérebro, no bulbo raquidiano e na medula espinal, assim como nas vias sanguíneas, na cavidade abdominal e em inúmeros outros locais (Parsons 2003). Na pele, os termoreguladores são terminais nervosos livres, idênticos, em aparência, aos do toque mecânico, distribuídos sobre e dentro da epiderme (Martlin & Foley 1992). Ao longo do corpo, há dois tipos de fibras nervosas que respondem quando a pele é aquecida ou arrefecida, mas pensa-se que existam mais fibras receptoras de calor do que de frio (Parsons 2003). As fibras nervosas do frio respondem ao arrefecimento da pele com um aumento de actividade, relativamente ao seu nível de descanso. As fibras nervosas de calor respondem ao aquecimento da pele, aumentando a sua actividade. Depois de uma mudança inicial no nível de “descanso”, no sentido apropriado ao tipo de estímulo e ao tipo de receptor, os dois tipos de fibras adoptam gradualmente uma variação constante de funcionamento até ao equilíbrio. Este nível de "descanso" está relacionado com a temperatura absoluta da pele. As fibras nervosas receptoras do frio e do calor têm diferentes padrões de resposta, num intervalo alargado de temperaturas da pele (Coren et al 1993). Como se pode ver na Figura 1.8, as fibras dos estímulos frios funcionam no intervalo de aproximadamente 13 a 35 °C com um máximo em 25 °C e entre 45 a 50 °C com um máximo próximo de 50 °C. Acima deste limite, os receptores danificam-se e a resposta cessa. As fibras sensíveis aos estímulos de calor respondem no intervalo de 23 a 46 °C, com um máximo em 38 °C, logo acima da temperatura média do corpo humano. A sua morfologia não é inteiramente compreendida. No entanto, o sistema responde a estímulos estáticos e dinâmicos, por uma mudança na taxa de activação do nervo associado.

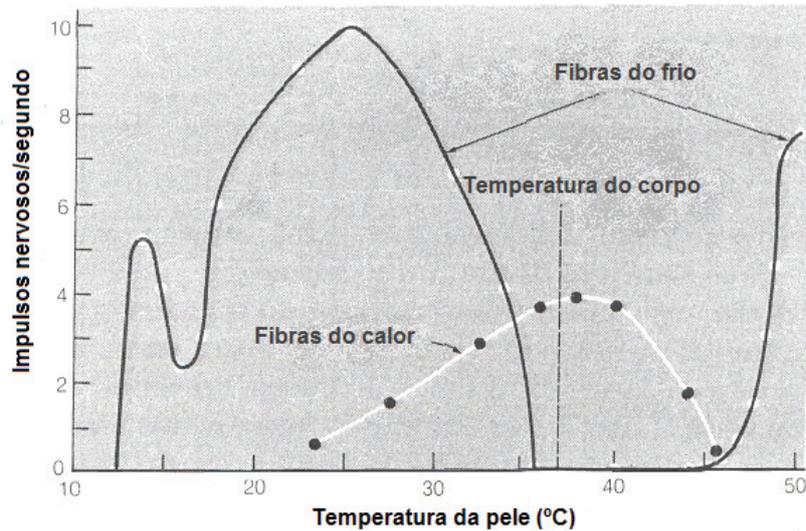


Figura 1.8 - Descarga Estacionária das Fibras Nervosas Sensoriais do Calor e do Frio da Pele, (de um gato) com a Variação da Temperatura (Coren et al 1993)

Arrepio

O arrepio ou calafrio (pele de galinha ou pelos levantados) ocorre quando a pele arrefece e numa tentativa de reduzir a perda de calor, os pelos que revestem o corpo levantam-se, criando uma camada de ar imóvel entre o corpo e o ambiente. Porque os seres humanos têm relativamente pouco pelo e estão frequentemente vestidos, esta reacção não é muito eficaz, sendo mesmo insignificante na termoregulação humana (Fourt, & Hollies 1970).

Tiritar

As temperaturas da pele e do interior do corpo podem provocar o tiritar, que pode ser voluntário ou involuntário. Bligh em 1985 descreve tiritar como "... a *contração assíncrona simultânea das fibras dos músculos flexores e dos músculos extensores*"; isto é, a produção de calor muscular sem nenhum trabalho muscular externo efectivo (cited in Parsons 2003). Se a temperatura do corpo diminui, a energia metabólica começa a aumentar, inicialmente devido a um aumento do tonos muscular (causando rigidez) e depois devido ao tiritar. O tiritar pode variar de intensidade de "suave" a "violento" e aumentar extraordinariamente a produção metabólica de calor, por períodos curtos. Pode fazer aumentar o calor muscular até

cinco vezes mais do que no estado “não tiritar”. Por exemplo, para uma pessoa partindo do estado de repouso e que comece a tiritar, o seu aumento de produção metabólica de calor pode passar de 70 Wm^2 a valores iguais ou superiores a 200 Wm^2 (Parsons 2003). Embora o tiritar seja eficaz em termos de aumento de produção metabólica de calor e reduzir a queda de temperatura no interior do corpo, uma grande quantidade do calor produzido pode ser perdido para o ambiente. O papel do arpeio pode, nestas circunstâncias, ser importante na preservação do calor gerado, aumentando a eficácia do tiritar.

Suor

Quando a temperatura do corpo se eleva, é segregado suor à sua superfície para permitir o arrefecimento por evaporação. A função termoreguladora é executada pelas glândulas sudoríferas que estão distribuídas por todo o corpo humano, em grande quantidade na testa, na garganta, no tronco, na parte traseira do antebraço, nas mãos e em menores quantidades nas coxas e nas solas dos pés (Elsner et al. 2003).

Em ambientes térmicos quentes, é a evaporação do suor que predominantemente mantém a temperatura interna do coração. A vasodilatação é muito estimulada pela produção de suor facilitando a circulação do sangue, que transporta o fluido às glândulas sudoríferas (Elsner et al. 2003). No entanto, o mecanismo de produção de suor por si só não é tão eficaz, como a remoção de calor, conseguido com a conversão do suor líquido em vapor realizado à superfície da pele (Savile 1999). Este mecanismo funciona bem em ambientes quentes e secos, mas a evaporação de suor torna-se problemática, em climas quentes e húmidos.

6.3.2.2 Temperatura corporal

Considera-se, geralmente, a temperatura interna do corpo como sendo a temperatura dos órgãos vitais incluindo o cérebro. Estes tecidos internos são mantidos dentro de um intervalo estreito de temperaturas por termoregulação e um aumento ou diminuição desta temperatura trará consequências para o organismo, quer em termos de saúde, quer em termos de conforto ou desempenho.

A temperatura da pele para um estado neutro, a uma temperatura ambiente de 20 °C, é cerca de 33 °C. Para esta temperatura ambiente, a temperatura da pele mantém a temperatura interna do corpo em cerca de 37 °C.

Poulton (1970) refere que se pode perder a consciência quando a temperatura do corpo cai abaixo de 33 °C ou se eleva acima dos 41 °C (cited in Martlin & Foley 1992). Para uma temperatura circundante de cerca de 22 °C, em geral sentimo-nos confortáveis. A Figura 1.9 mostra as avaliações do desconforto associadas a diferentes temperaturas.

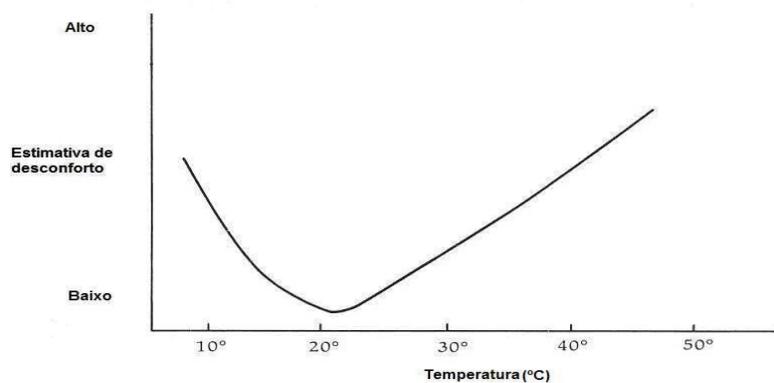


Figura 1.9 - Valores Estimados de Desconforto em Função da Temperatura Ambiente (Martlin & Foley 1992)

Zero fisiológico

Porque a pele trabalha para manter a temperatura interna do corpo constante, as sensações de calor ou de frio são causadas, geralmente, por desvios de uma “temperatura de referência” chamada “zero fisiológico” (“set point”). Assim, quando se fala no sentimento de "frio", refere-se a um estímulo que causou uma descida da temperatura da pele abaixo do zero fisiológico. Esta temperatura de referência é um ponto “neutro flutuante”, baseado na temperatura à qual os receptores térmicos da pele se adaptaram. Trata-se não de um ponto, mas de uma zona neutra, em torno do zero fisiológico, na qual nenhuma sensação será detectada, se um estímulo térmico, dentro desse intervalo de temperatura, for aplicado. Esta zona é de ± 2 °C em torno do zero fisiológico, mas varia, dependendo deste zero, da zona do corpo e do tipo de estímulo nela aplicado (Martlin & Foley 1992).

Por exemplo, alguns estudos mostram que, a cabeça, mais propriamente a testa é particularmente sensível ao calor, seguido do tronco (peito, estômago, ombros) e os menos sensíveis são os membros. Inversamente, o tronco, particularmente a parte de trás (costas), é o mais sensível aos estímulos frios, seguido dos membros e pés, a cabeça (face e testa) é a menos sensível (Coren et al 1993).

Limiar absoluto de temperatura e adaptação térmica

É difícil medir os limiares das sensações térmicas quentes ou frias da pele, pelo facto da “adaptação relativa” completa aos estímulos térmicos, ocorrer numa escala de temperaturas e o próprio zero fisiológico é numa zona neutra variante dentro de certos limites, variam ainda com o tempo de exposição a esses estímulos térmicos.

Muitas vezes, é possível detectar variações de temperatura, com uma precisão de 0,003 °C, mas não é possível conhecer o limiar absoluto de temperatura, para sensações de quente e frio, porque este limiar depende de diversos factores. Por exemplo, quanto maior for a superfície da pele exposta ao estímulo quente ou frio, menor será o limiar absoluto de temperatura, pelo que faz um certo sentido que se possa detectar mais facilmente uma pequena mudança de temperatura num braço inteiro, do que num pequeno ponto do mesmo braço. Do mesmo modo, serão provavelmente mais fáceis de detectar mudanças de temperatura súbitas, do que uma mudança gradual (Martlin & Foley 1992).

A sensibilidade a uma diminuição da temperatura é maior, quando a temperatura de pele está mais fria, assim como quando a pele está mais quente, é sensível a uma subida da temperatura. Deste modo, para temperaturas relativamente elevadas ou baixas, o nosso organismo é mais sensível às flutuações da temperatura, especialmente às mudanças que levam a um maior desvio da temperatura normal do corpo. Isto é um sistema de auto-defesa do corpo humano, pois temperaturas muito baixas ou muito altas podem ser perigosas para o organismo, pelo que a detecção de mudanças térmicas é mais importante quando os estímulos térmicos tomam valores extremos. Os valores limiares mínimos obtidos para o organismo no seu todo, são de 0,10 °C da variação de temperatura a partir da temperatura de adaptação (Coren et al 1993).

Outros factores importantes que influenciam o limiar são: o estado da pele no momento, a fase do ciclo menstrual na mulher, a hora do dia e o stresse (Martlin & Foley 1992).

Como é sabido, a adaptação ocorre quando um estímulo está presente continuamente e a intensidade percebida do estímulo diminui com o tempo. A adaptação térmica é, conseqüentemente, a diminuição da intensidade apercebida de uma temperatura quente ou fria, à medida que o tempo passa. A adaptação térmica, é estudada colocando estímulos quentes ou frios na pele e pedindo ao indivíduo que diga quando a sensação térmica desaparece. Kenshalo (1971) afirma que os indivíduos podem adaptar-se a temperaturas da pele no intervalo de 29 °C a 37 °C, partindo de uma temperatura da pele de aproximadamente 33 °C. Fora deste intervalo, a temperatura parece continuamente baixa ou alta, independentemente do tempo que o estímulo permaneça na pele (cited in Martlin & Foley 1992).

6.3.2.3 Sensação de calor – frio e (des)conforto térmico

Os receptores térmicos fornecem a informação sobre as temperaturas do organismo, que é responsável pela sensação térmica. A nossa consciência sensorial térmica apercebe-se do estado dos receptores térmicos e não do meio ambiente físico. No entanto, tem havido algum sucesso em relacionar avaliações das sensações térmicas, com parâmetros físicos, tais como a temperatura. Depois de muitos anos de pesquisa, considera-se hoje, de um modo geral, que: “a sensação de frio é determinada pela temperatura da pele e a sensação de quente depende inicialmente da temperatura da pele, mas principalmente da temperatura interna do corpo (Parsons 2003).

O desconforto por calor está relacionado com a percepção de humidade (suor) à superfície da pele. No entanto, durante o exercício físico, é necessária a produção de algum suor para a percepção de conforto e diminuição da temperatura da superfície da pele.

Em circunstâncias transitórias, o conforto térmico pode ser previsto principalmente por valores da temperatura do ar (condições físicas), do que pelo conhecimento das temperaturas da pele e do interior do corpo (Parsons 2003).

A sensação de prazer térmico está relacionada com uma diminuição do desconforto térmico. Geralmente, se uma pessoa estiver demasiado fria, um estímulo que cause a perda de calor, produz um desconforto e a preservação ou o ganho do calor uma sensação de prazer. Inversamente, se uma pessoa estiver demasiado quente, um ganho de calor é apercebido como desconfortável e uma perda de calor como agradável. O prazer térmico não ocorre na neutralidade térmica, mas sim na motivação para um comportamento que tenda a restaurar essa neutralidade.

6.3.2.4 Percepção de humidade

A presença de humidade no vestuário foi reconhecida por muitos estudiosos como um dos factores mais importantes na percepção do conforto da roupa durante o uso. Hatch *et al.* (1990b) constataram que a "sensação de humidade" está relacionada com o molhar da pele, realizando avaliações subjectivas de humidade da pele e na roupa, como uma ferramenta de avaliação da função térmica do vestuário.

Sweeney e Branson (1990) usaram uma abordagem psicofísica para estudar a avaliação da sensação de humidade no vestuário. Aplicaram um método de estímulo constante, para obter os limiares absolutos da sensação de humidade e da diferença de sensação de humidade nas costas (partes superiores). Os sujeitos foram treinados para responder à sensação de humidade e não de temperatura. Adicionando pequenas quantidades controladas de água aos provetes de tecido posicionados nas costas dos indivíduos e perguntando qual a sensação de humidade, descobriram que o limiar absoluto da sensação da humidade é 0,024 ml e os limiares diferenciáveis são de 0,039 ml. A relação encontrada entre a proporção de humidade detectada e a intensidade do estímulo é linear.

Plante *et al.* (1995) descrevem uma série de estudos sobre a percepção de humidade de tecidos molhados em contacto com a pele, usando uma escala que varia de "completamente seco" a "muito molhado". Foram estudados tecidos com diferentes níveis de higroscopicidade, com cinco índices distintos de humidade e em diversos ambientes de humidade. A relação encontrada entre a percepção subjectiva de humidade e o índice de humidade dos tecidos é exponencial. Mais tarde, em estudos adicionais, foi percebido que a percepção de humidade

depende não só do índice de humidade do tecido, mas também da higroscopicidade das fibras que constituem o tecido e da humidade relativa do ambiente. Com a mesma quantidade de água, acima da humidade de equilíbrio, a percepção de humidade no tecido diminuiu com o aumento da higroscopicidade da fibra, num meio com humidade relativa baixa, e parece diminuir com a humidade relativa, principalmente para fibras de higroscopicidade mais baixa (Barnes et al. 1996). Isto levanta uma dúvida sobre se o índice de humidade no vestuário é o verdadeiro estímulo da sensação de humidade. Além disso, a base neuropsicológica da percepção de humidade não está ainda completamente estudada.

Ly (2002) explica na sua monografia que é do consenso geral que não existe na pele humana nenhum detector específico de humidade. Menciona ainda um conjunto de experiências sobre os mecanismos humanos da percepção de humidade do ar, usando o antebraço e a mão. Refere que os resultados experimentais indicaram a existência de um detector específico de humidade nos seres humanos e que a humidade na pele pode ser apercebida através de algum mecanismo indirecto. Relata ainda um outro estudo sobre vestuário justo, em que sendo aplicada uma pressão uniforme sobre o corpo em ambientes térmicos frios em que é possível produzir uma sensação de húmido, mesmo na ausência de humidade. Este fenómeno sugeriu-lhe que a sensação de humidade pode ser uma sensação sintética, que consiste na combinação de um número de componentes, como a temperatura, a pressão e a distribuição da pressão, durante o contacto entre a pele e o vestuário. Esta hipótese é suportada pela observação de tecidos secos (em equilíbrio com as condições de temperatura e humidade de ensaio), que nunca foram avaliados como completamente secos. A humidade apercebida nestes tecidos secos aumenta com a higroscopicidade da fibra, o que está de acordo com a percepção da sensação de frescura do tecido.

Estas observações levaram Li e os seus colaboradores a estudar os mecanismos físicos da percepção da humidade em tecidos, realizando uma série de experiências fisiológicas e simulando modelos matemáticos de calor e humidade nos tecidos e entre o tecido e a pele durante o contacto tecido-pele. Identificaram que a diminuição da temperatura da pele durante o contacto influencia de forma decisiva a percepção de humidade e encontraram uma

relação do tipo exponencial entre os valores da avaliação subjectiva da humidade e os valores da descida da temperatura da pele (Li et al. 1992 e 1995).

6.4 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

O vestuário é uma barreira térmica entre o corpo humano e o seu ambiente. Um dos papéis funcionais do vestuário é manter o organismo num estado térmico confortável, qualquer que seja o ambiente exterior.

O comportamento térmico do vestuário de uma pessoa activa é complexo e dinâmico, não estando, ainda hoje, inteiramente compreendido, pelo que é difícil a sua quantificação. O pouco que se conhece é principalmente baseado em investigação teórica e empírica. Os factores relevantes do comportamento térmico do vestuário são: o isolamento térmico seco, o transporte de humidade, o vapor de água através do vestuário (por ex. suor e chuva), a transferência de calor através do vestuário (condução, convecção, radiação, evaporação e condensação), a compressão (por ex. causado pelo vento), o efeito de “bombagem” (por ex. causada pelos movimentos do corpo), a penetração do ar (por ex. através dos tecidos, aberturas e vento), a postura corporal do portador, etc..

Uma das formas mais comuns de avaliar o conforto térmico do vestuário é através de inquéritos a indivíduos, sobre as sensações apercebidas durante o seu uso, em condições climáticas controladas. As respostas são frequentemente descritas em termos de expressões subjectivas, em escalas de conforto ou de sensação térmica como se apresenta na Tabela 1.7. As escalas mais usadas são: a escala de conforto de Bedford e a escala de sensação térmica de Fanger adoptada pela ASHRAE.

A escala de Bedford é menos utilizada, uma vez que relaciona o calor com o conforto, o que pode levar o indivíduo a comparar, como é que ele se sente com o que ele gostaria de sentir (mais quente ou mais fresco).

A escala ASHRAE refere-se apenas à sensação térmica. Por exemplo, um ambiente aceitável, pode ser descrito como um ambiente onde a avaliação média do grupo está entre -1

(ligeiramente fresco) e +1 (ligeiramente morno). O melhor ambiente é aquele cuja a avaliação média é 0 (neutro).

| Tabela 1.7: Escala de Sensações Térmicas | | | |
|--|---|-----------------------------------|----|
| Escala de conforto de Bedford | | Escala de sensação térmica ASHRAE | |
| Demasiado quente | 7 | Quente | +3 |
| Muito quente | 6 | Morno | +2 |
| Confortavelmente quente | 5 | Ligeiramente morno | +1 |
| Confortável | 4 | Neutro | 0 |
| Confortavelmente frio | 3 | Ligeiramente fresco | -1 |
| Muito frio | 2 | Fresco | -2 |
| Demasiado frio | 1 | Frio | -3 |

6.4.1 Os Trabalhos de Fanger

Uma das principais abordagens à avaliação de conforto térmico do vestuário foi feita por Fanger nos anos 70's. O marco mais significativo na pesquisa e na prática do conforto térmico é a publicação do seu livro em 1970: *"O Conforto Térmico"*, no qual estabeleceu as condições necessárias para o conforto térmico e os princípios e os métodos para avaliar e analisar ambientes térmicos (ASHRAE 1989).

Para Fanger o conhecimento existente à data, sobre o conforto térmico, era inadequado para a sua aplicação prática. O seu livro é baseado em pesquisas realizadas na Universidade Técnica da Dinamarca e na Universidade do Estado de Kansas, EUA e apresenta os métodos que ainda hoje são os mais usados em todo o mundo. As razões deste sucesso são as considerações emitidas sobre as "necessidades do utilizador", em que identificou, como sendo o efeito térmico combinado de seis parâmetros básicos (físicos), que determinam o conforto térmico humano, tornando-se necessário encontrar um método prático para prever as condições para um "conforto térmico médio", bem como as consequências, em termos de desconforto térmico, por exemplo, a percentagem de insatisfação dos indivíduos expostos a condições fora do intervalo de "conforto térmico médio".

6.4.1.1 Equação do conforto térmico de Fanger

Fanger em 1970, desenvolveu um modelo matemático para definir a zona neutra do conforto térmico para o homem, para combinações de diferentes níveis de actividade e vestuário. As temperaturas médias da pele e os níveis de secreção de suor foram usadas como medidas físicas do conforto tendo definido três condições para que uma pessoa se sinta em conforto térmico:

- o corpo estar em balanço térmico,
- a quantidade de sudação estar dentro dos limites de conforto,
- a temperatura média da pele estar dentro dos limites de conforto.

Uma quarta circunstância foi a ausência do desconforto térmico local, porém esta é uma consequência das anteriores.

O seu objectivo era desenvolver uma equação geral de conforto térmico, que considerasse os níveis de actividade física dos indivíduos e o comportamento ao transporte físico do vestuário, em todas as combinações das diferentes variáveis ambientais (temperatura radiante do meio, humidade do ar, temperatura e velocidade relativa do ar). A equação foi pensada em termos do conforto térmico óptimo por análise detalhada da influência das variáveis individuais. Nesta equação, o corpo humano foi considerado como um gerador de calor, com o seu balanço térmico conseguido com os vários processos secos e latentes de transferência de calor. A equação contém três tipos de variáveis:

- actividade do corpo, incluindo o metabolismo do corpo (M), a área de Dubois (área de superfície do corpo nú) e a eficiência do trabalho mecânico externo (W_m),
- variáveis ambientais, incluindo a temperatura do ar, a temperatura radiante do meio, a pressão do vapor de água ambiental e a velocidade do ar,
- vestuário.

Como o calor é gerado no corpo e perdido pela pele e pelos pulmões, o calor à superfície da pele é transferido, através da roupa, onde se perde para o ambiente. Para descrever a função da roupa, Fanger usou dois critérios: a resistência térmica da roupa e a relação entre a área da superfície do corpo, vestido e do corpo despido.

A equação conceptual do balanço térmico de Fanger é:

$$H - E_d - E_{sw} - E_{res} - L = K = R_v + C_v \quad (8)$$

Onde: H - produção interna do calor no corpo humano,

E_d - perda de calor por difusão do vapor de água, através da pele,

E_{sw} - perda de calor por evaporação do suor, da superfície da pele,

E_{res} - perda de calor evaporativo, por respiração,

L - perda de calor seco, por respiração,

K - transferência de calor por condução da pele para a superfície exterior do vestuário,

R_v - transferência de calor por radiação à superfície do vestuário,

C_v - transferência de calor por convecção à superfície do vestuário.

O balanço térmico é uma necessidade, mas não é uma condição suficiente para garantir a sensação de conforto. O organismo pode estar em balanço térmico mas desconfortavelmente quente, devido ao suor ou desconfortavelmente frio, devido à vasoconstrição e à temperatura baixa da pele.

6.4.1.2 Voto Médio Previsto (PMV)

Para criar um método de avaliação do conforto com base na análise dos ambientes térmicos, Fanger supôs que o grau de desconforto depende da “carga térmica”. Esta foi definida como a diferença entre a produção interna de calor e a perda de calor para o ambiente real, para um indivíduo hipoteticamente mantido nos valores de conforto da temperatura média da pele e a secreção de suor, a níveis de actividades reais. Em condições de conforto, a carga térmica será zero. Para desvios do conforto, a sensação térmica experimentada será uma função da carga térmica e do nível de actividade. As experiências de Nevins em 1966, McNall em 1968 e Fanger em 1970, com um grupo grande de indivíduos, com níveis diferentes de actividade, geraram dados que contribuíram para a criação da equação do Voto Médio Previsto (PMV)(cited in Parsons 2003). Foram avaliadas as sensações térmicas segundo a escala da Tabela 1.7 (escala de sensações térmicas ASHRAE). Após considerações lógicas, suposições

adequadas e uma revisão da literatura, foram sugeridas equações para cada um dos termos, que cuja forma final é a equação seguinte:

$$\begin{aligned}
 PMV = & (0,303 e^{0,036M} + 0,028) \times (M - W_m) \\
 & - 3,05 \times 10^{-3} \{5733 - 6,99 (M - W_m) - P_a\} \\
 & - 0,42 \{(M - W_m) - 58,15\} - 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) \\
 & - 0,0014 M (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \{ (t_{cl} + 273)^4 \\
 & - (t_r + 273)^4 \} - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)
 \end{aligned} \tag{9}$$

Onde: PMV é o “Voto Médio Previsto”,

M - metabolismo (produção interna de energia) do corpo humano,

W_m - trabalho mecânico realizado,

P_a - pressão parcial de vapor de água do ar,

t_a - temperatura do ar,

f_{cl} - factor da área do vestuário,

t_{cl} - temperatura superficial da pele coberta pelo vestuário,

t_r - temperatura rectal,

h_c - coeficiente de transferência de calor por convecção.

Devido à dificuldade de resolução da equação, Fanger escreveu tabelas que representam os valores de PMV para 3500 combinações das variáveis (Anexo II).

6.4.1.3 Percentagem Prevista de Descontentamento/Insatisfação (PPD)

A percentagem prevista de descontentamento (PPD) dá informação prática a respeito do número de potenciais descontentes. Os dados de Nevins, Robles e Fanger permitiram o cálculo da relação entre a percentagem dos descontentes e o voto médio de conforto ISO 7730, 1984 (ISO 1984).

$$PPD = 100 - 95 \exp -(0,03353PMV^4 - 0,2179PMV^2) \tag{10}$$

Os dados para a determinação de alguns valores de PMV e de PPD encontram-se nas Tabelas AII.1, AII.2 e AII.3 do Anexo II.

6.4.2 Outros Trabalhos

Em paralelo com os trabalhos de Fanger, investigadores dos laboratórios da Fundação de J. B. Pierce, USA, inspirados no trabalho de A. P. Gagge de 1986, conduziram as suas pesquisas no sentido de melhorar os índices de conforto térmico. Para Gagge o PMV de Fanger era baseado na carga térmica e não era sensível a mudanças de humidade relativa ou de pressão de vapor, nem da permeabilidade ao vapor de água do vestuário utilizado (cited in Ukponmwan 1993). Assim, desenvolveu um modelo com diferentes variáveis fisiológicas onde pretendia prever a regulação fisiológica do conforto e do calor que ocorre durante um estado térmico de quase-equilíbrio, após um período fixo de exposição a várias condições ambientais. Comparado com a equação de Fanger, este modelo tem significativas melhorias, pois tem em consideração o mecanismo de regulação térmica do organismo humano, na previsão do conforto térmico. Neste modelo, as funções da roupa foram descritas por dois critérios: o factor térmico de eficiência, que mede a eficiência da passagem do calor seco da superfície da pele através da roupa para o ambiente e o factor de eficiência da permeabilidade ao vapor de água evaporado da superfície da pele através do vestuário, para o meio ambiente. Apesar das melhorias introduzidas neste novo modelo, ele apareceu cedo demais para o seu tempo, pois a falta de computadores de processamento rápido tornaram inviável a resolução de semelhante equação, de uma forma prática. Por outro lado, este modelo aplicava-se essencialmente a condições que se afastavam do conforto térmico, pelo que foi abandonado (Parsons 2003).

Com o aparecimento do computador pessoal, muitos outros modelos têm vindo a ser desenvolvidos para a avaliação e previsão do conforto térmico em condições estacionárias e transitórias, principalmente aplicados em projectos de engenharia termodinâmica de ambientes condicionados, mas até hoje nenhum teve a capacidade de se tornar universal.

6.4.3 Normalização

Fanger em 1985 trabalhou na criação de uma norma internacional sobre o conforto térmico, ISO 7730, que descreve a filosofia e o fundamento científico que está na base da sua criação (ASHRAE 1989). O seu objectivo é especificar as condições que são aceitáveis em termos de conforto térmico para uma dada percentagem da população. Nesta norma, o conforto térmico é definido como o estado mental que exprime satisfação com o meio ambiente térmico. O descontentamento pode ser causado pelo desconforto quente ou frio para o corpo e é expresso pelos índices de PMV e de PPD. O índice de PMV (Predicted Mean Vote) é o voto médio previsto, que é utilizado para prever a avaliação da sensação térmica do corpo como um todo, numa escala de sete pontos, de frio a quente. O índice de PPD (Predicted Percentage of Dissatisfaction) é o índice percentual de descontentamento previsível. A norma ISO recomenda para o PMV uma escala de -0,5 a +0,5, e o PPD deve ser inferior a 10 %. A temperatura óptima operativa é conseguida quando o PMV é zero, função da actividade física e do vestuário usado.

Baseado no trabalho de Fanger, a American Society of Heating and Ventilating Engineers desenvolveu cartas de conforto e índices de sensações térmicas para prever níveis de conforto para combinações de diferentes níveis de isolamento térmico do vestuário, de nível metabólico, de temperaturas do ar e de temperaturas de bolbo molhado (ou temperatura radiante), o que deu origem às normas ASHRAE de 1993 (ASHRAE 1997).

6.5 O VESTUÁRIO E O CONFORTO TÉRMICO

Uma das funções fundamentais do vestuário é manter o corpo humano em ambiente térmico apropriado, de forma a que este possa manter o seu balanço e conforto térmicos. Durante a evolução biológica, o corpo humano perdeu algumas das suas capacidades de controlo da perda de calor e de manter o balanço térmico. Consequentemente, o vestuário tornou-se necessário para proteger o organismo das variações climáticas e auxiliá-lo nas suas funções de controlo térmico, sob várias combinações de condições ambientais e de actividade física. De tal forma, que o balanço térmico do corpo é conseguido no microclima da vizinhança da pele,

o que é preservado de forma a ser confortável. Por outras palavras, uma tarefa importante do vestuário é auxiliar o sistema termoregulador humano a manter a temperatura do organismo dentro de uma escala restrita, mesmo se as condições ambientais externas e as actividades físicas variarem numa escala muito alargada.

O estudo da função do vestuário no balanço térmico do corpo humano e no conforto térmico em estado estacionário foi muito desenvolvido nas últimas décadas e tem vindo a ser bastante usado na indústria do vestuário e na indústria do ar-condicionado. O corpo humano raramente se encontra em estado térmico estacionário, sendo exposto continuamente a ambientes térmicos e actividades físicas transitórias.

Neste contexto, os parâmetros que se tornam relevantes no estudo das propriedades do vestuário têxtil são: a transferência de calor por convecção, radiação e condução, a transferência de humidade por difusão, o calor de absorção/desorção, a molhagem, a evaporação, as interacções mecânicas sob a forma de pressão, o atrito e o contacto dinâmico irregular. Nestas últimas décadas têm sido realizados muitos trabalhos para perceber os mecanismos de transferência de calor e de humidade através do vestuário, no entanto, os mecanismos da interacção mecânica entre o vestuário e o corpo não são ainda inteiramente conhecidos.

6.5.1 Transferência de Calor e de Humidade do Vestuário

O comportamento do vestuário à transferência de calor e humidade, há muito que foi reconhecido como de extrema importância para a sobrevivência humana, pelo que Fourt e Hollies em 1970 fizeram um exame detalhado da vasta literatura existente, a respeito do conforto e da função do vestuário, com ênfase especial para o conforto térmico. Sete anos mais tarde, Slater (1977) realizou uma revisão extensiva das propriedades do conforto dos têxteis, incluindo a medição da resistência térmica, da transferência de vapor de água, da transferência de líquido-humidade e da permeabilidade ao ar.

6.5.1.1 Transferência de calor do vestuário

A transferência de calor do vestuário relaciona três aspectos, relativamente independentes mas relacionados: o isolamento térmico do vestuário em estado em estacionário e estado transitório e a sensação térmica durante o contacto tecido-pele.

Isolamento térmico do vestuário (I_v)

O isolamento térmico intrínseco (ou básico) do vestuário é uma propriedade do próprio vestuário, independente da condição externa ambiental ou do corpo e representa a resistência à transferência de calor entre a pele e a superfície do vestuário. A transferência de calor através do vestuário é feita por condução, dependendo da área de superfície (m^2), do gradiente de temperatura ($^{\circ}C$) entre a superfície da pele e o vestuário e da condutividade térmica ($Wm^{\circ}C^{-1}$) do mesmo. O isolamento intrínseco do vestuário é o inverso da condutividade térmica cujas unidades são $m^2^{\circ}CW^{-1}$.

Em 1941, Gagge propôs o clo como unidade de isolamento térmico, para substituir a unidade física de $m^2^{\circ}CW^{-1}$, com a finalidade de facilitar a visualização, pelo facto de esta unidade se relacionar directamente com o vestuário usado no dia a dia. Um clo é o isolamento térmico necessário para manter uma pessoa em repouso confortável à temperatura ambiente de $21^{\circ}C$. Esta unidade tem o valor médio de $0,155 m^2^{\circ}CW^{-1}$, que é o isolamento térmico intrínseco de um fato típico do homem de negócios daquela época. (é importante notar que o termo m^2 refere-se à área da superfície do corpo). Por exemplo, a uma gravata usada sozinha, pode ser atribuído um valor estimado de isolamento térmico de $0,1$ clo, quando um fato feito do mesmo material que a gravata pode ter um valor estimado de isolamento de $0,8$ clo. O ponto importante é, que o valor do clo dá uma estimativa do isolamento relacionado com o tipo de vestuário e como este se distribui sobre o corpo. Isto pode causar confusão quando se considera o isolamento térmico de materiais. Outra unidade de isolamento térmico do material é o tog proposto por Pierce e Rees em 1946. Um tog tem o valor de $0,1 m^2^{\circ}CW^{-1}$ onde o termo m^2 se refere à área do material testado (Savile 1999).

O isolamento térmico depende principalmente da capacidade que um tecido tem para armazenar ar no seu interior e retê-lo durante o uso. Se é resistente à compressão e tem um

bom poder de recuperação, recupera a camada de ar e continuará a ter um bom isolamento térmico (Ukponmwan 1993). É do consenso geral, que o isolamento térmico depende essencialmente da espessura dos materiais.

Ukponmwan (1993), na sua pesquisa bibliográfica, chega a algumas conclusões relativamente aos parâmetros que mais influenciam o comportamento térmico de um tecido, tais como:

- a capacidade de isolamento térmico de um tecido têxtil é devida, antes do mais, à quantidade de ar estagnado que se consegue armazenar no seu interior e a natureza das fibras pouca influência tem. Filamentos, com superfície lisa, não são apropriados para fabricar tecidos encorpados, capazes de reter grandes quantidades de ar. As fibras naturais, principalmente a lã, com elevado nível de frizado, produzem fios e tecidos mais voluminosos e, por conseguinte, com elevada capacidade de retenção de calor,
- a espessura de um tecido é o factor mais importante que determina a resistência térmica dos materiais têxteis, existindo uma relação linear entre estes dois parâmetros, quer para tecidos simples ou de múltiplas camadas,
- quando dois tecidos têm igual espessura, o que tiver menor massa volúmica, apresentará melhores propriedades de isolamento térmico, mas só até um determinado valor, a partir do qual os efeitos de transmissão convectiva se tornam significativos e o isolamento térmico diminui.
- O isolamento térmico diminui com o aumento do conteúdo de humidade no interior dos tecidos.

Isolamento térmico transitório

O isolamento térmico em circunstâncias transitórias está relacionado com o fenómeno do calor de absorção/desorção, que influencia o valor do isolamento térmico do vestuário e a sensação térmica dos portadores, sob condições dinâmicas de uso. Este fenómeno está ligado à captação e libertação de humidade pelas fibras e depende, fundamentalmente, da sua composição química. Fibras higroscópicas absorvem humidade em presença de vapor de água e libertam-na em meio seco. Em condições de transpiração, o vapor de água é mais

concentrado no microclima criado junto à pele, do que afastado desta. Logo, um tecido higroscópico deve poder absorver vapor de água junto à pele, para depois o libertar quando se afasta para um meio mais seco (Barnes et al. 1996). Por exemplo, as fibras higroscópicas, como a lã e o algodão absorvem humidade do meio ambiente quando a humidade relativa desse meio aumenta, libertando calor. De forma inversa, quando a humidade do meio diminui, libertam a sua humidade para o meio, em simultâneo com o consumo de calor. Em condições transitórias, este comportamento de absorção/desorção das fibras pode ter um papel importante nas trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente e na percepção do conforto térmico.

David estudou o isolamento térmico do vestuário de lãs sob circunstâncias transitórias e concluiu que o isolamento térmico poderia aumentar 50 a 70 % acima do normal (condições estacionárias), devido à absorção da humidade pelas lãs (David 1964).

Benisek *et al.* (1987) mediram o isolamento térmico do vestuário, em condições transitórias de humidade, usando um manequim térmico móvel e pessoas, onde observaram diferenças significativas na troca de calor entre fibras higroscópicas e não-higroscópicas. Mais tarde, Umbach *and al.* (1997) realizaram um conjunto de experiências para estudar o impacto das mudanças de humidade do ar, no conforto térmico, utilizando um manequim térmico e pessoas, nomeadamente as respostas térmicas do vestuário de lã, nas condições ambientais de 25 °C e de 20 % HR a 25 °C e a 80 % HR e chegaram às seguintes conclusões: as experiências com o manequim térmico mostraram que 37 a 42 % do calor gerado pelo vestuário de lã é resultado da mudança de humidade no interior da fibra durante o período de absorção, por isso, o tipo de vestuário influencia significativamente o balanço térmico do portador. Em indivíduos observaram diferenças significativas de mudanças de temperatura da pele e de percepções subjectivas de sensação térmica. O vestuário de lã revelou-se mais morno do que o poliéster para as variações de humidade.

Stuart *and al.* (1989) usaram luvas de lã para estudar a percepção do calor libertado pelo vestuário (seco) que é exposto a um ambiente de baixa temperatura e de elevada humidade e concluíram que o calor libertado, durante os estados transitórios, era suficiente para ser apercebido pelos indivíduos e traduzido na percepção de um aumento no calor.

Toque térmico

O toque térmico é uma sensação da pele que está relacionada com a transferência instantânea e transitória de calor e de humidade entre o tecido e a pele.

Quando uma peça de vestuário entra em contacto com a pele, ocorre um fluxo térmico, que se traduz numa descida de temperatura da superfície da pele, pois a pele está, geralmente, a uma temperatura superior à do tecido. Quanto maior for o fluxo térmico (valor máximo q_{max}), mais intensa será a sensação de frescura transmitida pelo tecido (Schneider & Holcome 1991). Este fluxo térmico (q), que varia em função do tempo, pode ser representado como se apresenta na Figura 1.10. Na figura, constata-se que existe uma primeira fase em que o toque térmico atinge o seu valor máximo q_{max} , descendo rapidamente até estabilizar.

