



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE ARTES – CEART
MESTRADO EM DESIGN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Relação entre design da modelagem e aplicação de materiais de mudança de fase no vestuário: uma análise do conforto térmico com base nos fatores humanos.

ROBERTA MACHRY VIANNA DOS SANTOS

FLORIANÓPOLIS, 2015

ROBERTA MACHRY VIANNA DOS SANTOS

**RELAÇÃO ENTRE DESIGN DA MODELAGEM E
APLICAÇÃO DE MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE
NO VESTUÁRIO: UMA ANÁLISE DO CONFORTO
TÉRMICO COM BASE NOS FATORES HUMANOS**

**Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-graduação em Design do Centro
de Arte, da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Design.**

**Orientador: Prof. Dr. Milton José
Cinelli.**

**FLORIANÓPOLIS
2015**

S237r Roberta Machry Vianna dos Santos

Relação entre design da modelagem e aplicação de materiais de mudança de fase no vestuário: uma análise do conforto térmico com base nos fatores humanos / Roberta Machry Vianna dos Santos. - 2015.

143 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Milton José Cinelli

Bibliografia: p. 92-101

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Artes, Mestrado em Design, Florianópolis, 2015.

1. Vestuário - Tecnologias. 2. Conforto humano. 3. Equilíbrio térmico. I. Cinelli, Milton José. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Design. III. Título.

CDD: 687.028 - 20.ed.

ROBERTA MACHRY VIANNA DOS SANTOS

**CONFORTO TÉRMICO EM TECIDOS COM APLICAÇÃO DE
MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Design do Centro de Arte, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: _____

Prof. Dr. Milton José Cinelli.
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Prof. Dr. Elton Moura Nickel
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Profa. Dra. Marília Matos Gonçalves
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 29/07/2015

AGRADECIMENTOS

Aos professores, pelos ensinamentos e sugestões. Aos colegas, pela compreensão e solidariedade. À família e aos amigos, pelo apoio e presteza.

Epígrafe

“And you run and you run to catch
up with the sun
But it's sinking
And racing around to come up
behind you again.”

Pink Floyd

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo investigar a existência de efeitos relacionados ao tipo de modelagem de camisetas fabricadas com tecidos que contenham fibras compostas por materiais de mudança de fase (PCM's) com a temperatura corporal, transpiração e percepção de conforto térmico. Para tal, foram combinados métodos quantitativos e qualitativos de coleta de dados e análise de imagens termográficas. Cinco voluntários aptos a realizar o procedimento experimental participaram do estudo, testando cada um três camisetas confeccionadas com tecido composto por 86% fio OLV (70% PES normal/30% Outlast[®] Viscose), 10% fio Outlast[®] PES filamento e 4% elastano, com gramatura de 140g/m². As camisetas possuíam modelagens distintas: ajustada, tradicional ou ampla. O procedimento experimental consistiu em caminhada na esteira em velocidade moderada, de acordo com as aptidões de cada voluntário, por 20 minutos, seguido por 10 minutos de repouso, em ambiente climatizado. Avaliou-se durante o procedimento experimental: a) a percepção dos voluntários em relação à sensação térmica, de umidade e conforto geral durante o uso de cada uma das camisetas, utilizando a Escala Visual Analógica (VAS) em escala de 1 a 10; b) a percepção dos voluntários em relação à região superior do corpo em que sentiam maior desconforto em relação à sensação térmica e de umidade; c) a variação da temperatura durante o procedimento experimental mesurada através de termopares; d) a variação de transpiração; e e) a variação da radiação térmica das partes superiores do corpo através de imagens térmicas. As medidas foram coletadas durante o procedimento experimental. Os resultados indicam diferenças significativas entre a modelagem ajustada e a modelagem ampla nas regiões do peito e das costas, sendo que a

modelagem ajustada possui uma maior variação entre as temperaturas iniciais e finais, porém constante entre as regiões do tórax. Durante o período de repouso, a modelagem ajustada mantém a temperatura estável até o final da avaliação, enquanto que as modelagens tradicional e ampla mantêm a temperatura até aproximadamente o sétimo minuto, iniciando então a queda da temperatura. A avaliação subjetiva indica aumento de desconforto nos três itens analisados (sensação térmica, sensação de umidade e conforto geral), indicando maior desconforto durante o uso da modelagem ajustada.

Palavras-chave: Conforto térmico; fatores humanos; materiais de mudança de fase; modelagem de vestuário.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the existence of effects related to the type modeling shirts made of fabrics containing fibers composed of phase change materials (PCM's) with body temperature, perspiration and perception of thermal comfort. To this end, quantitative and qualitative methods of data collection were combined and analysis of thermographic images. Five volunteers able to perform the experimental procedure in the study, testing each of three shirts made with fabric composed of 86% yarn OLV (70% regular PES / 30% Outlast[®] Viscose), 10% PES filament yarn Outlast[®] and 4% elastane, with weight 140g/m². The shirts had distinct models: adjusted, traditional or wide. The experimental procedure consisted of treadmill walking at a moderate speed according to the ability of each subject for 20 minutes, followed by 10 minutes of rest in a climatized environment. It was evaluated during the experimental procedure: a) the perception of volunteers with respect to thermal sensation, humidity and overall comfort while using each of the shirts, using the Visual Analogue Scale (VAS) scale 1-10; b) of the volunteer's perception with respect to the upper region of the body in which more discomfort felt with respect to thermal and moisture feeling; c) the temperature variation during the experimental procedure by gauged from thermocouples; d) variation of perspiration; and e) the range of thermal radiation from the upper parts of the body through thermal imaging. The measurements were collected during the experimental procedure. The results indicate significant differences between the adjusted modeling and wide modeling in regions of the breast and the back, wherein the adjusted modeling have a larger variation between the initial and final temperatures, but constant between the thorax. During the resting period, the

adjusted model maintains stable temperature until the evaluation of the end, while the traditional and wide modeling maintaining the temperature to approximately the seventh minute, then starting the temperature drop. Subjective evaluation indicates increased discomfort in the three analyzed items (thermal sensation, humidity sensation and overall comfort), indicating greater discomfort while using the adjusted modeling.