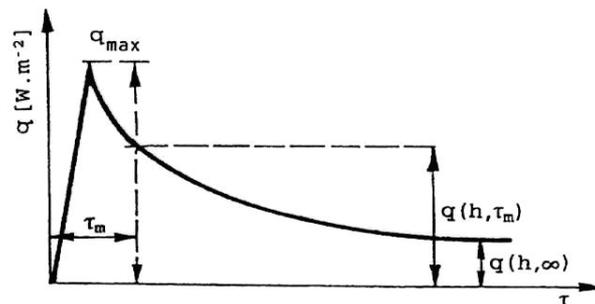


Figura 1.10 - Fluxo de Térmico em Função do Tempo

Esta sensação de frescura ao toque tem um impacto significativo na percepção de conforto em ambientes mornos e quentes. Schneider *et al.* (1996) referem, que um tecido leve e fino de lã é apercebido como sendo mais fresco do que tecidos menos higroscópicos, tais como o poliéster, durante o contacto com a pele, em ambientes húmidos mornos. Descreveram ainda um conjunto de testes de avaliações subjectivas de pares de tecidos, com características idênticas de superfície e construção, mas produzidos com diferentes tipos de fibras. Os testes realizaram-se com as amostras na parte interna do antebraço dos indivíduos. A avaliação ocorreu com temperaturas ambientais de 20 °C e de 28 °C e a humidade relativa variou de 10 a 90 %. Como resultado, os tecidos de lã foram sempre classificados como os mais frescos

relativamente aos de poliéster para as diferentes condições de humidade e temperatura testadas.

Estes autores observaram que a quantidade de humidade absorvida pelos tecidos de lã era significativamente mais elevada do que a dos tecidos de poliéster e a temperatura da pele diminuía mais rapidamente e recuperava mais lentamente, em contacto com o tecido de lã, em comparação com o do poliéster. Concluíram que a frescura ao toque de tecidos finos e leves de lã é realçada pela higroscopicidade da fibra e pela desorção de uma quantidade muito pequena de água das fibras.

Li *et al.* (1996) realizaram experiências para medir a temperatura da superfície da pele e do tecido, durante o contacto, usando termopares e criaram um modelo, para explicar a influência da temperatura e da humidade relativa do ar, que cerca o tecido (calor de absorção/desorção) no momento da mudança da temperatura máxima da pele. Os resultados destas experiências indicam as contribuições relativas de um número de parâmetros chave na sensação de frescura ao toque de tecidos. A velocidade da desorção da humidade durante o contacto é mais influenciada pela higroscopicidade da fibra do que por outros parâmetros, tais como, o diâmetro da fibra, o coeficiente de difusão de vapor de água, a humidade relativa ambiental e a temperatura. Assim, o comportamento de desorção das fibras têxteis à humidade tem um impacto significativo na percepção do toque fresco de um tecido, durante o contacto instantâneo tecido-pele.

O processo de transferência de calor e massa, que é influenciado pelas propriedades das fibras, como a higroscopicidade e o diâmetro, determinam as mudanças de temperatura na superfície da pele e daí na resposta sensorial de frescura. Por outro lado, o processo de transferência de calor e humidade entre a pele e o tecido é ainda significativamente influenciado pelo estado do contacto do tecido-pele, que é determinado fundamentalmente pelas características da superfície da pele e do tecido.

Schneider e Holcombe (1991) estudaram as propriedades do tecido, que influenciam a frescura ao toque, desenvolvendo um modelo de três-camadas para a estrutura de tecido. Um núcleo denso e duas camadas exteriores, constituídas predominantemente por ar, com um número pequeno de fibras que se projectam para o exterior. Mostraram, que a espessura das

camadas exteriores influencia negativamente a percepção subjectiva da frescura e da descida de temperatura da superfície da pele, durante o contacto tecido-pele.

Li e Brown (1996) investigaram a relação entre a percepção subjectiva do toque fresco e algumas propriedades de tecido, numa série de 20 tecidos leves de micro-fibra de poliéster e finos de lã. Concluíram que a percepção subjectiva da frescura está relacionada negativamente com a porosidade, pilosidade do tecido e diâmetro da fibra e positivamente com a higroscopicidade da fibra e que dentre estes parâmetros, a higroscopicidade da fibra, a porosidade e a pilosidade do tecido são os que mais contribuem para a sua percepção. Nestas circunstâncias, um tecido de lã poderá ser 1,5 vez mais fresco que um tecido de poliéster e quando a porosidade do tecido diminui de 0,95 para 0,65, o tecido de lã poderá aumentar a sua frescura ao toque em 55 %. Se um tecido de lã diminuir a sua pilosidade superficial de 80 pontas de fibras/cm para zero, a frescura do tecido pode ser aumentada em 84 %.

Kawabata e Yoneda (1982) foram os primeiros a salientar a importância do processo de transferência de calor, que ocorre quando um tecido é colocado em contacto com a pele. Desenvolveram o dispositivo Termolabo para medir a sensação térmica de “quente-frio”, também designado por “toque térmico” e propuseram como uma estimativa da sensação quente-frio durante o contacto o fluxo máximo de calor (Figura 1.10).

A sensação de morno, durante o contacto tecido-pele, é o oposto do conceito de frescura ao toque. O mesmo mecanismo físico aplica-se ao calor e à frescura ao toque.

6.5.1. 2 Transferência de humidade

A humidade no vestuário foi reconhecida como um dos mais importantes factores que contribuem para a sensação de desconforto (De Martino *et al.* 1984; Li 1988; Hatch *et al.* 1990b; Sweeney & Branson 1990; Plante *et al.* 1995; Li *et al.* 1995; Barnes *et al.* 1996).

Hatch *et al.* (1990b) ao estudarem a influência das actividades dos indivíduos e da estrutura física do vestuário, em várias condições, relacionadas com a temperatura e a humidade, identificaram que a molhagem da pele contribui para a sensação de humidade e que a sensação de “encharcado” está relacionada com a quantidade de suor acumulado no

vestuário. As sensações subjectivas de “molhagem” da pele e do vestuário foram recomendadas como critérios sensíveis, para a avaliação da função térmica do vestuário.

Ao estudar a percepção de conforto do vestuário, Hollies *et al.* (1979) verificaram que a sensação de suor poderia ser gerada artificialmente, adicionando 10 - 20 % de água ao vestuário. Scheurell *e tal.* (1985) compararam os resultados da percepção subjectiva da humidade, com as medidas de “molhagem superficial dinâmica” de tecidos, usando um higrómetro no vestuário e verificaram que os dois estão correlacionados. Hong *et al.* (1988) mostraram que a molhagem dinâmica da superfície da pele está relacionada com o tipo de fibra. Estes resultados indicam que a humidade do vestuário contribui significativamente para a percepção de conforto, durante as condições reais de uso.

Wang *et al.* (2003) investigaram a sensação térmica e de humidade experimentadas pela pele e constaram que era sentida uma sensação fria quando tecidos húmidos eram colocados sobre o antebraço, a qual foi correlacionada com a descida da temperatura numa “pele artificial”, em contacto com tecidos húmidos. Do mesmo modo, a descida de temperatura foi significativamente influenciada pela superfície de contacto entre a pele e o tecido e está associada à construção e à pilosidade na superfície do tecido.

Plante *et al.* (1995) mostraram que a percepção de humidade em tecidos é função do nível de humidade do tecido, da higroscopicidade da fibra e da humidade relativa do ambiente. Estes resultados, mais uma vez, indicam que o processo de percepção de humidade envolve um mecanismo complexo, que pode estar relacionado com os processos dinâmicos de transferência de calor e de humidade nos tecidos.

6.5.2 Avaliação das Propriedades Térmicas do Vestuário

Muitos testes estão disponíveis para determinar as propriedades térmicas específicas do vestuário. Em 1993 foi criada a Norma ISO 1192, para a determinação dos valores de isolamento térmico, em que devem ser usadas placas ou cilindros lisos aquecidos. Os laboratórios que se especializaram na ciência do conforto desenvolveram métodos integrados, para avaliar o conforto do vestuário, criando “o triângulo de avaliação do vestuário”, como um

método para desenvolver e avaliar o vestuário (Fourt, & Hollies 1970; Savile 1999; ISO 1192-1993).

A base do triângulo representa uma série de testes simples, realizados em tecidos, com instrumentos normalizados de medição da transferência de calor, reprodutíveis e fáceis de realizar, mas pouco reais pois não usam respostas humanas. O vértice mais alto do triângulo representa experiências de avaliação de campo, com humanos portadores de vestuário. Estes métodos requerem recursos relativamente grandes, são difíceis de controlar, mas são reais.

A Norma ISO 1192 apresenta cinco níveis da avaliação do vestuário. A metodologia de avaliação instrumental inclui no nível 1, a análise físico-mecânica dos materiais, no nível 2, a análise biofísica de conjuntos de peças de vestuário (usando manequins) e modelos de previsão. Os níveis 3, 4 e 5 envolvem indivíduos e testes controlados em câmara climática, experiências subjectivas controladas e monitorizadas e avaliações subjectivas em condições reais. Porque os custos dos testes aumentam com o nível crescente da pirâmide, é importante usar a informação de níveis mais baixos, no planeamento dos testes de um nível mais elevado.

Umbach (Umbach & Mecheels 1997) resume o trabalho do instituto de Hohenstein na Alemanha, num sistema de cinco-níveis representado na Figura 1.11.

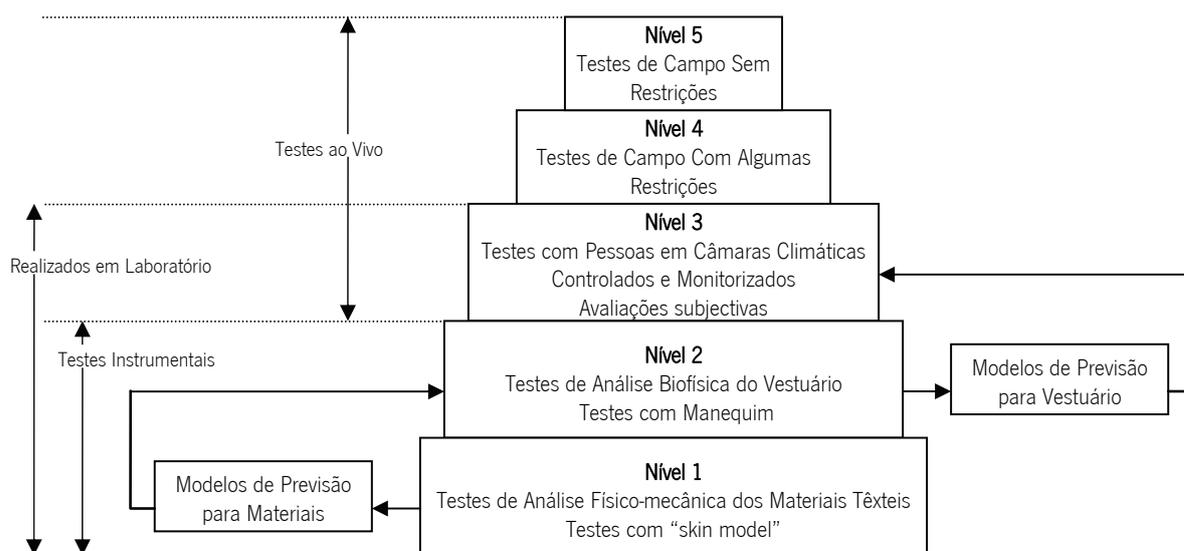


Figura 1.11 - Triângulo de Avaliação Termofisiológica do Vestuário com 5 Níveis (ISO 1993).

Nível 1 - Análise Termofisiológica dos Têxteis

O nível 1 envolve testes de resistência ao isolamento térmico (resistência térmica R_{cl}) e de resistência ao vapor de água (R_{ev}) de camadas de tecido, para as condições estacionária e transitória, em que é medida a quantidade de vapor de água absorvida por um provete de material, durante uma hora de exposição no “skin model”, (placa lisa normalizada e molhada, que simula a pele). Os valores obtidos dependem da espessura do tecido. Para possibilitar a comparação entre tecidos, é usado um valor i_{mt} , que é o índice de permeabilidade térmica ao vapor de água proposto por Woodcock em 1962. O índice i_{mt} compara a relação entre a resistência térmica e a resistência ao vapor de água de um tecido, com os mesmos parâmetros, relativamente a uma camada de ar da mesma espessura do tecido, assim:

$$i_{mt} = \frac{\frac{\text{Resistência térmica do tecido}}{\text{Resistência térmica do ar}}}{\frac{\text{Resistência ao vapor de água do tecido}}{\text{Resistência ao vapor de água do ar}}} \quad (9)$$

Quando o vestuário é uma barreira perfeita ao vapor de água, $i_{mt} = 0$ (impermeável) e $i_{mt} = 1$ quando um homem vestido e 100 % suado-molhado chega ao máximo potencial evaporativo idêntico ao termómetro de bolbo molhado e ventilado.

Para Umbach i_{mt} pode ser usado para avaliar a qualidade termofisiológica de um tecido, usando essencialmente os mesmos testes. As medições realizadas num tecido podem ser determinadas para condições diferentes como, por exemplo, conhecer o efeito do comportamento da compressão ou o efeito da quantidade de líquido no tecido. Podem também ser medidas as mudanças dinâmicas de pressão e tempo que são importantes, por exemplo, para prevenir a sensação de frio após a realização de exercício físico (Umbach & Mecheels 1997).

Nível 2 - Testes com Manequins

O nível 2 estuda o conjunto do vestuário (roupa interior, vestuário exterior, camadas de ar, etc.) usando o manequim térmico Charlie, onde são determinados três valores térmicos da resistência:

- com o manequim parado de pé,
- com o manequim a mover-se com uma determinada velocidade, mas com as aberturas do vestuário seladas com fita adesiva,
- com o manequim a mover-se mas com as aberturas não seladas.

A partir destes valores, podem ser calculados a resistência térmica e o nível de ventilação do vestuário. Neste caso, a resistência ao vapor de água não pode ser encontrada directamente, porque o manequim Charlie não está preparado para suar. Este valor é calculado a partir de um modelo baseado nos valores obtidos no nível 1. O efeito do vento na compressão do vestuário é determinado por sopro de ar, no vestuário do manequim. Umbach e Mecheels (1997) concluíram que este efeito poderia reduzir o isolamento térmico até 50 %, principalmente devido à compressão das camadas de ar no interior do vestuário.

Os manequins térmicos são hoje muito usados e fazem parte dos testes de rotina na certificação e no desenvolvimento de vestuário e de conjuntos de vestuários.

Os manequins térmicos simulam de forma realista a troca de calor, no corpo inteiro ou em zonas do corpo, permitindo a medição de trocas de calor 3D, com integração de perdas de calor seco através de um método objectivo, preciso, reprodutível e rápido, para a medição do isolamento térmico do vestuário (Parsons 2003).

Testes de um nível superior

O nível 3 considera testes controlados em câmaras climáticas. Nas experiências em câmara climáticas, os indivíduos executam programas definidos de trabalho físico (andar ou pedalar), sob condições climáticas fixas. Nestas câmaras são medidas: as temperaturas rectal e da pele, a taxa de batimento cardíaco, a produção de suor, a taxa metabólica, a temperatura e a humidade (na vizinhança da pele dos indivíduos), bem como recolhidas as suas avaliações sensoriais de conforto. As respostas fisiológicas do corpo e as medidas físicas dos materiais

permitem desenvolver um modelo que pode ser usado na previsão sensorial dos indivíduos e nas condições de conforto.

Uma deficiência significativa de todo este sistema, que usa humanos, é a interacção do isolamento do vestuário com a actividade humana. As pessoas não estão apenas paradas de pé ou a andar ou deitadas. Elas inclinam-se, dobram-se, agacham-se, correm e sentam-se com diferentes ângulos. Existem numerosos factores em que os seres humanos diferem dos manequins, mas a única forma de se obter uma avaliação realista e detalhada é utilizando indivíduos na avaliação do vestuário, embora se reduza o controlo das variáveis.

O grau de controlo varia de acordo com as condições: em câmaras climáticas, os seres humanos podem ser usados como os manequins, para fornecerem resultados sob condições controladas e os testes de uso podem utilizar indivíduos no seu dia-a-dia (condições normais de utilização).

Breckenridge (1977) (cited in Parsons 2003), na sua revisão da literatura sobre os efeitos do movimento do corpo, nas trocas de calor por convecção e evaporação no vestuário, concluiu que o isolamento térmico do vestuário depende de um variado número de factores como: o ajuste do vestuário ao corpo, a adequabilidade dos fechos no vestuário (aberturas), a espessura e o número de camadas, a flexibilidade das camadas, o drapeado do tecido e a massa volúmica das fibras.

Na Divisão de Ergonomia Militar em USARIEM foram medidos valores do isolamento térmico e do índice de permeabilidade ao vapor de água dos sistemas de vestuário militares, usando um manequim de cobre, de tamanho real, em posição de pé parado. Para monitorizar a perda de peso dos indivíduos durante a actividade e prever as perdas por calor evaporativo foi usada uma balança sensível.

Parsons (2003) escreveu que o instituto de Hohenstein utiliza um manequim com o movimento de caminhar, assim como simulações de movimentos de pedalagem em bicicleta, para medir os coeficientes de “injecção de ar” associados ao movimento do corpo.

Todas estas publicações de investigação consideraram os processos de transporte de calor e de humidade, como dois processos independentes, que são amplamente aplicáveis nas situações de vestuário, sob diferentes estados ambientais estacionários. Nas condições

transitórias de humidade, os mecanismos de transporte do calor e humidade estão acoplados. Como se referiu, o isolamento térmico do vestuário é influenciado pelos fenómenos de absorção/desorção da humidade das fibras têxteis, logo os métodos de medida e os critérios de avaliação do conforto térmico do vestuário para condições estacionárias podem não ser apropriados para a avaliação das condições dinâmicas de uso. O comportamento do transporte dinâmico de calor e de humidade no vestuário e a sua influência nas percepções térmicas e de humidade transformou-se no principal foco de investigação na última década.

O grande objectivo da aplicação de todas estas metodologias e outros estudos mais recentes (Cardello & Winterhalter 2003; Wong et al. 2003; Wong et al. 2004; Li et al. 2005) é a criação de um modelo universal de previsão do conforto térmico humano.

Nas suas revisões bibliográficas Parsons (2003) refere autores que descrevem hipotéticos modelos para a avaliação dos efeitos transitórios de absorção de humidade, condensação, permeabilidade, ventilação e transferência de calor por radiação no vestuário. Estes modelos contemplam parâmetros como características da roupa interior, ar aprisionado entre as camadas de vestuário, características do vestuário exterior e camada adjacente de ar, incluindo a ventilação através das aberturas. Outros protótipos integram modelos termoreguladores humanos e de resposta fisiológica, incorporados em sistemas computadorizados. No entanto, conclui-se que não existe um modelo inteiramente detalhado e a possibilidade para a sua criação é restrita. Seria necessário, que tal modelo integrasse a informação pormenorizada da pele humana (por ex., envolvendo um modelo térmico do corpo humano), a natureza e as propriedades do vestuário, as condições ambientais e de comportamento dinâmico dos indivíduos. Parsons (2003) refere ainda que, se para condições de estado estacionário o conhecimento existente ainda não é suficientemente detalhado, para a criação de um modelo completo, muito menos se sabe sobre as condições transitórias do vestuário, assim como da sua inércia térmica.

Actualmente, é ainda um desafio, correlacionar respostas de estudos subjectivos humanos com medições objectivas nos estados transitório e estacionário num modelo dinâmico, verdadeiramente detalhado do vestuário, associado às variáveis termofisiológicas humanas e ambientais, pelo que este trabalho é uma contribuição.

CAPÍTULO 2 - DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL

Este capítulo apresenta a metodologia de desenvolvimento do trabalho experimental, no qual se especifica o tipo de materiais em estudo e os critérios para a sua selecção.

Inicialmente, é feito um estudo criterioso sobre um conjunto de tecidos de parâmetros técnicos bem controlados e conhecidos, que é seguidamente extrapolado para um outro conjunto de tecidos em que algumas variáveis são fixadas.

O planeamento de experiências inicia-se com o estudo de todas as propriedades, para os materiais inicialmente seleccionados. A informação dos testes realizados foi tratada por análise multivariada, para reduzir o número de parâmetros e propriedades a estudar prosseguindo a investigação apenas para as propriedades estatisticamente seleccionadas, com o novo conjunto de materiais.

Este capítulo está dividido em duas partes, uma dedicada ao estudo da avaliação subjectiva do toque onde se utilizou um toque activo para a avaliação das propriedades e preferências sensoriais dos avaliadores e a outra parte destinada à avaliação objectiva das propriedades físico-mecânicas do toque e conforto termofisiológico dos tecidos. Apresenta-se ainda a selecção criteriosa das propriedades em estudo, bem como as condições em que foram realizadas.

No que respeita aos níveis dos conforto destes materiais, pretende-se a partir de dos resultados das propriedades de conforto termofisiológicos de níveis mais baixos, das experiências subjectivas e com o recurso a alguns modelos de previsão existentes, conseguir criar um perfil de qualidade de nível mais elevado.

O tratamento e análise estatística dos dados foram realizados, com especial ênfase, para os métodos de estatística multivariada, tendo como suporte uma base de dados com os valores das propriedades/parâmetros dos materiais.

2.1 MATERIAIS

Os materiais em estudo são tecidos finos de lã, para a fabricação de fatos de homem para a estação de Primavera/Verão.

Na primeira parte deste trabalho foram fabricados tecidos, segundo características bem definidas de matéria prima, massa linear dos fios, debuxo, contextura, acabamentos, etc..

Na segunda parte do trabalho foram analisados tecidos comercialmente disponíveis, com a colaboração de empresas italianas que seleccionaram um conjunto de tecidos mais representativos e seus “*tops* de vendas”.

Assim, foram estudados:

- tecidos finos 100 % lã merino, comercializados sobre a designação da IWTO de Super 130's e 100's e WOOLMARK de alta qualidade,
- tecidos de qualidade padrão, produzidos com fio 100 % lã que utilizam matéria prima considerada económica, (fibra de diâmetro 21 μ m), mas com características tipicamente primaveris, tipo “crepe”. Para se conseguir um produto com um “toque fresco” a este fio foi fornecida uma torção e retorção Z, contrariamente aos outros fios que foram fabricados por um processo tradicional de torção Z e retorção S.



Os debuxos escolhidos foram seleccionados em termos de coeficiente de ligamento e densidade de fios, dentro dos tradicionalmente mais utilizados, sendo mantida a igualdade de alinhavos da teia e da trama, de modo a diminuir o número de variáveis.

Assim, foram considerados:

- O tafetá para o maior coeficiente de ligamento (alinhavos de um) - A₁ 1/1
- A sarja de três (alinhavos de dois) - A₁ 2/1
- O terceiro debuxo é um derivado da sarja de quatro (pesada), com um grau de ligamento decrescente (alinhavos de três), mas idêntico na teia e na trama.

Os tecidos comerciais possuem propriedades adicionais de elasticidade, conseguidas recorrendo a uma tecnologia especial de fabricação de fios, que confere ao produto final características de elasticidade natural, que a WoolMark designa por “*Natural Stretch*”.

Os acabamentos aplicados são os tradicionais do tipo laneiro, segundo o processo de Biella para acabamentos de tecidos “Super Ligeiros” (Brady 1997).

A Figura 2.1 esquematiza um ciclo típico de acabamentos para tecidos penteados finos de lã de “alta qualidade” (Broega 2001), que compreende dois tratamentos de fixação em contínuo a húmido (crabbing) e três com vapor (de várias intensidades e com diferentes vínculos mecânicos) no final do ciclo.



Figura 2.1 - Ciclo de Acabamentos de Tecidos Super Ligeiros (*introdução da operação de tinturaria)

Os acabamentos podem dividir-se em acabamentos húmidos ou de preparação à tinturaria e acabamentos secos ou acabamento final. Os tecidos analisados neste trabalho estão divididos em duas gamas distintas de acabamento:

- Tinto em Peça (**TP**) - o tecido é tingido após a tecelagem; no final do acabamento em húmido, é introduzida a operação de tinturaria (*após a segunda passagem no crabbing, o tecido é seco, cosido de ourelas e é tinto).
- Feito na Cor (**FC**) - o tecido é fabricado com os fios já tingidos.

O processo de acabamento é idêntico nas duas gamas, diferenciando-se nas etapas de tingimento (*). O acabamento final é igual para todos os tecidos.

2.1.1 Caracterização Básica dos Materiais

A caracterização básica das fibras, dos fios e dos tecidos foi realizada segundo as normas especificadas na Tabela 2.1.

Os fios foram fabricados pelo processo convencional de fiação de fio penteado, em contínuo de fiação de anel e retorcidos a dois cabos. Os fios apresentam as características descritas na Tabela 2.2.

Para a codificação dos fios e tecidos utilizou-se a designação (**COD ##**), em que o primeiro dígito referencia a ordem crescente da grandeza da massa linear dos fios constituintes de cada classe de tecidos. O segundo dígito refere-se ao acabamento, sendo o acabamento Feito na Cor (**FC**) representado por um número ímpar e o acabamento Into em Peça (**TP**) por um número par.

| Tabela 2.1: Caracterização Básica dos Materiais | | | |
|---|--|--------------|------------------|
| Propriedade | Método | Referência | Unidades |
| Diâmetro das Fibras | Fibras de lã. Determinação do diâmetro. Método do microscópio de projecção | NP 3160 86 | µm |
| Torção e Retorção dos Fios | Détermination de la torsion des filés par détorsion-retorsion avec double contre-épreuve | NF G 07-079 | V/m |
| Densidades de Fios | Determinação do número de fios por unidade de comprimento (método B) | EN 1049-2 95 | Nº fios/cm |
| Massa por Unidade de Superfície | Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões | EN 12127 99 | g/m ² |

A Tabela 2.3 apresenta as características dos tecidos, sendo os códigos 30's, 50's e 60's respeitantes aos tecidos mandados fabricar segundo características bem definidas e as gamas 20's e 40's referentes aos tecidos "tops de venda" das empresas italianas.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTUDADAS

Os laboratórios que se especializaram na ciência do conforto desenvolveram métodos integrados para avaliar o conforto do vestuário. Certos autores propuseram "o triângulo de avaliação do vestuário" como um método para desenvolver e avaliar o vestuário (Figura 1.10), em especial Umbach no Instituto de Higiene e Vestuário na Alemanha (I.H.V.) utiliza este método analítico de avaliação objectiva do conforto que serviu de base à criação da 1ª Norma

ISO 11092 (ISO 1192-1993), para as propriedades de conforto termofisiológico dos têxteis e vestuário.

| Tabela 2.2: Características dos Fios Utilizados | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|------------------------|---------------|-------------------------------|-------------|----|
| Cod. Fio | Massa Linear (tex/cabos) | Torção (V/m)/Sentid | Retorção Sentido/(V/m) | Matéria Prima | Diâmetro Fibras μm | Cod. Tecido | |
| 20 | Teia | 21,2/2 | 1014,2/(Z) | 817,0/(S) | Lã | 17,4 | 21 |
| | Trama | 18,5/1 | 883,2/(Z) | - | | | |
| | Teia | 23,5/2 | 894,7/(Z) | 829,7/(S) | | | 22 |
| | Trama | 19,0/1 | 759,9/(Z) | - | | | |
| 30 | Teia | 23,6/2 | 629,1/(Z) | 683,9/(S) | Lã | 18,7 | 31 |
| | Trama | 23,3/2 | 621,0/(Z) | 675,1/(S) | | | 33 |
| | Teia | 24,6/2 | 655,7/(Z) | 712,9/(S) | | | 35 |
| | Trama | 25,1/2 | 666,4/(Z) | 724,5/(S) | | | 32 |
| 40 | Teia | 26,7/2 | 778,0/(Z) | 718,6/(S) | Lã | 16,5 | 34 |
| | Trama | 25,4/2 | 940,6/(Z) | 668,0/(S) | | | 36 |
| | Teia | 27,6/2 | 816,3/(Z) | 731,5/(S) | | | 41 |
| | Trama | 27,4/2 | 852,2 (S) | 852,2/(S) | | | |
| 50 | Teia | 31,3/2 | 725,5 (Z) | 748,0 (S) | Lã | 20,1 | 42 |
| | trama | 20,2/1 | 820,5 (Z) | - | | | 51 |
| | Teia | 29,2/2 | 677,0/(Z) | 698,0/(S) | | | 52 |
| | Trama | 29,0/2 | 672,0/(Z) | 692,9/(S) | | | 53 |
| | Teia | 29,4/2 | 681,4/(Z) | 702,0/(S) | | | 55 |
| | Trama | 28,/2 | 653,6/(Z) | 673,8/(S) | | | 54 |
| 60 | Teia | 38,5/2 | 628,5/(Z) | 539,4/(Z) | Lã | 21,2 | 56 |
| | Trama | 38,2/2 | 624,0/(Z) | 535,5/(Z) | | | 61 |
| | Teia | 39,5/2 | 644,8/(Z) | 553,4/(Z) | | | 63 |
| | Trama | 38,6/2 | 635,0/(Z) | 545,0/(Z) | | | 65 |
| | | | | | | | 62 |
| | | | | | | | 63 |
| | | | | | | | 66 |

| Tabela 2.3: Características dos Tecidos | | | | | | | |
|--|---------|---------------|---------------------|-------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| Cod | Debuxo | Acabamento | Densidade (fios/cm) | | Coeficiente de Ligamento | Massa por m ² (g/m ²) | Espessura 0,5gf/cm ² (mm) |
| | | | Teia | Trama | | | |
| 21 | Tafetá | Feito na cor | 30,6 | 30,7 | 1 | 130 | 0,420 |
| 22 | Tafetá | Tinto em peça | 32,3 | 28,5 | 1 | 137 | 0,452 |
| 31 | Tafetá | Feito na cor | 29,0 | 26,0 | 1 | 137 | 0,394 |
| 32 | Tafetá | Tinto em peça | 29,6 | 25,9 | 1 | 142 | 0,420 |
| 33 | Sarja3 | Feito na cor | 32,9 | 28,1 | 0,667 | 153 | 0,471 |
| 34 | Sarja3 | Tinto em peça | 33,1 | 27,3 | 0,667 | 153 | 0,479 |
| 35 | DSarja4 | Feito na cor | 35,3 | 31,0 | 0,624 | 165 | 0,563 |
| 36 | DSarja4 | Tinto em peça | 34,3 | 29,3 | 0,624 | 165 | 0,580 |
| 41 | Tafetá | Feito na cor | 24,2 | 28,7 | 1 | 143 | 0,398 |
| 42 | Tafetá | Tinto em peça | 25,8 | 31,9 | 1 | 162 | 0,410 |
| 51 | Tafetá | Feito na cor | 27,5 | 23,7 | 1 | 152 | 0,429 |
| 52 | Tafetá | Tinto em peça | 27,2 | 23,3 | 1 | 155 | 0,433 |
| 53 | Sarja3 | Feito na cor | 30,1 | 25,6 | 0,667 | 167 | 0,506 |
| 54 | Sarja3 | Tinto em peça | 29,6 | 25,1 | 0,667 | 167 | 0,512 |
| 55 | DSarja4 | Feito na cor | 31,0 | 26,2 | 0,624 | 177 | 0,604 |
| 56 | DSarja4 | Tinto em peça | 31,1 | 26,4 | 0,624 | 178 | 0,611 |
| 61 | Tafetá | Feito na cor | 26,5 | 19,6 | 1 | 189 | 0,552 |
| 62 | Tafetá | Tinto em peça | 26,1 | 19,1 | 1 | 189 | 0,585 |
| 63 | Sarja3 | Feito na cor | 27,3 | 23,7 | 0,667 | 208 | 0,612 |
| 64 | Sarja3 | Tinto em peça | 26,9 | 23,1 | 0,667 | 208 | 0,644 |
| 65 | DSarja4 | Feito na cor | 29,4 | 25,5 | 0,624 | 224 | 0,744 |
| 66 | DSarja4 | Tinto em peça | 28,0 | 26,0 | 0,624 | 224 | 0,732 |
| Coeficiente de Ligamento = $\frac{\text{Pontos de Ligamento Trama/Teia}}{n^{\circ} \text{ Fios} \times n^{\circ} \text{ Passagens}}$ | | | | | | | |

Neste trabalho, devido a condicionalismos de ordem económica e de disponibilidade de equipamentos, decidiu-se restringir o estudo à base do triângulo da Figura 1.10 que representa os testes realizados sobre os tecidos, usando instrumentos normalizados de medição de

transferência de calor e humidade. Trata-se de uma análise físico-mecânica reproduzível dos materiais.

Neste contexto, os parâmetros que se tornaram relevantes no estudo das propriedades de conforto termofisiológico do vestuário têxtil são:

- o isolamento térmico a seco e na presença de humidade,
- o transporte de humidade e de vapor de água através do vestuário,
- a molhagem dos tecidos (por ex. suor sensível e insensível),
- a transferência de calor através do vestuário (condução, convecção, radiação, evaporação e condensação),
- a compressão (causada pelo vento e movimentos do corpo),
- a penetração do ar (através dos tecidos, aberturas e vento), efeito de “bombagem” causado pelos movimentos do corpo,
- as interações mecânicas na forma de pressão, atrito, contacto dinâmico tecido/pele, etc..

A consideração de todas estas propriedades depende das condições de utilização do vestuário. Neste estudo, que analisa tecidos finos para fabricação de fatos de homem (normalmente usados em locais de trabalho climatizados), ainda que destinados à estação de Primavera/Verão, não se prevê a presença de suor (transpiração sensível), pelo que as propriedades de transporte de líquidos não foram estudadas, assim como as permeabilidades e isolamentos, na presença dos mesmos.

Segundo a referida norma, o conforto termofisiológico, em situações “normais” (na presença de transpiração insensível) é avaliado pelo índice de permeabilidade térmica ao vapor de água ($i_{m,t}$) que relaciona a resistência térmica com a resistência ao vapor de água de um tecido, com os mesmos parâmetros, relativamente a uma camada de ar da mesma espessura que o tecido.

Por outro lado, é de todo o interesse estudar o conforto sensorial nas suas diferentes vertentes pois este é o resultado de um complexo conjunto de estímulos sensoriais de contacto térmico e mecânico, entre o tecido e a pele, quando um indivíduo veste ou toca uma peça de vestuário.

O conforto sensorial térmico traduz a sensação de quente-frio, que é dada pela descida de temperatura da superfície da pele, quando toca um tecido normalmente a temperatura mais baixa e pode ser caracterizado pela intensidade máxima do fluxo térmico – q_{max} .

O conforto sensorial mecânico é essencialmente o resultado das tensões geradas sobre o tecido e da forma como estas são transmitidas à pele, em condições normais de uso do vestuário. Partindo deste pressuposto, Kawabata cria o conceito “Qualidade Total de Toque” – THV que assenta no princípio de que os estímulos que conduzem a uma resposta psicológica, em termos de “toque” de um tecido, são maioritariamente determinados pelas propriedades mecânicas e físicas dos tecidos, quando submetidos a baixas solicitações. Neste contexto, as componentes elementares do toque, em termos mecânicos e físicos são:

- propriedades de tracção,
- propriedades de flexão,
- propriedades de compressão,
- propriedades de corte,
- propriedades de superfície:
 - coeficiente de atrito médio,
 - desvio linear do atrito médio,
 - desvio linear da espessura.

Para todas estas propriedades objectivas do conforto sensorial e do toque, intimamente ligadas às propriedades mecânicas e físicas, foram criados 5 módulos que constituem o sistema KES-FB (Tabela 2.4). Dada a especificidade destes aparelhos na medição de propriedades físico-mecânicas de tecidos submetidos a baixas solicitações, recorreu-se à sua utilização para realizar a avaliação objectiva dos tecidos.

Este trabalho inclui ainda experiências subjectivas com indivíduos que envolvem testes na área da avaliação sensorial do toque, em meios climáticos controlados.

O conforto termofisiológico foi avaliado pelos parâmetros de resistência e isolamento térmicos e pela permeabilidade ao vapor de água e ao ar. Estes parâmetros foram determinados com o auxílio dos aparelhos TERMO-LABO, Permeabilímetro ao ar e Permeabilímetro ao vapor de água (Tabela. 2.4).

| Tabela 2.4: Propriedades de Conforto Avaliadas | | | |
|--|---|--|------------------------|
| Propriedade | Método | Propriedade | Unidade |
| Propriedades Mecânicas do Toque | Tracção (KES-FB1) | EMT - Alongamento (500 gf/cm) | % |
| | | LT - Linearidade da curva de força / alongamento | - |
| | | WT - Energia de tracção / unidade de superfície | gf.cm/cm ² |
| | | RT - Resiliência de tracção | % |
| | Flexão (KES-FB2) | B - Rigidez de flexão | gf.cm ² /cm |
| 2HB - Momento de histerese | | gf.cm/cm | |
| Corte (KES-FB1) | G - Rigidez de corte | gf/cm.grau | |
| | 2HG - Força de histerese $\Phi = 0,5^\circ$ 2HG5 - Força de histerese $\Phi = 5^\circ$ | gf/cm gf/cm | |
| Compressão (KES-FB3) | LC - Linearidade da curva de compressão | - | |
| | WC - Energia de compressão / unidade de superfície RC - Resiliência de compressão | gf.m/cm ² % | |
| Superfície (KES-FB4) | MIU - Coeficiente de atrito médio | - | |
| | MMD - Desvio linear do coeficiente atrito | - | |
| | SMD - Desvio linear da espessura | μm | |
| Massa por Unida. de Superfície | EN 12127 99 | W - Massa / unidade de superfície | kg/m ² |
| Espessura | Ensaio da compressão (KES-FB3) | T - Espessura sob pressão 0,5 gf/cm ² | mm |
| Propriedades Térmicas | Termo-Labo (KES-FB7) | k - Condutividade térmica | W/m ² K |
| | | CIT-S - Coeficiente de isolamento térmico a seco | % |
| | | CIT-H - Coeficiente isolamento térmico na presença de humidade | % |
| | | q_{max} - Toque térmico (fluxo térmico máximo) | W/m ² |
| Permeabilidade ao Vapor de Água | BS 7209:1990 (ANEXO B) | CP-Vágua - Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (a frio) | % |
| Permeabilidade ao Ar | NP EN ISO 9237: 1997 | PRBD-ar - Permeabilidade ao ar | (l/m ² /s) |
| Molhagem | Método criado (Anexo I) | I-MOLHGM - Índice de molhagem = $\frac{\text{Tempo de molhagem (s)}}{\text{Massa (g)}}$ | s/g |

Para avaliar o comportamento dos tecidos à molhagem (simulando a rapidez com que o material remove o suor da superfície da pele, em contacto com o tecido), definiu-se o parâmetro “índice de molhagem” e o respectivo procedimento de ensaio, descrito no Anexo I.

Por outro lado, foi estudado o efeito do acabamento, assim como a influência da massa linear dos fios, debuxos e contextura no conforto sensorial e termofisiológico dos tecidos.

Outros parâmetros, que pareceram importantes na caracterização dos tecidos e que podem auxiliar na interpretação dos resultados, foram calculados a partir das propriedades medidas que se encontram na Tabela 2.5.

Para comparar os tecidos em termos de avaliação subjectiva do conforto termofisiológico recorreu-se ao modelo de previsão do “Voto Médio Previsto - PMV” de Fanger (Tabelas do Anexo II).

As condições seleccionadas para as avaliações foram:

- Humidade Relativa de 50 %, e temperatura média do ar de 22 °C, equivalente aos valores de um escritório (e temperaturas de 26 °C e 28 °C, para a simular ambientes mais quentes),
- Gastos energéticos do corpo humano de 2,2 Met relativos a uma actividade sedentária (escritório, casa, laboratório, escola),
- Velocidade do ar de 0,1 m/s (para ar mais ou menos parado)

A avaliação de Sensações Térmicas foi realizada usando a escala ASHRAE da Tabela 1.7 (Capit. I).

| Tabela 2.5: Parâmetros Calculados | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Símbolo | Propriedade | Fórmula | Unidade |
| i_{mt} | Índice de Permeabilidade Térmica ao Vapor de Água | $i_{mt} = \frac{R_t / R_{ar}}{R_{t/Agua} / R_{ar/Agua}}$ <p> R_t - Resistência térmica do tecido R_{ar} - Resistência térmica do ar $R_{t/Agua}$ - Resistência do tecido ao vapor de água $R_{ar/Agua}$ - Resistência do ar ao vapor de água </p> | - m^2K/W m^2K/W m^2K/W m^2K/W |
| MVOL | Massa Volúmica | $\frac{[massa (kg)/superfície (m^2)]}{Espessura (m)}$ | (kg/m^3) |
| MMLfio | Média da Massa Linear Teia - Trama | $\frac{Massa Linear à teia + Massa Linear à trama}{2}$ | (tex) |
| DMfio/cm | Densidade Média de Fios por cm | $\frac{Densid. fios/cm teia + Densid. fios/cm trama}{2}$ | (fios/cm) |
| COMPSSB | Compressibilidade | $\frac{espessura T0 - espessura TM}{espessura T0} \cdot 100$ <p> T0: Espessura sob pressão 0,5 gf/cm² TM: Espessura sob pressão 50 gf/cm² </p> | % |
| I_{cl} | Isolamento Térmico | Estimation of the thermal insulation of clothing ISO 9920 | (m^2C/W) (clo) |
| PMV | Voto Médio Previsto | Modelo de previsão de Fanger - ASHRAE (Anexo II) | - |

2.3 PLANO DE EXPERIÊNCIAS

2.3.1 Parte I: Avaliação Objectiva

O planeamento de experiências permite conhecer a influência de um grande número de variáveis, entender a interacção entre estas e reduzir o seu número, sem diminuir a informação dos resultados. Deste modo, dividiu-se o trabalho experimental em duas fases e, simultaneamente, sobre todos os materiais foi realizada uma avaliação objectiva e subjectiva em que esta última está descrita na Parte II.