Keywords: thermal comfort; human factors; phase change materials; clothing modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES (FIGURAS E GRÁFICOS)

| | |
|--|----|
| Figura 01 – Funcionamento da membrana Outlast | 42 |
| Figura 02 – Modelagens ajustada, tradicional e ampla, respectivamente | 47 |
| Figura 03 – Esteira ergométrica multiprogramável, modelo Master da marca Inbraspor | 49 |
| Figura 04 – Termômetro digital portátil TD 890 Icel | 49 |
| Figura 05 – Localização dos termopares na parte superior do corpo | 50 |
| Figura 06 – Escala de cor Spectrum 1 e imagem termográfica da parte superior do corpo | 51 |
| Figura 07 – Câmera termográfica Eletrophysics modelo PV 320 | 52 |
| Figura 08 – Balança eletrônica | 52 |
| Figura 09 – Integridade do tórax e membros superiores | 58 |
| Figura 10 – Pontos de aferição de temperatura | 70 |
| Figura 11 – Imagens termográficas das três modelagens | 71 |
| Gráfico 01 – Temperatura inicial e final com a modelagem ajustada | 61 |
| Gráfico 02 – Temperatura inicial e final com a modelagem tradicional | 62 |
| Gráfico 03 – Temperatura inicial e final com a modelagem ampla | 63 |
| Gráfico 04 – TI e TF modelagem ajustada – repouso | 65 |
| Gráfico 05 – TI e TF modelagem tradicional – repouso | 66 |
| Gráfico 06 – TI e TF modelagem ampla – repouso | 67 |
| Gráfico 07 – Percepção de Sensação Térmica – Modelagem ajustada | 74 |
| Gráfico 08 – Percepção de Sensação Térmica – Modelagem tradicional | 75 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 09 – Percepção de Sensação Térmica – Modelagem ampla..... | 75 |
| Gráfico 10 – Variação entre as percepções de Sensação Térmica..... | 76 |
| Gráfico 11 – Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem ajustada | 77 |
| Gráfico 12 – Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem tradicional | 77 |
| Gráfico 13 – Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem ampla | 78 |
| Gráfico 14 – Variação entre as percepções de Sensação de Umidade..... | 79 |
| Gráfico 15 – Percepção de Conforto Geral – Modelagem ajustada | 80 |
| Gráfico 16 – Percepção de Conforto Geral – Modelagem tradicional | 80 |
| Gráfico 17 – Percepção de Conforto Geral – Modelagem ampla..... | 81 |
| Gráfico 18 – Variação entre as percepções de Conforto Geral | 81 |

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|---|----|
| Tabela 01 – Parafinas com potencial para uso como PCM.... | 41 |
| Tabela 02 – Dados do ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) | 46 |
| Tabela 03 – Dados das modelagens das camisetas..... | 46 |
| Tabela 04 – Velocidade de cada voluntário | 55 |
| Tabela 05 – Variações entre temperatura final e inicial (ΔT) | 64 |
| Tabela 06 – Variações entre temperatura final e inicial (ΔT) – repouso | 68 |
| Tabela 07 – Variações entre temperatura final e inicial – imagens termográficas (exercício e repouso)..... | 72 |
| Tabela 08 – Variação de umidade (Δh) | 73 |
| Tabela 09 – Desconforto – modelagem ajustada..... | 82 |
| Tabela 10 – Desconforto – modelagem tradicional..... | 83 |
| Tabela 11 – Desconforto – modelagem ampla..... | 83 |
| Quadro 01 – Escala de descrição subjetiva sobre o estado térmico pessoal em resposta à questão “Como você está se sentindo agora?” | 36 |
| Quadro 02 – Escala de avaliação subjetiva sobre estado térmico pessoal em resposta à questão “Você está achando...?” | 36 |
| Quadro 03 – Escala de avaliação subjetiva sobre a preferência térmica pessoal em resposta à questão “Como você preferiria que estivesse agora...?” | 37 |
| Quadro 04 – Avaliação subjetiva de percepção – Parte I | 53 |
| Quadro 05 – Avaliação subjetiva de percepção – Parte II | 53 |
| Quadro 06 – Avaliação subjetiva de percepção – Parte III.... | 55 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------------|--|
| clo | <i>Clothing</i> |
| Cm | Centímetro |
| g/m ² | grama/metro quadrado |
| J/g | Joule/grama |
| K | Kelvin |
| Km/h | Quilômetro/hora |
| NASA | <i>National Aeronautics and Space Administration</i> |
| °C | Grau Celsius |
| °F | Grau Fahrenheit |
| OLV | Viscose Outlast® |
| PCM | Material de Mudança de Fase (<i>Phase Change Material</i>) |
| PES | Poliéster |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| UDESC | Universidade do Estado de Santa Catarina |
| UR | Umidade Relativa |
| VAS | Escala Visual Analógica (<i>Visual Analogic Scales</i>) |
| VCO ₂ | Volume de Gás carbônico |
| VO ₂ | Volume de Oxigênio |
| Δh | Variação de umidade |
| ΔT | Variação de temperatura |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 | OBJETIVO GERAL | 22 |
| 1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 1.3 | HIPÓTESE | 23 |
| 1.3.1 | Hipótese testada | 23 |
| 1.3.2 | Variável independente | 23 |
| 1.3.3 | Variáveis dependentes | 23 |
| 1.3.4 | Variáveis de controle | 24 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 24 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 25 |
| 2.1 | FATORES HUMANOS E CONFORTO TÉRMICO..... | 26 |
| 2.1.1 | Termorregulação | 28 |
| 2.2 | PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO NO VESTUÁRIO..... | 31 |
| 2.2.1 | Medições de condições ambientais | 31 |
| 2.2.2 | Taxa metabólica | 32 |
| 2.2.3 | Isolamento térmico | 33 |
| 2.2.4 | Avaliação de percepção do usuário | 35 |
| 2.3 | FIBRAS FUNCIONAIS | 37 |
| 2.3.1 | Microencapsulação | 39 |
| 2.4 | MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE..... | 39 |
| 3 | METODOLOGIA | 44 |
| 3.1 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 44 |
| 3.2 | INDIVÍDUOS DO ESTUDO | 44 |
| 3.3 | MATERIAIS AVALIADOS | 45 |
| 3.4 | INSTRUMENTOS DO ESTUDO | 48 |
| 3.4.1 | Avaliação quantitativa..... | 48 |
| 3.4.2 | Avaliação qualitativa | 52 |
| 3.5 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL..... | 55 |
| 3.5.1 | Considerações éticas | 55 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.5.2 | Coleta de dados | 55 |
| 4 | RESULTADOS | 60 |
| 4.1 | ANÁLISE DA TEMPERATURA COM TERMOPARES..... | 60 |
| 4.2 | ANÁLISE DA TEMPERATURA ATRAVÉS DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS | 68 |
| 4.3 | ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE UMIDADE..... | 72 |
| 4.4 | ANÁLISE DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE PERCEPÇÃO DO USUÁRIO | 73 |
| 4.5 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 84 |
| 4.5.1 | ANOVA medidas repetidas – T1(peito)..... | 84 |
| 4.5.2 | ANOVA medidas repetidas – T2(braço) | 85 |
| 4.5.3 | ANOVA medidas repetidas – T3(costas)..... | 86 |
| 4.5.4 | ANOVA medidas repetidas – T4(abdômen) | 87 |
| 4.5.5 | Teste de Friedman – avaliação subjetiva..... | 87 |
| 4.5.6 | Considerações sobre análises estatísticas | 87 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 89 |
| | REFERÊNCIAS | 92 |
| | APÊNDICES E ANEXOS | 102 |

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, as vestimentas estiveram associadas à proteção, segurança e sobrevivência. Protegendo do frio ou dos raios de sol, a utilização de peles e posteriormente tecidos, foi fator importante para a manutenção do conforto e da saúde dos seres humanos. Inicialmente, os tecidos utilizados estavam restritos às áreas de cultura de determinadas plantas, como linho e algodão, além do habitat natural de animais que forneciam além do alimento, suas peles para servir como vestimenta. As posteriores interações entre povos de diversas regiões permitiram a introdução de outros tecidos e vestimentas, ideais para a sobrevivência ao clima de lugares distintos.

Com a evolução da indústria têxtil, a aplicação de materiais sintéticos e a descoberta de novas tecnologias, os tecidos tornaram-se mais versáteis, confortáveis e funcionais. O uso de determinados materiais para atividades específicas, como por exemplo, os exercícios físicos, permite o aperfeiçoamento de determinadas propriedades que podem ser benéficas ao usuário dentro deste contexto.

Desconsiderando a utilização de vestimentas dentro de um contexto simbólico e de ornamentação, a utilidade da vestimenta caracteriza-se por cumprir uma série de requisitos práticos e de proteção e que em determinadas situações se sobrepõe às considerações estéticas (JONES, 2005), como no caso das variações de temperatura ambiental.

O uso de vestimentas é responsável por impedir ou pelo menos amenizar, situações relacionadas à sensação de frio ou calor extremo. O excesso de calor, frio, vento, umidade e outros fenômenos, podem afetar a saúde e o bem-estar dos indivíduos, prejudicando a concentração, causando inquietação, desconforto, sonolência, etc., e em casos mais extremos,

doenças respiratórias, cardíacas, dentre outras (FROTA E SCHIFFER, 2001).

A combinação entre a vestimenta e o tecido utilizado para a sua fabricação tem um papel importante na manutenção do conforto térmico. Atualmente, as tecnologias são responsáveis por garantir o conforto do indivíduo, através de tecidos funcionais, também denominados no mercado como tecidos “inteligentes”, que são utilizados para suprir ou aperfeiçoar determinadas condições. Dessa forma, tecidos leves e confortáveis podem garantir o aquecimento do corpo e tecidos pesados e mais resistentes garantem ventilação ou refrigeração do indivíduo.

Tecidos que auxiliam na termorregulação e utilizam materiais de mudança de fase (*Phase Change Materials* - PCM's) são uma das contribuições da indústria têxtil para proporcionar conforto térmico ao usuário e foram inicialmente utilizados pela NASA, no início dos anos 1980, para aperfeiçoar a proteção térmica nas roupas dos astronautas (MONDAL, 2008).

Tais tecidos possuem atuação importante nas áreas militar, da saúde e dos esportes. Pielichowska e Pielichowsk (2014) revisam a aplicação de materiais de mudança de fase nas áreas biomédicas, eletrônica, construção, indústria automotiva e também nos têxteis, mas o uso de novos materiais integrados ao vestuário ainda é recente.

Desde 1980 até o presente, muitos avanços foram feitos sobre esse assunto. A utilização dos tecidos e fibras que contenham materiais de mudança de fase foi ampliada para o vestuário casual, calçados, roupas de cama, uniformes, embalagens, construção, etc. Com essas variadas aplicações, o aprimoramento do efeito do material passa a depender cada vez menos da tecnologia, mas também de outros fatores relevantes para a construção do vestuário.

Pesquisas com materiais de mudança de fase têm sido realizadas nas mais diversas áreas de atuação. House et al. (2013) conduziram medições da eficácia do resfriamento em coletes de resfriamento com materiais de mudança de fase com pontos de fusão distintos na faixa de 0 a 30° C; Gao et al. (2012) investigou o uso de materiais de mudança de fase para promover resfriamento e aliviar o estresse térmico; Yifen et al. (2011) investigou os efeitos de proteção térmica dos materiais de mudança de fase em coletes à prova de dissipação de calor, utilizados na aviação, navegação, metalurgia, indústria nuclear, esportes, etc.

O presente estudo consiste em investigar a existência dos efeitos do tipo modelagem em camisetas fabricadas com tecido que contenham fibras com PCM. O material utilizado possui em sua composição 86% fio OLV (70% PES normal/30% Outlast® Viscose), 10% fio Outlast® PES filamento e 4% elastano, com gramatura de 140g/m².