2.3.1.1 Fase 1

Nesta primeira fase foram estudadas as 32 propriedades nos 18 materiais iniciais (Cod.: 30; 50; 60).

A Figura 2.2 apresenta a planificação da primeira fase do estudo.

Para reduzir o número dos parâmetros e conhecer quais as propriedades mais significativas para este grupo de tecidos, no contexto sensorial de conforto, foi aplicado o método da análise factorial (Sharma 1996).

Assim, foi criada uma base de dados com toda a informação e calculada a matriz de correlação para todas as variáveis.

A adequabilidade do modelo foi avaliada pelo índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que se baseia na correlação e na correlação parcial, que prevê se os dados podem ser transformados em factores. O KMO pode ainda ser usado, para avaliar que variáveis podem ser desprezadas no modelo, devido a serem demasiado multicolineares. O valor calculado do KMO foi 0,82 para este grupo de variáveis, pelo que foi possível prosseguir com o estudo estatístico.

O método de componentes principais foi usado para saber quantos factores seria possível fixar. O número de factores foi fixado para valores próprios (eigenvalues) superiores a 1.

A aplicação da análise em componentes principais mostrou que cerca de 72,20 % da variância total é explicada por três factores. Os outros factores justificam apenas 27,80 % da variância total. Assim, um modelo com três factores pode ser adequado para representar os dados. (Fig. AIII.1^a, Anexo III).

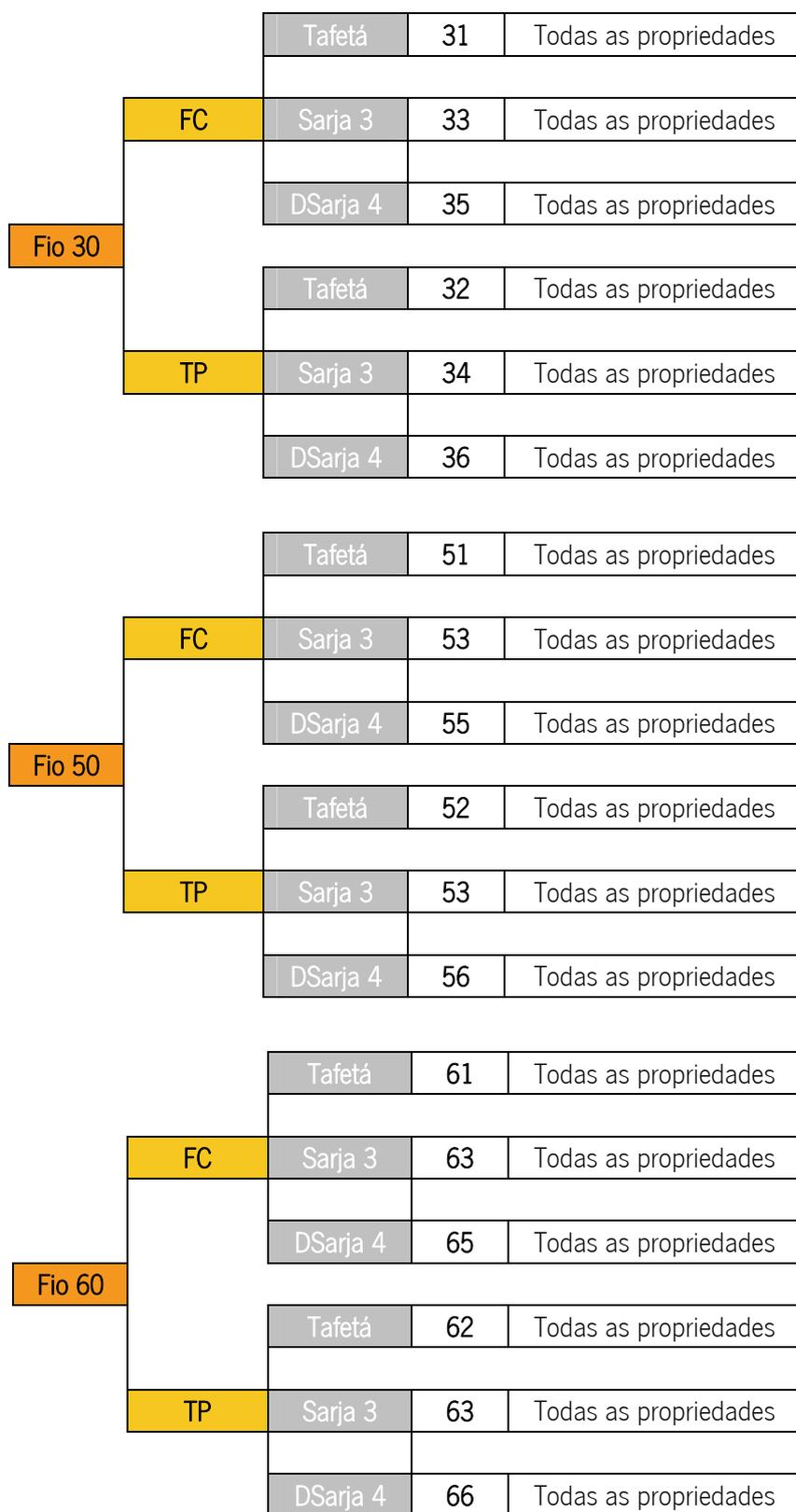


Figura 2.2 - Fluxograma de Experiências para os Tecidos Inicialmente Fabricados.

A matriz factorial obtida na fase de extracção indica a relação entre os factores e as variáveis. É, geralmente difícil, identificar os factores significativos, baseados nesta matriz. Consequentemente, esta dificuldade de interpretação leva à aplicação de uma rotação com a finalidade de conseguir uma estrutura simples que auxilie na explicação dos factores.

Deste modo, foi aplicada a rotação Laiser's Varimax à matriz dos factores obtida na fase de extracção, de forma a minimizar o número de variáveis seleccionadas que apresentam elevado peso dos factores.

A Tabela 2.6 mostra os factores com correlações maiores ou iguais a 0,70 após a rotação (para visualizar todos os factores ver Fig. AIII.1b, Anexo III).

Os resultados da Tabela 2.6 permitem concluir que mais de 70 % da variância total é atribuída a três factores, dos quais podemos distinguir 5 grandes grupos de propriedades:

- corte (G),
- flexão (B),
- parâmetros de estrutura de tecido (espessura, massa/metro², densidade de fios, massa linear dos fios),
- térmicas (toque, permeabilidade e isolamento),
- permeabilidade ao ar e molhagem,
- Inclui ainda 2 de compressão (L), 2 de tracção (T) e uma propriedade de superfície (MIU).

Estes grupos de parâmetros (no total 19 de 32) serão responsáveis pela diferenciação entre os diversos materiais, mas pouco se pode concluir sobre os grupos divididos por estrutura, massa linear dos fios, acabamentos, etc..

O mesmo estudo foi realizado para os tecidos seleccionados por estruturas, em que as Tabelas 2.7, 2.8 e 2.9 apresentam os resultados para os debuxos tafetá, sarja e debuxo derivado de sarja de 4 respectivamente (para se visualizar todos os factores, ver Anexo III Fig. AIII.2, 3 e 4).

| | | Factor | Factor | Factor |
|-----------------------------|-----------|---------|--------|---------|
| Propriedade | CÓDIGOS | F1 | F2 | F3 |
| Corte | G | _____ | 0,8975 | _____ |
| | 2GH | 0,7448 | _____ | _____ |
| | 2GH5 | _____ | 0,8975 | _____ |
| Flexão | B | 0,8975 | _____ | _____ |
| | 2BH | 0,8975 | _____ | _____ |
| Tracção | EMT | 0,8975 | _____ | _____ |
| | LT | _____ | _____ | _____ |
| | WT | 0,7964 | _____ | _____ |
| | RT | _____ | _____ | _____ |
| Superfície | MIU | _____ | _____ | 0,8169 |
| | MMD | _____ | _____ | _____ |
| | SMD | _____ | _____ | _____ |
| Compressão | LC | _____ | _____ | _____ |
| | WC | 0,8930 | _____ | _____ |
| | RC | _____ | _____ | _____ |
| | T | 0,9771 | _____ | _____ |
| | TM | 0,9870 | _____ | _____ |
| | COMPSSB | _____ | _____ | _____ |
| Propriedades Estruturais | W (massa) | 0,9107 | _____ | _____ |
| | MVOL | _____ | _____ | _____ |
| | Dfio/cm | -0,0785 | _____ | _____ |
| | Coef Lig | _____ | _____ | _____ |
| | MMLfios | 0,7146 | _____ | _____ |
| Propriedade Térmicas | Q_{max} | -0,7771 | _____ | _____ |
| | K | _____ | _____ | _____ |
| Isolamento Térmico | CIT-S | _____ | _____ | _____ |
| | CIT-H | _____ | _____ | _____ |
| | I_{m} | _____ | _____ | -0,8446 |
| | I_{cl} | 0,9159 | _____ | _____ |
| Propriedades Permeabilidade | PRBD-ar | 0,8626 | _____ | _____ |
| | CP-Vágua | _____ | _____ | _____ |
| | I-MOLHGM | -0,8066 | _____ | _____ |
| % Variância | | 39,34 | 62,65 | 72,20 |

Para os tafetás dois factores explicam 80,9 % da variância total e associados a esses factores estão as propriedades de (Tabela 2.7):

- corte (G),
- flexão (B),

- tracção (T),
- superfície (MIU e SMD),
- compressão (C),
- térmicas, isolamento (q_{max} e CIT-seco) e
- parâmetros de estrutura de tecido (espessura, massa/superfície, massa volúmica, densidade de fios/cm e massa linear dos fios).

São também significativas as propriedades de permeabilidade, num total de 25 parâmetros.

Para as sarjas dois factores explicam 75,43 % da variância total e associados a esses factores, estão as propriedades de (Tabela 2.8):

- corte (G),
- flexão (B),
- tracção (T),
- superfície (MIU e SMD),
- compressão (C),
- alguns parâmetros de estrutura de tecido (espessura, massa/superfície, massa linear dos fios, densidade de fios por cm).
- permeabilidade ao ar, molhagem, algumas de isolamento térmico, no total de 21 parâmetros.

Nos tecidos com debuxo derivado da sarja de 4, dois factores explicam 76,79 % da variância total e associados a esses factores estão as propriedades de (Tabela 2.9):

- corte (G),
- flexão (B),
- parâmetros de estrutura de tecido (espessura, massa/superfície, massa linear e densidade de fios/cm),
- isolamento térmico,
- permeabilidade ao ar e ao vapor de água.

Contribuem ainda alguns parâmetros de tracção (EMT, WT), superfície (MMD, SMD) e compressão (L), no total de 22 parâmetros.

A mesma análise exploratória de dados foi realizada para os tecidos agrupados por tipo de fio (Cod. 30, 50, 60), cujos resultados se encontram no Anexo III Fig. AIII 5, 6 e 7.

| Tabela 2.7: Resultados da Análise Factorial após Rotação para os Tecidos de Tafetá Iniciais | | | |
|---|---------------|---------|---------|
| | | Factor | Factor |
| Propriedade | CÓDIGOS | F1 | F2 |
| Corte | G | _____ | 0,9030 |
| | 2GH | _____ | 0,9630 |
| | 2GH5 | _____ | 0,9075 |
| Flexão | B | 0,8087 | _____ |
| | 2BH | 0,9030 | _____ |
| Tracção | EMT | 0,8164 | _____ |
| | LT | -0,8152 | _____ |
| | WT | 0,9135 | _____ |
| | RT | _____ | _____ |
| Superfície | MIU | 0,9362 | _____ |
| | MMD | _____ | _____ |
| | SMD | 0,7726 | _____ |
| Compressão | LC | _____ | _____ |
| | WC | 0,9404 | _____ |
| | RC | -0,8356 | _____ |
| | T | 0,7205 | _____ |
| | TM | 0,7135 | _____ |
| | COMPSSB | _____ | _____ |
| Propriedades Estruturais | W (massa) | 0,8113 | _____ |
| | MVOL | _____ | -0,9040 |
| | Dfio/cm | -0,9109 | _____ |
| | MMLfios (tex) | 0,9155 | _____ |
| Propriedades Térmicas | Q_{max} | 0,9613 | _____ |
| | K | _____ | _____ |
| Isolamento Térmico | CIT-S | -0,8835 | _____ |
| | CIT-H | _____ | _____ |
| | I_{int} | -0,8697 | _____ |
| | Icl | _____ | 0,7873 |
| Propriedades Permeabilidade | PRBD-ar | _____ | 0,8309 |
| | CP-Vágua | _____ | -0,8955 |
| | I-MOLHGM | _____ | -0,7441 |
| % Variância | | 58,95 | 80,90 |

Para os tecidos fabricados com os diferentes fios 30, 50 e 60, dois factores continuam a ser suficientes para explicar mais de 75 % da variância total (78 %; 79 %; 77 % respectivamente) e associados a esses factores estão, de forma geral, todos os grupos de propriedades, exceptuando-se aquelas que não são regra para o conjunto dos fios.

| | | Factor | Factor |
|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Propriedade | CÓDIGOS | F1 | F2 |
| Corte | G | — | 0,7378 |
| | 2GH | 0,8277 | — |
| | 2GH5 | 0,8564 | — |
| Flexão | B | 0,8479 | — |
| | 2BH | 0,9246 | — |
| Tracção | EMT | 0,8923 | — |
| | LT | — | — |
| | WT | 0,9708 | — |
| Superfície | RT | — | — |
| | MIU | — | -0,8600 |
| | MMD | — | — |
| Compressão | SMD | 0,8027 | — |
| | LC | -0,7640 | — |
| | WC | 0,9220 | — |
| | RC | — | -0,8435 |
| | T | 0,9862 | — |
| | TM | 0,9807 | — |
| Propriedades Estruturais | COMPSSB | — | — |
| | W (massa) | 0,9704 | — |
| | MVOL | — | — |
| | Dfio/cm | -0,9607 | — |
| Propriedades Térmicas | MMLfios (tex) | 0,9599 | — |
| | Q_{max} | — | — |
| Isolamento Térmico | K | — | — |
| | CIT-S | — | — |
| | CIT-H | — | — |
| | I_{int} | — | 0,7727 |
| Propriedades Permeabilidade | Icl | 0,7868 | — |
| | PRBD-ar | 0,9630 | — |
| | CP-Vágua | — | — |
| | I-MOLHGM | -0,9417 | — |
| % Variância | | 54,23 | 75,43 |

| Tabela 2.9: Resultados da Análise Factorial após Rotação para os Tecidos de Debuxo Derivado da Sarja de 4 | | | |
|---|---------------|---------|---------|
| | | Factor | Factor |
| Propriedade | CÓDIGOS | F1 | F2 |
| Corte | G | 0,9223 | _____ |
| | 2GH | 0,9000 | _____ |
| | 2GH5 | 0,9064 | _____ |
| Flexão | B | _____ | 0,7353 |
| | 2BH | _____ | 0,7221 |
| Tracção | EMT | 0,8239 | _____ |
| | LT | _____ | _____ |
| | WT | 0,7160 | _____ |
| | RT | _____ | _____ |
| Superfície | MIU | _____ | _____ |
| | MMD | 0,9432 | _____ |
| | SMD | 0,7134 | _____ |
| Compressão | LC | -0,8737 | _____ |
| | WC | _____ | _____ |
| | RC | _____ | _____ |
| | T | 0,9091 | _____ |
| | TM | 0,8604 | _____ |
| | COMPSSB | _____ | _____ |
| Propriedades Estruturais | W (massa) | 0,9100 | _____ |
| | MVOL | 0,8310 | _____ |
| | Dfio/cm | _____ | -0,7763 |
| | MMLfios (tex) | 0,7624 | _____ |
| Propriedades Térmicas | Q_{max} | _____ | _____ |
| | K | _____ | _____ |
| Isolamento Térmico | CIT-S | _____ | _____ |
| | CIT-H | 0,9282 | _____ |
| | I_{tot} | -0,9359 | _____ |
| | Icl | _____ | 0,8057 |
| Propriedades Permeabilidade | PRBD-ar | 0,8205 | _____ |
| | CP-Vagua | _____ | 0,9174 |
| | I-MOLHGM | -0,8731 | _____ |
| % Variância | | 60,02 | 76,79 |

Assim, para o Fio 30 as propriedades que menos contribuem para a sua diferenciação são 7: a flexão (B), tracção (TR), superfície (MIU, SMD), isolamento térmico (CIT-S, CIT-H) e permeabilidade ao vapor de água (CP-Vagua).

Para o Fio 50 as propriedades que se podem desprezar, pela sua baixa contribuição na explicação da diferença entre materiais são: superfície (MIU), compressão (LC, RC) e as propriedades de isolamento e permeabilidade na presença de humidade ou vapor de água (CIT-H e CP-Vagua respectivamente).

No Fio 60 verifica-se que 7 dos 31 parâmetros, não contribuem para a explicação da diferenciação dos tecidos: corte (2GH), tracção (LT), superfície (SMD), compressão (LC), isolamento térmico seco (CIT-seco), permeabilidade ao vapor de água (CP-Vagua) e molhagem (I-MOLHGM).

Os parâmetros de estrutura dos tecidos (espessura, massa por unidade de superfície, massa volúmica, densidade de fios/cm e massa linear dos fios) são as que transversalmente se mantêm como as significativas na diferenciação dos materiais (em todas as gamas de fios).

2.3.1.2 Fase 2

Após determinação das propriedades que mais influenciam ou caracterizam os tafetás, foi realizado o estudo do comportamento das propriedades seleccionadas, pela aplicação da técnica da análise multivariada, para outros tecidos de tafetá, com diferentes características (Figura 2.3) cujos resultados se encontram no Anexo III Fig. AIII.8.

Nesta segunda fase, foi ainda considerado o estudo das propriedades subjectivas dos materiais.

| | | | |
|--------|---------------|----|----------------------------|
| | Feito na Cor | 21 | Propriedades seleccionadas |
| Fio 20 | | | |
| | Tinto em Peça | 22 | Propriedades seleccionadas |
| | | | |
| | Feito na Cor | 31 | Propriedades seleccionadas |
| Fio 30 | | | |
| | Tinto em Peça | 32 | Propriedades seleccionadas |
| | | | |
| | Feito na Cor | 41 | Propriedades seleccionadas |
| Fio 40 | | | |
| Tafetá | Tinto em Peça | 42 | Propriedades seleccionadas |
| | | | |
| | Feito na Cor | 51 | Propriedades seleccionadas |
| Fio 50 | | | |
| | Tinto em Peça | 52 | Propriedades seleccionadas |
| | | | |
| | Feito na Cor | 61 | Propriedades seleccionadas |
| Fio 60 | | | |
| | Tinto em Peça | 62 | Propriedades seleccionadas |

Figura 2.3 - Fluxograma de Experiências para os Tecidos de Tafetá

2.3.2 Parte II: Avaliação Subjectiva

Para determinar as preferências dos consumidores em termos de “toque” de tecidos finos de lã para aplicação à fabricação de fatos de homem para Primavera/Verão e verificar a sua aptidão na diferenciação de produtos foi usado o método da comparação por pares, visto ser o mais indicado.

O método de comparação de tecidos por pares é um método de classes, onde é pedido aos avaliadores que comparem 2 tecidos ao mesmo tempo. Cada avaliador deve ter em mente os parâmetros pelos quais aceita ou não um dos tecidos do par. O tecido do par, que for preferido (o que for aceite) é classificado com a nota 1 e o outro (o rejeitado) com a nota 0. Todos os pares possíveis de tecidos ($n[n-1]/2$, onde n é o número dos tecidos) são comparados, sendo calculada a soma das notas. Os tecidos são classificados pela soma das notas, conseguindo-se uma lista ordenada por preferências.

De forma geral, para cada atributo que se pretenda estudar, este processo necessita de ser repetido. Devido à grande quantidade de testes envolvidos, a avaliação da comparação por pares foi limitada a um atributo que é a “Preferência Total do Toque” de tecidos aplicados à fabricação de fatos de homem, para a estação de Primavera/Verão.

Este método tem a vantagem de assegurar que todos os avaliadores avaliam segundo os mesmos padrões, evitando que utilizem padrões de comparação desconhecidos e de não necessitar de um painel de avaliadores treinados. Para que o painel de avaliadores fosse o mais variado possível, foram seleccionados desde simples consumidores, utilizadores deste tipo de produtos, designers, confeccionadores, etc..

Antes da fase das avaliações, foi feita uma selecção de descritores do conforto sensorial, segundo as frequências de citação. Obteve-se uma lista de descritores sensoriais que foram gerados, pedindo aos avaliadores para descrever as sensações que estavam a experimentar, segundo a metodologia:

- organizar grupos de 10 a 20 participantes,
- apresentar ao grupo um elevado número de materiais têxteis, o mais variado possível,
- incentivar cada participante a escrever a maior quantidade de descritores que conhecessem, relacionados com o produto,

- fazer discussões com o grupo para gerar mais descritores,
- seleccionar uma lista de descritores sensoriais tácteis, por frequência de citação a serem incluídos na ficha de avaliação.

Procurou-se que os descritores sensoriais deste estudo fossem independentes e de linguagem reconhecida, que descrevessem atributos relacionados com o conforto do vestuário (descritores de experiências sensoriais relacionadas com estímulos térmicos, mecânicos e de superfície).

Na fase de avaliação foi pedido ao avaliador para assinalar na folha de questionário (ver Anexo IV):

“Quais são as características em termos de “toque”, que mais aprecia num tecido a ser aplicado à fabricação de Fatos de Homem para Primavera/Verão?”.

Com base nessa apreciação foi pedido que avaliassem e seleccionassem o tecido que mais apreciavam para o fim em vista.

Trata-se de um teste de “escolha forçada” em que o avaliador tem de escolher uma das amostras, mesmo que as avalie como iguais.

De forma a combater a desvantagem deste método, pelo facto de não poder fornecer o valor das diferenças percebidas entre amostras, como referido na parte bibliográfica, foi ainda pedido ao avaliador que assinalasse o grau de semelhança ou diferença entre o par de tecidos, segundo a escala:

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Iguais | Muito Parecidos | Parecidos | Diferentes | Completamente Diferentes |
| <input type="checkbox"/> |

Desta forma, foi possível avaliar a sensibilidade de apreciação dos avaliadores uma vez que, entre os pares dos diferentes tecidos existem também vários pares dos mesmos tecidos.

O plano de experiências foi pensado segundo alguns princípios, como:

- cada avaliador deve avaliar mais ou menos a mesma quantidade de produtos,
- todos os produtos devem ser avaliados a mesma quantidade de vezes,
- todos os pares de tecidos são avaliados o mesmo número de vezes.

2.3.2.1 Apresentação das amostras

Como o número de pares é elevado, foi feita uma divisão em 2 grupos, para que as condições iniciais pudessem ser mantidas (cada avaliador avalia mais ou menos a mesma quantidade de pares, com a duração máxima de meia hora). No interior de cada um destes grupos, cada produto aparece mais ou menos o mesmo número de vezes. As amostras foram numeradas aleatoriamente, de forma a não ser possível identificá-las ou associá-las.

Os tecidos foram avaliados por estruturas (Tafetás, Sarjas e Derivados da Sarja de 4) e por fios (fios 20: 30; 40: 50 e 60). Na Tabela 2.10 encontra-se o exemplo da forma de apresentação das amostras para a avaliação dos tecidos de tafetá (fabricados com os diferentes fios), na qual existem 55 pares de amostras, divididas em dois grupos de avaliação: o grupo I (com 27 pares de tecidos) e o grupo II (com 28 pares de tecidos).

2.3.2.2 Criação e implementação de procedimentos na avaliação subjectiva do toque

Esta tarefa foi dividida em duas fases, na primeira foi estudada a frequência de produção de atributos de tecidos e na segunda a avaliação subjectiva dos tecidos propriamente dita.

Tabela 2.10: Distribuição das Amostras para Avaliação Subjectiva dos Tafetás

| Código Tecidos | 21 | 22 | 31 | 32 | 41 | 42 | 51 | 52 | 61 | 62 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 21 | I | | | | | | | | | |
| 22 | I | II | | | | | | | | |
| 31 | II | I | I | | | | | | | |
| 32 | I | II | II | I | | | | | | |
| 41 | II | II | I | I | II | | | | | |
| 42 | II | I | II | II | I | I | | | | |
| 51 | I | II | I | II | I | II | II | | | |
| 52 | II | I | II | I | II | I | I | II | | |
| 61 | I | II | I | II | I | II | I | II | I | |
| 62 | II | I | II | I | II | I | II | I | II | II |

2.3.2.2.1 Fase 1: Metodologia da selecção de atributos

Na primeira fase, o objectivo foi caracterizar, do ponto de vista de atributos verbais, as sensações tácteis dos tecidos, quando tocados.

A actividade implicou recolher uma listagem de atributos sensoriais dos tecidos quando tocados (na presença de visão) e determinar as frequências de produção dos atributos, (número de vezes que o mesmo atributo ocorre). As idiosincrasias (características designadas por apenas um sujeito) e os atributos com frequência de produção inferior a 5 % foram descartados. Ainda antes da execução da frequência de produção dos atributos, procedeu-se a uma depuração de resultados, retirando os descritores não tácteis, hedónicos e não pertinentes (Anexo III Tabela AIII.6).

Participantes: A amostra foi constituída por 50 indivíduos (25 do sexo feminino e 25 do sexo masculino) com idades entre os 16 e os 45 anos (média de idades de 29.3, dp = 5.09). Os participantes são pessoas ligadas à indústria têxtil como costureiras/modistas e técnicos têxteis (docentes, designers, acabadores e confeccionadores, das áreas têxteis) alunos da Universidade do Minho das licenciatura Engenharia Têxtil e alguns consumidores têxteis sem conhecimentos técnicos têxteis.

Materiais: Para a recolha de dados foi criada uma tabela de resposta (numa folha formato A4: Anexo IV). Essa tabela é composta por uma coluna de códigos para 20 tecidos diferentes, à frente dos quais se pede que seja descrita a sensação que o respectivo tecido desperta no avaliador, ao ser manuseado na presença da visão. Os tecidos utilizados foram os mais variados possível, em aspecto, toque e matéria-prima utilizada. No final da folha são pedidas informações biográficas (sexo, idade e profissão).

Tratamento dos resultados: Após recolha dos resultados e por discussões com o grupo de trabalho foram descartados os descritores não tácteis, hedónicos e não pertinentes, ficando 53 atributos que representam 55 % das expressões geradas (Anexo III Tabela AIII.6).

Dos restantes atributos sensoriais (tácteis) foram desprezadas as idiosincrasias, o que representa 15 % dos atributos seleccionados. Finalmente, foram considerados como atributos sensoriais, os classificados por frequências de citação superior a 5 % (Anexo III Tabela AIII.7).

Alguns dos atributos apresentam-se com conotação depreciativa e muitos são sinónimos, similares ou antónimos, pelo que foram agrupados e seleccionados segundo os atributos mais representativos do agrupamento.

| Tabela 2.11 Atributos Agrupados e Seleccionados | | |
|--|---------------------------------------|------------------------------|
| Sinónimos | Antónimos | Seleccção |
| Arranha Arrepia Áspero Pica Irritante | Macio Sedoso Suave | Macio |
| Toque fresco Toque frio | Toque quente | Toque fresco Toque quente |
| Fino | Grosso Espesso Volumoso Fofa | Fino Volumoso |
| Leve | Pesado | Leve |
| Encorriha Engrunha Enruga Enrugado | Resiliente | Resiliente |
| Duro Hirto Rijo Teso | Flexível Maleável Bom Cair | Flexível Rijo (crepe) |
| Absorvente | - | - |
| Deslizante Escorregadio | - | - |
| Com elasticidade Elástico | - | - |
| Limpo; Limpeza Liso; Muito liso Regular Irregular | Rugoso | - |
| Impermeável | - | - |
| Toque aveludado | - | - |
| Resistente | - | - |

O grupo de trabalho decidiu também incluir atributos que, embora não possuíssem número de frequência de produção superior a 5 %, eram os mais apropriados para este tipo de produto, como é o caso do atributo resiliente, que representa um misto de rigidez e recuperação à deformação. A Tabela 2.11 apresenta os resultados desta selecção de atributos, que figuram nos cadernos dos inquéritos da Avaliação Subjectiva do Toque (Anexo IV).

2.3.2.2.2 Fase 2: Procedimentos e condições de ensaios da avaliação subjectiva do toque

Participantes: O painel foi constituído por 100 indivíduos (50 do sexo feminino e 50 do sexo masculino), com idades entre os 16 e os 67 anos (média de idades de 38 dp = 14,27). Os participantes são igualmente pessoas ligadas à indústria têxtil, como costureiras/modistas e técnicos têxteis, (docentes, designers, acabadores e confeccionadores nas áreas têxteis), alunos da Universidade do Minho e consumidores têxteis.

Materiais: Para a recolha dos dados foram utilizados os cadernos de resposta em formato A4 (Anexo IV), onde na primeira página são apresentadas as instruções da tarefa e são pedidas informações biográficas (sexo, idade e profissão).

Os tecidos avaliados foram previamente condicionados em atmosfera normalizada durante pelo menos 24 horas e todas as avaliações foram realizadas em locais condicionados.



Figura 2.4 - Avaliação Sensorial dos Tecidos por Pares

Método: As avaliações foram feitas individualmente e a todos os avaliadores, antes do início das avaliações, foi pedido que lavassem as mãos com sabonete de glicerina e as secassem com papel absorvente.

As avaliações foram executadas na ausência de visão, para que não houvesse interferência de outros órgãos sensoriais. Para isso, foi criado um dispositivo tipo parede com dois orifícios, onde as mãos são introduzidas de forma a ficarem em contacto com as amostras a avaliar (Fig. 2.4). Foi criada uma base plastificada para que as amostras pousem sempre sobre a mesma superfície.

2.4 PROCEDIMENTOS E CONDIÇÕES DE ENSAIOS DA AVALIAÇÃO OBJECTIVA

Para as avaliações objectivas os provetes foram condicionados em atmosfera normalizada durante pelo menos 24 horas e ensaiados a 20 ± 2 °C de temperatura e 65 ± 2 % de humidade relativa, de acordo com a norma NP EN 20139 1996 (NP EN 20139 96) respeitante a atmosferas normalizadas de condicionamento e ensaio de tecidos.

O método de amostragem, assim como as propriedades físicas e mecânicas medidas no sistema KES-FB foram executadas segundo as normas AWTOMEK (1987).

A avaliação das propriedades térmicas e fisiológicas medidas no TERMO-LABO foi realizada segundo as instruções do fabricante do aparelho (Kato Tech) e os restantes testes foram executados segundo as normas mencionadas na Tabela 2.4.

2.5 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

O estudo estatístico dos dados iniciou-se com o cálculo dos coeficientes de assimetria (média) e de dispersão (coeficiente de variação).

Para algumas propriedades físicas-mecânicas os coeficientes de variação apresentam-se elevados. Foi fixada uma precisão relativa da média de 5 %, tendo-se verificado que o número (n) de ensaios a realizar varia entre 13 e 182 para algumas propriedades. Assim, foi fixado o

número de ensaios em $n = 30$, para assegurar a normalidade das distribuições (Sharma 1996).

O tratamento estatístico dos resultados teve como suporte uma base de dados, composta pelos parâmetros caracterizadores dos produtos em estudo e as aplicações informáticas utilizadas foram: STATISTICA (Statsoft 1995), SPSS (Tutorial 2005) e EXCEL.

Fez-se uma análise exploratória dos dados baseada na análise multivariada. Para fixar o número de factores a considerar aplicou-se a análise em componentes principais (valores próprios superiores à unidade). Seguidamente, utilizou-se a análise factorial com o objectivo de reduzir o número de parâmetros e conhecer quais as propriedades mais significativas para representar o conforto.

As variáveis seleccionadas foram relacionadas com as propriedades subjectivas através de dependências lineares pela análise do coeficiente de correlação de Pearson.

CAPÍTULO 3 - TRATAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo está estruturado em duas fases. Na primeira apresentam-se os resultados da avaliação sensorial subjectiva com a selecção dos descritores de conforto sensorial, incluindo todos os resultados que levaram até estes e, posteriormente, o resultado da avaliação sensorial.

Nesta fase, considerou-se ainda os resultados estatísticos da aplicação de técnicas de análise multivariada, relativamente às propriedades objectivas dos materiais.

Na segunda fase apresentam-se as correlações entre as propriedades subjectivas e objectivas, bem como a interpretação desses resultados. Apresentam-se as correlações entre as propriedades subjectivas entre si (o Voto Sensorial e Voto Médio Previsto).

No final, é feita a conclusão geral do capítulo e uma sugestão de um perfil de conforto a incluir numa etiqueta de qualidade, na tentativa de melhorar as já existentes etiquetas de composição, limpeza e conservação do vestuário.

3.1. AVALIAÇÃO SENSORIAL SUBJECTIVA

Para a avaliação subjectiva do toque, procedeu-se ao tratamento dos dados recolhidos numa amostra constituída por 100 indivíduos. Da frequência de utilização do vestuário em causa (tecidos finos de lã para fatos primaveris de homem), verificou-se que 25,51 % utiliza diariamente este tipo de vestuário, 22,40 % uma vez por semana, 21,43 % uma vez por mês e 30,61 % apenas uma vez por ano.

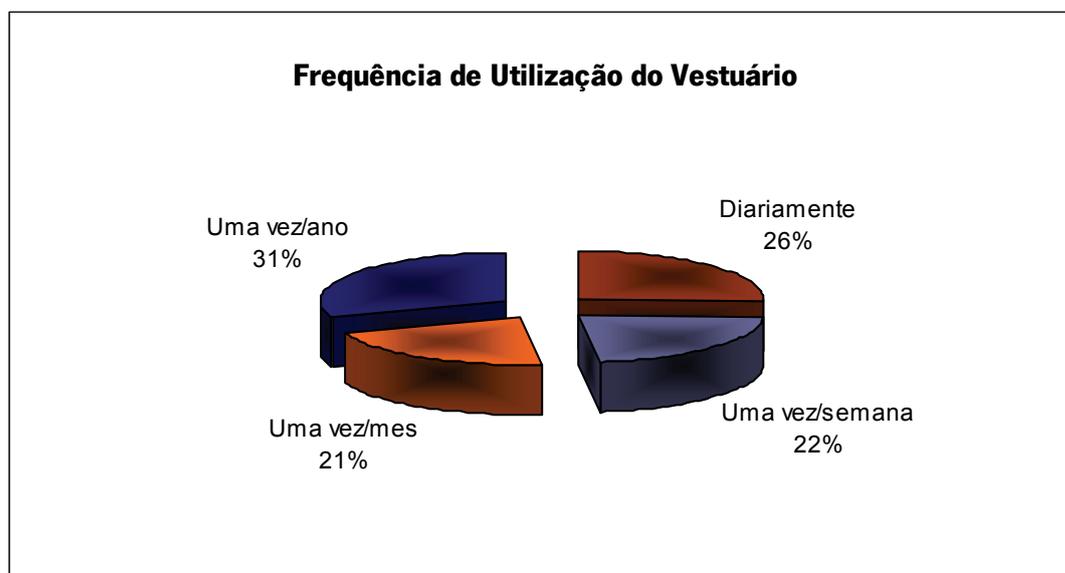


Figura 3.1: Representação Gráfica da Frequência de Utilização do Vestuário em Percentagem

Pela análise dos resultados (Fig. 3.1), pode-se concluir que a maior percentagem dos consumidores é a que apresenta menor utilização do produto (uma vez/ano, 31 %), seguida dos que utilizam diariamente este tipo de vestuário (26 %). Pode-se supor que para a primeira parcela contribuíram as respostas femininas (50 % da amostra), que normalmente não utilizam este tipo de tecidos no seu vestuário, mas muitas vezes a sua opinião é decisiva no acto de compra.

Após a selecção dos descritores sensoriais mais significativos (macio, flexível, rijo, resiliente, leve, fino, volumoso, toque fresco, toque quente), as avaliações foram realizadas segundo as preferências apresentadas na Figura 3.2 que deram resposta à seguinte questão:

“Quais são as características em termos de “toque”, que mais aprecia num tecido a ser aplicado à fabricação de Fatos de Homem para Primavera/Verão?”

A Figura 3.2 mostra que a preferência dos avaliadores em termos de toque, para este tipo de materiais, é para um toque fresco, macio e leve, que representa 71,35 % da preferência total dos consumidores finais. O toque quente e volumoso não faz parte das preferências dos avaliadores.

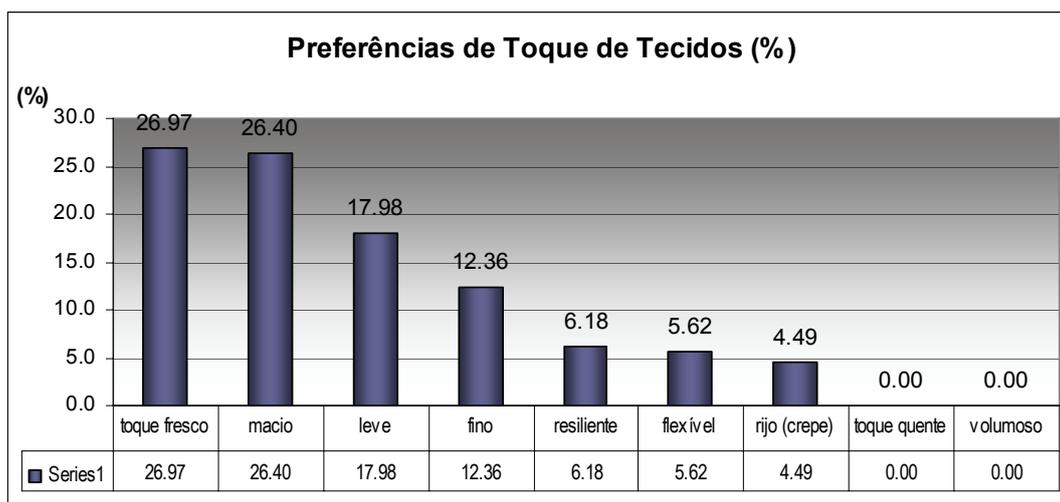


Figura 3.2: Preferências de Sensações Tácteis de Tecidos (“toque”) de Aplicação à Fabricação de Fatos de Homem para o Primavera/Verão

Uma das primeiras tarefas desta fase foi a de aferir as aptidões dos avaliadores para a avaliação sensorial táctil. Para tal, os avaliadores avaliaram os graus de semelhança ou diferença entre “pares de tecidos iguais” segundo a escala: Iguais, Muito Parecidos, Parecidos, Diferentes e Completamente Diferentes. A Figura 3.3 apresenta os resultados da comparação por “pares de tecidos iguais” fabricados com os mesmos fios mas com estruturas diferentes.

Para os tecidos fabricados com fios mais finos (COD 20 e 30), independentemente do tipo de estrutura ou contextura, verifica-se que os avaliadores têm uma elevada dificuldade na percepção da igualdade das amostras. No caso do fio 20, apenas cerca de 21 % dos

avaliadores consideram ou detectaram como “Iguais”, 33,33 % “Muito Parecidos”, 29,17 % “Parecidos” e cerca de 17 % “Diferentes”. À medida que os fios são mais grossos (COD 50 e 60), essa dificuldade diminui, verificando-se um aumento da classificação dos tecidos como “Iguais”, crescendo para 38,89 % os pares avaliados como “iguais” para os Fios 60 e diminui para metade a avaliação como “Diferentes” (8,33 %).

Pode-se ainda constatar que os avaliadores têm alguma dificuldade em considerar os tecidos como “Iguais”, preferindo trabalhar no meio da escala, sempre que a dúvida na diferenciação aumenta. Nos tecidos mais finos (fios 20 e 30) as opções de “Muito Parecidos” e “Parecidos” são mais seleccionadas do que a de “Iguais”.

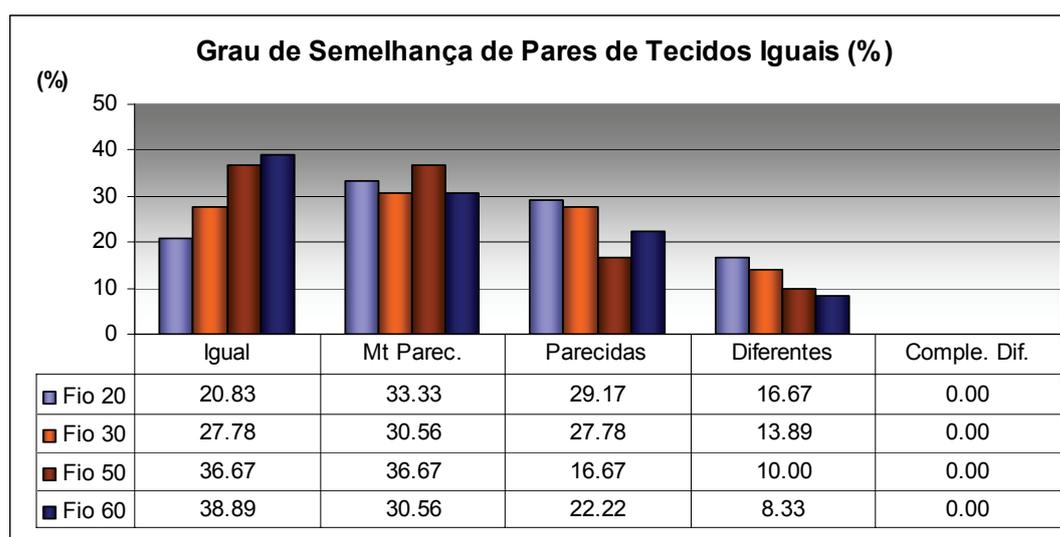


Figura 3.3: Resultados da Comparação de Pares de Tecidos Iguais Fabricados com os mesmos Fios

A Figura 3.4 mostra as comparações dos tecidos por estruturas (utilizando diferentes fios). Neste caso, existe uma dificuldade crescente na percepção da diferença táctil com o aumento do grau de ligação (do Derivado da Sarja de 4 para o Tafetá), em que 49,06 % dos avaliadores reconhecem como iguais os tecidos do debuxo DSarja 4, contra 39,76 %, dos fabricados em Tafetá com os mesmos fios. Esta mesma conclusão é obtida pelos resultados da avaliação de “Diferente”, onde para o Tafetá pode ainda haver uma avaliação de 6 % de “Diferentes”, enquanto que, para a DSarja 4 não existem dúvidas, 0 % dos avaliadores consideram haver diferenças entre pares de tecidos iguais.

Na avaliação do grau de semelhança ou diferença entre pares de tecidos iguais, verifica-se que não existem resultados, na opção “Completamente Diferente” (0 %). Isto deve-se ao facto de terem sido rejeitadas não só as avaliações com estes resultados (respostas de “Completamente Diferente” para “pares de tecidos iguais”), assim como os avaliadores responsáveis por essas respostas terem sido dispensados, por se considerar que a sua sensibilidade de apreciação não era a desejada, o que poderia enviesar os resultados. Trataram-se apenas de 2 indivíduos (um do sexo feminino e um do sexo masculino), o que corresponde a 2 % da amostra.

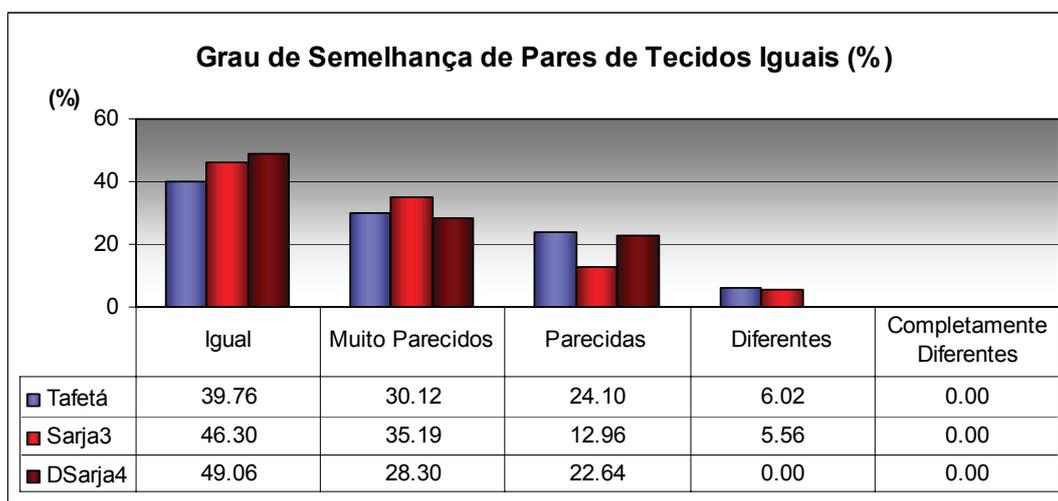


Figura 3.4: Resultados da Comparação entre Pares de Tecidos Iguais Fabricados com a mesma Estrutura e Diferentes Fios

3.2 AVALIAÇÃO DO TOQUE – VOTO SENSORIAL

Para determinar as preferências dos consumidores em termos de “Qualidade Total do Toque” aplicou-se o método da comparação por pares que permitiu obter uma classificação final dos materiais (resultados no Anexo III, Tabela AIII.8).

A Figura 3.5 apresenta os resultados das avaliações sensoriais (Voto Sensorial) por tipo de fio. Para cada tipo de fio foram comparadas todas as estruturas e acabamentos de tecidos. A figura (a) apresenta os resultados da comparação dos tecidos “fresco de lã” italianos (COD 20’s e 40’s), que exibe uma grande homogeneidade na sua classificação. São tecidos de

tafetá, sendo o COD 41 (com o acabamento Feito na Cor) o preferido com 30 % da votação Sensorial. Os tecidos fabricados com os fios mais finos, códigos 21 e 22, aparecem equiparados nas preferências sensoriais dos avaliadores com 25 %. O tecido COD 42 é idêntico ao COD 41 mas com o acabamento Tinto em Peça, parecendo ser o que tem o pior toque do grupo, com uma percentagem de 20, o que pode levar a pensar que a operação de acabamento poderá prejudicar o toque do produto final.

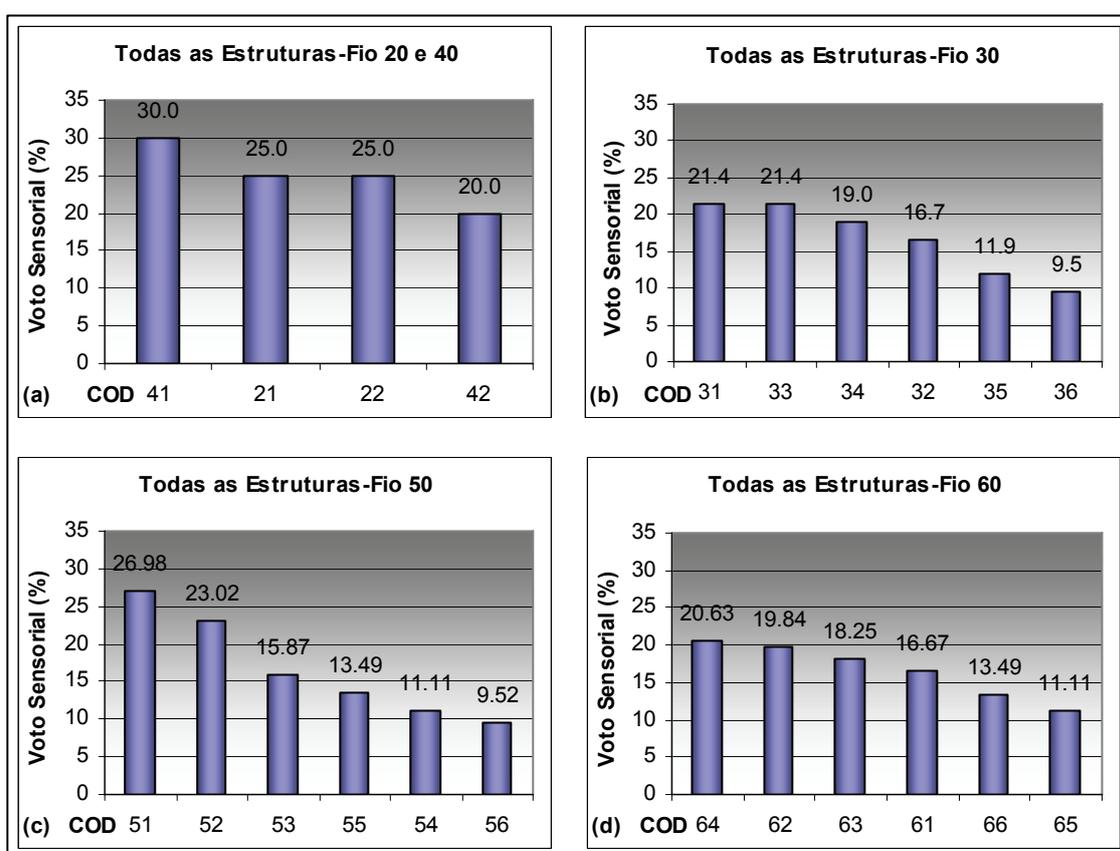


Figura 3.5: Resultados das Avaliações Sensoriais por Tipo de Fio

A Figura 3.5(b) apresenta as preferências sensoriais para tecidos fabricados com o fio 30. Verifica-se que a preferência aumenta com o coeficiente de ligação, do Derivado da Sarja de 4 (COD 36) para o Tafetá (COD 31). Há ainda uma preferência pelos tecidos Feitos na Cor (COD 31, 33, 35), ou seja, dentro de cada debuxo o acabamento Tinto em Peça (TP) é sempre preferido relativamente ao acabamento Feito na Cor (FC), que no caso extremo do Tafetá Tinto em Peça (TP) (COD 32) tem pior classificação que qualquer das Sarja de 3.

O gráfico (c) apresenta as classificações dos tecidos fabricados com o fio 50. A tendência é a mesma da do fio anterior, a preferência continua a ser o Tafetá (COD 51, 52), seguida da Sarja 3 (COD 53) e, finalmente, o DSarja de 4 (COD 56). Neste caso, o acabamento TP prejudicou a Sarja 3 (COD 54), que aparece com menor percentagem que o DSarja de 4 Feito na Cor (COD 55).

Finalmente, na Figura 3.5 (d) apresenta-se a ordenação das preferências dos tecidos do fio 60, fio tipo crepe. A preferência é para as Sarjas de 3, seguida do Tafetá e, por fim, o Derivado da Sarja de 4, o que contraria a tendência do efeito do acabamento anteriormente verificado, visto que o acabamento TP é preferido relativamente ao FC, qualquer que seja o debuxo escolhido (o tecido COD 64 é preferido relativamente ao COD 63, bem como o COD 62 relativo ao COD 61 e o COD 66 comparado com o COD 65). Para este fio tipo crepe, a operação de tingimento parece beneficiar o toque dos materiais.

Foi realizado o estudo da avaliação sensorial por estrutura com os diferentes fios.

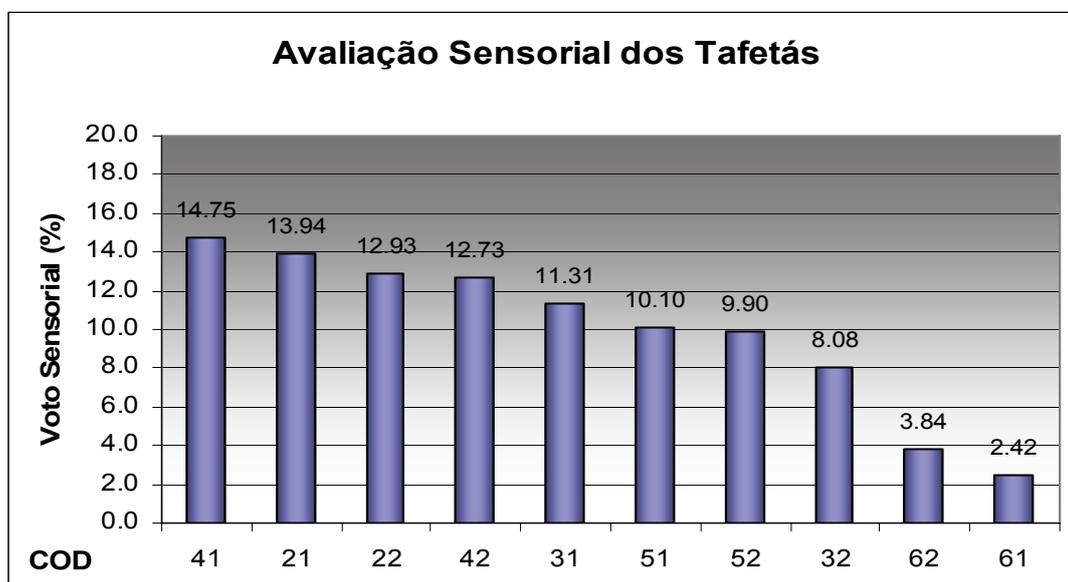


Figura 3.6: Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Tafetá

A Figura 3.6 apresenta a avaliação sensorial dos Tafetás, onde os “frescos de lã” italianos detêm as preferências (fios 20 e 40) seguidos do fio 30 e 50, sendo o fio 60 claramente o menos votado. Mais uma vez se confirma a tendência do acabamento Tingimento em Peça

(TP) prejudicar os tecidos (de tafetá) em termos de toque, excepto para os tecidos fabricados com fio tipo crepe (COD 61 e 62), em que o efeito é contrário.

Os pares de tecidos menos afectados pelo acabamento TP são os COD 21/22 e 51/52, que mantêm posições consecutivas na classificação. Estes resultados podem ser consequência dos tecidos terem sido fabricados com fios singelos à trama, o que pode contribuir para uma maior estabilidade dimensional e manutenção das propriedades do toque.

A Figura 3.7 apresenta a avaliação sensorial da estrutura Sarja 3. A tendência das preferências é idêntica à do caso anterior, em que são considerados mais macios e frescos os tecidos mais finos (COD 33 e 34), principalmente os do acabamento Feito na Cor (COD 33 e 53), excepto para o tecido fabricado com o fio crepe, que é preferido o Tinto em Peça (COD 64). O tecido crepe com acabamento Feito na Cor apresenta menos de metade da percentagem de preferência (5,29 %) que o seu idêntico com acabamento Tinto em Peça (11,64 %), o que poderá significar que o tratamento de tingimento é imprescindível para melhorar o toque deste tipo de material.

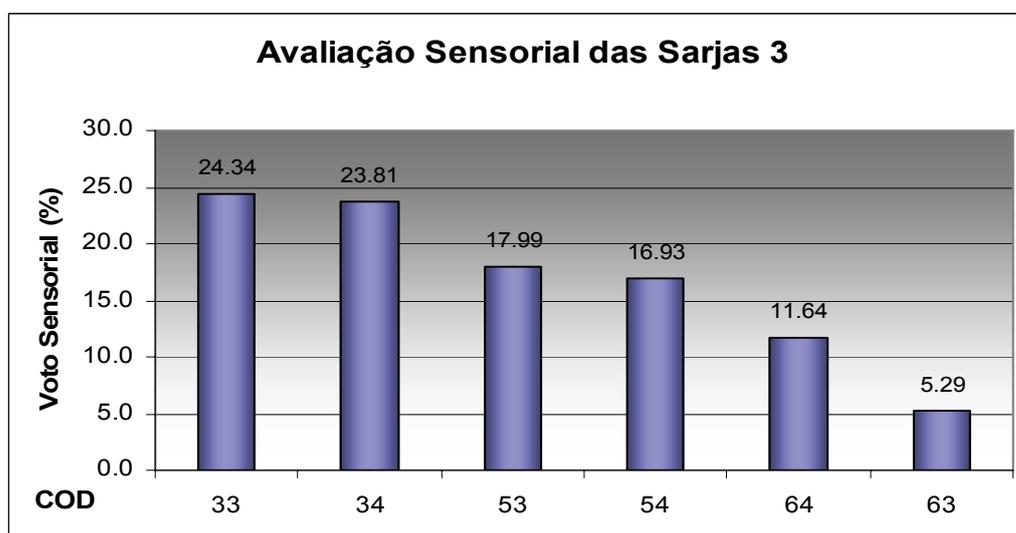


Figura 3.7: Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Sarja 3

As avaliações sensoriais do Derivado da Sarja de 4 encontram-se na Figura 3.8. Para esta estrutura, com menor grau de ligação, continuam a ser preferidos os tecidos fabricados com fios mais finos (COD 30). A influência do acabamento aqui parece não ser tão significativa, no

entanto, o acabamento Tinto em Peça, contrariamente aos casos anteriores, é preferido para os tecidos fabricados com fios mais finos (COD 36), excepto para os fios médios, onde existe uma ligeira preferência pelos Feitos na Cor (COD 55). Nos tecidos de fios crepe (COD 60) não é detectada grande diferença, no que respeita à percentagem de votação.

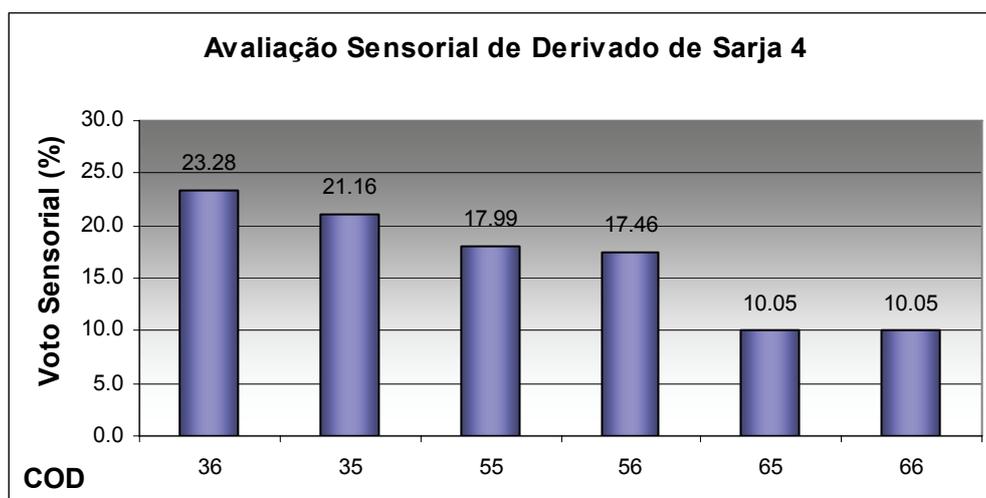


Figura 3.8: Resultados das Avaliações Sensoriais por Estrutura – Derivado da Sarja 4

De uma forma geral, pode concluir-se que a preferência em termos de toque (maior Voto Sensorial) é para os tecidos mais finos, fabricados em estruturas mais ligadas com menores alinhavos (tafetás). A operação de Tingir em Peça tende a prejudicar o toque, sendo tanto mais significativa, quanto mais finos são os tecidos. Nos tecidos fabricados com fios tipo crepe, verifica-se o efeito contrário, o acabamento tinto em peça melhora o toque.

O tingimento em peça é uma operação drástica do tratamento de tecidos em corda ou cosidos de ourelas, em banho ácido à ebulição por um período mais ou menos prolongado, que pode ir de uma a várias horas. Este tratamento vai provocar uma quebra mais ou menos acentuada na rigidez dos tecidos e, simultaneamente, alguma feltragem que será tanto maior quanto mais finas forem as lãs constituintes, pelo que prejudica mais os tecidos finos. No entanto, favorece o toque de produtos mais hirtos e ásperos como é o caso dos crepes.

A análise da classificação das preferências sensoriais, de uma forma geral, mostra que os tecidos que se destacam da média (pela negativa) são os fabricados com fio tipo crepe, que são de uma forma clara preferidos em relação aos restantes.

3.3 AVALIAÇÃO DO “VOTO MÉDIO PREVISTO - PMV”

O estudo da avaliação subjectiva do conforto termofisiológico foi realizado recorrendo ao modelo de previsão do “Voto Médio Previsto - PMV” de Fanger, cujos resultados se encontram no Anexo III (Tabela AIII.9).

Este parâmetro traduz as sensações térmicas para a previsão de níveis de conforto sob as combinações de diferentes níveis de isolamento térmico do vestuário, nível metabólico, temperatura do ar e temperatura do ar envolvente, apresentados no capítulo anterior.

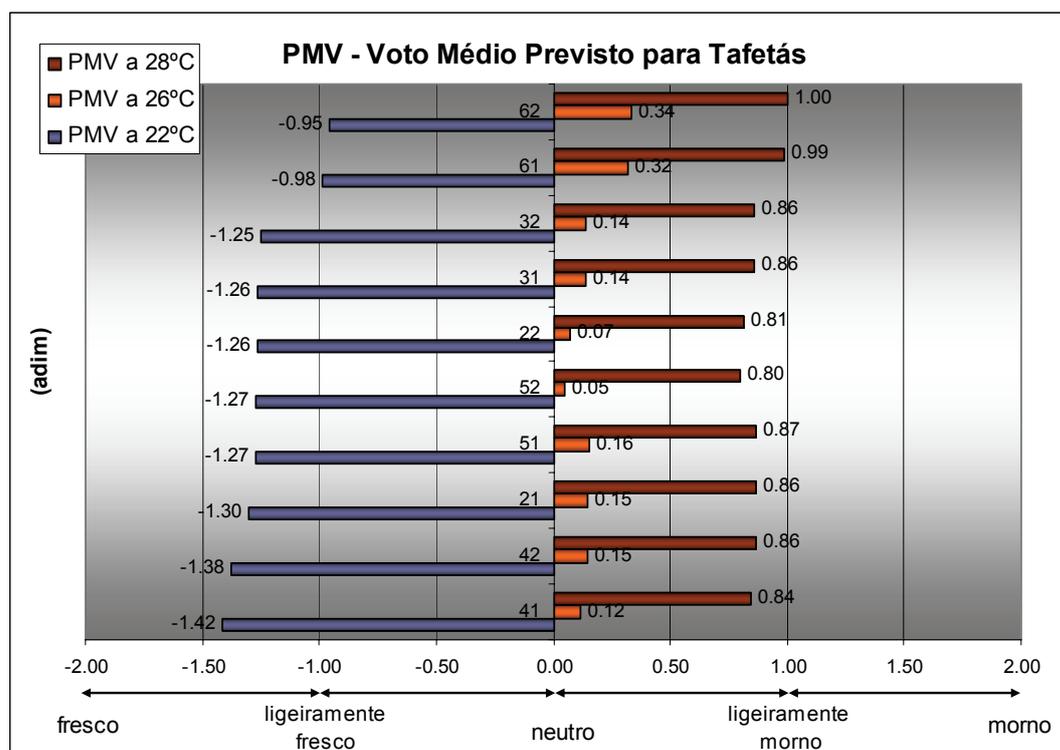


Figura 3.9: Resultados da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura – Tafetá

A Figura 3.9 apresenta o “Voto Médio Previsto - PMV aplicado aos Tafetás, onde se pode verificar que para uma temperatura envolvente de 22 °C todos os materiais apresentam o PMV entre “ligeiramente fresco” e “fresco” (escala de avaliação de Sensações Térmicas da ASHRAE, Tabela 1.7). Os tecidos COD 41, 42 e 21 são os que apresentam melhor sensação térmica de conforto nestas condições. Quando a temperatura sobe para 26 °C, pode-se

considerar que estes materiais continuam a ser confortáveis, pois ainda se encontram na escala de “neutros”, todavia o melhor comportamento nestas condições é para os tecidos COD 52 e COD 22. À medida que a temperatura sobe para 28 °C verifica-se que os materiais começam a perder a sua eficácia em termos de conforto térmico, acabando por perder a sua “neutralidade” e passando a “ligeiramente mornos”, principalmente os COD 61 e 62 que são os tecidos de fios crepes.

Os tecidos com acabamento Feito na Cor (números pares), de uma forma geral, apresentam uma sensação térmica mais favorável nas condições de menor temperatura (22 °C), mas esta vantagem dissipa-se quando a temperatura do ar circundante começa a aumentar.

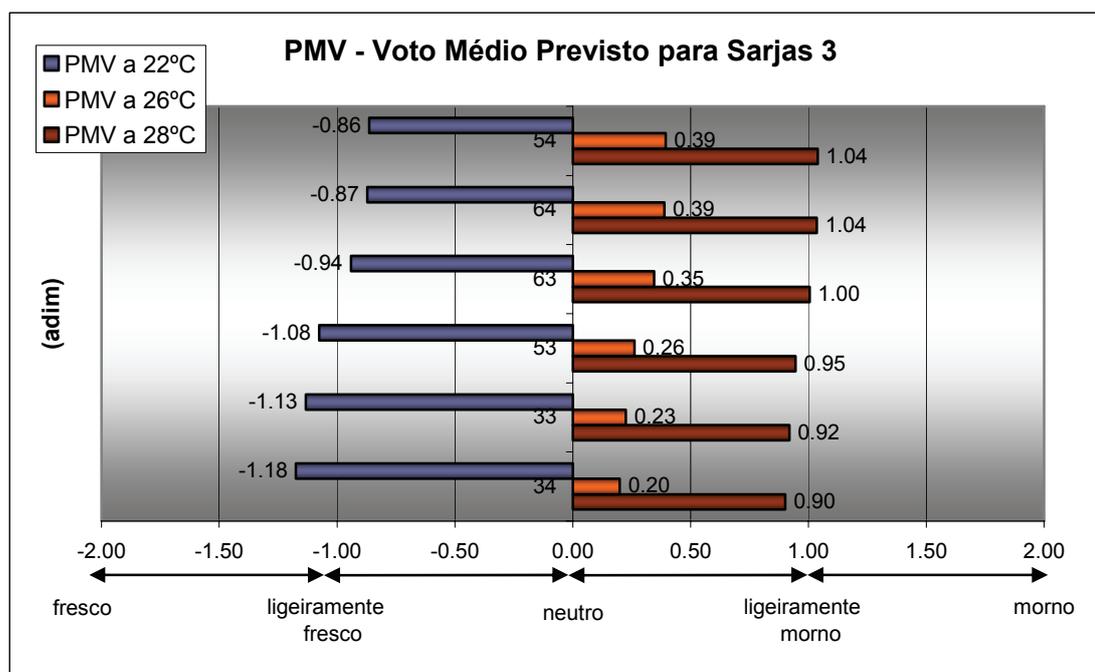


Figura 3.10: Resultados da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura - Sarja 3

A Figura 3.10 representa o Voto Médio Previsto para a estrutura Sarja 3 para os diferentes fios. Para a temperatura de 22 °C os materiais são apreciados como “ligeiramente frescos” sendo os melhores resultados para os tecidos constituídos pelos fios mais finos, como COD 34 e COD 33. Para uma temperatura ambiente de 26 °C, os materiais ainda se mantêm dentro de valores de neutralidade, começando a considerar-se “ligeiramente mornos” para a

temperatura de 28 °C. Nesta estrutura, o acabamento parece não ter um papel de relevo, uma vez que não se verifica uma tendência nítida dentro do grupo dos diferentes fios. No entanto, o tingimento parece ter prejudicado o tecido do fio 50, pois o COD 54 apresenta o pior comportamento térmico, qualquer que seja a temperatura.

O Voto Médio Previsto para o Derivado da Sarja de 4 encontra-se na Figura 3.11. Esta estrutura apresenta um maior conforto térmico para os tecidos fabricados com fios mais finos (COD 30), com a sensação térmica na zona do neutro, quer para a temperatura de 22 °C, quer para a de 26 °C. Para a temperatura de 28 °C, estes materiais entram na zona do “ligeiramente morno”, a tender para o “morno”. Para esta estrutura, o acabamento Tinto em Peça favorece a sensação de conforto térmico dentro de cada grupo de fios, excepto, para a do fio COD 50 que parece ser prejudicado com esta operação. O tecido COD 56 apresenta os piores resultados independentemente da temperatura exterior.

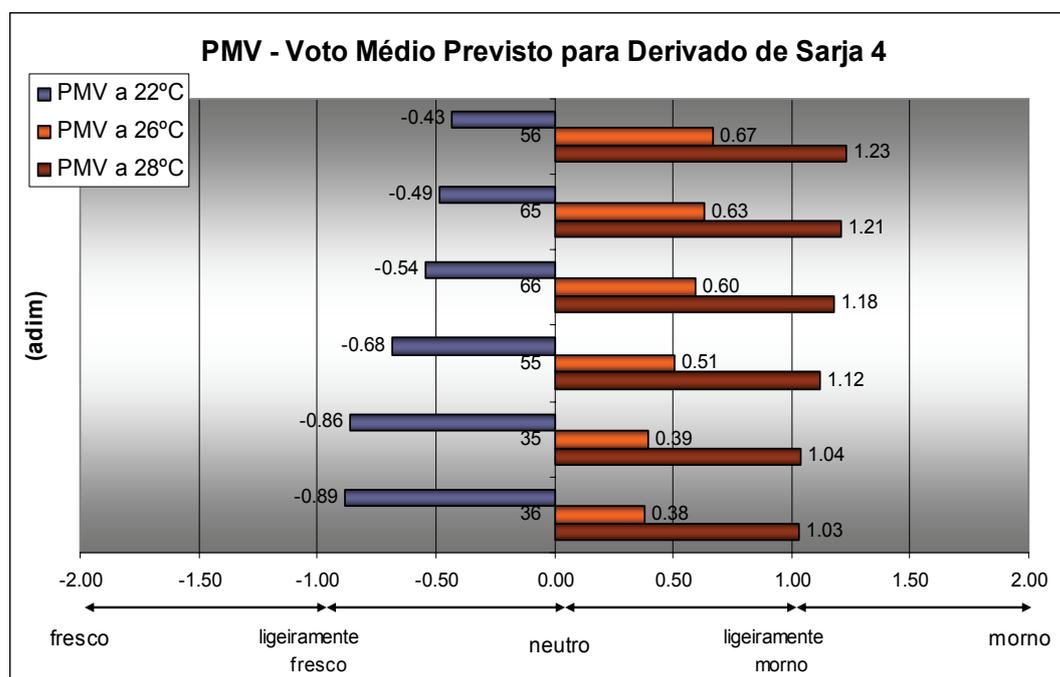


Figura 3.11: Resultados da Avaliação Subjectiva do Conforto Termofisiológico “Voto Médio Previsto” por Estrutura - Derivado de Sarja 4

De uma forma geral, constata-se que os tecidos mais finos, (com fios mais finos), fabricados em estruturas mais ligadas com menores alinhavos (tafetás), apresentam os melhores valores

de Voto Médio Previsto, na zona de “fresco” e “ligeiramente fresco” para a temperatura de 22 °C, nunca se afastando muito da zona de “neutro”, para as temperaturas mais elevada (26 °C e 28 °C).

À medida que as estruturas ficam menos ligadas e os tecidos também se tornam mais grossos, o seu desempenho piora em termos de conforto térmico, transmitindo mais a sensação de “neutro” a tender para o “ligeiramente morno”. Aqui, o efeito do fio crepe não parece fazer-se sentir em termos de frescura, como seria de esperar.

O acabamento parece não impor nenhuma tendência marcante a não ser na estrutura de Tafetá para a temperatura de 22 °C, onde é notório que o tingimento prejudicou, de uma forma geral, o desempenho térmico dos tecidos, dentro de cada classe de fio.

3.4 AVALIAÇÃO OBJECTIVA DOS MATERIAIS PARA OS PARÂMETROS SELECCIONADOS

Na primeira fase deste trabalho foi realizada uma análise exploratória dos dados com o objectivo de seleccionar as propriedades de conforto mais significativas num grupo de tecidos fabricados segundo características bem definidas de debuxo, contextura, massa linear dos fios, matéria prima, acabamentos etc.. Técnicas de análise estatística multivariada foram aplicadas, o que permitiu seleccionar as propriedades de conforto físico-mecânico e termofisiológico mais significativas para esta classe de materiais.

Na segunda fase foram acrescentados novos materiais (tafetás) e realizado um novo estudo com as propriedades anteriormente seleccionadas.

No caso dos tafetás foi aplicada a análise factorial cujos resultados se apresentam na Tabela 3.1 para os factores com correlações superiores ou iguais a 0,70 após a rotação Laiser's Varimax (para visualizar todos os factores ver Anexo III Fig. AIII 8b).

Os resultados mostram que 76,63 % da variância total é explicada por dois factores. Os outros factores juntos explicam apenas 23,37 % da variância total (Anexo III Fig. AIII.5a). A estes dois factores estão associados as propriedades que se podem dividir em 5 grandes grupos:

Propriedades de corte (G), Flexão (B), parâmetros de estrutura (espessura, massa/metro², densidade de fios e massa linear dos fios), propriedades térmicas (toque, permeabilidade e

isolamento), permeabilidade ao ar e propriedades de molhagem. Inclui-se ainda um parâmetro de tracção (T) e outro de superfície (MIU).

| Tabela 3.1: Resultados da Análise Factorial após Rotação para os Tafetás | | | |
|--|------------------|--------------|--------------|
| | | Factor | Factor |
| Propriedade | CÓDIGOS | F1 | F2 |
| Corte | G | 0,7810 | — |
| | 2GH | 0,7874 | — |
| | 2GH5 | 0,8663 | — |
| Flexão | B | 0,9204 | — |
| | 2BH | 0,8316 | — |
| Tracção | EMT | — | 0,7371 |
| | LT | — | — |
| | WT | — | — |
| Superfície | MIU | — | 0,9028 |
| | SMD | — | — |
| Compressão | WC | — | — |
| | RC | — | — |
| | T | 0,9488 | — |
| | TM | 0,8411 | — |
| Propriedades Estruturais | W (massa) | 0,9337 | — |
| | MVOL | — | — |
| | DMfio/cm | -0,8123 | — |
| | MMLfios (tex) | 0,9107 | — |
| Prop. Térmicas | Qmax | — | 0,7115 |
| Isolamento Térmico | CIT-S | -0,7495 | — |
| | I _{int} | -0,7186 | — |
| | I _{cl} | 0,9435 | — |
| Propriedades Permeabilidade | PRBD-ar | 0,8796 | — |
| | CP-Vágua | — | — |
| | I-MOLHGM | -0,7999 | — |
| % Variância | | 59,39 | 76,63 |

Estes parâmetros (no total 18 de 25 parâmetros) serão responsáveis pela diferenciação entre os diversos materiais, mas pouco se pode concluir sobre os grupos divididos por estrutura, massa linear dos fios, acabamentos, etc..

Para conhecer a influência da massa linear dos fios, fez-se o estudo da análise factorial nos tecidos agrupados por tipo de fio (COD 30, 50 e 60). Os resultados encontram-se na Tabela

3.2 que apresenta os factores com correlações superiores ou iguais a 0,70 após a rotação Laiser's Varimax (para visualizar todos os factores ver Anexo III Fig. AIII.5, 6 e 7).

Os resultados mostram que mais de 70 % da variância total é explicada por dois factores qualquer que seja o tipo de fio, (78,04 % para o fio de COD 30; 79,7 % para os fios de COD 50 e 76,9 % para os do COD 60). A estes factores estão associados, de uma forma geral, todos os grupos de propriedades, sendo as menos representadas as propriedades de superfície (MIU e SMD), as de isolamento térmico (CIT-S e CIT-H) e a propriedade de permeabilidade ao vapor de água (CP-Vágua), que em muito pouco contribuem para justificar a variância entres os grupos de tecidos.

3.5 CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES SUBJECTIVAS DO CONFORTO E AS PROPRIEDADES OBJECTIVAS

Após a selecção das propriedades objectivas que mais contribuem para a diferenciação dos materiais, foi realizado o estudo das correlações entre estas propriedades objectivas e as propriedades subjectivas dos respectivos materiais.

Os resultados das correlações e os gráficos entre as propriedades subjectivas e objectivas, para cada grupo de tecidos agrupados por estruturas (Tafetás, Sarja 3 e Derivado da Sarja de 4) e por classes de fios (fio 30; 50; e 60) encontram-se no Anexo III (Fig. IIIA.9 a IIA.14).

A Tabela 3.3 apresenta um resumo das propriedades objectivas e subjectivas que apresentam correlações lineares entre si, num total de 123.

Analisando as correlações lineares verifica-se que existem três grandes grupos de correlações entre as propriedades subjectivas e objectivas, como: propriedades físicas de Flexão (B, 2HB) propriedades de construção dos tecidos (espessuras (T0 e Tm), massa volúmica, massa/metro² (W), densidade de fios/cm e propriedade de permeabilidade ao ar.

Para além destas correlações, no caso específico das diferentes estruturas, existem correlações dos parâmetros de corte (G e 2HG), principalmente com o Voto Sensorial, massa linear dos fios (tex) e índice de molhagem. Para o grupo dos diferentes fios há ainda a propriedade toque térmico (*qmax*) que apresenta correlação com o PMV.

| Tabela 3.2: Resultados da Análise Factorial após Rotação para os Tecidos Agrupados por Classes de Fios (COD 30, 50, 60) | | | | | | | |
|---|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Propriedade | CÓDIGOS | Fio 30 | | Fio 50 | | Fio 60 | |
| | | F1 | F2 | F1 | F2 | F1 | F2 |
| Corte | G | -0,7027 | -0,7112 | 0,8815 | — | -0,8467 | — |
| | 2GH | — | -0,8660 | -0,9006 | — | — | — |
| | 2GH5 | — | -0,7630 | — | -0,9534 | -0,7538 | — |
| Flexão | B | — | — | -0,8934 | — | 0,9537 | — |
| | 2BH | 0,8633 | — | -0,9500 | — | 0,9046 | — |
| Tração | EMT | 0,8978 | — | — | 0,9688 | 0,8703 | — |
| | LT | — | -0,7359 | — | -0,8112 | — | — |
| | WT | 0,9574 | — | — | 0,8999 | 0,7629 | — |
| | RT | — | — | 0,8775 | — | -0,7875 | — |
| Superfície | MIU | — | — | — | — | -0,7600 | — |
| | MMD | — | -0,7994 | 0,7671 | — | -0,8000 | — |
| | SMD | — | — | — | 0,8945 | — | — |
| Compressão | LC | 0,9088 | — | — | — | — | — |
| | WC | 0,9782 | — | -0,9829 | — | 0,9620 | — |
| | RC | -0,9189 | — | — | — | — | -0,7439 |
| | T | 0,9076 | — | -0,9959 | — | 0,9783 | — |
| | TM | 0,9367 | — | -0,9940 | — | 0,9527 | — |
| | COMPSSB | — | 0,8009 | 0,7720 | — | — | -0,8101 |
| Propriedades Estruturais | W (massa) | 0,8742 | — | -0,9926 | — | 0,9965 | — |
| | MVOL | -0,8950 | — | 0,9914 | — | -0,9364 | — |
| | DMfio/cm | 0,8982 | — | -0,9522 | — | 0,9674 | — |
| | MMLfios | — | 0,7405 | -0,8053 | — | 0,8337 | — |
| Propriedades Térmicas | Qmax | -0,9727 | — | 0,8415 | — | -0,8264 | — |
| | K | — | 0,9079 | 0,6875 | — | — | -0,8415 |
| Isolamento Térmico | CIT-S | — | — | -0,7804 | — | — | — |
| | CIT-H | — | — | — | — | — | 0,9179 |
| | I _m | — | -0,7199 | -0,8186 | — | — | -0,8386 |
| | I _{cl} | 0,9786 | 0,1637 | -0,9436 | — | 0,9109 | — |
| Propriedades Permeabilidade | PRBD-ar | 0,9506 | — | -0,9792 | — | — | 0,9875 |
| | CP-Vágua | — | — | — | — | — | — |
| | I-MOLHGM | — | -0,7788 | 0,8511 | — | — | — |
| % Variância | | 57,792 | 78,039 | 59,481 | 79,669 | 50,828 | 76,852 |

Tabela 3.3: Resumo das Correlações Entre as Propriedades Objectivas e Subjectivas

| Propriedade | Tafetás | | Sarja 3 | | D Sarja 4 | | Fio 30 | | Fio 50 | | Fio 60 | | total |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | PMV 22 °C | Voto Sens | |
| G | x | x | | x | | x | | | x | | | | 5 |
| 2HG | x | x | | x | | x | | | | x | | | 5 |
| 2HG(5) | x | x | | x | | x | | | | | | | 4 |
| B | x | x | x | x | x | x | | | | x | | | 7 |
| 2HB | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | | 10 |
| EMT | | | | | | | x | x | | | x | | 3 |
| LT | | | | | | | | | | | | | 0 |
| WT | | | x | x | | | x | | | | x | | 4 |
| RT | | | | | | | | | x | | x | x | 3 |
| MIU | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| MMD | | | | | | x | | | | x | | | 2 |
| SMD | | | | | x | x | | | | | | | 2 |
| LC | | | | | | | x | | | | | | 1 |
| WC | | | | x | | | x | | x | | | | 3 |
| RC | | | | | | | x | | | | | | 1 |
| TO | x | x | | x | | x | x | x | x | x | x | | 9 |
| TM | x | x | | x | | x | x | x | x | x | x | | 9 |
| COMPSS | | | | | | | | | | | | | 0 |
| W | x | x | | x | | | x | | x | x | x | | 7 |
| MVOL | | | | | | x | x | | x | x | x | x | 6 |
| DMfios/cm | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | | 10 |
| Coef Lig | | | | | | | | | | x | | | 1 |
| MML fios | x | x | | x | x | x | | | | | | | 5 |
| qmax | | | | | | | x | | | x | x | x | 4 |
| K | | | | | | | | | x | | | | 1 |
| CIT S | x | x | | | | | | | | | | | 2 |
| CIT H | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| PRBB-ar | x | x | | x | | x | x | x | x | | | | 7 |
| CP-Vágua | | | | | x | | | | | | | | 1 |
| iMOLHGM | x | x | x | | | x | | | | x | | | 5 |
| imt | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| Iclo / PMV | | x | | | | | | x | | | | x | 3 |
| Total | 13 | 16 | 5 | 13 | 6 | 14 | 12 | 6 | 11 | 12 | 10 | 5 | 123 |

3.5.1 Propriedades Estruturais

3.5.1.1 Média das massas lineares dos fios

A Figura 3.12 apresenta a “Média da Massa Linear dos Fios” e o Voto Sensorial para as diferentes estruturas de tecidos. Estes parâmetros apresentam uma correlação inversa qualquer que seja a estrutura do tecido (Tafetá: $r = -0,8620$, Sarja 3: $r = -0,9589$ e DSarja4: $r = -0,9861$, Anexo III, Fig. Anexo III.9, 10, 11). As preferências do toque sensorial são para os tecidos fabricados com os fios mais finos (massa linear baixa COD 20 e 30), mas principalmente para os fabricados com as fibras mais finas (COD 40 e 20).