O poliéster é um material proveniente de fibras sintéticas e tem como característica barrar a circulação de ar e atua como isolante térmico, consequentemente mantendo o corpo aquecido. Dessa forma, o problema de pesquisa caracteriza-se pelo seguinte questionamento: Quais são os efeitos do tipo de modelagem sobre a temperatura corporal, a transpiração e o conforto térmico percebido por usuários de camisetas fabricadas com o tecido em questão?

Apesar da incorporação de materiais de mudança de fase microencapsulados em produtos têxteis ser um procedimento desenvolvido nos anos 80, o estudo de tal tecnologia ainda é restrito ao âmbito de algumas áreas, como tecnologia têxtil e física. No design e na ergonomia poucos os estudos foram identificados. Dessa forma, as pesquisas relacionadas à atuação do PCM juntamente com fatores relevantes para a indústria do vestuário, como a modelagem,

podem gerar conhecimentos importantes, tanto para a academia, quanto para a indústria.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo consiste em determinar os efeitos do tipo de modelagem sobre a temperatura corporal, a transpiração e o conforto térmico percebido por usuários de camisetas fabricadas com tecido com propriedades de termorregulação (86% fio OLV, 10% fio Outlast PES filamento e 4% elastano, com gramatura de 140g/m²).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com a finalidade de alcançar os resultados e de encontrar respostas para o objetivo geral, consideram-se os seguintes objetivos específicos, através de experimentos realizados em laboratórios:

- Mensurar a temperatura corporal e o volume de transpiração durante o uso de três camisetas fabricadas com tecido contendo material de mudança de fase, porém em modelagens distintas, usando sensores termopares e imagens termográficas;
- Avaliar subjetivamente a percepção do usuário em relação ao conforto térmico (temperatura e umidade) durante o uso das camisetas em atividade física através da utilização de Escala Visual Analógica;
- Comparar a temperatura corporal, a transpiração, e a sensação de conforto térmico percebido pelo usuário, proporcionado por cada modelagem de camiseta.
- Tabular os dados quantitativos e qualitativos e realizar análise estatística.

1.3 HIPÓTESE

1.3.1 Hipótese testada

A partir dos resultados obtidos nos testes de esteira, será possível identificar a existência de diferenças entre o comportamento das três camisetas com diferentes modelagens em relação à temperatura corporal, transpiração e percepção de conforto térmico.

1.3.2 Variável Independente

Diferentes modelagens utilizadas nas camisetas fabricadas com tecido contendo material de mudança de fase:

- Modelagem ajustada: modelagem mais ajustada ao corpo, sem sobras de tecido;
- Modelagem tradicional: modelagem 4 centímetros mais larga nas regiões do abdômen e mangas em relação à modelagem ajustada.
- Modelagem ampla: modelagem 8 centímetros mais larga nas regiões do abdômen e mangas em relação à modelagem ajustada.

1.3.3 Variáveis Dependentes

- Temperatura corporal, mensurada em °C;
- Transpiração, mensurado em grama;
- Sensação de conforto térmico percebido, mensurado através de Escala Visual Analógica.

1.3.4 Variáveis de Controle

- Temperatura do ambiente;
- Umidade relativa do ar atmosférico do ambiente;
- Velocidade da esteira ergométrica.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo está estruturado em capítulos, iniciando com a introdução ao tema, problema de pesquisa, objetivos, hipóteses e variáveis.

O Capítulo 2 apresenta a revisão teórica de temas relevantes para o entendimento da pesquisa, abordando assuntos como fatores humanos, conforto térmico, vestimentas e materiais de mudança de fase.

Na sequência, o Capítulo 3 aborda os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do estudo, como a delimitação proposta, a amostra, os materiais avaliados, os instrumentos utilizados e os procedimentos experimentais.

No Capítulo 4 encontram-se os resultados e as discussões das análises referentes à temperatura, umidade e percepção do usuário, bem como as análises estatísticas dos dados coletados.

As considerações finais do estudo são apresentadas no Capítulo 5, seguidas pelas referências bibliográficas, apêndices e anexos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo são abordados assuntos relacionados aos fatores humanos, conforto térmico e métodos para avaliação subjetiva, além de fundamentar o uso de tecidos contendo materiais de mudança de fase como forma de auxiliar a termorregulação.

A revisão de literatura foi realizada através de uma abordagem sistemática. A abordagem sistemática em uma revisão bibliográfica é utilizada para se obter maior rigor e melhores níveis de confiabilidade na pesquisa. Através da definição de estratégias e um método sistemático, é possível realizar buscas e analisar os resultados das mesmas até que o objetivo do pesquisador seja alcançado (CONFORTO et al., 2011).

O foco de interesse da revisão sistemática realizada foi o levantamento do estado da arte dos estudos relacionados a conforto térmico, tecidos funcionais e materiais de mudança de fase. A pergunta a ser respondida pela revisão sistemática foi: "Quais são os estudos existentes que relacionam conforto térmico, tecidos funcionais e materiais de mudança de fase?".

Por ser um material de recente aplicação, pouco ainda se conhece sobre os efeitos das diversas aplicabilidades dos materiais de mudança de fase. Dessa forma, é importante relacionar outros estudos que analisem outros tipos de materiais, como os tecidos funcionais, e que possuem aplicabilidade objetivando o conforto térmico.

Os termos principais, ou palavras-chaves, que compõem os *strings* para a busca em base de dados e seus respectivos sinônimos são: *thermal comfort*, *temperature*, *humidity*, *moisture*, *functional fabric*, *functional têxtil**, *smart fabric*, *smart têxtil**, *fabric*, *têxtil**, *phase change material*. Sendo assim, foram elaborados dois strings de busca: ("*thermal*

comfort" OR temperature OR humidity OR moisture) AND ("functional fabric" OR "functional textil" OR "smart fabric" OR "smart textil*") e ("thermal comfort") AND (fabric OR textil*) AND ("phase change material").*

A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus e Science Direct, por sua abrangência internacional. A seleção de artigos levantados para leitura se deu através da leitura do título, palavras-chave e resumo, promovendo mais um refinamento. O Apêndice A apresenta a tabela com a lista de artigos selecionados e classificação Qualis referente à área de atuação Engenharias II.