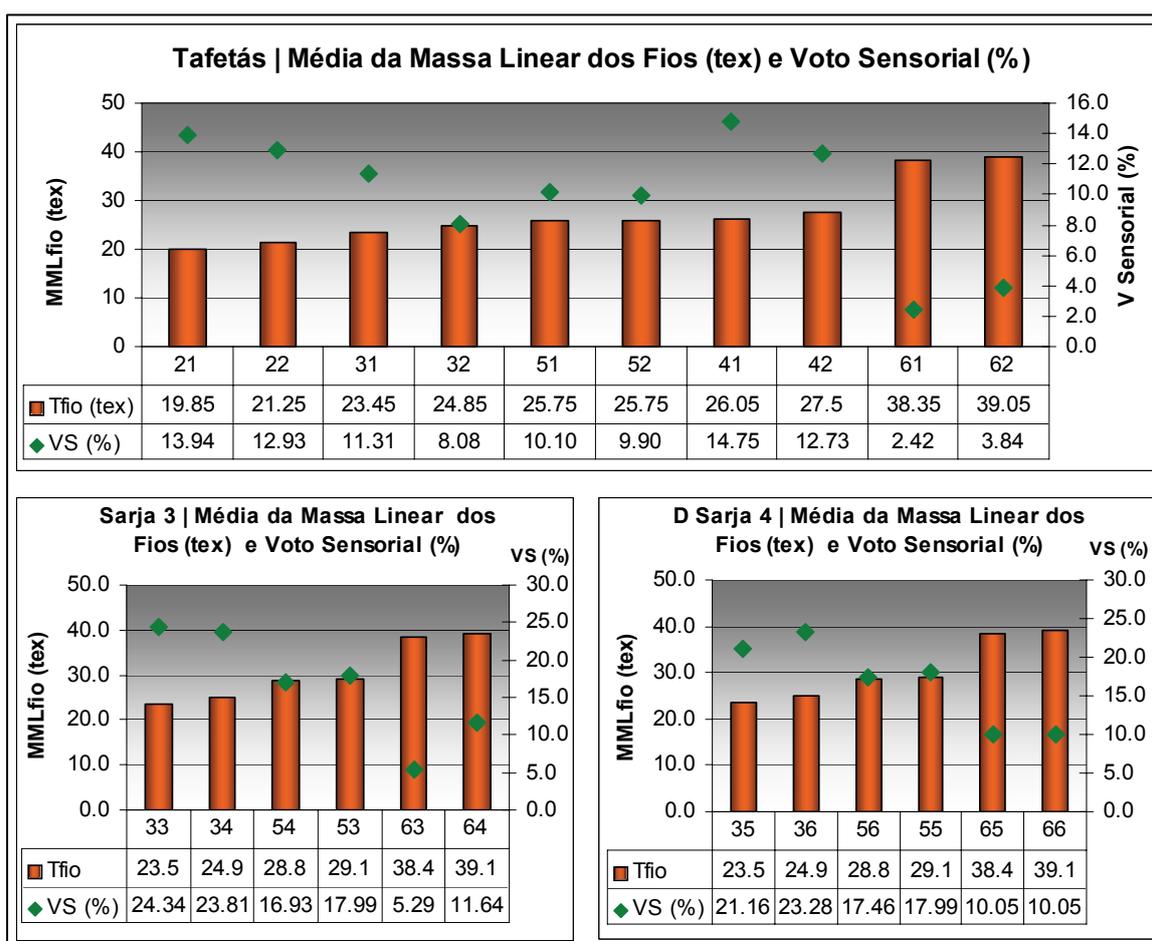


Figura 3.12: Média da Massa Linear dos Fios das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

A correlação entre a Média da Massa Linear dos Fios e o Voto Médio Previsto (PMV) é linear directa para os tafetás ($r = 0,818$ para as temperaturas de 22 °C, 26 °C e 28 °C) e para os DSarja 4 ($r = 0,815$ para as mesmas temperaturas) (Anexo III, Fig. AIII.9 e 11 respectivamente). Da Figura 3.13 pode-se inferir que à medida que a massa linear aumenta, os valores do PMV também aumentam (menos negativos), o que se traduz numa avaliação de Sensações Térmicas mais quente. Assim, um aumento na massa linear do fio desloca o voto médio previsto da percepção de fresco para neutro no caso da temperatura de 22 °C, mas passa a ligeiramente morno quando começa a aumentar a temperatura exterior, traduzindo-se num desconforto térmico para o portador do vestuário.

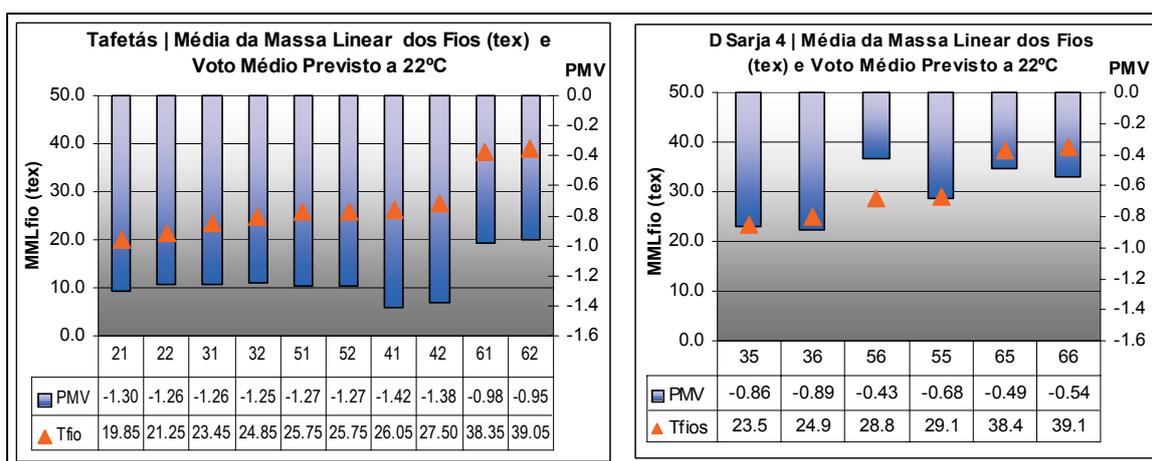


Figura 3.13: Média da Massa Linear dos Fios das Diferentes Estruturas e Voto Médio Previsto a 22 °C

No parágrafo 3.3 concluiu-se que os diferentes tecidos em termos de Voto Médio Previsto (PMV), comporta-se como “frescos” para a temperatura de 22 °C, “neutros” para a temperatura de 26 °C e começam a entrar na escala de “ligeiramente mornos” para a temperatura de 28 °C. Os valores das correlações (Anexo III, Fig. AIII.9 a AIII.14), mantêm-se idênticos para as três temperaturas. Neste contexto, o Voto Médio Previsto (PMV) apenas será analisado para a temperatura de 22 °C, pois é a temperatura das condições de conforto e é representativa das outras duas temperaturas estudadas (as correlações encontram-se no Anexo III).

3.5.1.2 Densidade média de fios por centímetro

À medida que a Densidade Média de Fios por centímetro aumenta há uma tendência para um aumento do Voto Sensorial, quaisquer que sejam as estruturas em consideração (Fig. 3.14), o que é confirmado pelas correlações positivas encontradas (Tafetá: $r = 0,8760$; Sarja 3: $r = 0,9314$ e DSarja 4: $r = 0,7893$, Anexo III, Fig. All.9, 10 e 11 respectivamente).

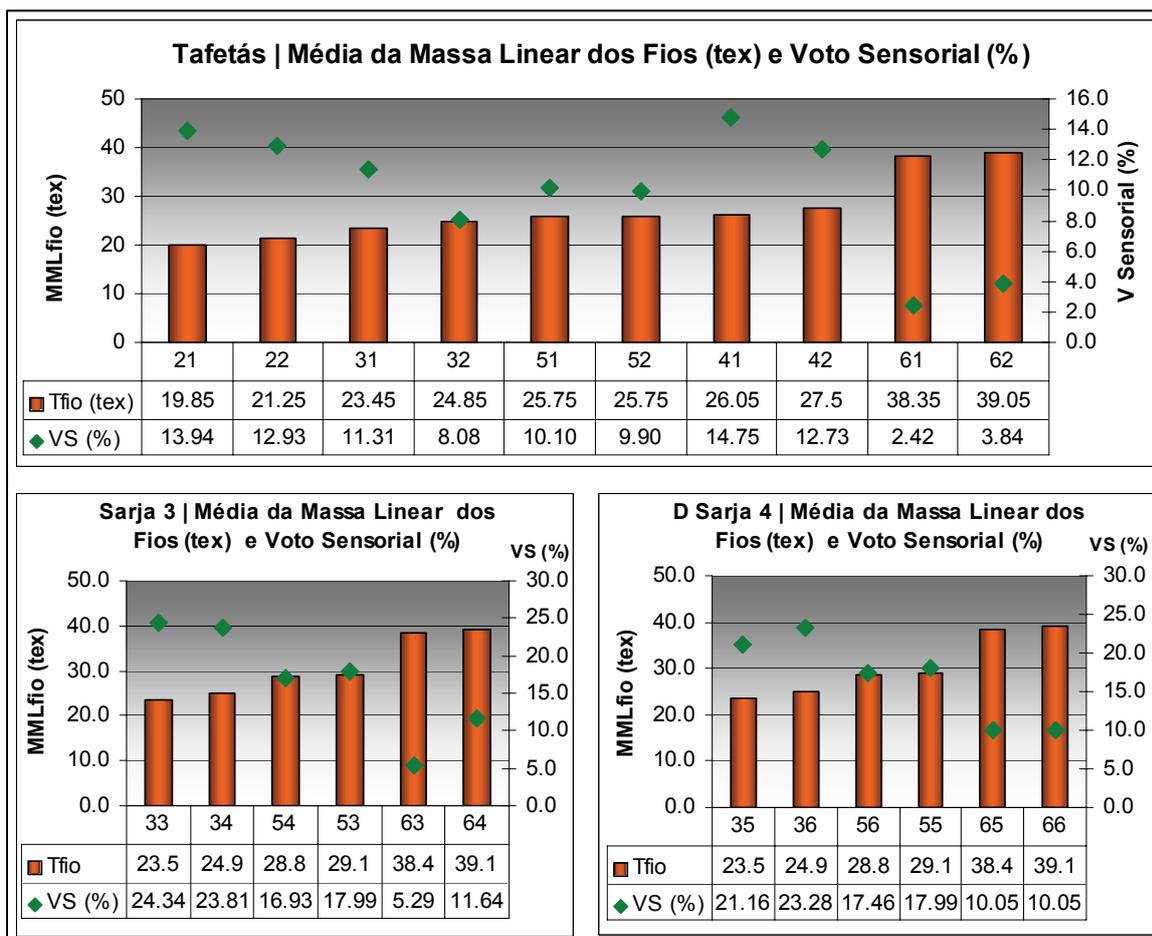


Figura 3.14: Densidade Média de Fios/cm dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

O comportamento da Densidade Média de Fios/cm é inverso ao do parâmetro anterior como seria de esperar, uma vez que estes parâmetros de construção de tecidos estão interligados. Quando um tecido é construído de uma forma equilibrada, tem uma densidade de fios/cm tanto maior quanto mais finos são os fios constituintes, até chegar a um certo compromisso técnico e estético de construção. Os resultados deste parâmetro podem levar a pensar que a

preferência em termos de toque sensorial é para tecidos com maior densidade de fios, mas a experiência mostra que neste caso, os resultados são o reflexo da preferência dos avaliadores para tecidos fabricados com fios finos, que conseqüentemente comportam maiores densidades de fio por centímetro.

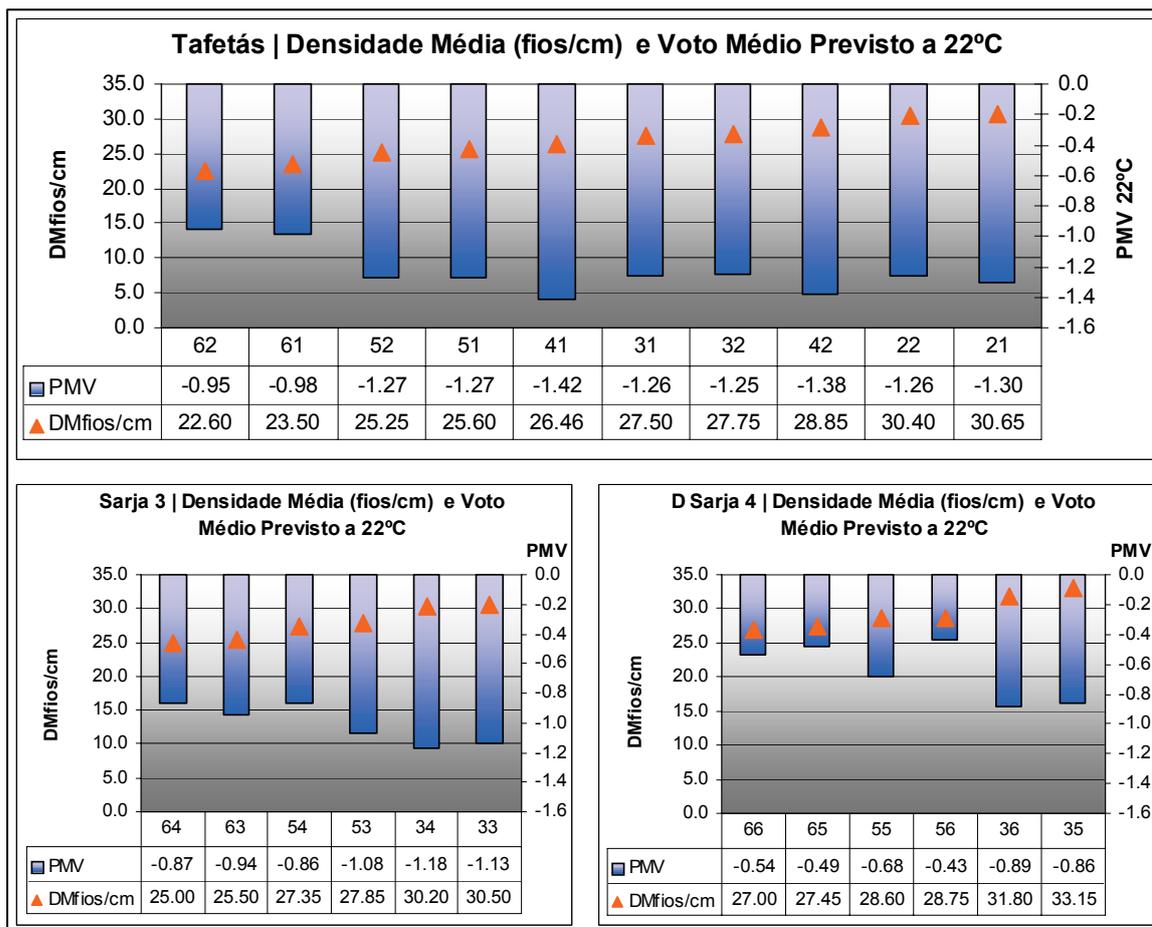


Figura 3.15: Densidade Média de Fios/cm dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Médio Previsto a 22 °C

A Figura 3.15 apresenta os resultados da Densidade Média de Fios/cm versus o Voto Médio Previsto (PMV) por estrutura para a temperatura de 22 °C. As correlações são negativas (Tafetá: $r = -0,6900$; Sarja3: $r = -0,8633$, e DSarja4: $r = -0,8597$, Anexo III, Fig. All.9, 10 e 11 respectivamente), pelo que à medida que aumenta a densidade de fios/cm, os valores de PMV diminuem, (como o PMV tem uma escala negativa, tornam-se mais negativos) o que se traduz em tecidos apercebidos como mais frescos. Isto mais uma vez parece ser paradoxal:

quanto maior é a densidade de fios/cm, mais fresco se pode tornar um tecido para o Verão!... Este resultado terá de ser, mais uma vez, analisado no contexto anteriormente exposto, do compromisso entre a massa linear de fios e a densidade de fios/cm no tecido.

Contudo, analisando o gráfico superior da figura (Fig. 3.15), nota-se que para os tafetás a maior preferência em termos de toque sensorial (COD 41), não é a do tecido mais leve (COD 21), e que, mais uma vez, a operação de acabamento “Tinto em Peça” (códigos pares), parece prejudicar o toque, consequência de esta operação tornar os tecidos ligeiramente mais pesados. A exceção é para os tafetás fabricados com os fios tipo crepe que parecem ter o efeito contrário, melhorando o toque sem alteração da sua massa por unidade de superfície.

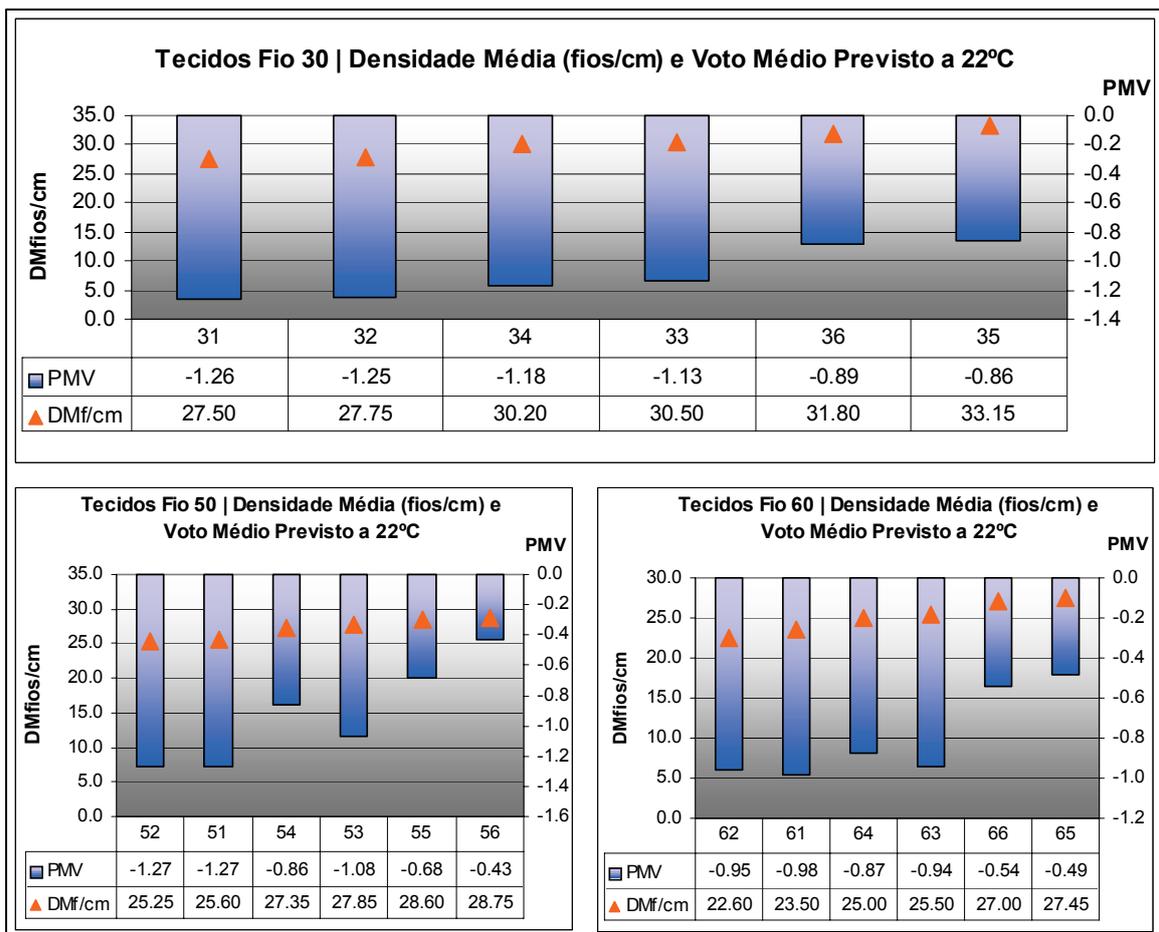


Figura 3.16: Densidade Média de Fios/cm dos Tecidos por Classe de Fios e Voto Médio Previsto a 22 °C

Os resultados das correlações entre a Densidade Média de Fios/cm e o Voto Médio Previsto por classe de fio mostram que existe uma correlação directa entre eles (Fio 30: $r = 0,9317$; Fio 50: $r = 0,8918$, e Fio 60: $r = 0,8778$, Anexo III, Fig. All.12 a 14). Quanto maior é densidade de fios/cm, para uma determinada classe de fio, maior é o valor do Voto Médio Previsto (menos negativo), logo menos fresco é o tecido, quaisquer que sejam as massas lineares dos fios (Fig. 3.16). Isto é a resposta à dúvida anterior onde se considerou existir um compromisso entre a densidade de fios/cm e a massa linear dos fios.

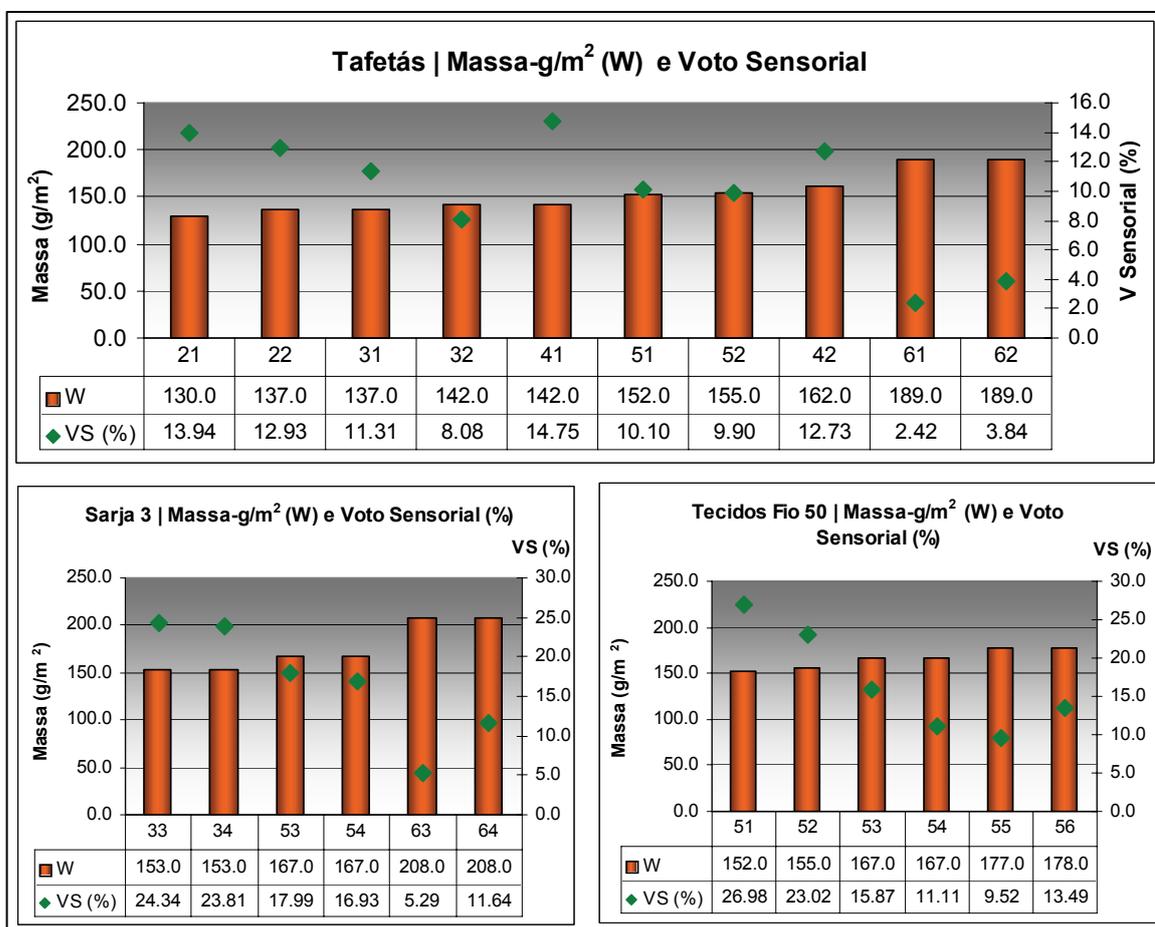


Figura 3.17: Massa por Unidade de Superfície dos Tecidos de Tafetás, Sarjas de 3, Classe de Fios Fio 50 e Voto Sensorial

3.5.1.3 Massa por unidade de superfície

As correlações entre a Massa por Unidade de Superfície e Voto Sensorial são inversas (Tafetá: $r = -0,8428$; Sarja3: $r = -0,9431$ e Fio 50: $r = -0,9022$, Anexo III, Fig. All.9, 10 e 11

respectivamente). Um aumento da massa/m² traduz-se num decréscimo no Voto Sensorial, pelo que os tecidos de tafetá mais leves são mais valorizados em termos de toque (Fig. 3.17). A análise do gráfico inferior esquerdo (Fig. 3.17) indica que esta alteração da massa com a operação de tingimento parece não se fazer sentir na estrutura Sarja 3, verificando-se uma ligeira descida nos resultados da avaliação do toque. Exceptuam-se os valores do fio tipo crepe com o acabamento Tinto em Peça (COD 64), que são preferidos em relação aos do acabamento Feito na Cor (COD 63).

O gráfico inferior direito da Figura 3.17 apresenta os tecidos fabricados com o fio 50. Neste caso, a votação das preferências sensoriais de toque diminui com o grau de ligamento, do Tafetá para o D Sarja de 4, sendo acompanhada por um aumento de massa/unidade de superfície. O acabamento Tinto em Peça tende a prejudicar o toque diminuído essa tendência à medida que o tecido se torna mais pesado. No caso da estrutura D Sarja 4, o acabamento de Tinto em Peça (COD 56) é preferido relativamente ao acabamento Feito na Cor (COD 55).

A Figura 3.18 apresenta os resultados do Voto Médio Previsto para 22 °C versus a característica Massa por Unidade de Superfície para os Tafetás e diferentes fios. Em qualquer das variantes existem correlações directas entre as propriedades (Tafetá: $r = 0,7887$; Fio 30: $r = 0,9456$; Fio 50: $r = 0,9419$ e Fio 60: $r = 0,8946$, Anexo III, Fig. AII.9, 12, 13 e 14 respectivamente). Dentro de cada classe de massas lineares de fios (Fios 30, 50 e 60), quanto maior é o valor da massa/m² maior é o valor do Voto Médio Previsto (menos negativo), o que se traduz em tecidos menos frescos.

Para os tafetás fabricados com os diferentes fios, gráfico superior direito da Figura 3.18, a linearidade já não é tão nítida, pois os tecidos fabricados com o fio COD 40 apresentam valores intermédios de massa/m² e os menores valores de PMV, isto é, são os mais frescos do grupo, principalmente para o acabamento Feito na Cor (COD 41).

3.5.1.4 Espessura (mm)

Na Figura 3.19 encontram-se os resultados da Espessura dos tecidos determinada para as pressões (T0: Espessura sob pressão 0,5 gf/cm² e TM: Espessura sob pressão 50 gf/cm²) nas diferentes estruturas e o respectivo Voto Sensorial. As correlações entre os dois parâmetros

são inversas (Tafetás: $r = -0,8395$; Sarja 3: $r = -0,9013$, e DSarja 4: $r = -0,9671$, Anexo III, Fig. All.9, 10 e 11 respectivamente). Para qualquer das estruturas, à medida que a espessura aumenta o Voto Sensorial diminui, à semelhança dos parâmetros anteriores, em que a preferência de toque é para os tecidos mais finos, dentro de cada classe de fios.

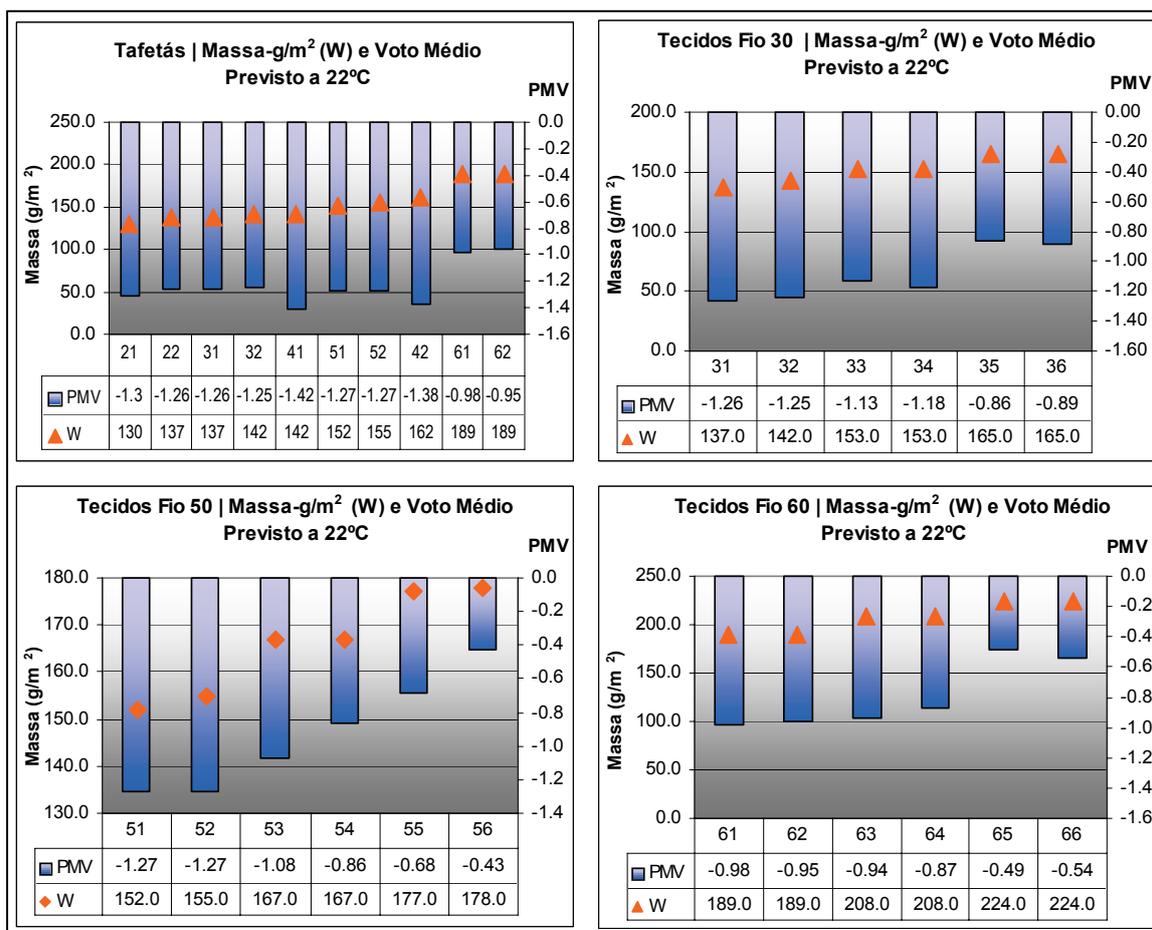


Figura 3.18: Massa por Unidade de Superfície dos Tecidos de Tafetás, das Classe de Fios 30, 50, 60 e Voto Médio Previsto a 22 °C

É de salientar que a espessura do tecido se refere à condição T0 mas que as conclusões mantêm-se para a espessura mínima TM.

No gráfico superior da Fig. 3.19, relativa aos tafetás, constata-se que a operação de tingimento provoca um aumento na espessura dos tecidos, isto é, tecidos com acabamento Tinto em Peça (códigos pares) apresentam maiores valores de espessura dentro de cada par, qualquer que seja a estrutura.

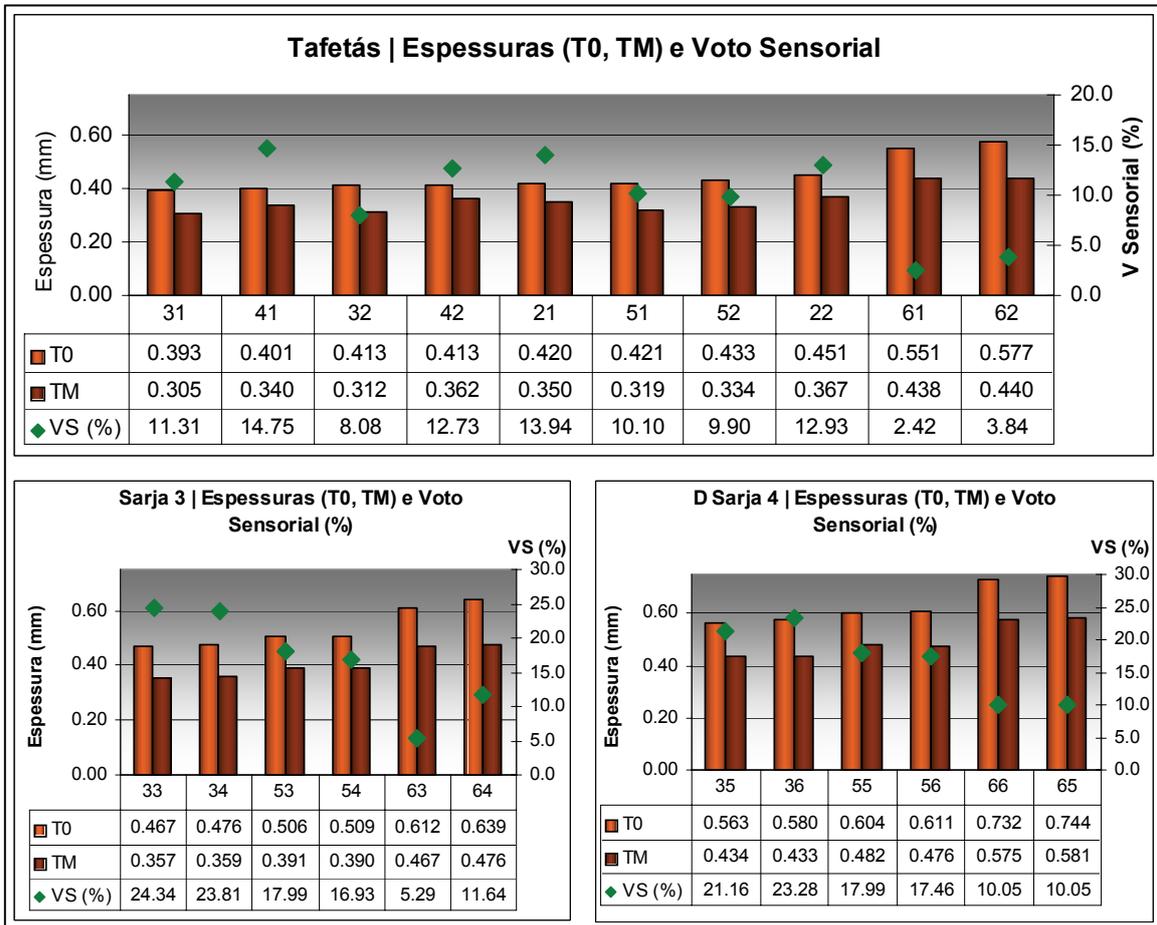


Figura 3.19: Espessura em mm (T0: Espessura sob pressão 0,5 gf/cm², TM: Espessura sob Pressão 50 gf/cm²) dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

A operação de tingimento provoca um aumento de espessura nos tecidos, assim como um aumento de massa/unidade de superfície sendo este fenômeno mais acentuado nos tafetás diminuindo com o grau de ligamento.

No que diz respeito à análise dos coeficientes de correlação linear entre o Voto Sensorial e o parâmetro da espessura dos tecidos fabricados com os fios 30 e 50 e o (Fio 30 $r = -0,8254$; Fio 50 $r = -0,8522$ Anexo III, Fig. AIII.12, e 13 respectivamente) verifica-se que existem correlações inversas, entre os parâmetros.

Nas espessuras agrupadas por classes de fios (Figura 3.20) verifica-se que a diminuição do grau de ligamento (do tafetá para a DSarja 4) é acompanhada por um aumento da espessura dos tecidos e de uma diminuição da sua preferência de toque, mais acentuado para o fio 50.

No fio 30, o acabamento Tinto em Peça parece favorecer a estrutura de Sarja 3 (COD 34), que é preferida relativamente à mesma estrutura com o acabamento Feito na Cor (COD 33).

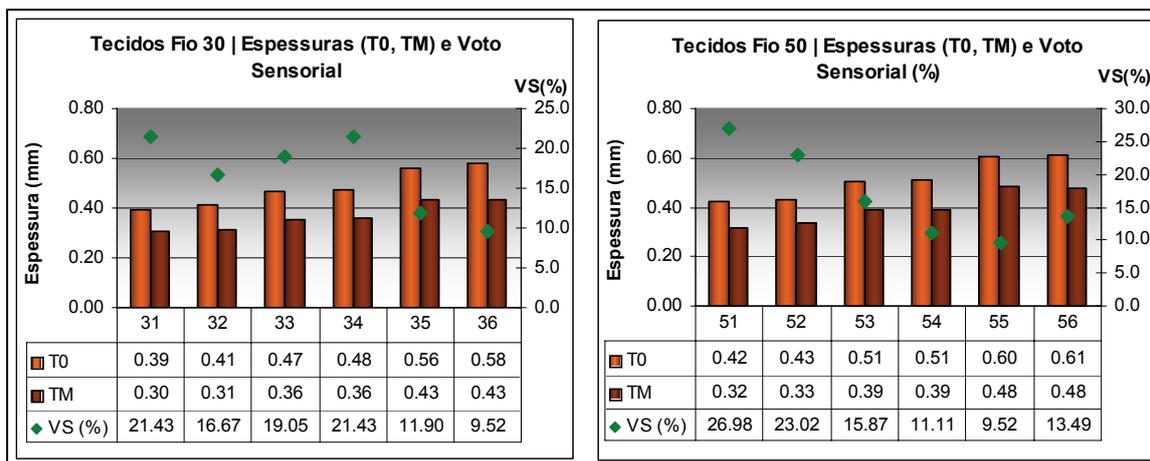


Figura 3.20: Espessura em mm (T0: Espessura sob pressão 0,5 gf/cm², TM: Espessura sob Pressão 50 gf/cm²) dos Tecidos das Classe de Fios 30, 50 e Voto Sensorial

A Figura 3.21 apresenta os resultados da espessura dos tecidos organizados por classe de fios e por uma estrutura (tafetá) versus o Voto Médio Previsto. Entre estes parâmetros existe uma proporcionalidade directa (Tafetá: $r = 0,9343$; Fio 30: $r = 0,9728$, e Fio 50: $r = 0,9583$, Fio 60: $r = 0,9722$, Anexo III, Fig. All.9, 10 e 11 respectivamente). Quanto maior é a espessura, maior é o valor de PVM (menos negativo) e consequentemente menor é a sensação de frescura. A excepção é a gama de tecidos COD 40's que, não apresentando as espessuras mais baixas, são os mais frescos em termos de Voto Médio Previsto.

3.5.1.5 Massa volúmica

A Massa Volúmica é uma propriedade que relaciona simultaneamente a massa por unidade de superfície com a espessura do tecido. Como tal, é de esperar que as estruturas e fios mais grossos (COD 50 e 60) consigam assegurar alguma correlação linear entre este parâmetro e o Voto Sensorial (Fio 50 $r = 0,8898$; Fio 60 $r = 0,8357$ Anexo III Fig. All.13 e 14 respectivamente). Sendo as correlações directas, quanto maior é o valor da Massa Volúmica maior é o valor do Voto Sensorial e a preferência dos avaliadores em termos de toque será para tecidos de maior massa por unidade de volume.

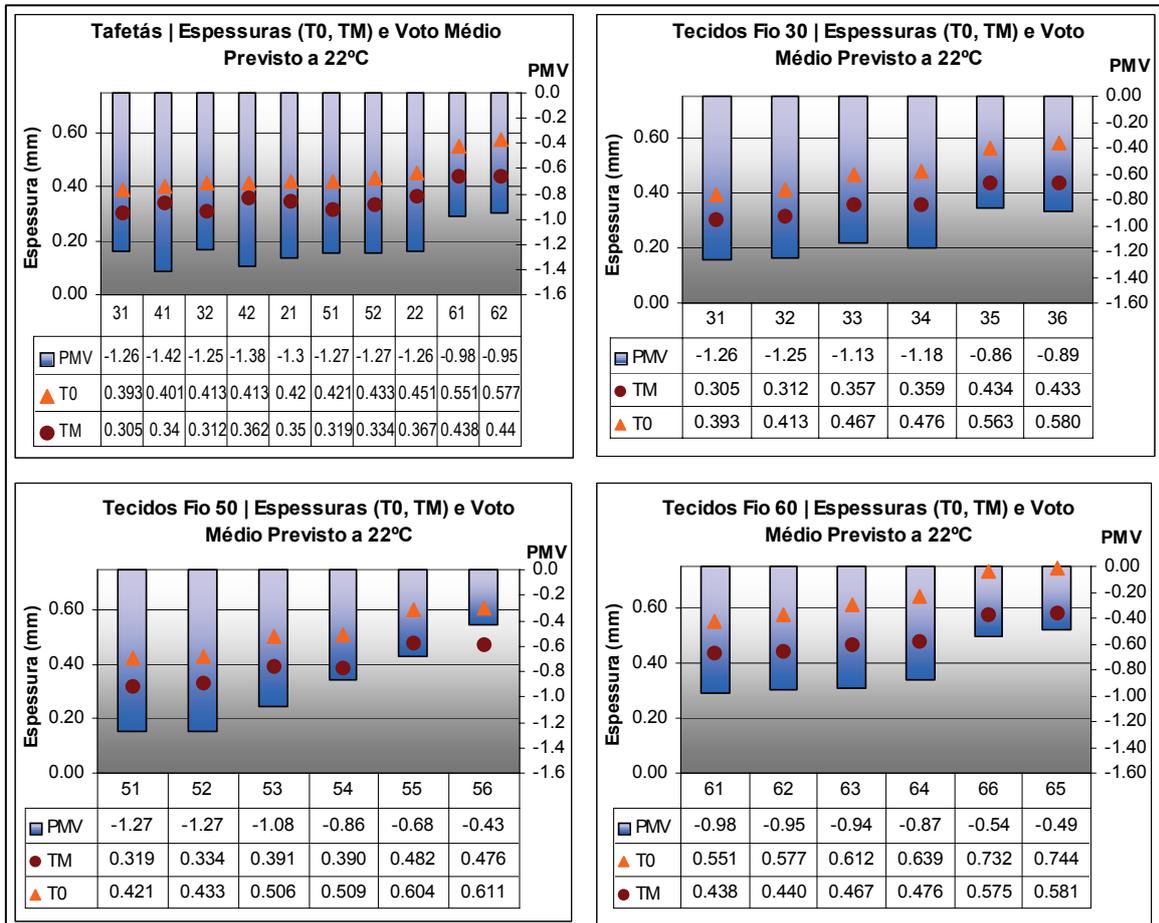


Figura 3.21: Espessura em mm (T0: Espessura sob pressão 0,5 gf/cm², TM: Espessura sob Pressão 50 gf/cm²) dos Tecidos das Classes de Fios 30, 50 e Voto Médio Previsto a 22 °C

Na Figura 3.22 estão representados a Massa Volúmica e o Voto Sensorial para os fios COD 50 e 60. Nestes casos, a Massa Volúmica aumenta com o coeficiente de ligamento das estruturas (do DSarja 4 para o Tafetá), o que leva a pensar que à medida que aumenta o coeficiente de ligamento, aumenta o frisado do fio e, conseqüentemente, aumenta a massa para o mesmo volume de tecido. O tecido torna-se mais compacto, o toque mais firme e apreciado para este tipo de materiais.

A Figura 3.23 mostra a Massa Volúmica em relação ao Voto Médio Previsto. Existe uma relação inversamente proporcional entre estes parâmetros (Fio 30 $r = -0,9458$; Fio 50 $r = -0,9196$; Fio 60 $r = -0,9951$ Anexo III Fig. All.12, 13 e 14 respectivamente). Um aumento da

massa volúmica é reflectido numa diminuição de PMV, que situando-se na parte negativa da escala, se traduz em tecidos mais frescos. Isto confirma a teoria apresentada na pesquisa bibliográfica, em que tecidos com espessuras idênticas, apresentam maior isolamento térmico os que tiverem menor Massa Volúmica.

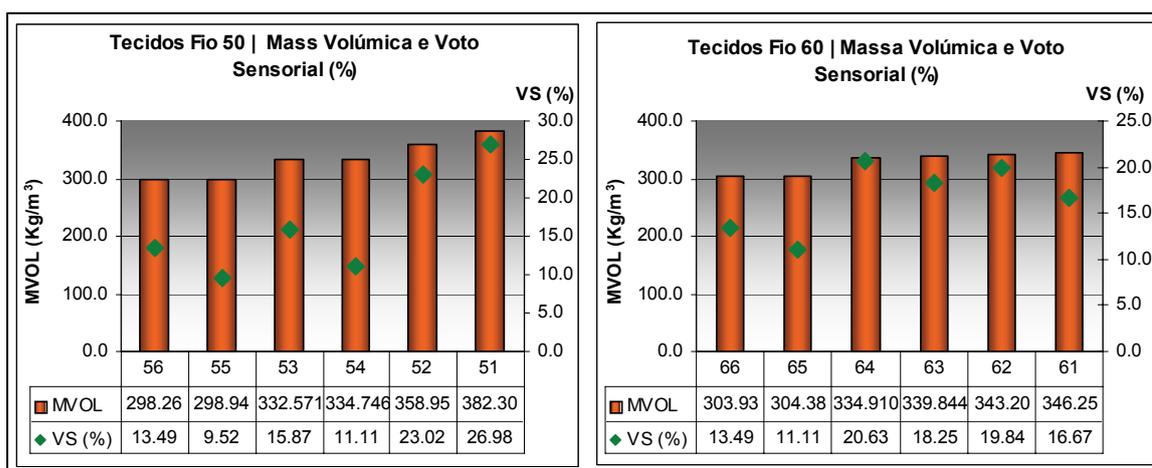


Figura 3.22: Massa Volúmica (em kg/m³) dos Tecidos das Classes de Fios 50, 60 e Voto Sensorial

Embora pareça contraditório que a Massa Volúmica aumente com o coeficiente de ligamento do tecido (do DSarja 4 para o Tafetá), quando tanto a espessura como a massa/unidade de superfície têm comportamentos opostos, é que o frisado do fio aumenta com o coeficiente de ligamento, o que faz com que este aumente a massa sem que aumente muito o seu volume. O tecido fica com menor quantidade de ar aprisionado no seu interior, tornando-se mais denso e menos Voluminoso, sendo subjectivamente apercebido como mais fresco (menor valor de PMV).

Pode-se considerar que a Massa Volúmica está relacionada com a Voluminuidade de forma inversa, isto é, um tecido será tanto mais Voluminoso quanto menor for a sua Massa Volúmica. Pode inclusive, propor-se a quantificação da Voluminuidade de um tecido como sendo o volume ocupado por uma determinada massa (m³/kg) de fibras. O parâmetro Voluminoso ou, de uma forma popular, Volumoso foi neste estudo seleccionado como um dos descritores sensoriais e pode, desta forma, vir a ser um parâmetro facilmente quantificável.

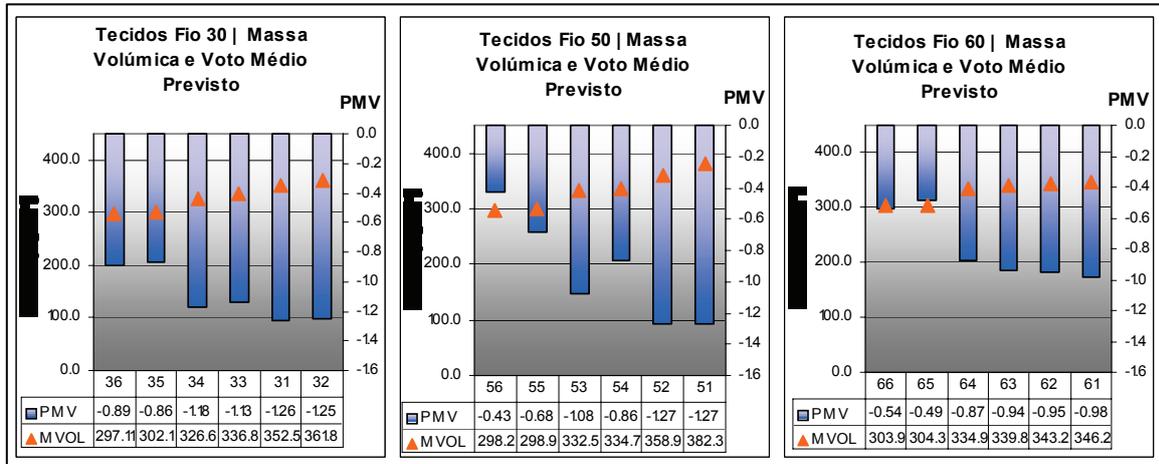


Figura 3.23: Massa Volúmica (em kg/m³) dos Tecidos das Classes de Fios 30, 50, 60 e Voto Médio Previsto a 22 °C

* Termo voluminoso deriva do latim de *volumen* importado por via erudita e sinónimo de volumoso.

3.5.2 Propriedades Mecânicas

3.5.2.1 Propriedade de flexão

A propriedade de Flexão é a que apresenta maior número de correlações lineares relativamente às diferentes estruturas e grupos de fios.

A Rigidez à Flexão está relacionada com a dificuldade com que um tecido é deformado quando sujeito à flexão. É normalmente uma função do peso e espessura do tecido, mas pode também reflectir o efeito de certos acabamentos.

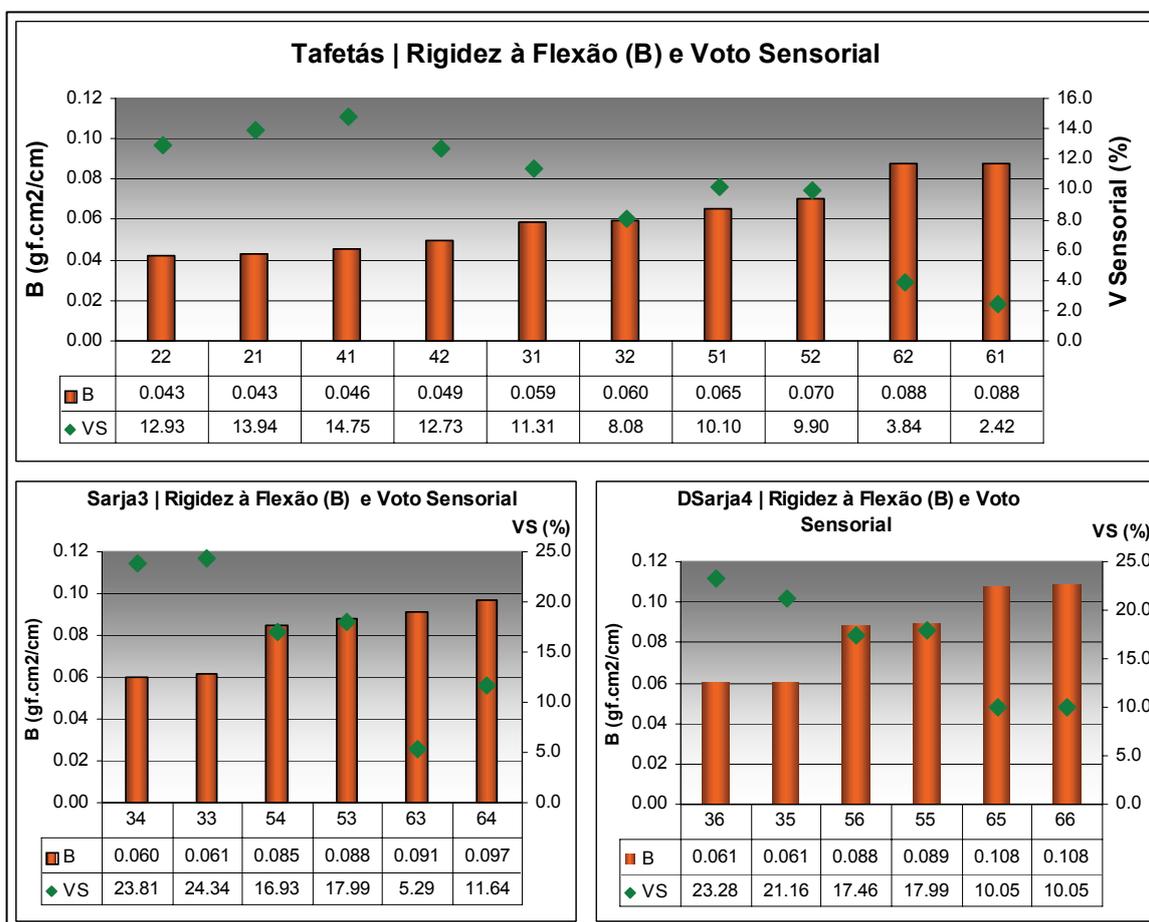


Figura 3.24: Rigidez à Flexão dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

A Figura 3.24 apresenta a Rigidez à Flexão (B) vs Voto Sensorial para as diferentes estruturas.

Os Tafetás presentes no gráfico superior da Figura 3.24 (correlação $r = -0,9470$, Fig. AIII 9 do

Anexo III) apresentam correlações inversas entre a Rigidez à Flexão e o Voto Sensorial. Quanto maior é o valor de B menor é a percentagem de tecidos preferidos em termos de toque.

Esta mesma relação verifica-se para as restantes estruturas (Sarja de 3: $r = -0,8408$ e D Sarja de 4: $r = -0,9598$, Anexo III Fig. AIII.10 e 11 respectivamente), (gráficos inferiores da Figura 3.24). Os avaliadores preferem os tecidos com menor Rigidez à Flexão, qualquer que seja a estrutura e o tipo de fio empregue na construção dos tecidos.

A Rigidez à Flexão é maior nos tecidos fabricados com os fios tipo crepe (COD 60's), qualquer que seja a estrutura e ligeiramente menor para os fios COD 50's, seguidos dos COD 30's mais finos.

Nos tafetás (Fig. 3.24 superior), os valores de B decrescem com a massa linear dos fios (COD 21 e 22). Os tecidos COD 41 e 42, têm menores valores de B, apesar das massas lineares de fio serem maiores que os do COD 30. Esta excepção pode estar relacionada preferencialmente com a massa linear das fibras constituintes do que com a massa linear dos próprios fios. Assim, quanto mais finas são as fibras utilizadas nos fios, menor é a Rigidez à Flexão dos tecidos, ainda que se compare fios com massas lineares superiores (Tabela 2.2).

A Rigidez à Flexão de um tecido depende, por um lado, da rigidez dos seus fios (massa linear, torção) e, principalmente, da rigidez das fibras que o compõem e por outro lado, está directamente relacionada com a espessura do tecido e com a sua massa/unidade de superfície, aumentando com estes parâmetros.

O acabamento Tinto em Peça, parece não exercer influência significativa sobre qualquer das estruturas estudadas, no que respeita ao seu comportamento de Rigidez à Flexão.

A Rigidez à Flexão e o Voto Médio Previsto (Fig. 3.25) estão correlacionados por uma relação linear positiva (Tafetá: $r = 0,8736$, Sarja 3: $r = 0,8284$, DSarja 4: $r = 0,8582$, Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11 respectivamente). Um aumento da Rigidez à Flexão é acompanhado por uma avaliação térmica menos fresca (um valor menos negativo de PMV).

A Figura 3.26 apresenta os valores de Histerese de Flexão (2HB) versus Voto Sensorial para as diferentes estruturas. Existe uma relação linear inversa entre estes parâmetros, (Tafetá: $r = -0,8316$, Sarja 3: $r = -0,9655$, DSarja 4: $r = -0,962$, Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11 respectivamente). O Voto sensorial aumenta quando o 2HB diminui. O acabamento Tinto em

Peça parece não ter qualquer influência sobre este parâmetro, qualquer que seja a estrutura do tecido.

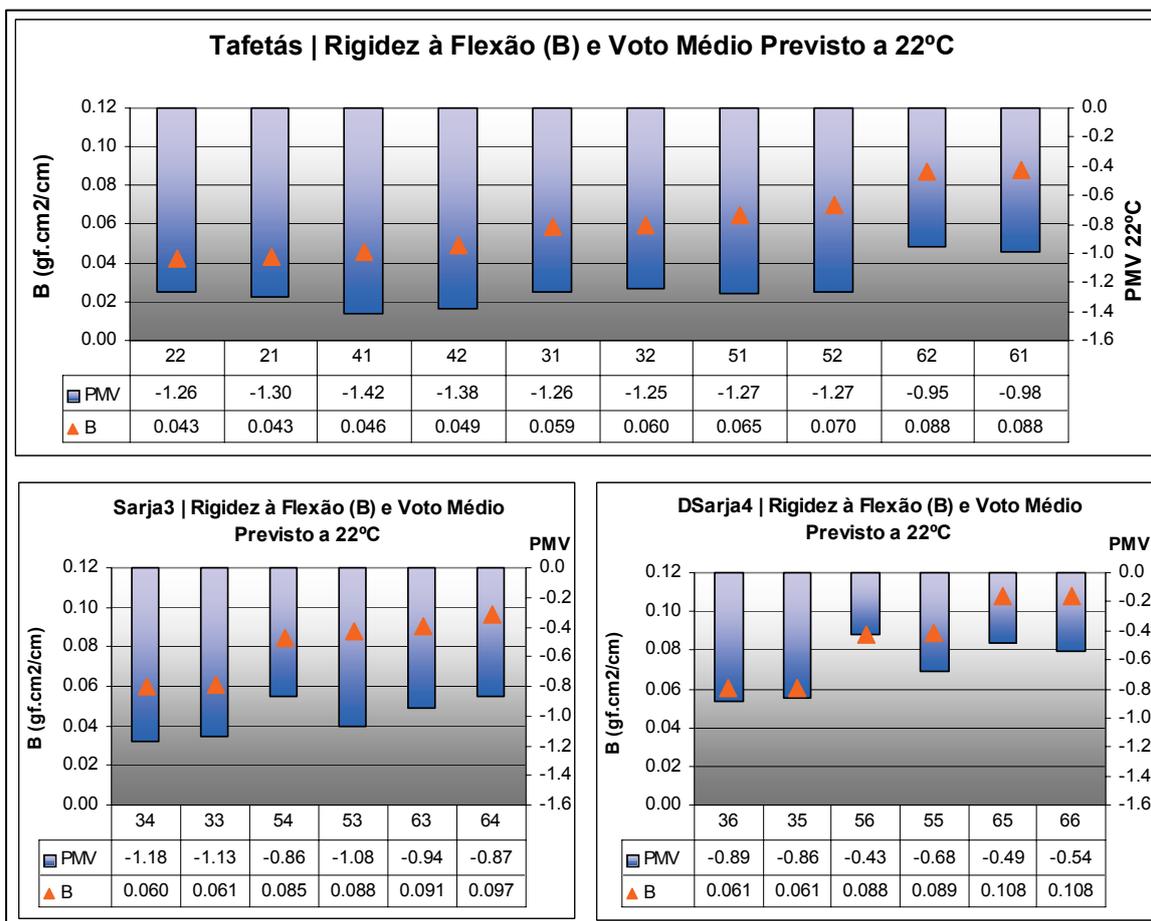


Figura 3.25: Rigidez à Flexão dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Médio Previsto a 22 °C

O momento de histerese é uma medida da recuperação da deformação de flexão, pelo que um tecido terá tanto melhor comportamento à flexão, quanto mais baixo for este valor e, conseqüentemente, melhor toque (maior votação). Os menores valores de 2HB estão associados aos fios e tecidos mais finos e leves.

A análise da Histerese de Flexão (2HB) e o Voto Sensorial dos tecidos agrupados por classe de fio (Figura 3.27), mostra que existe uma relação linear inversa entre estes parâmetros, (fio 30: $r = -0,8187$, fio 50: $r = -0,9044$, Anexo AIII, Fig. AIII.12 e 13 respectivamente). Esta linearidade

inversa é muito mais evidente no fio 50 que no 30. A Histerese de Flexão aumenta com o coeficiente de ligamento das estruturas (do DSarja 4 para o Tafeté).

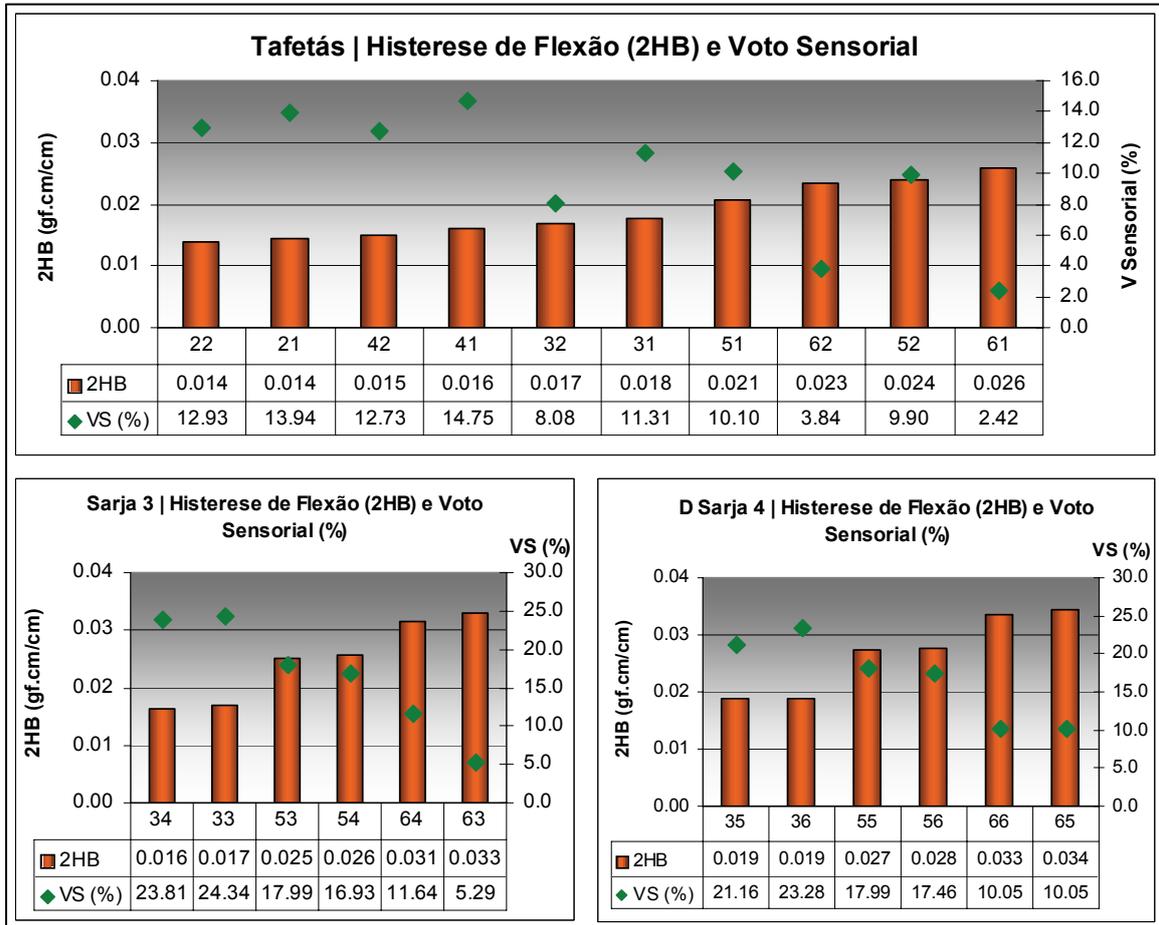


Figura 3.26: Histerese de Flexão dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

O acabamento Tinto em Peça para os fios (COD 50's) aumenta o efeito desta propriedade (2HB) e, em consequência, piora a propriedade de toque, excepto para a estrutura de DSarja 4 que o efeito é contrário (COD 55 e 56). Conclusão idêntica não parece ser possível tirar para os fios COD 30, em que não se encontra tendências nítidas, quer por tipo de acabamento, quer por estrutura.

A correlação entre a Histerese de Flexão e o Voto Médio Previsto (Fig. 3.28) é positiva à semelhança da propriedade de Rigidez à Flexão, (Tafeté: $r = 0,7341$, Sarja 3: $r = 0,8351$, DSarja 4: $r = 0,8701$, Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11 respectivamente), pelo que os tecidos

com menores valores de 2HB apresentam-se mais frescos, com valores de PMV maiores em termos absolutos.

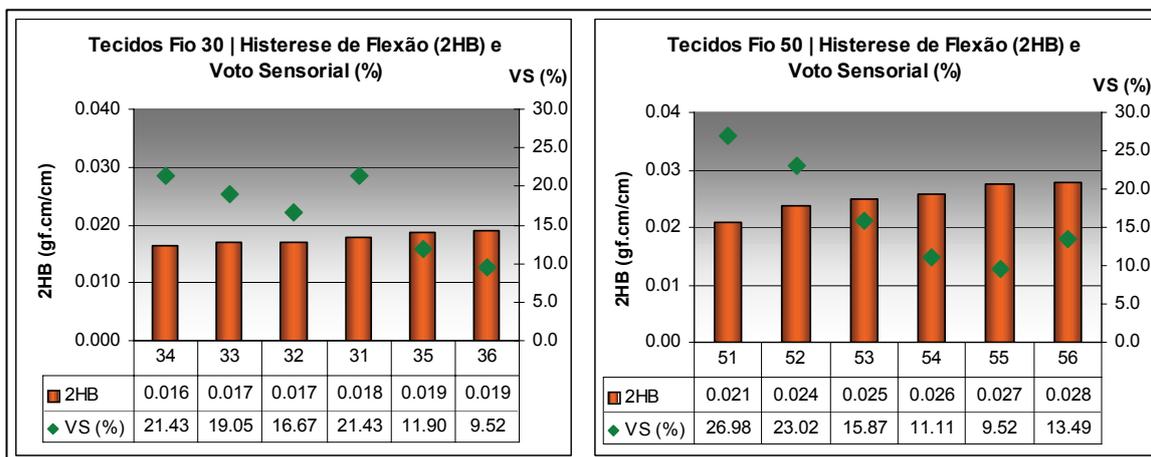


Figura 3.27: Histerese de Flexão dos Tecidos nas Classes de Fios 30, 50 e Voto Sensorial

O mesmo acontece com os resultados apresentados na Figura 2.29, em que os tecidos se agrupam por classe de fio (correlação directa: fio 50: $r = 0,8921$, fio 60: $r = 0,9759$ Anexo AIII, Fig. AIII13 e AIII14 respectivamente). Constata-se, mais uma vez, um aumento da Histerese de Flexão com a diminuição do grau de ligamento das estruturas e um aumento do PMV (valores menos negativos), o que em termos fisiológicos significa materiais menos frescos.

De uma forma geral, a preferência de toque (maior votação) é para os tecidos com menores valores de Rigidez à Flexão e Histerese de Flexão. O conforto fisiológico avaliado pelo voto médio previsto (PMV), um aumento, quer da Rigidez à Flexão, quer da Histerese de Flexão traduz-se em produtos menos frescos, o que é particularmente notório para os valores da Histerese de Flexão.

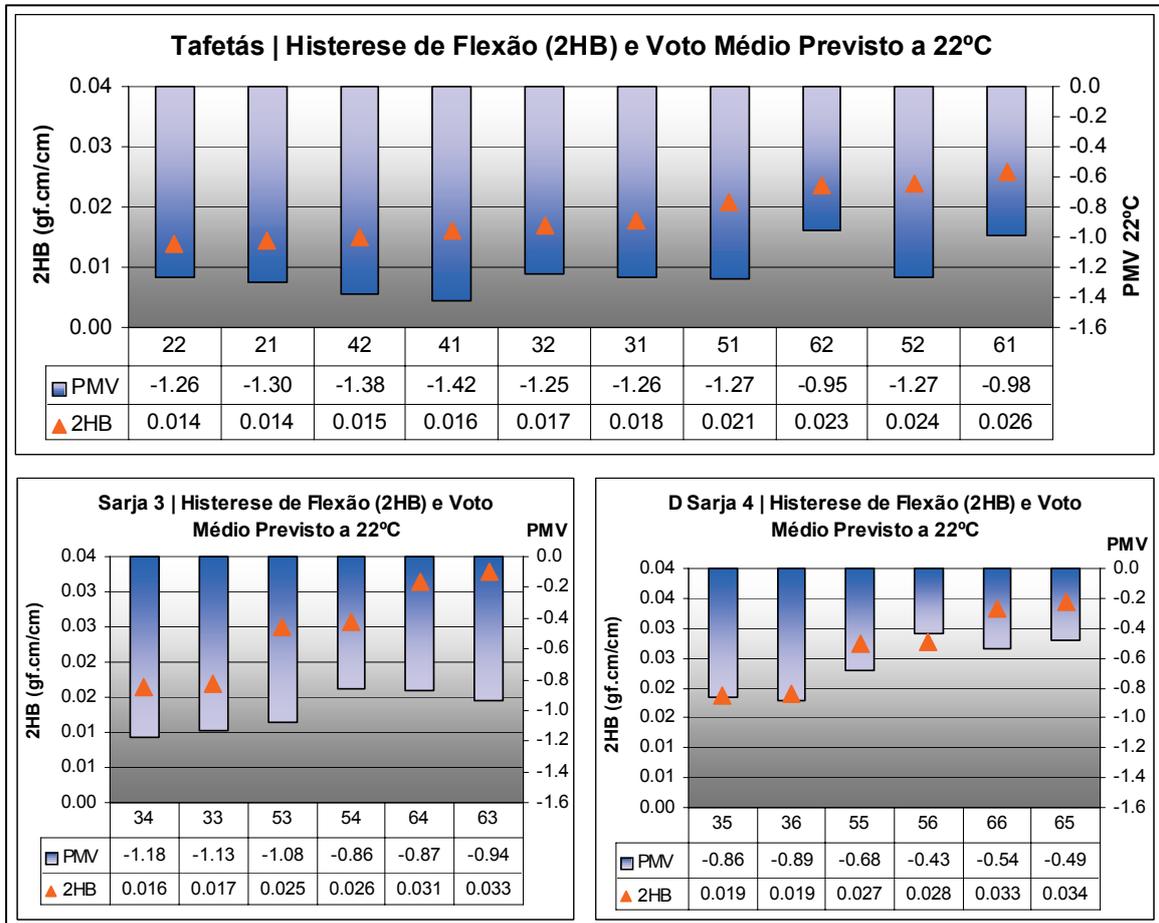


Figura 3.28: Histerese de Flexão dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Médio Previsto a 22 °C

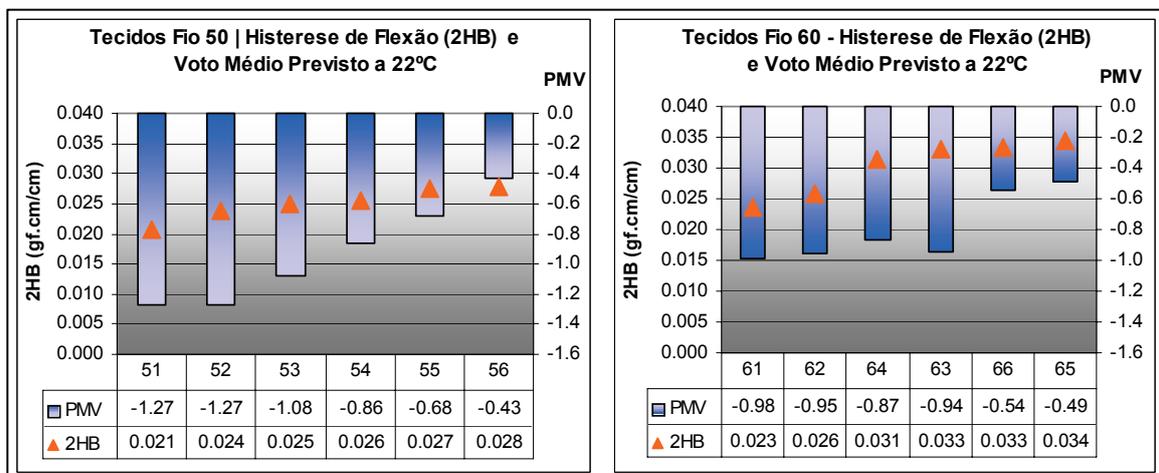


Figura 3.29: Histerese de Flexão dos Tecidos das Classes de Fios 50, 60 e Voto Médio Previsto a 22 °C

3.5.2.2 Propriedade de corte

A capacidade que um tecido tem de se deformar quando sujeito a tensões de corte é o que o diferencia de qualquer outro material do mesmo tipo, como o papel ou filmes de plástico. É esta propriedade que permite ao material tomar formas mais complexas que a bidimensional e ser modelado aos contornos do corpo quando aplicado no vestuário.

Esta propriedade para as diferentes estruturas só tem alguma correlação significativa com o Voto Sensorial, não apresentando correlações significativas com o PMV.

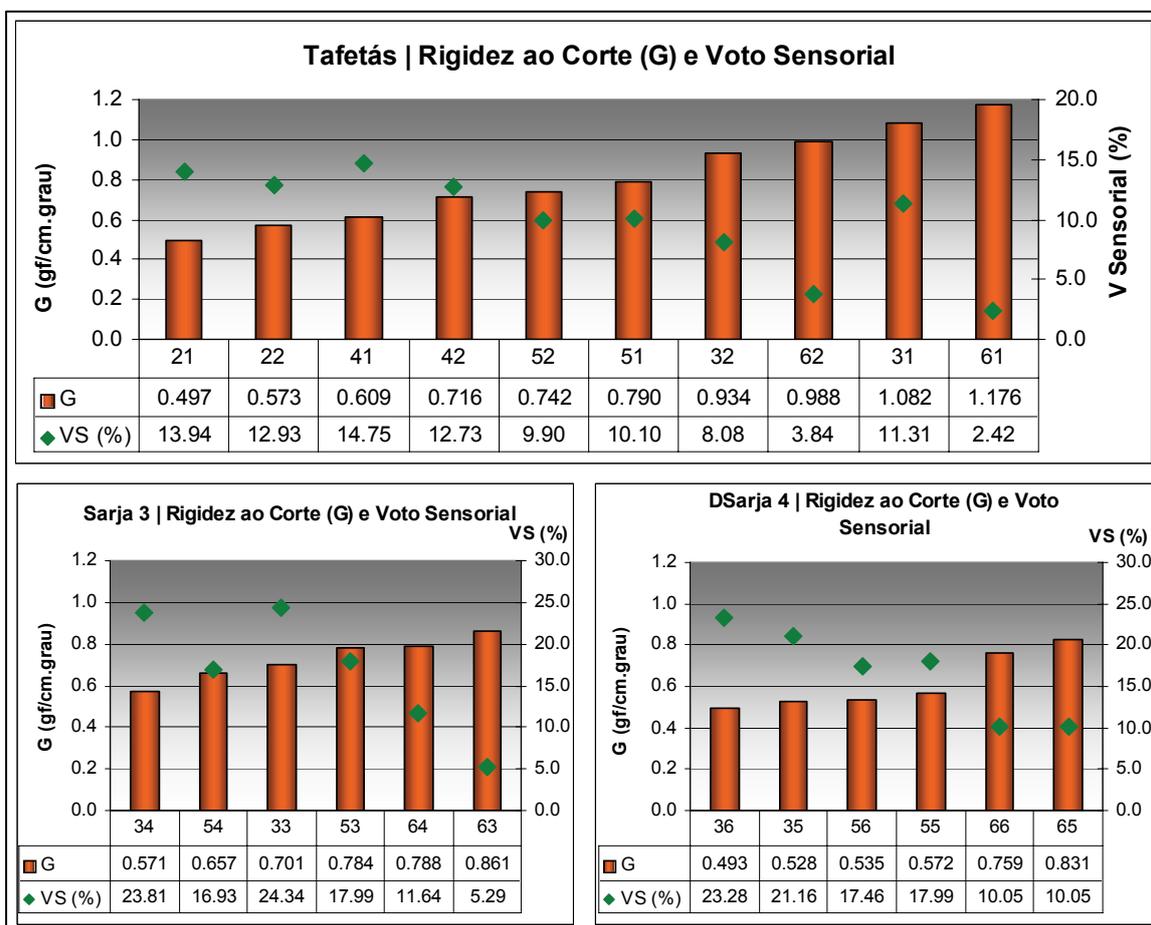


Figura 3.30: Rigidez ao Corte dos Tecidos nas Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

A Figura 3.30 apresenta as relações entre a Rigidez ao Corte (G) e o Voto Sensorial para as diferentes estruturas, existindo uma correlação linear inversa entre elas (Tafetá: $r = -0,8124$,

Sarja 3: $r = -0,8170$, DSarja 4: $r = -0,9529$, Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11 respectivamente). Quanto maior é o valor de **G** menor é a percentagem de tecidos seleccionados em termos de toque (VS).

Em geral, um aumento nítido da Rigidez ao Corte está associado ao aumento das massas lineares dos fios, principalmente para as estruturas com menor coeficiente de ligamento (Sarjas) e um decréscimo do mesmo parâmetro com o acabamento Tinto em Peça.

A operação de tingimento (à ebulição) pode provocar um maior relaxamento dos tecidos (libertação de tensões acumuladas ao longo do processo produtivo) e uma redução do atrito entre os fios o que provoca uma diminuição na Rigidez ao Corte, que é acompanhada por uma melhoria de toque. Isto é reflectido pelo aumento da votação sensorial, quando diminui com os valores de **G**.

A Rigidez ao Corte depende principalmente do grau de mobilidade da teia/trama em relação uma à outra. Nos tafetás (Fig. 3.30 superior), onde existe o maior coeficiente de ligamento, existe uma menor mobilidade de fios e o seu comportamento é mais influenciado por parâmetros como a massa linear, o tipo de fio (retorcido ou singelo), massa linear das fibras, densidade de fios/cm, etc., o que leva a supor que a regra anterior não seja aplicada sempre, pois o acabamento tinto em peça nos tecidos COD 20's e 40's, ao contrario dos restantes, provoca um ligeiro aumento deste parâmetro.