Além das buscas nas bases de dados, foi realizada também uma pesquisa em sites e revistas técnicas da área têxtil, além de consultas diretas com especialistas na área.

2.1 FATORES HUMANOS E CONFORTO TÉRMICO

Com seu surgimento ligado à evolução tecnológica durante a Segunda Guerra Mundial e sua crescente aplicação em diversos setores da atualidade, a Ergonomia (ou Fatores Humanos), é definida, segundo Lida (2005), como “o estudo da adaptação do trabalho ao homem”, sendo trabalho aplicado a qualquer atividade humana. Suas aplicações referem-se ao aperfeiçoamento das atividades humanas, visando proporcionar em ambientes de trabalho, residenciais, naturais, dentre outros, segurança, conforto, saúde e produtividade.

Hedge (2005) associa o surgimento das bases dos fatores humanos ao impacto das condições físicas ambientais. Com base na percepção de que as condições ambientais influem na habilidade humana de realizar atividades e causam reações ao corpo humano, o objetivo dos fatores humanos é “criar condições ambientais controladas que são confortáveis,

aceitáveis e não comprometem a realização do trabalho ou a saúde do trabalhador” (HEDGE, 2005, p. 59-1).

Nesse contexto, está relacionado o estudo das condições de conforto térmico nos ambientes e nos indivíduos. O conforto térmico humano é um dos componentes mais importantes a considerar, uma vez que condições ambientais que causam sensação de desequilíbrio térmico aumentam risco de acidentes e podem provocar danos à saúde.

Segundo Frota e Schiffer (2001), a sensação do indivíduo de conforto térmico é quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço. Se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou de calor, é o organismo que está perdendo mais calor ou menos calor que o necessário, o que sempre representa sobrecarga. Mondal (2008), define o conforto térmico como uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e a situação oposta, o desconforto, e pode ser causado pelo aquecimento ou resfriamento não desejado.

A sensação de conforto térmico é influenciada por fatores individuais, organizacionais e culturais. O julgamento de conforto é um processo cognitivo envolvendo muitas variáveis e sofre forte influência de ações físicas, fisiológicas, psicológicas e comportamentais, como por exemplo, a troca da vestimenta ou mudança de atividade, postura ou posição (DJONGYANG, 2010)

Para Teodoreanu e Bunesu (2007) os parâmetros básicos para determinar o conforto térmico são a temperatura do ar, a quantidade de vapores, a dinâmica do ar (ventos) e a radiação solar. Além destes fatores, o conforto térmico depende também da idade, estado de saúde, atividade e as roupas utilizadas.

Como consequência dos parâmetros apresentados acima, destaca-se que em situações de desconforto térmico,

cada organismo reage de forma distinta. Para o ajuste de tal desconforto, o corpo utiliza uma função importante, denominada termorregulação, que influi em todas as outras funções, incluindo o metabolismo (TEODOREANU; BUNESCU, 2007). O metabolismo é um dos fatores principais para a manutenção da estabilidade da temperatura corporal, juntamente com o ganho de calor provido pelo ambiente e a perda do mesmo, através da condução, convecção, radiação e evaporação (GAVIN, 2003).

O calor é produzido através do aumento do metabolismo e o fluxo negativo ou positivo de atividade realizada. A condução do calor ocorre entre as moléculas de duas superfícies em contato. A convecção se refere à troca de calor entre o corpo e um meio em movimento, como água e vento. A radiação ocorre através da emissão de energia entre dois corpos, e a evaporação atua reduzindo o calor no corpo, através da transpiração da pele. Quando existir equilíbrio entre calor metabólico gerado e as perdas para o ambiente com a manutenção da temperatura corporal em torno de $36,7^{\circ}\text{C}$ em média, pode-se dizer que o organismo se encontra em conforto térmico. (GAVIN, 2003)

2.1.1 Termorregulação

Os seres humanos são homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura interna (central) relativamente constante, que varia entre $36,1$ e $37,2^{\circ}\text{C}$, como um pré-requisito para o funcionamento normal das funções vitais. Essa temperatura não é uniforme em todas as partes do corpo, sendo encontrada no interior do cérebro, coração e órgãos abdominais. A temperatura nos músculos, chamada temperatura periférica, apresenta grandes variações e conserva ou dissipa o calor conforme a necessidade do corpo (KROEMER;

GRANDJEAN, 2005).

Em situações adversas, como em ambientes quentes ou frios, o corpo apresenta reações em uma tentativa de adequar a troca de calor à temperatura ambiental. Em ambientes quentes é necessário que o corpo dissipe calor, então a pele é bem suprida com sangue (vasodilatação), criando um alto gradiente térmico, favorecendo a perda de calor para o meio externo, além de auxiliar na evaporação do suor (KROEMER; GRANDJEAN, 2005). Em ambientes frios, os mecanismos de compensação também ocorrem, atuando mecanismos de vasoconstrição, que podem aumentar a produção de calor e o metabolismo em até quatro vezes mais. Tais reações fazem parte do fenômeno da termorregulação.

O principal objetivo da termorregulação é impedir grandes variações na temperatura interna do corpo de maneira que os sistemas vitais possam operar adequadamente. Essa tarefa é coordenada pelo hipotálamo. O hipotálamo recebe impulsos originados em células termossensíveis existentes na pele, músculos e outras partes do organismo e envia através do sistema nervoso comandos que acionam mecanismos de compensação (vasoconstrição e vasodilatação cutânea e a sudação). Esses mecanismos interferem nas trocas térmicas do corpo com o ambiente para manter a temperatura interna (RUAS, 1999).

O sistema circulatório é o principal mecanismo para a manutenção da temperatura central. O sangue consegue transportar o calor do interior do corpo para a pele, que é resfriada pelo ambiente. Se há necessidade de absorver calor do meio externo, o mesmo pode ser transportado da pele para o interior (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

O papel da transpiração para a manutenção do balanço térmico no organismo é fundamental. De acordo com Camargo (2006), a evaporação é a principal troca de calor do corpo, que

ocorre através da pele, onde mais de 80% do calor produzido é dissipado. A dissipação do calor apresenta-se sob a forma de suor, que se evapora através do movimento do ar. O vestuário tem participação na manutenção do equilíbrio térmico, podendo ser também uma barreira para a transpiração.