A Figura 3.31 apresenta as relações entre a Histerese de Corte para os ângulos, 0,5° (2HG) e 5° (2HG5) e o Voto Sensorial, para as diferentes estruturas. À semelhança do caso anterior, existe uma correlação linear inversa entre estes parâmetros, (Tafetá: $r = -0,852$, Sarja 3: $r = -0,885$, DSarja 4: $r = -0,964$, para 2HG e Tafetá: $r = -0,909$, Sarja 3: $r = -0,934$, DSarja 4: $r = -0,966$ para 2HG5 Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11). Assim, à medida que aumenta a Histerese de Corte diminui a Votação Sensorial, pelo que quanto menor é o valor da Histerese de Corte (qualquer que seja o ângulo) melhor é o toque do tecido.

É de particular interesse a análise do valor da histerese da força de corte de maior ângulo (2HG5), em que valores altos deste parâmetro podem indicar um baixo desempenho do tecido na confecção, dificuldade na retenção da forma e uma aparência empobrecida da peça confeccionada. O papel de certos acabamentos (aplicação de amaciadores) como o

tingimento é diminuir a rigidez e a histerese de corte e melhorar o toque e aspecto final dos tecidos.

Pode-se concluir, em geral, que os avaliadores preferem os tecidos com menor rigidez e histerese de corte, qualquer que seja a estrutura e o tipo de fio empregue na construção dos tecidos.

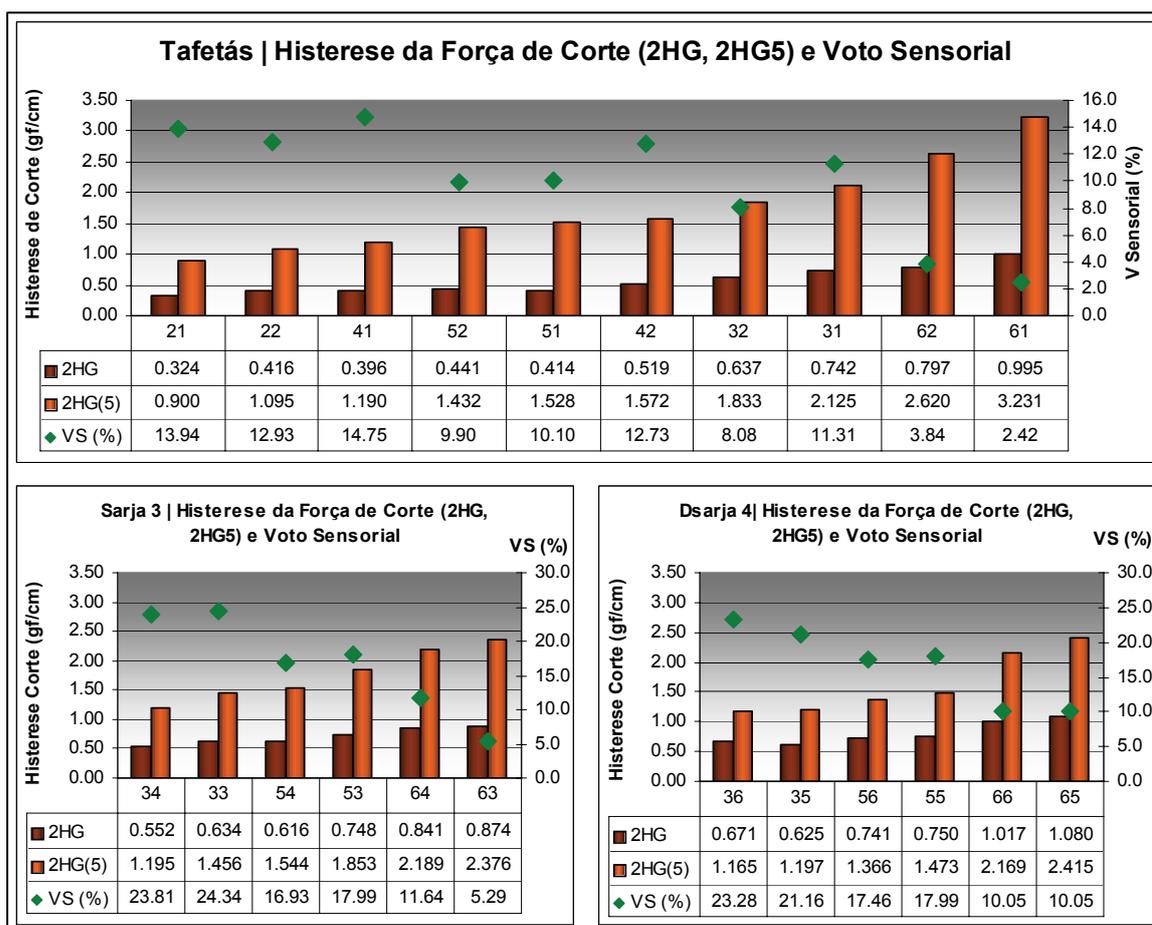


Figura 3.31: Histerese da Força de Corte para os Ângulos, 0,5° (2HG) e 5° (2HG5), dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

3.5.3 Propriedades Térmicas e de Permeabilidade

3.5.3.1 Toque térmico

A Figura 3.32 apresenta o resultado do Toque Térmico dos tecidos organizados por classes de fios e do correspondente Voto Sensorial. Há uma correlação linear directa entre estes dois

parâmetros (fio 50: $r = 0,9301$, fio 60: $r = 0,9096$, Anexo AIII, Fig. AIII.13 e 14 respectivamente).

Sendo o toque térmico (q_{max}), a sensação térmica de quente/frio que se experimenta ao tocar um tecido, traduz tanto mais fresca quanto maior for o seu valor.

O acabamento tinto em peça parece tender a aumentar o q_{max} dos tecidos, principalmente os fabricados com o fio mais grosso (COD 60) e para estruturas com menor grau de ligamento. Nos fios mais finos (COD 50) e nas estruturas mais ligadas, a operação de tingimento parece ter o efeito contrário, se bem que muito pouco acentuado.

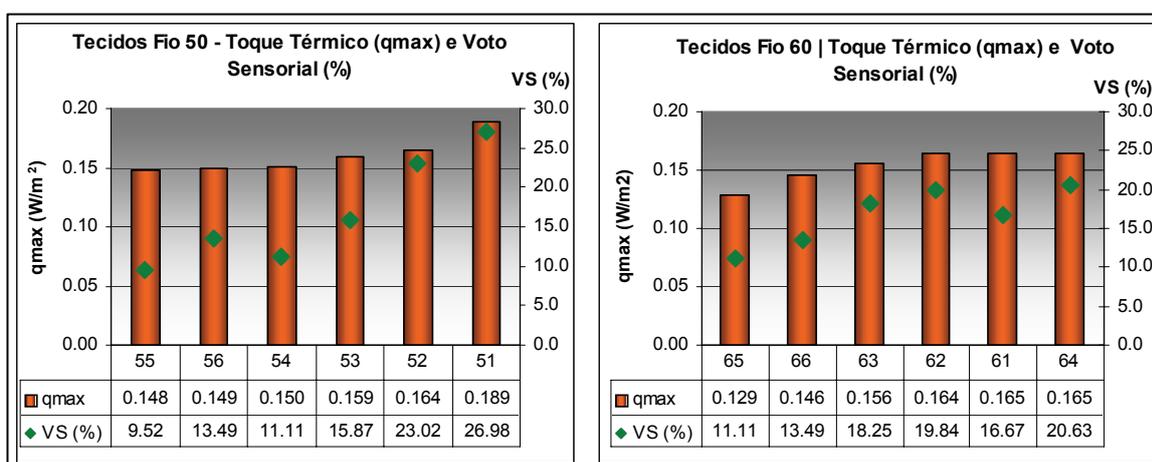


Figura 3.32: Toque Térmico dos Tecidos das Classes de Fios 50, 60 e Voto Sensorial

Pode-se confirmar a preferência dos avaliadores para tecidos com toques mais frescos, visto que os tecidos mais votados são aqueles que apresentam os maiores valores de q_{max} .

Os valores do Toque Térmico para as classes de fios COD 30 e 60 versus o Voto Médio Previsto a 22 °C estão representados na Figura 3.33. Neste caso, existe uma correlação linear inversa entre estes parâmetros (fio 30: $r = -0,9269$, fio 60: $r = -0,9126$, Anexo AIII, Fig. AIII.12 e AIII.14 respectivamente), pelo que quanto maiores são os valores de q_{max} menores são os valores de PMV (maiores valores negativos). Isto mostra concordância da percepção térmica dos parâmetros. Quanto mais frescos se apresentam os tecidos ao toque, (maiores valores de q_{max}) mais frescos estes são avaliados pelo Voto Médio Previsto.

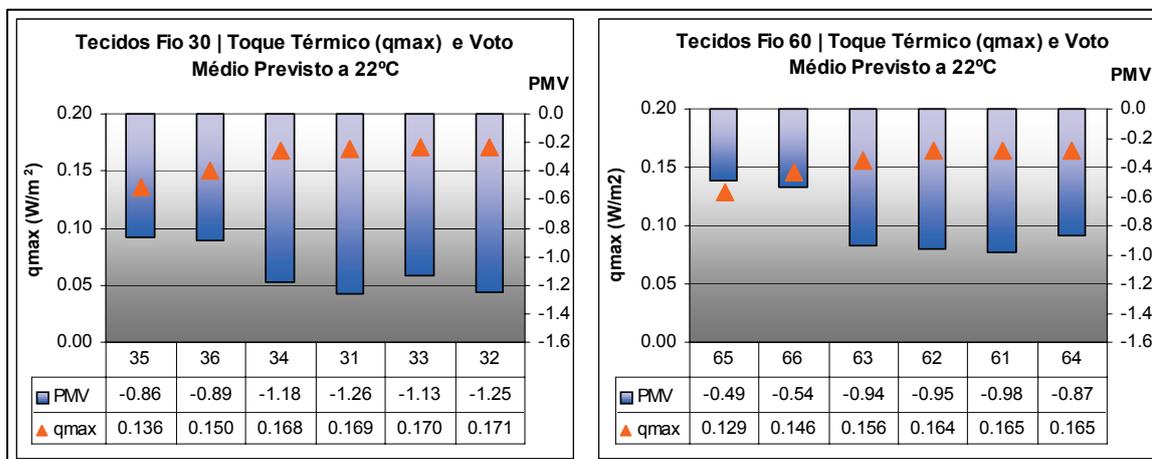


Figura 3.33: Toque Térmico dos Tecidos das Classes de Fios 30, 60 e Voto Médio Previsto a 22 °C

3.5.3.2 Permeabilidade ao ar

A Permeabilidade ao Ar de um tecido depende da sua porosidade, isto é da acessibilidade a espaços interfibras que são função da massa linear e do empacotamento das fibras no interior do fio, assim como da densidade de fios/cm e coeficiente de ligamento dos tecidos.

A Figura 3.34 apresenta os resultados da Permeabilidade ao Ar para as diferentes estruturas em função do Voto Sensorial. Entre estes parâmetros existe uma correlação linear inversa, (Tafetá: $r = -0,8373$, Sarja 3: $r = -0,9072$, DSarja 4: $r = -0,9852$, Anexo AIII, Fig. AIII.9, 10 e 11 respectivamente).

A permeabilidade ao ar, aumenta em geral com a massa linear média dos fios e diminui com a operação de acabamento Tinto em Peça.

Os tafetás com coeficiente de ligamento maiores apresentam valores mais baixos para este parâmetro, principalmente para os fios mais finos. Os tecidos fabricados com o fio crepe (COD 60) são os que se destacam pelos seus elevados valores de permeabilidade ao ar.

Os valores da Permeabilidade ao Ar para os tafetás e classes de fios COD 30 e 50 versus o Voto Médio Previsto a 22 °C estão representados na Figura 3.35. Estes parâmetros apresentam uma correlação linear directa (Tafetá: $r = 0,9294$, Fio 30: $r = 0,9586$, Fio 50: $r = 0,9394$, Anexo AIII, Fig. AII.9, 12 e 13, respectivamente), o que corresponde a uma diminuição da percepção de frescura.

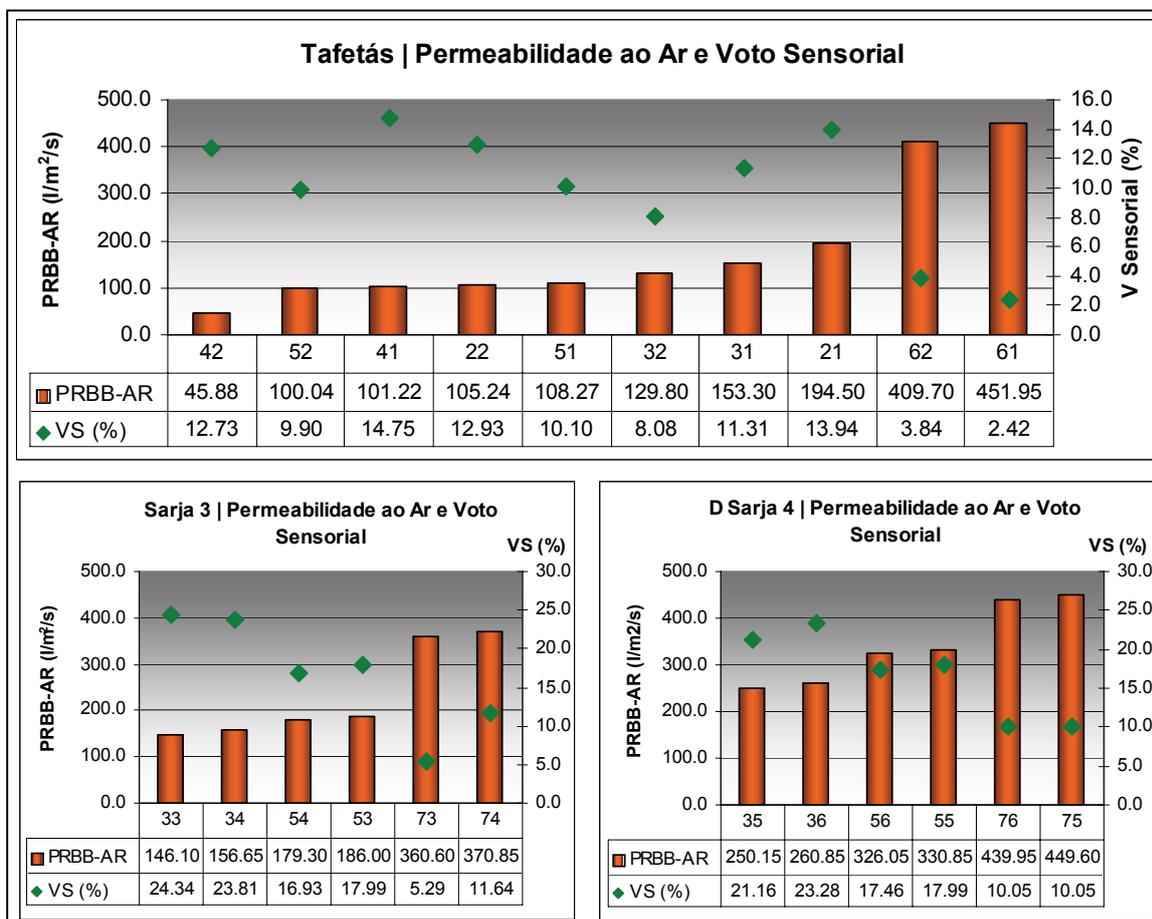


Figura 3.34: Permeabilidade ao Ar dos Tecidos das Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

Apesar de todos os tecidos presentes neste caso estarem dentro dos níveis de fresco e neutro na avaliação o Voto Médio Previsto (para a temperatura de 22 °C), os tecidos com valores de permeabilidade ao ar maiores, não são necessariamente os que se apresentam mais frescos, como seria de esperar. Pelos resultados, pode-se concluir que uma maior permeabilidade ao ar pode representar o contrário de um bom desempenho térmico dos materiais em termos de frescura. Isto pode ser explicado com o auxílio do parâmetro massa volúmica, em que tecidos mais porosos são os que apresentam a menor massa volúmica (menos compactos, menos ligados e de maior espessura), que se traduz numa maior camada de ar aprisionada no seu interior e, conseqüentemente, melhores propriedades de isolamento térmico, e que, em

termos de avaliação subjectiva (Voto Médio Previsto), é sentido como materiais menos frescos, de menor permeabilidade térmica.

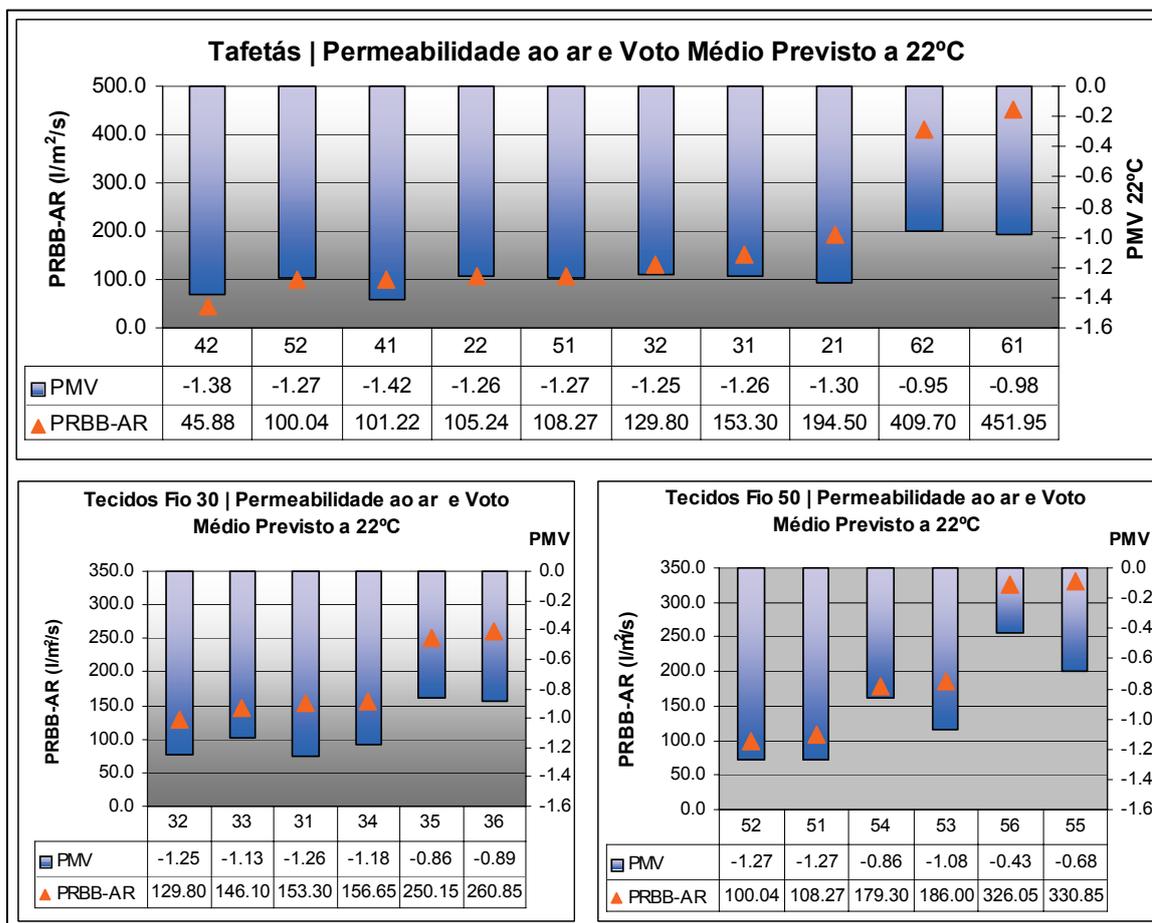


Figura 3.35: Permeabilidade ao Ar dos Tecidos da Estrutura de Tafeté e Classes de Fios 30 ,50 e Voto Médio Previsto a 22 °C

3.5.3.3 Índice de molhagem

Quanto menor é o Índice de Molhagem de um tecido, maior será a rapidez com que um tecido absorve líquidos e a pele será libertada do suor da sua superfície. Em termos de conforto fisiológico isto implica um aumento de conforto em situação de transpiração sensível.

A Figura 3.36 apresenta os resultados do Índice de Molhagem para as estruturas de Tafeté e Derivado da Sarja de 4, em relação ao Voto Sensorial. Existe uma correlação linear directa entre estes parâmetros, (Tafeté: $r = 0,8455$, DSarja 4 $r = 0,8731$, Anexo AIII, Fig. AIII.9 e 11 respectivamente).

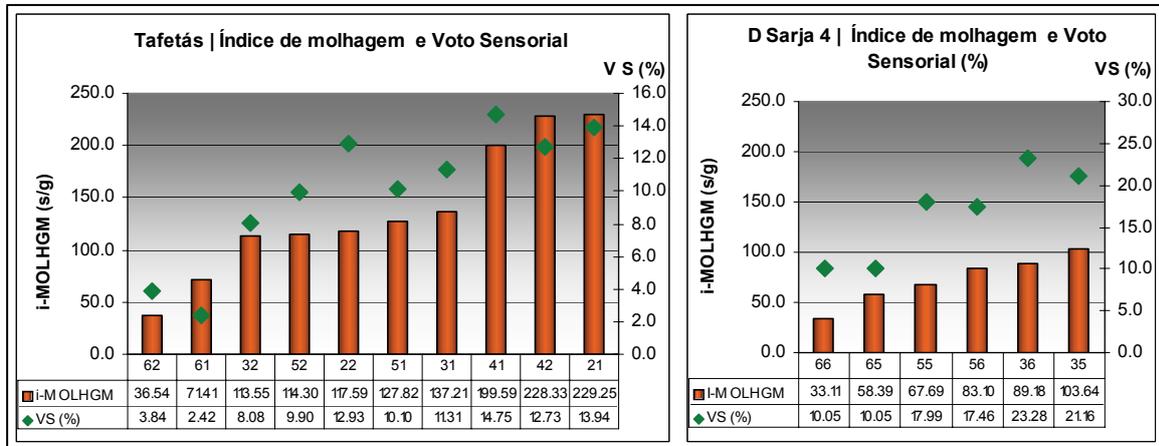


Figura 3.36: Índice de Molhagem dos Tecidos nas Diferentes Estruturas e Voto Sensorial

Os tecidos constituídos por fios mais grossos (COD 60) são os que apresentam maiores índices de molhagem e o acabamento tinto em peça faz decrescer este índice de molhagem como seria de esperar.

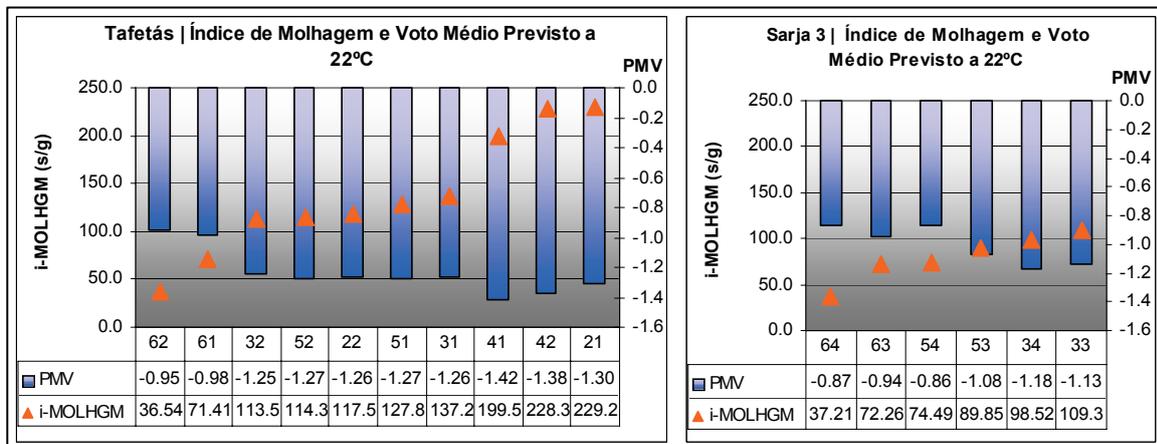


Figura 3.37: Índice de Molhagem dos Tecidos nas Diferentes Estruturas e Voto Médio Previsto a 22 °C

A Figura 3.37 mostra que um aumento dos valores do Índice de Molhagem traduz-se num decréscimo de PMV o que corresponde a um aumento na percepção de frescura destes materiais (Tafetá: $r = -0,8492$, Sarja 3 $r = -0,8464$, Anexo AIII, Fig. AII.9, 10, respectivamente). Pode-se concluir que os materiais que têm melhor comportamento na presença de transpiração sensível, isto é, em contacto directo com o suor à superfície da pele (menores

valores de índice de molhagem), são os que, dentro deste grupo, se apresentam menos frescos em termos de voto médio previsto.

As considerações feitas na propriedade anterior são válidas para este parâmetro, pois ele depende essencialmente da porosidade e da quantidade e dimensão dos capilares no interior do tecido, que são determinantes na rapidez de molhagem do tecido.

3.6 CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES SUBJECTIVAS

Existe uma correlação linear inversa entre as duas propriedades subjectivas analisadas, Voto sensorial e Voto Médio Previsto para os Tafetás e para os tecidos fabricados com fios de COD 30 e 60's. ($r = -0,9337$; $r = -0,8766$; $r = -0,8598$ respectivamente). Os tecidos preferidos em termos sensoriais são aqueles que são apercebidos como mais frescos (menores valores de PMV).

Apesar de serem métodos distintos de avaliação de opiniões pessoais encontram-se em perfeita concordância quanto aos seus resultados.

3.6 CONCLUSÕES DOS RESULTADOS

A análise dos resultados permite concluir que:

- A dificuldade na diferenciação de materiais com base na percepção sensorial táctil simples (aptidões sensoriais dos avaliadores) e na ausência de outros sentidos aumenta com a leveza/delicadeza dos materiais. Os tecidos mais finos e leves, fabricados com fios mais finos, são mais difíceis de detectar como iguais. Essa dificuldade aumenta igualmente com o grau de ligamento das estruturas, pois este permite a obtenção de tecidos mais ligados e finos.
- No que respeita ao toque (Voto Sensorial), a preferência é para dos tecidos fabricados com fios mais finos, em estruturas mais ligadas, isto é, com menores alinhavos (tafetás), que permitem a obtenção de tecidos mais finos. A operação de Tingimento em Peça tende a prejudicar o toque deste tipo de produtos, e isto é tanto mais significativo, quanto mais finos são os materiais. Nos tecidos fabricados com fios tipo crepe, verifica-se o efeito contrário, o acabamento Tinto em Peça parece melhorar o toque.
- Para o “Voto Médio Previsto (PMV), que traduz as sensações térmicas na previsão de níveis de conforto térmico no vestuário, a conclusão é idêntica à da avaliação do Voto Sensorial. Os tecidos mais finos, fabricados em estruturas mais ligadas, apresentam os melhores valores de Voto Médio Previsto, situando-se na zona do “fresco” e “ligeiramente fresco” para a temperatura de 22 °C, nunca se afastando muito da zona do “neutro”, mesmo para temperaturas mais elevadas.
- As técnicas de análise estatística multivariada aplicadas às avaliações objectivas, permitiram seleccionar os parâmetros de conforto físico-mecânico e termofisiológico mais significativas para esta classe de materiais, num total de 18 parâmetros.
- A aplicação da técnica estatística da regressão linear às propriedades seleccionadas permitiu seleccionar três grandes grupos de correlações entre as propriedades subjectivas (PMV, VS) e as objectivas, a saber: propriedades físicas de flexão (B, 2HB) propriedades de construção dos tecidos (espessuras (T0 e Tm), massa volúmica (MVOL), massa/metro² (W), densidade de fios/cm) e propriedade de permeabilidade ao ar.

- Para os parâmetros de construção dos tecidos, que estão interligados entre si, verificou-se que, existe uma real preferência por tecidos finos e leves, em termos de avaliações sensoriais de toque, o que está associado à utilização de fios mais finos e, principalmente, ao emprego de fibras mais finas. De forma idêntica ao Voto Sensorial, qualquer que seja o tipo de fio considerado, o PMV diminui com o grau de ligamento das estruturas e com a espessura e quanto maior é a massa volúmica (massa versus volume ocupado por essa massa), melhor será o desempenho desse material, em termos de conforto termofisiológico.
- No que respeita a propriedade mecânica de Flexão (Rigidez e Histerese), os avaliadores preferem os tecidos com menores valores deste parâmetro, qualquer que seja a estrutura e o tipo de fio empregue na sua construção. Os valores desta propriedade são maiores para os tecidos fabricados com os fios tipo crepe (COD 60's, fios com maior torção) e diminuem com a massa linear dos fios e ainda mais com a massa linear das fibras utilizadas. O acabamento Tinto em Peça parece não exercer influência significativa sobre qualquer das estruturas estudadas, relativamente ao seu comportamento à flexão. Um aumento nos parâmetros de Flexão faz deslocar a avaliação térmica (PMV) dos tecidos para uma zona de percepção menos fresca.
- As propriedades de Corte e Voto Sensorial só apresentam correlações para os tecidos agrupados por estrutura. Neste caso, a preferência do toque decresce com o aumento dos valores dos parâmetros de Corte (Rigidez e Histereses). A Rigidez ao Corte depende principalmente do grau de mobilidade da teia/trama e, de uma forma geral, apresenta um aumento nítido com o aumento da massa linear dos fios. Nota-se ainda, uma tendência de decréscimo do mesmo parâmetro com o acabamento Tinto em Peça. Os menores valores de corte estão associados a fios e tecidos mais finos e leves, que se apresentam mais frescos, isto é, com valores de PMV maiores em termos absolutos.
- O Toque Térmico é a medida da sensação térmica de quente/frio de um tecido quando tocado. A avaliação deste parâmetro permite confirmar a preferência dos avaliadores por tecidos mais frescos (com maiores valores de q_{max}). Estes são também os tecidos mais finos (dentro de cada classe de fios) e, simultaneamente, os apreciados como mais

frescos pelo Voto Médio Previsto. Sendo este parâmetro dependente da superfície de contacto pele/tecido, parece que este aumenta com a diminuição da massa linear do fio, o que se traduz numa superfície mais fresca. O

- O acabamento Tinto em Peça tem uma leve tendência para tornar os tecidos mais frescos, em termos de toque térmico, nas estruturas menos ligadas e para tecidos mais grossos. Isto pode estar relacionado com o facto da operação de tingimento fazer aumentar a superfície de contacto do tecido.
- O Voto Sensorial diminui com a Permeabilidade ao Ar de um tecido que está relacionada com a sua porosidade. Os tecidos mais ligados como os tafetás apresentam valores mais baixos para este parâmetro principalmente os de fios mais finos. A operação de acabamento Tinto em Peça, provocando feltragem do tecido, contribui para uma menor permeabilidade ao ar. Os tecidos tipo crepe, cujos fios têm elevada torção (mais compactos), permitem a criação de maiores capilares no interior do tecido e, conseqüentemente, maiores valores da permeabilidade ao ar. Um aumento dos valores deste parâmetro provoca um aumento de PMV que corresponde a uma diminuição da percepção de frescura destes materiais.
- Quanto maior os valores do Índice de Molhagem, menor é a preferência em termos de Voto Sensorial. Este parâmetro aumenta com a massa por unidade de superfície e com a operação de tingimento. O Voto Médio Previsto, aumenta com o índice de molhagem, pelo que, os materiais que molham com maior rapidez e que libertam a superfície da pele do suor sensível são os que têm o maior valor de PMV, isto é, aqueles que se apresentam menos frescos.
- As propriedades subjectivas de Voto Sensorial e Voto Médio Previsto podem-se correlacionar de uma forma positiva, para algumas estruturas e fios. Os tecidos preferidos em termos sensoriais são os que são apercebidos como mais frescos.

3.8 ETIQUETA DE PERFIL DE QUALIDADE DE CONFORTO

As correlações e conclusões apresentadas permitiram pensar em criar um perfil de conforto, sob a forma de uma “etiqueta de qualidade” para este tipo de materiais. Nesse perfil, deverão constar os parâmetros subjectivos de conforto que são passíveis de ser previstos através dos parâmetros objectivos aqui estudados. Este perfil, em forma de etiqueta, deve conter um parâmetro de conforto térmico, alguns parâmetros de estrutura ou composição e um parâmetro de “toque” ou conforto sensorial. O problema mais uma vez está na escolha das propriedades físico-mecânicas a seleccionar para representar este último parâmetro.

Neste contexto, concluiu-se que a propriedade de Flexão é a mais representativa, pela sua presença transversal em todos os grupos estudados, (estruturas e classes de fios), apesar das propriedades de Corte também se evidenciarem em alguns destes grupos. Assim propriedade de Rigidez à Flexão foi seleccionada para ser o parâmetro representativo do Conforto Sensorial de toque.

Assim, nesta etiqueta de qualidade foram considerados (Fig. 3.33):

- o Voto Médio Previsto apresentado como “CONFORTO TÉRMICO” e calculado directamente pela propriedade de Isolamento Térmico em clo (Iclo) presente no cálculo do PMV,
- a massa por unidade de superfície em g/m^2
- o Voto Sensorial ou Toque ou “CONFORTO SENSORIAL”.

Esta etiqueta deve ainda conter indicações de composição e poderá associar-se à já existente etiqueta de limpeza e conservação do vestuário, com o objectivo de a melhorar ou mesmo de a substituir.

Os parâmetros como a permeabilidade ao ar e o índice de molhagem são fáceis de medir, mas podem conduzir a confusões, visto variarem inversamente com as variáveis subjectivas sendo a sua interpretação mais difícil, pelo que se decidiu não os integrar, bem como os parâmetros da construção dos tecidos.

Escalas utilizadas:

- “CONFORTO SENSORIAL” - escala qualitativa com graduação de POBRE – BOM – EXCELENTE e respectiva escala quantitativa de 0 a 5, obtida pela conversão simples de escala (Anexo AIII, Tabela AIII.11 e 12).
- “CONFORTO TÉRMICO” - aplica parte da escala de sensação térmica da ASHRAE no intervalo de -2 a +2 que está associada à escala qualitativa de FRESCO - NEUTRO – MORNO.
- “PESO” - escala em (g/m^2) de $100 \text{ g}/\text{m}^2$, tecidos super-ligeiros (na classe dos tecidos de camisaria) a $250 \text{ g}/\text{m}^2$, tecidos pesados de Inverno.
- COMPOSIÇÃO - escala numérica de 0 - 100 % de fibra natural a não natural.

Com o intuito de encontrar um instrumento que de alguma forma medisse simultaneamente as duas propriedades físico-mecânicas: Corte e Flexão, encontrou-se na Austrália a Universidade de Deakin, que está a desenvolver uma adaptação a um dinamómetro tradicional que permite medir tais parâmetros. A descrição e realização dos trabalhos nesse protótipo apresentam-se no capítulo seguinte.

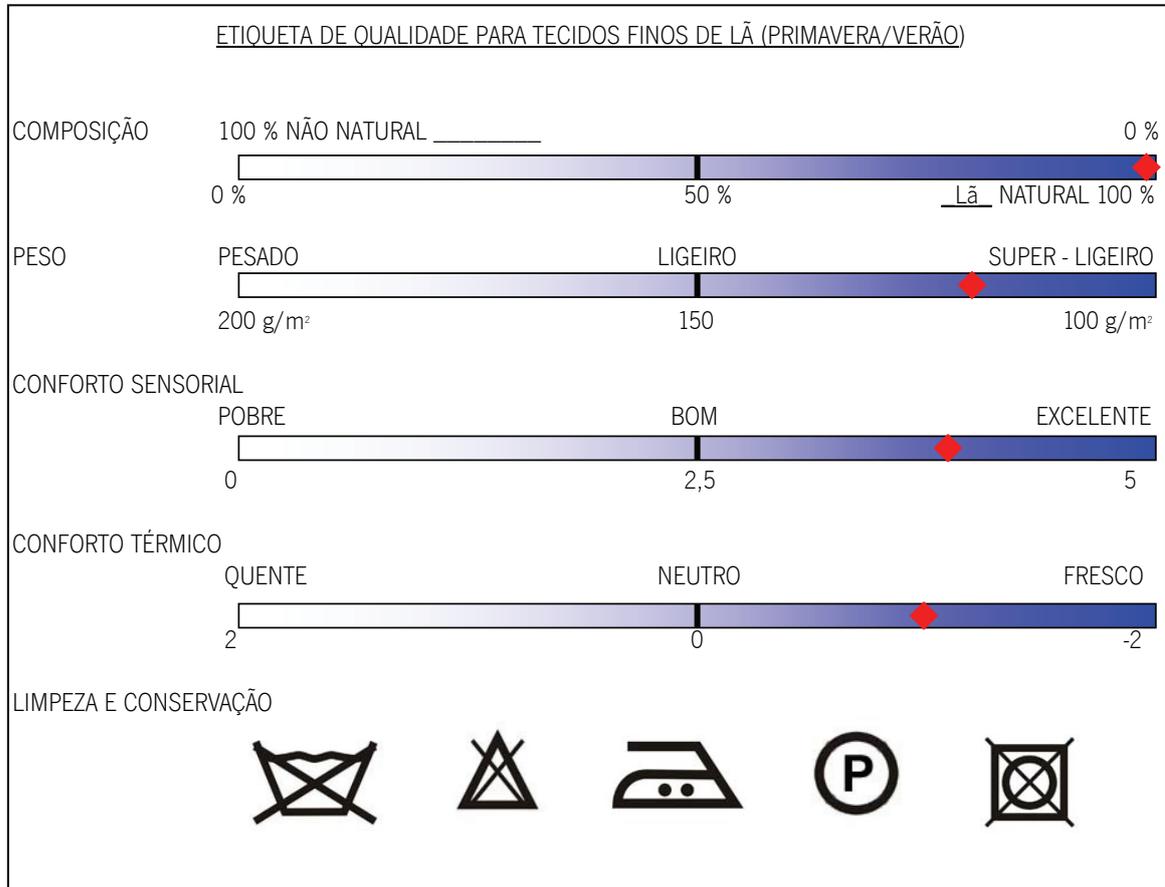


Figura 3.38: Etiqueta de Perfil de Qualidade de Conforto para Tecidos Finos de Lã

CAPÍTULO 4 - INSTRUMENTO ALTERNATIVO

4.1 INSTRUMENTO E PARTE EXPERIMENTAL

O conforto é um dos aspectos os mais importantes do vestuário, principalmente para materiais usados junto à pele, tais como, camisas e calças para o Verão. O conforto sensorial ou toque de um tecido é essencialmente o resultado das tensões geradas sobre um tecido e a forma como estas se transmitem à pele. Estas tensões são um misto de forças mecânicas e de superfície como compressão, tracção, corte, atrito etc. que são muito influenciadas pelas propriedades do tecido. Ao avaliar subjectivamente o toque de um tecido, o avaliador geralmente esfrega a superfície do tecido com um ou mais dedos e manipula o tecido delicadamente na mão. A percepção do toque inclui parâmetros complexos de compressão, tracção, corte e atrito aplicados a pequenas cargas para simular o manuseamento dos dedos no tecido.

Como se constatou neste trabalho ainda não existe nenhum aparelho fiável de avaliação integrada destes parâmetros.

No “Centre for Material and Fibre Innovation” da Universidade de Deakin-Victoria, na Austrália foi feita uma adaptação a um dinamómetro tradicional, que permite medir de uma forma integrada alguns destes parâmetros relevantes do toque de tecidos.

Alguns trabalhos já publicados, sobre esta técnica aplicada a fibras e tecidos de malha de lã e mistos lã (Liu et al. 2004^a e 400b; Wang et al 2004; Zhang et al 2006) descrevem a propriedade analisada neste protótipo como um misto de propriedades de tracção a baixa solicitação, flexão, corte e atrito. Isto levou a utilizar este instrumento para realizar ensaios sobre os tecidos de tafetá em estudo, com vista a que os resultados pudessem transformar-se num indicador para avaliar as propriedades de conforto sensorial do toque.

A Figura 4.1 mostra uma foto da instalação experimental do dinamómetro (tipo LR30K), adaptado com uma caixa fixa de pinos horizontais paralelos em vez da mandíbula inferior.

O objectivo é fazer passar lentamente um provete de tecido através da série de pinos, de forma a obrigá-lo a seguir uma trajectória sinusoidal de contacto directo com a superfície dos pinos. Detalhes sobre as dimensões dos pinos são dadas na Tabela 4.1.