Em situações de temperaturas ambientais acima de 25° C e com o corpo humano vestido, a dissipação do suor através da evaporação torna-se o único mecanismo de compensação que resta, uma vez que dificilmente o corpo consegue eliminar o calor através da convecção ou radiação (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Durante períodos de atividade corporal a atividade metabólica aumenta. Mesmo quando os músculos ativos queimam nutrientes, a maior parte da energia produzida é armazenada internamente como calor (HAVENITH, 2005).

Segundo Millanvoye (2005, p. 80) o exercício físico produz calor suplementar do qual uma parte, em geral, deve ser eliminada no exterior do corpo de modo a manter estável a temperatura central. Torna-se mais fácil realizar essa eliminação em um ambiente frio do que em um ambiente quente. Em altas temperaturas, o corpo precisa lutar contra o aumento de temperatura (hipertermia), a vasodilatação, a sudorese e a adaptação ao calor (WOLFF; SPÉRANDIO, 2005).

É conveniente observar que em atividade de esporte extremo a temperatura central pode subir até 39,5°C e provocar colapso por calor. Com a ação da termorregulação, são preservadas as funções vitais e mantida o alto desempenho (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

2.2 PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO NO VESTUÁRIO

Dentro de possíveis variáveis que influem no conforto térmico, auxiliando ou prejudicando as funções de termorregulação que promovem o equilíbrio termal, estão as roupas. As vestimentas não são mais somente produtos para suprir as necessidades humanas em vista de suas limitações de defesa ou somente ferramentas de apreciação estética ou referencial simbólico. O desenvolvimento de novas tecnologias na área têxtil permite considerar as roupas como dispositivos que permitem aos usuários enfrentar condições extremas diariamente (HO et al. 2011)

Camargo (2006) destaca que a associação da vestimenta a fatores como temperatura do ar, umidade e vento, interfere no equilíbrio térmico ao influenciarem o metabolismo em relação às trocas de calor. Devido às limitações humanas de defesa contra o frio, as roupas servem de suplementação às defesas naturais, reduzindo a termorregulação a um nível suportável (MONDAL, 2008) e, como uma pele artificial que regula o isolamento térmico, ao sentir frio, colocam-se mais roupas e ao sentir calor, as mesmas são retiradas (HEDGE, 2005).

Porém, mensurar as condições térmicas de um ambiente é mais complicado do que somente quantificar a temperatura do ar. Muitas aferições e métodos são requeridos para adequar as condições térmicas ao corpo humano (HEDGE, 2005). Nesse caso, é importante discorrer sobre os métodos para o estudo do conforto térmico em seres humanos.

2.2.1 Medições de condições ambientais

Para a realização de medições e experimentos relacionados ao conforto térmico é necessário controlar os

parâmetros climáticos que possam afetar o equilíbrio térmico humano e desestabilizem a temperatura corporal. Esses parâmetros climáticos estão relacionados à temperatura, umidade e velocidade do ar.

Conforme Havenith (2005) a medição da temperatura do ar é um processo simples, podendo ser realizado através de um termômetro de álcool ou eletrônico. A umidade relativa do ar pode ser medida por higrômetros. Sensores eletrônicos também podem ser utilizados, porém, podem apresentar oscilação em climas muito extremos. Atualmente, termohigrômetros digitais realizam o processo simultaneamente, com mais rapidez e menor incerteza na medida.

Sobre a medição da velocidade do ar, Havenith (2005) explica que na presença de ventos, o corpo se resfria mais rápido e promove, também, o aumento da evaporação do calor na pele em ambientes úmidos e quentes. Para realização da medição da velocidade dos ventos utiliza-se um instrumento chamado anemômetro e os locais para realizar a medição devem ser selecionados de acordo com o direcionamento do vento.

Parâmetros pessoais também devem ser observados para a medição de troca de calor, como a taxa metabólica e o isolamento das roupas.

2.2.2 Taxa metabólica

Para a maioria das aplicações relacionadas à ergonomia, a eficiência do trabalho externo (energia liberada para fora do corpo) realizado não alcança valores relevantes, ou seja, fica muito próximo à zero. Portanto, em atividades relacionadas à caminhadas e atividades físicas moderadas contínuas, quase toda a energia metabólica é liberada em forma de calor (HEVENITH, 2005).

Uma das formas de determinar os valores da taxa metabólica é a medição através de calorimetria indireta. A calorimetria indireta consiste em um método não invasivo para mensurar o gasto energético através das trocas gasosas pulmonares, ou seja, a determinação do volume de oxigênio consumido (VO^2) e do volume de gás carbônico produzido (VCO^2) durante o ciclo respiratório (SIMONSON e DEFRONZO, 1990 *apud* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTROLOGIA, 2009, p. 3). A realização da calorimetria indireta exige equipamentos e laboratório específicos.

A norma ISO 8996 (2004) descreve através de tabelas as taxas metabólicas estimadas de um grande número de atividades, posturas e profissões que podem ser estimadas. A tabela presente no anexo 01 ilustra as propostas da norma citada.

Os dados descritos pela norma em relação à taxa metabólica são úteis, porém restritos. Parson (1989) lembra que os dados apresentados se referem ao homem médio, necessitando de correções quando relacionados às populações ou indivíduos específicos.

Além dos dados apresentados acima, relacionados à atividade realizada, a taxa metabólica pode ainda ser descrita pela norma ISO 8996 (2004) em função da ocupação, das avaliações em grupos de indivíduos, atividades específicas ou determinadas características da população (ANTONELLI, 2012).

2.2.3 Isolamento térmico

A roupa dificulta a troca de calor através da convecção e radiação ao manter uma camada de ar entre o tecido e o corpo e não permite que o ar quente que permanece sobre a pele seja retirado pela ação do vento (FROTA; SCHIFFER, 2001). Em

atividades físicas, o uso de roupas representa uma camada de isolamento que impõem uma barreira à evaporação do calor na superfície da pele (GAVIN, 2003).