Utilizou-se uma velocidade de ensaio de 200 mm/min e uma célula de força de 100 N.

| TABELA 4.1: Dimensões dos Pinos | |
|---------------------------------|----------------|
| Parâmetros | Valores |
| Distancia entre pinos (mm) | 5 |
| Diâmetro dos pinos (mm) | 15 |
| Numero de pinos | 12 |
| Material dos pinos | Aço Inoxidável |

Como se apresenta na Figura 4.1, a célula de carga é presa na mandíbula superior do dinamómetro, que é o sentido em que o provete é traccionado (sentido da força). O sinal da força é registado pelo sistema de aquisição automático de dados do dinamómetro. As Forças de Tração de Deslizamento (N) são medidas em 3 situações diferentes:

- A - Tecido em contacto directo com o pinos metálicos,
 - B - Tecido em contacto directo com 6 pinos metálicos e 6 pinos revestidos com uma camada de couro (a simular a pele humana),
 - C - Tecido em contacto directo com todos os pinos revestidos por uma camada de couro.
- As dimensões do provete são: 5 x 36 cm, que foram cortados e testados em 3 sentidos diferentes:
- teia,
 - trama,
 - diagonal as 45° (simulando de alguma foram as tensões das forças de corte).

Foram realizados 30 ensaios em cada sentido. Os tecidos aqui utilizados foram os tafetás em todas as suas gamas (COD. 20; 30; 40;50 e 60).

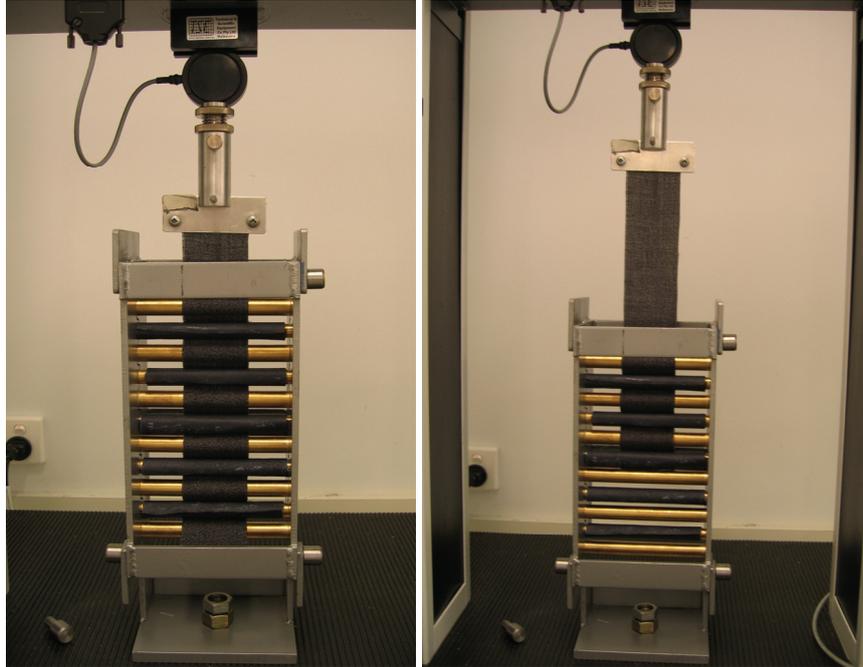


Figura 4.1: Instalação Experimental do Dinamómetro (tipo LR30K) Adaptado, no Início e no Final de um Ensaio

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4.3 mostra uma curva típica da força da tracção em função do tempo desenvolvida quando se tracciona o provete através da série de pinos, a que chamamos Força de Tracção de Deslizamento (FTD). Esta curva apresenta um mínimo perto de 15 segundos e outro menos acentuado perto de 23 segundos. Estes mínimos dão-se quando a amostra deixa de estar em contacto com os pinos inferiores, o ultimo e o penúltimo respectivamente.

Para a validação dos resultados consideraram-se a média dos valores entre 5 e 15 segundos para cada teste, que corresponde aos valores de tensão em que o provete está em contacto com todos os pinos.

Os resultados das médias dos 30 ensaios das Forças Especificas de Tracção (N) para as três situações A, B e C, nos diferentes sentidos (teia, trama, viés e media destas três) apresentam-se no anexo III (Tabela AIII. 10).

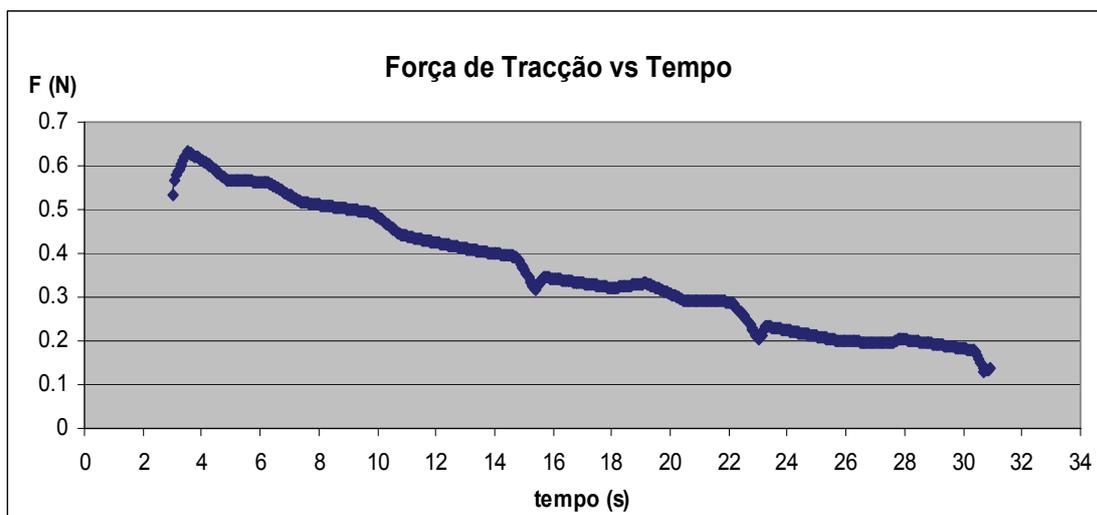


Figura 4.2: Curva de Força de Tracção de Deslizamento Desenvolvida ao Puxar as Amostras através da Série de Pinos

Foi estudada a análise de correlações lineares entre o parâmetro de Força de Tracção de Deslizamento (FTD) e as propriedades mecânicas e subjectivas estudadas para as estruturas de tafetá (Anexo III Fig. AIII.15). Existe uma elevada correlação linear positiva entre as propriedades mecânicas de Corte (G, 2GH, 2GH5) e principalmente a de Flexão (B 2HB). Há ainda uma correlação positiva com a espessura (T0) e com o Voto Médio Previsto (PMV). O Voto Sensorial apresenta uma correlação inversa, ou seja, quanto menor for o valor de FTD maior será a apreciação do tecido em termos de “toque”.

De uma forma geral, verifica-se a existência de correlações lineares para qualquer das situações estudadas (A, B e C). No entanto, a que apresenta maior número de correlações é a que utiliza o tecido em contacto directo com os pinos totalmente revestidos pela camada de couro, (situação C). Consequentemente, usou-se os parâmetros de Força de Tracção de Deslizamento na situação (C) e nas vertentes de valor “médio” e “valor diagonal” para o cálculo na escala de CONFORTO SENSORIAL (de 0 a 5) como mostra a tabela AIII.12 do Anexo III.

A Figura 4.3 apresenta os resultados do CONFORTO SENSORIAL dos tecidos de tafetá usando os três parâmetros considerados de medição Rigidez de Flexão (B), Força de Tracção de Deslizamento valor “médio” teia - trama (FTDm) e valor da “diagonal” (FTDd). Comparando as Forças de Tracção de Deslizamento, valores “médio” e “diagonal” verifica-se que estes são

idênticos. A vertente “diagonal” apresenta valores ligeiramente superiores, no entanto, ambos os resultados de Força de Tracção de Deslizamento apresentam elevadas correlações com a Rigidez de Flexão (Anexo III, $r = 0,878$ e $r = 0,856$ respectivamente Fig. AIII.16). A grande vantagem em se usar os valores da “diagonal” é a economia de tempo, pois o número de ensaios para chegar até este valor é muito menor.

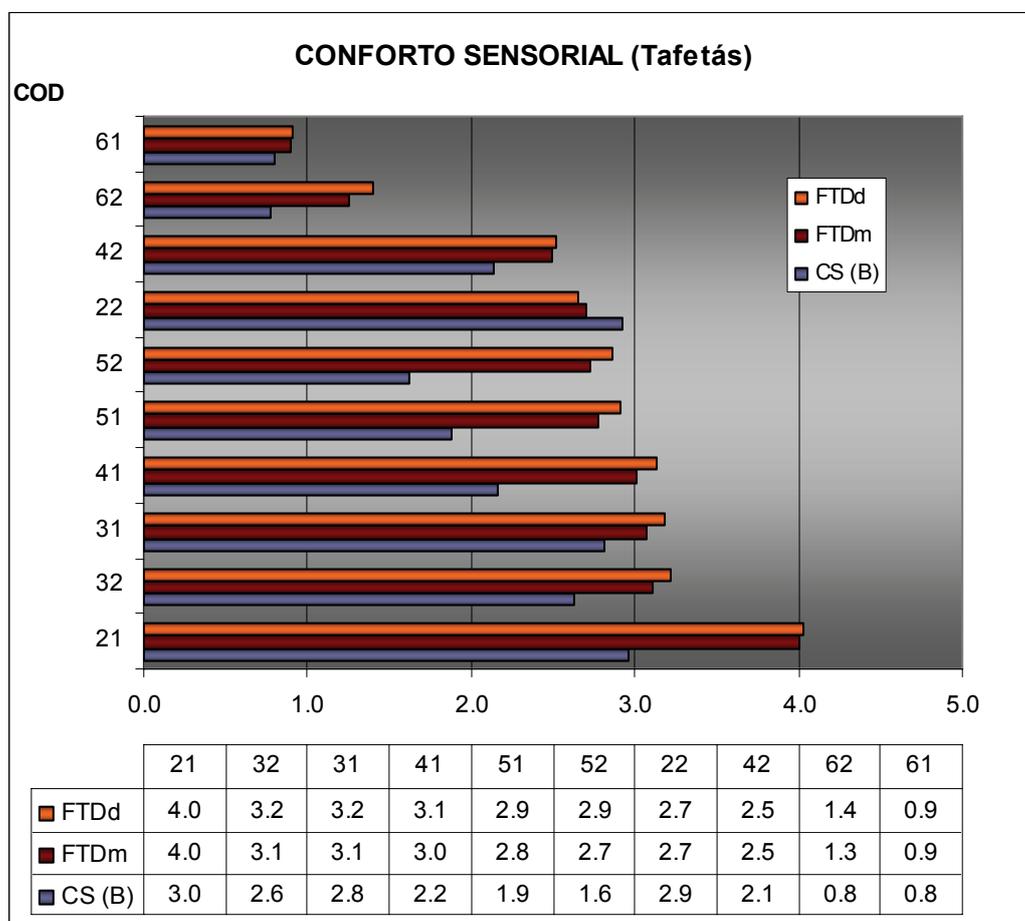


Figura 4.3: Resultados do Conforto Sensorial na Escala 0 a 5

Os valores de CONFORTO SENSORIAL calculados a partir da propriedade de Rigidez de Flexão (B) apresentam-se em média mais baixos que os conseguidos com a FTD, mas apresenta uma melhor correlação com os valores reais de Voto Sensorial (Anexo III B: $r = -0,947$; FTDd: $r = 0.828$; FTDm: $r = -0.837$). Um outro inconveniente no uso do parâmetro B, que é a média dos

valores de teia e de trama, é a morosidade de medição que torna inviável a sua utilização comercial.

Dentro desta classificação os resultados mostram que os tecidos com melhor CONFORTO SENSORIAL são os COD 20'S e os menos apreciados os COD. 60's, ficando os restantes em posição intermédia mas muito próximas.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

5.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho tem como objectivos principais contribuir para um melhor conhecimento das propriedades e comportamentos dos tecidos finos de lã e estudar a influência destes no conforto sensorial e termofisiológico do vestuário.

A criação de uma base de dados, das propriedades objectivas e subjectivas avaliadas, permitiu relacioná-las, de modo a consolidar algumas hipóteses anteriormente formuladas.

As análises das avaliações subjectiva e medições objectivas permite concluir que:

A preferência dos consumidores portugueses em termos de toque sensorial, de tecidos finos de lã para a estação de Primavera/Verão, é de um toque fresco, macio e leve, o que confirma as hipóteses formuladas num estudo anterior (Broega 2002). Esse estudo mostra que as preferências nacionais são divergentes, se não mesmo opostas, às dos japoneses, no que respeita o toque sensorial.

Segundo as “Expressões Primárias do Toque” dos padrões japoneses, os tecidos finos de lã aplicados na fabricação de fatos de homem para a estação de Primavera/Verão são avaliados segundo preferências de expressões japonesa de toque como: “*koshi*” (que avalia a rigidez ligada à flexão de um tecido) e “*shari*” (que é a medida da rugosidade de um tecido, sensação que provem de uma superfície “crispada” e rugosa que, normalmente, se obtém pelo emprego de fios “crepe”, duros e muito torcidos, contrariamente à preferência portuguesa que aprecia tecidos essencialmente macios e pouco rijos.

A “Qualidade Total do Toque” foi avaliada em termos de Votação Sensorial, podendo afirmar-se que a preferência é para os tecidos mais finos, fabricados em estruturas simples com

alinhavos pequenos (tafetás), como os tecidos “*fresco de lã*” italianos com propriedades naturais de elasticidade.

A operação de tingimento em peça tende a prejudicar o toque deste tipo de produtos, e isto é tanto mais significativo, quanto mais finos são os materiais. Os únicos tecidos que parecem ser beneficiados por esta operação são os tecidos fabricados com fios tipo crepe, que após tingimento apresentam um toque melhorado.

A conclusão é semelhante para o conforto térmico dos tecidos avaliados pelo “Voto Médio Previsto (PMV), pois os tecidos mais finos são avaliados como os “frescos”.

A aplicação de métodos estatísticos multivariados permitiu reduzir o número de variáveis em estudo de 25 para 18 parâmetros.

O estudo das correlações lineares entre propriedades subjectivas (PMV e VS) e as 18 propriedades objectivas seleccionadas identificou três grandes grupos a saber: propriedades físicas de flexão, propriedades de construção dos tecidos e propriedade de permeabilidade ao ar.

A selecção deste número mais restrito de propriedades responsáveis pela diferenciação dos grupos de tecidos leva a pensar na possibilidade de criar uma etiqueta de perfil de qualidade de conforto com informações sobre o Conforto Térmico e Sensorial de Toque, que pode ser afixada no vestuário de forma permanente. Esta etiqueta pode apresentar alguns parâmetros estruturais/composição/manutenção do conhecimento comum do consumidor de forma a que a sua leitura se torne mais fácil e que venha a ser reconhecida como uma etiqueta de qualidade e prestígio no vestuário com esta composição.

O Conforto Térmico, avaliado pelo PMV (Voto Médio Previsto), é calculado directamente pela propriedade de Isolamento Térmico, que está, por si só, associada a uma escala de Sensações Térmicas já normalizada (ASHRAE).

O Conforto Sensorial de Toque, objectivo principal deste trabalho, propõe-se que seja avaliado pela propriedade de Rigidez à Flexão que é inversamente proporcional à preferência de toque para este tipo de produtos, numa escala de 6 pontos (de 0 a 5).

A propriedade de Flexão foi identificada como sendo a principal responsável pela diferenciação neste conjunto de tecidos, pois aparece transversalmente em todas as estruturas e classes de

fios, tendo, no entanto, a propriedade de Corte também alguma representatividade nessa diferenciação.

Com o objectivo de conjugar essas duas propriedades procuraram-se instrumentos alternativos que as avaliassem em simultâneo, pelo o que se definiu a Força de Tracção de Deslizamento. Esta nova propriedade permite avaliar o parâmetro de Conforto Sensorial de Toque de forma mais completa, pois contempla outras propriedades mecânicas para além da Flexão, como o Corte e o Atrito.

Os valores encontrados para os dois parâmetros, Rigidez de Flexão e Força de Tracção de Deslizamento, apesar de diferentes são proporcionais. A grande vantagem do método que avalia o parâmetro Força de Tracção de Deslizamento na Diagonal, é o tempo de medição, que é metade da avaliação dos restantes parâmetros, o que o torna viável para o meio industrial.

Qualquer que seja o parâmetro mecânico seleccionado para quantificar o Conforto Sensorial de Toque, é necessário aumentar a quantidade de ensaios para validar o método. No entanto, pensamos que este trabalho é uma “Contribuição para a Definição de Padrões de Conforto de Tecidos Finos de Lã”, segundo preferências nacionais, que será uma mais valia no mercado global da industria têxtil laneira.

1.2 PERSPECTIVAS FUTURAS

O tema “Conforto de Tecidos”, nomeadamente a o deste estudo faz parte integrante de um projecto de 3 anos em curso no Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil desta Universidade.

Contudo o estudo deve ser alargado a um maior número de classes de tecidos laneiros (finos e intermédios), de forma a enriquecer a base de dados e permitir criar um modelo de previsão, alicerçado em redes neuronais artificiais.

Validar estes resultados a nível europeu em termos de preferência total de toque, no sentido de criar a normalização do conceito.

Divulgar o conceito quer a nível industrial, quer comercial junto do cliente/consumidor alertando-os para os níveis de qualidade certificados por Etiquetas de Conforto.

Uma consequência directa deste projecto, obriga a perspectivar a um prazo mais alargado, a criação de um instrumento de medida que permita a medição em simultâneo das propriedades de conforto seleccionadas. Inicialmente, para ser utilizado em laboratórios da especialidade, para controlo final ou intermédio do processo de acabamentos, mas com todas as potencialidades de ser possível a sua adaptação a uma medição/avaliação contínua (online), a ser aplicada à saída de uma máquina da secção da ultimação têxtil como, por exemplo, o enrolador/embalador de tecido.

Se estas são alguma das perspectivas práticas a curto-médio prazo, no âmbito deste projecto, muitas outras, a longo prazo, ficaram em aberto, principalmente no âmbito da avaliação sensorial subjectiva. Assim alguns dos pontos a explorar poderão ser:

- Alargar a apreciação sensorial subjectiva ao domínio do toque e visão em simultâneo, avaliando de que forma as preferências dos avaliadores serão influenciadas pela presença da visão. A junção destes dois sistemas sensoriais permite explorar o vasto universo do conforto psico-estético.

Criar metodologias capazes de avaliar o conforto psico-estético de uma forma objectiva e quantificável pois é um tema muito pouco abordado pelos estudiosos desta área de conhecimento.

A abordagem do conforto psicológico por via estética, embora interessante, torna o estudo mais complexo, pela intercepção de áreas de estudo como a psicologia, a sociologia, o marketing para além das propriedades térmicas e físico-mecânicas dos materiais.

- Uma outra abordagem a este tema (de avaliação sensorial), e que poderá ser um próximo passo deste estudo, é estender a metodologia de avaliação subjectiva, utilizada neste trabalho, a outros tipos de matérias primas, utilizando como avaliadores crianças.

O avaliador não seria informado da finalidade dos materiais e não teria vivências para preferir um material em termos aplicação final, pelo que será possível uma classificação de preferência absoluta quanto ao toque total do material. A vantagem em usar este tipo de avaliadores (crianças) é que à sua pouca vivência não terão

ideias pré concebidas acerca dos diferentes tipos de matérias primas, além de que a sua sensibilidade ao toque estar ainda muito sensitivo pois estes possuem peles muito jovens e finas, ainda muito protegidas das agressões físicas e químicas externas.

- Tornou-se cómodo e económico utilizar neste estudo o “Voto Médio Previsto (PMV), de um modelo térmico testado e universalmente aceite, mas pensamos que será de muito interesse no futuro, confirmar estes resultados, com estudos práticos de painéis de indivíduos utilizando o vestuário em condições reais e simultaneamente integrar o estudo do conforto ergonómico do respectivo vestuário.

Produzir fatos de diferentes modelos que possam ser usados em condições reais (dia-a-dia), por um painel de avaliadores que avaliem sistematicamente o desempenho destes produtos em termos de conforto ergonómico e termofisiológico, em condições de ambientais e de actividade física e psicológica mais ou menos controladas.

O conhecimento e avaliação de todas estas vertentes do conforto do vestuário, seria um passo importante na avaliação Total do Conforto.

BIBLIOGRAFA

AATCC 1996, *Fabric Hand: Subjective Evaluation*, Technical Manual, American Dyestuff Reporter.

AATCC 1966, Midwest Section, *An assessment of the relationship between softness levels and people's appreciation of fabrics "hand"*, American Dyestuff Reporter 55, pp. 30.

AFNOR 1992, *Analyse Sensorielle - Vocabulaire*, NF-ISO 5492, 1992.

AFNOR 1999, *Analyse Sensorielle. Guide general pour l'évaluation sensorielle*, AFNOR XP V 09-501.

ASTM 1983, American Society for Testing and Materials - "Standard Definition of Terms Relating to Textile".

ASHRAE 1997, American Society of Heating - Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - Thermal comfort conditions, ASHRAE Handbook of fundamentals, Chapter 8, Atlanta.

ASHRAE 1966, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers 1966, *Thermal comfort conditions*, ASHRAE standard 55.66, New York.

ASHRAE 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers 1989, *Physiological principals, comfort and health*, in Fundamentals Handbook, Atlanta, USA.

AWTOMECA 1987, *Test Procedures for Objective Evaluation of Woven Apparel Fabrics - Low Stress Mechanical Surface and Dimensional Properties*, CSIRO, Australia.

Barnes, JC, Holcombe, BV 1996, "Moisture Sorption and Transport in Clothing During Wear", *Textile Res. J.* 66, pp. 777-786.

Behera, BK, Ishtiaque, SM, Chand, S 1997, "Comfort Properties of Fabrics Woven from Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarns", *J. Text. Inst.* 88 Part1, No.3, pp 255-264.

Benisek, L, Harnett, PR, Palin, MJ 1987, "The Influence of Fibre and Fabric Type on Thermophysiological Comfort", *Melliand English*, 12, E387-E407.

Binns, H 1934, "A Tactile Comparison of the Cloth Qualities of Continental and Noble Combed Materials", *J. Text. Inst.* 25, pp. T157-T173.

- Bishop, BP 1994, "Fabrics: Sensory and Mechanical Properties", *Textile Progress*, 26 No 3.
- Brady, PR 1997, *Finishing and Wool Fabric Properties: a guide to the theory and practice of Finishing woven wool fabrics*, CSIRO Wool Technology, Victoria, ISBN 0 643 06325 0.
- Brand, RH 1964, "Measurement of Fabrics Aesthetics Analysis of Aesthetics Components", *Textile Res. J.* 34, pp. 791-804.
- Broega, AC 2001, "Contribuição para a Quantificação do Toque e Conforto de Tecidos Super Finos de Lã", Master Thesis, Universidade do Minho, Guimarães.
- Brooks, KA 1991, "Subjective Assessment of Wet-Raised Woollen Fabrics", *J. Text. Inst.*, 82(3), pp. 285-290.
- Brownless, NJ, Anand, SC, Holmes, DA, Rowe, T 1996, "The Dynamics of Moisture Transportation, Part I: The Effect of "Wicking" on the Thermal Resistance of Single and Multi-Layer Fabric Systems". *Textile Res. J.* 87, pp. 172-182.
- Byrne, MS, Gardner, APW, Fritz, AM 1993, "Fiber Types and End-Uses: a Perceptual Study", *J Text. Inst.* 84(2), pp. 275-288.
- Byrne, MS 1986, "Comparison of Fabrics Hand Assessment in the United States and Japan", *Textile Res. J.* 56, pp. 227-240.
- Cabeço Silva, ME 1996, "Avaliação de Tecidos pelo Sistema Kes-F", *T Textilia* 19, pp. 32-38.
- Cardello AV, Winterhalter, C 2003, "Predicting the handle and comfort of military clothing fabrics from sensory and instrumental data: Development and application of new psychophysical methods", *Textile Res. J.* 73, pp. 221-237.
- Coren, S, Ward, LM, Enns, JT 1993, *Sensation and Perception*, Ted Buchholz USA, ISBN 0-15-500103-5.
- CSAIRO 2005, Improving product fabrication with polymers, Advanced & Composite Materials CSAIRO, retrieved September 2005, from <http://www.csiro.au/science/ps3p.html>.
- David, HG 1964, "The buffering action of hygroscopic clothing", *Textile Res. J.* 34, pp. 814-816.
- David, HG, Stearn, AE, Denby, EF 1983, "The subjective assessment of handle", *proceedings of the 2nd Australia-Japan Bilateral Science and Technology Symposium*, Parkville, Victoria, Australia.
- Dawes VH, Owen JD 1971, "The assessment of fabrics handle. Part II: Smoothness", *J. Text. Inst.*, 62, pp. 245.

De Martino, RN, Yoon, HN, Buckley, A, Averell, RB, Jackson, WW, Becker, CL, Hollies, NRS 1984, "Improved Comfort Polyester. Part III: Wearer Trials" *J. Textile Inst.* 54, pp. 447-458.

De Martino, RN, Yoon, HN, Buckley, A 1984, "Improved Comfort Polyester, Part V: Results from Two Subjective Wearer Trials and Their Correlation with Laboratory Tests", *Textile Res. J.* 54(9), pp. 602-613.

Depledge, F 1998, *Évaluation Sensorielle, Manuel Méthodologique*, Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire (SSHA), Lavoisier Technique & Documentation, Paris, ISBN 2-7430-0124-0.

Elder HM, Fisher S, Armstrong K 1984, "Fabric softness, handle and compression", *J. Text. Inst.*, 75(1), pp. 37.

Ellis, BC, Garnsworthy RK 1980, "A review of techniques for the assessment of hand", *Textile Res. J.* 50(4), pp. 231-238.

Elsner, P, Hatch, K, Wigger-Alberti, W 2003, *Textiles and the Skin, Current Problems in Dermatology*, G. Burg Ed, Vol. 31, Zurich, ISBN 3-8055-7438-X.

Galcerán, V 1961, *Tecnología del Tejido: Analisis de Tejido y Técnica de su Fabricacion*. Ed. Universidade Politècnica da Catalunya, Tarrassa.

Fourt, L & Hollies, NRS 1970, *Clothing: Comfort and Function*, Marcel Dekker, Inc., New York, ISBN 0-8247-1214-5.

Sharma, S, 1996, *Applied Multivariate Techniques*, Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York., ISBN 0-471-31064-6.

Fritz, AM 1990, "Sensory assessment assessed", *Textile Asia*, 21(5), pp. 144-147.

Gibson, P, Donald, R, Kendrick C, Gibson, HS 1999, "Humidity-Dependent Air Permeability of Textile Materials", *Textile Res. J.* 69, pp. 311-317.

Gong, RH, Mukhopadhyay, SK 1993, "Fabric Objective Measurement: A Comparative Study of Fabrics Characteristics", *J. Text. Inst.*, 84 No 2, pp. 192-198.

Gwosdow, AR, Stevens, JC, Berglund, LG, Stolwijk, JAJ 1986, "Skin Friction and Fabric Sensations in Neutral and Warm Environments", *Textile Res. J.* 56, pp. 574-580.

Hallos RS, Burnip MNS, Weir, A 1990, "The handle of double-jersey knitted fabrics. Part I: polar profiles", *J. Text. Inst.*, 81(1), 15-35.

Harvard Referencing 2007, Curtin University of Technology , retrieved March 16, 2007, from <http://www.library.curtin.edu.au>.

Hatch, KL, Markee NL, Maibach HI, Woo, SS, Barker, RL, Radhakrishnaiah, P 1990b, "In Vivo Cutaneous and Perceived Comfort Response to Fabric Part III: Water Content and Blood Flow in Human Skin Under Garments Worn by Exercising Subjects in a Hot, Humid Environment", *J. Textile Inst.* 60, pp. 510-519.

Hatch, KL, Woo, SS, Markee NL, Maibach HI 1990a, "In Vivo Cutaneous and Perceived Comfort Response to Fabric Part I: Thermophysiological Comfort Determination for Three Experimental Knit Fabrics" *J. Textile Inst.* 60, pp. 405-412.

Healthy Heating [Imagem] 2005. Retirado a 17 Fevereiro 2005 de: <http://www.healthyheating.com>.

Hes, L, Dolezal, I 1989, "New method and equipment for measuring thermal properties of textiles", *J. Textile Machinery Society of Japan* 42, pp. 124-128.

Histologia da pele [Imagem] 2006. Retirado a 2 Fevereiro 2006 de: <http://www.saudeparavoce.com.br/pintanapele/histologia.htm>.

Hoffman, RM, Beste LF 1951, "Some relation of fiber properties to fabric hand", *Textile Res. J.* 21, pp. 66-69.

Wong, ASW, Li Y, Yeung, PKW, Yeung 2003, "Neural Network Predictions of Human Psychological Perceptions of Clothing Sensory Comfort", *Textile Res. J.* 73, pp. 31-37.

Wong, ASW, Li Y, Yeung, PKW 2004, "Predicting Clothing Sensory Comfort with Artificial Intelligence Hybrid Model", *Textile Res. J.* 74, pp. 13-19.

Behera, BK 2007, "Comfort and Handle Behaviour of Linen-Blended Fabrics, *AUTEX Research J, Vol. 7, No1*, electronic edition: <http://autexrj.org/No1-2007>.

Hollies, NRS, Custer, AG, Morin CJ, Howard ME 1979, "A human perception analysis approach to clothing comfort", *Textile Res. J.* 49, pp. 557-564.

Hollies, NRS 1989, "Visual and tactile perceptions of textile quality", *J Text. Inst.* 80(1), pp. 1-18.

Hollies, NRS, Hyun SO, Spivak, SM 1991, "Skin Sensations Perceived in Apparel wear. Part I: Development of a new perception language", *J. Text. Inst.* 82 No3, pp. 389-397.

Hong, KH, Hollies, NRS, Spivak, SM 1988, "Dynamic moisture vapor transfer through textiles, Part I: Clothing hygrometry and the Influence of fiber type", *Textile Res. J.* 58, pp 697-706.

Howorth, WS, Oliver, PH 1958, "The application of multiple factor analysis to the assessment of fabrics handle", *J. Text. Inst.*, 49, pp. 540.

ISO 1192-1993, International Standard Organization 1993, Physiological Effects-Measurement of Thermal and Water-Vapour Resistance under Steady-State Conditions, ISO 1192-1993, ISO, Geneva.

ISO 7730-1984, International Standard Organization 1984, *Moderate thermal environments - determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, ISO 7730-1993, ISO, Geneva.

Jacobsen, M, Fritz, A, Postle, R 1992, "A psychophysical evaluation of the tactile qualities of hand knitting yarns", *Textile Res. J.* 62 pp. 557-566.

Kato Tech, Manual for KES-F7, Thermo- Labo III, Kato Tech, Ltd.

Kawabata, S 1980, *The Standardization and Analysis of Hand Evaluation*, 2nd Edition, Ed. The Textile Machinery Society, Japan.

Kawabata, S, Masako, N 1989, "Fabric performance in clothing and clothing manufacture". *J Text. Inst.* 80(19), pp.17.

Kawabata, S, Niwa, M 1991, "Recent progress in the objective measurement of fabric hand", *proceedings of the International Conference "Textile Science 91"*, Technical University of Liberec, Czechoslovakia.

Kawabata, S, Postel, R, Niwa, M 1982, "Objective specification of fabric quality, mechanical properties and performance", *proceeding of the Japan-Australia Joint Symp. of Text. Mach. Soc. of Japan*, Kyoto, Japan.

Kawabata, S, Yoneda, M 1982, *A Theoretical Consideration on the Objective Measurement of Fabric Warm/Cool Feeling*, *proceedings of the Japan-Australia Joint Symposium*, Kyoto, Japão, Maio 1982, pp. 393-406.

Laughlin, J 1991, "Perception of textiles, visually and tactually – An exploratory study using multidimensional scaling analysis", *Intern. J. of Clothing Science Technology*, 3(1), pp. 28.

Li, J, Wang, Y, Zhang, W 2005 "Cold sensitivity differences between body sections under clothing", *Textile Res. J.* 75 (3), pp. 208-212.

Li, Y 1988, "Mathematical Simulation of the Perception of Fabric Dampness" *proceedings of the 27th Textile Research Symposium*, Mt. Fuji.

Li, Y 2002, The Science of Clothing Comfort, *Textile Prog.* Vol. 31, No 1.

Li, Y, Brown, G 1996, *Fabrics Coolness-to-the-touch. Part III: Relationships between Measured Coolness and Fabric Fundamental Properties*, CSIRO, Division of Wool Technology, Ryde, Sydney, Australia, Report WTC96.23.

Li, Y, Holcombe, BV, Apar, F 1992, "Moisture buffering behaviour of hygroscopic fabric during wear", *Textile Res. J.* 62, pp. 619-627.

Li, Y, Holcombe, BV, Dear, R 1996, "Enhancement of coolness to the touch by hygroscopic fibers. Part II: Physical Mechanisms", *Textile Res. J.* 66, pp. 587-595.

Li, Y, Plant, AM, Holcombe, BV 1995, "Fiber hygroscopicity and perception of dampness. Part II: Physical mechanisms", *Textile Res. J.* 65, pp. 316-324.

Liu, X, Wang, L, Wang, X 2004a, "Evaluating the Softness of Animal Fibers", *Textile Res. J.* 74(6), pp. 535-538.

Liu, X, Wang, L, Wang, X 2004b, "Resistance to compression Behavior of Alpaca Wool", *Textile Res. J.* 74(3), pp. 265-270.

Lubos, H, Dolezal, I 1989 "New Method and Equipment for Measuring Thermal Properties of Textiles" *J. Textile Machinery Society of Japan* 42, pp. 124-128.

Lundgren HP 1969, "New concepts in evaluating fabric hand" *Textile Chemist and Colorist*, 1, pp. 35.

Lycra 2002, Global Consumers Trends: The New Generation, Press Releases, retrieved Jun 2002, from <http://www.lycra.com/en/press-center/press-releases-detail.aspx?param=137>.

Mahar, TJ, Wheelwright, PR, Dhingra, RC, Postle, R 1990, "Measuring and Interpreting Low-Stress Fabric Mechanical and Surface Properties, Parte V", *Text. Res. J.*, 60, pp. 7-17.

Markee, NL, Hatch, KL, Maibach HI, Barker, RL, Radhakrishnaiah, P, Woo, SS 1990, "In Vivo Cutaneous and Perceived Comfort Response to Fabric Part IV: Perceived Sensations to Three Experimental Garments Worn by Subjects Exercising in a Hot, Humid Environment", *J. Textile Inst.* 60, pp. 561-568.

Matlin, MW, Foley, HJ 1992, *Sensation and Perception*, Allyn & Bacon, Boston, USA, ISBN 0-205-13313-4.

Matsudaira, M, Watt, JD, Carnaby, GA 1990, "Measurement of the surface prickle of fabrics. Part II: Some effects of finishing on fabrics prickle", *J. Text. Inst.*, 81(3) pp. 300-309.

Matsudaira, M, Watt, JD, Carnaby, GA 1990a, "Measurement of the surface prickle of fabrics. Part I: The evaluation of potential objective methods", *J. Text. Inst.*, 81(3) pp. 288-299.

NF G07-109, 1980, Essais des Etoffes - Methode de determination du drape d'un tissu ou d'un tricot.

NP EN 20139, 1996 Atmosferas Normalizadas de Condicionamento e Ensaio.

- NP EN ISO 9237, 1997, Determinação da Permeabilidade dos Tecidos ao ar IPQ.
- Parsons, KC 2003, *Human thermal environments*, Taylor & Francis, Hampshire, UK, ISBN 0-415-23793-9.
- Peirce, FT 1930, "The "handle" of cloth as a measurable quantity", *J. Text. Inst.*, 21, pp. 377-416.
- Mahar, TJ, Postle, R 1989, "Measuring and Interpreting Low-Stress Fabric Mechanical and Surface Properties, Part IV: Subjective Evaluation of Fabric Handle", *Textile Res. J.*, 59(12), pp. 721-733.
- Postle, R 1989, "Fabric Objective Measurement: 1, Historical Background and Development", *Textile Asia*, 7, pp. 64-66.
- Philippe, F, Schacher, L, Adolphe, D 2004, "Tactile feeling: sensory analysis applied to goods", *Textile Res. J.* 74(12), pp. 1066-1072.
- Plante, AM, Holcombe, BV, Stephens, LG 1995, "Fiber Hygroscopicity and Perceptions of Dampness, Part I: Subjective Trials", *Textile Res. J.* 65, pp. 293-298.
- Savile, BP 1999, *Physical Testing of Textiles*, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, ISBN 1 85573 367 6.
- Scheurell, DM, Spivak, SM, Hollies, NRS 1985, "Dynamic Surface Wetness of Fabrics in Relation to Clothing Comfort", *Textile Res. J.* 55, pp. 394-399.
- Schneider, AM, Holcombe, BV, Stephens, LG 1996, "Enhancement of coolness to the touch by hygroscopic fibers. Part I: Subjective Trials", *Textile Res. J.* 66(8), pp. 515-520.
- Schneider, AM, Holcome, BV 1991, "Properties influencing coolness to the touch of fabrics", *J. Textile Inst.* 61, 488-494.
- Sharma, S 1996, *Applied Multivariate Techniques*, Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN 0-471-31064-6.
- Slate, K 1977, "Comfort properties of textile", *Text. Progress*, 9, pp. 1-91.
- Slater, K 1986, "The Assessment of Comfort", *J. Textile Inst.*, vol. 77, no 3, pp. 157-171.
- Slater, K 1997, "Subjective Textile Testing", *J. Text. Inst.* 88 Part 1, no 2, pp. 79-91.
- SPSS Tutorial 2005, *SPSS for Windows 11.0* SPSS inc. 2001-2005, from <http://www.spss.com>.

Statsoft (ed) 1995, *Statistica for Windows, Vol. I, III: Statistics II, 2nd ed.*, Tulsa, ISBN 1-884233-13-9.

Stone, H, Sidel, JL 1992, *Sensory Evaluation Practices*, Academic Press, California, USA, ISBN 0-12-672482-2.

Stuart, IM, Schneider, AM, Turner, TR 1989, "Perception of the heat of sorption of wool", *Textile Res. J.*, 59, pp. 324-329.

Sweeney MM, Branson DH 1990, "Sensorial comfort. Part I: A psychological method for assessing moisture sensation in clothing", *Textile Res. J.*, 60, pp. 371-337.

The Textile Institute 1995, *Textile Terms and Definitions*, 10th edition, Manchester.

Thorndike GH, Varley, L 1961, "Measurement of the coefficient of friction between samples of the same clothes", *J. Text. Inst.*, 52, pp. 255.

Ukponmwan, JO 1993, "The Thermal-insulation Properties of Fabrics" *Textile Prog.* vol 24, n 4.

Umbach, KH, Mecheels, J 1997, "Thermophysiological eigenchaften von kleidungssystemen", *Melliand Textilber*, 57, pp. 73-81.

Vaughn, EA, Kim, C 1975, "Definition and Assessment of Fabric Hand", *proceeding of the Conference Research Triangle Park American Association of Textile - Chemists and Colorists AATCC 1975*, NC, USA.

Wang, G, Zhang, W, Postle, R, Phillips, D 2003, "Evaluating Wool Shirt Comfort with Wear Trials and the Forearm Test", *Text. Res. J.*, 73(2), pp. 113-119.

Wang, L, Gao, W, Wang, X 2004, *Modelling the Force of Pulling a Fibre Through a Series of Pin*, proceeding of the World Textile Conference 4th Autex Conference, Roubaix, France.

Winakor, G, Kim, CJ, Wolins L 1980, "Fabrics hand: tactile sensory assessment", *Textile Res. J.* 50, pp. 601-609.

Wong, ASW, Li, Y, Yeung, PKW 2003, "Neural network prediction of human psychological perception of clothing sensory comfort", *Textile Res. J.* 73 (1), pp. 31-37.

Wong, ASW, Li, Y, Yeung, PKW 2004, "Predicting clothing sensory comfort with artificial intelligence hybrid models", *Textile Res. J.* 74 (1), pp. 13-19.

Woodcock, AH 1962, "Moisture transfer in textile systems. Part I", *Textile Res. J.* 32, pp. 628-633.

Zhang, P, Liu, X, Wang, L, Wang, X 2006, "An Experimental Study of Fabric Softness Evaluation", *Textile Res. J.* accepted for publication.

ANEXOS

- Anexo I** INSTRUMENTOS E MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO
- Anexo II** AVALIAÇÃO SUBJECTIVA DO CONFORTO TERMOFISIOLÓGICO SEGUNDO FANGER
- Anexo III** RESULTADOS EXPERIMENTAIS
- Anexo IV** FICHAS DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO SENSORIAL