De acordo com Gavin (2003, p. 942) “quando a roupa interfere na evaporação do suor, o aumento da temperatura da pele, bem como a redução da eficiência do resfriamento, é observado”. Neste caso, a roupa que apresenta menor bloqueio à evaporação pode ser benéfica para manter o equilíbrio térmico.

De acordo com Frota e Schiffer (2001), as roupas auxiliam também a reduzir a sensibilidade do corpo à variações de temperatura e de velocidade do ar (vento). Tais fatores ocorrem devido à resistência térmica das vestimentas e sua unidade de medida “clo”(clothing), equivale a $0,155 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$. Os valores de resistência térmica das combinações de peças de roupas são determinados pelo ISO 9920 (2007), conforme apresentado no anexo 02.

A resistência térmica das vestimentas está relacionada ao tipo de tecido, fibra e modelagem das peças (FROTA; SCHIFFER, 2001). Os estudos realizados por Chen et al (2004) indicam que modelagens amplas, que possuem aberturas mais largas no pescoço, na cintura, pulso e tornozelos, causam maiores reduções no isolamento térmico e na resistência à transpiração em condições de movimento de corpo e movimento do ar. Os estudos demonstram ainda que em condições de vento, vestimentas mais justas são preferíveis em função da convecção forçada devido ao movimento do ar.

É importante ressaltar que a aplicação dos dados apresentados pela norma ISO 9920:2007 possui limitações, pois não consideram o material em que o item é fabricado. Diferentes tipos de tecido possuem diferentes características térmicas e o aprimoramento dos tecidos com a miscigenação de diferentes fibras proporciona a cada composição propriedades

térmicas distintas.

Estudos e normas relacionados ao isolamento térmico são fontes adicionais de informação quando se trata de conforto térmico e vestuário. O Isolamento Requerido (IREQ), descrito pela norma ISO 11079/93, consiste em um método de avaliação baseada no equilíbrio térmico, quantificando todas as formas de perda de calor e contabilizando também a produção de calor, de acordo com a atividade realizada. A equação IREQ calcula também o isolamento térmico das roupas e serve como uma medida de reação ao frio. (RINTAMAKI, 2005)

As medições podem ser realizadas diretamente em seres humanos ou através da utilização de manequins térmicos. Segundo Oliveira et al (2011), as medições para determinar as especificações propostas pelas normas de resistência térmica, como ISO 9920/1007 e ISO 15831/2004, preveem o uso de manequins térmicos.

Tais avaliações realizadas com manequins térmicos têm obtido resultados cada vez mais realistas, através do desenvolvimento de manequins térmicos capazes de assumir diferentes posturas e simular movimentos de caminhadas, permitindo a avaliação precisa da transferência de calor. A caminhada representa a fonte mais comum do aumento de troca de ar entre o corpo e a roupa e, quando combinada a parâmetros climáticos externos, é possível de se obter resultados precisos (OLIVEIRA ET AL, 2011). Quian e Fan (2009) reforçam a utilização de manequins térmicos, destacando as vantagens de custo, variedade de movimentos e os riscos associados a testes envolvendo seres humanos.

2.2.4 Avaliação da percepção do usuário

A utilização de métodos subjetivos para a avaliação do conforto térmico depende da aplicação de índices pré-

determinados, onde o indivíduo fornece a informação sobre a sua sensação térmica, dentro do contexto analisado.

Os métodos subjetivos de avaliação foram desenvolvidos com base na norma ISO 10551/95 e são divididos em algumas categorias de questionários, conforme mostram as tabelas propostas por Havenith (2005). O quadro 01 apresenta as questões referentes à percepção do conforto térmico. O quadro 02 está relacionado à avaliação que o indivíduo realiza do ambiente térmico. O quadro 03 refere-se à preferência do usuário em relação à temperatura ambiental.

Quadro 01: Escala de descrição subjetiva sobre o estado térmico pessoal em resposta à questão “Como você está se sentindo agora?”.

| Pólos | Gradação | Percepção |
|---|----------|---------------------|
| Quente | (+4) | Muito quente |
| | +3 | Quente |
| | +2 | Aquecido |
| | +1 | Levemente aquecido |
| Indiferente | 0 | Neutro |
| | -1 | Levemente resfriado |
| | -2 | Resfriado |
| | -3 | Frio |
| Frio | (-4) | Muito Frio |
| Termo introdutório: Eu estou me sentindo... | | |

Fonte: Havenith (2005)

Quadro 02: Escala de avaliação subjetiva sobre o estado térmico pessoal em resposta à questão “Você está achando...?”.

| Pólos | Gradação | Avaliação |
|---|----------|-----------------------------|
| Conforto | 0 | Confortável |
| | 1 | Levemente desconfortável |
| | 2 | Desconfortável |
| | 3 | Muito desconfortável |
| Desconforto | 4 | Extremamente desconfortável |
| Termo introdutório: Eu estou achando... | | |

Fonte: Havenith (2005)

Quadro 03: Escala de avaliação subjetiva sobre a preferência térmica pessoal em resposta à questão “Como você preferiria que estivesse agora...?”

| Pólos | Gradação | Preferências (escala de 7 graus) | Preferências (escala de 3 graus) |
|--|----------|-------------------------------------|--|
| Mais quente | +3 | Muito mais quente | Mais quente |
| | +2 | Mais quente | |
| | +1 | Um pouco mais quente | |
| | 0 | Nem mais quente, nem mais frio | |
| | -1 | Levemente mais frio | Mais frio |
| | -2 | Mais frio | |
| Mais frio | -3 | Muito mais frio | |
| Termo introdutório: Eu preferia que estivesse... | | | |

Fonte: Havenith (2005)

Um importante instrumento utilizado como ferramenta complementar aos questionários referentes à percepção é a Escala Visual Analógica (Visual Analog Scale, VAS). A Escala Visual Analógica pode possuir cores, desenhos, frases ou qualquer outro indicativo de resposta coerente com o requerimento feito ao entrevistado.

De acordo com Havenith (2005), a aplicação dos métodos subjetivos depende da experiência do avaliador e deve-se levar em consideração a utilização de equipamentos adequados para a medição, o local utilizado, o nível de atividade e o isolamento térmico das roupas.

2.3 FIBRAS FUNCIONAIS

As fibras funcionais são aquelas que, diante de um estímulo (luz, calor, suor, etc.) ou circunstância, reagem e produzem determinado efeito, mas que na inexistência do mesmo, comportam-se como fibras normais (SANCHEZ, 2006). Conforme Avila et al. (2013), várias tecnologias vem sendo desenvolvidas com o objetivo de auxiliar e promover o

equilíbrio térmico, através da implementação de fibras especiais nos produtos têxteis.

Sanchez (2006) exemplifica o conceito apresentado acima citando fibras que alteram sua cor mediante a variação de intensidade de luz e fibras que combatem o suor. A maioria destas funções são obtidas através da microencapsulação. Os tecidos fabricados com estas fibras funcionais adquirem suas características.

Sanchez (2006) divide os tecidos inteligentes em passivos (mantém suas características independente da condição do ambiente exterior), ativos (atuam sobre um agente exterior) e muito ativos (que se adaptam automaticamente às condições do exterior, através da modificação de suas propriedades). A seguir, alguns exemplos de tecidos inteligentes e suas aplicações:

- **Tecidos antimicrobianos:** os compostos ativos destroem os micro-organismos que penetram nos tecidos durante a utilização, e mediante a presença de umidade e calor causam odores e a descoloração do tecido. A utilização de substâncias ativas como o Irgasan DP, proporciona sensação de frescor ao usuário, e podem ser utilizados em tecidos para uso externo e interno, para esportes e sobre várias fibras, como poliéster, poliamida, lã, dentre outras.
- **Cosmeto-têxteis:** tem como objetivo a prevenção da pele contra agentes externos que podem provocar o ressecamento. Produtos simples como meias ou calças com cosmeto-têxteis pode provocar efeitos sobre celulite, favorecer a circulação linfática e diminuir o inchaço das pernas.
- **Tecidos frescos:** o objetivo é aumentar o frescor, proporcionar um toque agradável e boa permeabilidade

do ar. Tal fato se baseia na utilização de materiais de mudança de fase (PCM) microencapsulados, que atuam como termostatos.

2.3.1 Microencapsulação

A microencapsulação consiste na isolamento de compostos ativos, que variam conforme o efeito que se pretende atingir, através de uma membrana natural de forma esférica e de pequeno tamanho, mas que proporcionam uma área de aplicação relativamente grande. Os compostos ativos encapsulados são liberados através da ruptura, difusão ou dissolução da membrana da microcápsula (SANCHEZ, 2006).

Para cada uso específico da microcápsula é aconselhado um tipo de microcápsula e um processo específico.

2.4 MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE EM TÊXTEIS FUNCIONAIS

Dentre as diferentes aplicações dos compostos ativos microencapsulados em tecidos, ressalta-se a utilização de materiais de mudança de fase (PCMs – phase-change materials), que podem ser aplicados em tecidos e fibras e tem como objetivo promover o equilíbrio térmico, e “absorver, armazenar e liberar o calor”(AVILA ET AL., 2013).

Os materiais de mudança de fase podem ser utilizados tanto no combate ao frio, uma vez que ao se solidificar a microcápsula libera calor, quanto para combater o superaquecimento, através do armazenamento de energia, utilizando os princípios da termorregulação (NELSON, 2002). Os PCMs possuem a capacidade de alterar seu estado em determinada faixa de temperatura e os tecidos que o contém reagem imediatamente a essa mudança, em diferentes partes do

corpo (MONDAL, 2008). Os PCMs também aumentam a absorção e melhoram a resistência à estática, ao enrugamento, formação de bolinhas na superfície do tecido e a sujeira (ELSASSER, 2007).

De acordo com Pielichowska e Pielichowski (2014), os PCM's podem ser divididos em 3 grupos utilizando como critério as faixas de temperatura em que a mudança de fase ocorre. O primeiro agrupa PCM's com temperatura de mudança de fase abaixo de 15°C e que são usualmente utilizados em aplicações com ar condicionado e na indústria alimentícia. O segundo grupo refere-se aos PCM's de médias temperaturas, na faixa de 15 a 90°C. Esses PCM's são os mais populares, uma vez que são utilizados na medicina, nos têxteis, eletrônicos e no projeto de construções em aplicações de economia de energia. No terceiro e último grupo, estão os PCM's de altas temperaturas de transição de fase, acima de 90°C e desenvolvidos especialmente para a aeronáutica e aplicações industriais.

Ainda segundo os autores supracitados, a classificação dos PCM's pelo seu modo de transição de fase também é utilizado. Dessa forma, os PCM's são categorizados nos seguintes grupos: gasoso-líquido; sólido-gasoso; sólido-líquido; e sólido-sólido. Braddock e O'Mahony (1998) citam a água como um bom exemplo de material de mudança de fase, pois muda do estado gasoso, para líquido e sólido, dependendo da temperatura.

Diversos são os processos utilizados para aplicação dos PCM's ao têxteis com o objetivo de aperfeiçoar o conforto térmico em produtos de uso final, como laminação, cobertura e incorporação no interior da fibra, que pode ocupar de 5-10% da fibra e bloquear o PCM permanentemente em seu interior (SARIER E ONDER, 2006). Os PCM's mais conhecidos são hidrocarbonetos de cadeia linear, conhecidos como ceras de

parafinas ou n-alcanos. Três tipos de ceras de parafina, o n-hexadecano, n-octadecano e n-eicosano, são usualmente selecionados para encapsulação, pois não são tóxicos, não corrosivos, quimicamente inerte, facilmente disponíveis e não tem odor desagradável (SARIER E ONDER, 2006).

As ceras de parafina constituem os PCM's sólido-líquido comumente utilizadas nas aplicações em têxteis devido à suas características. A tabela 01 apresentada a seguir mostra as características de diversas parafinas e é possível perceber que as várias temperaturas de mudança de fase permitem flexibilidade para escolher a mais apropriada para as mais diversas aplicações.

Tabela 01: Parafinas com potencial para uso como PCM

| Paraffin | Number of carbon atoms in molecule | Melting temp. (°C) | Heat of fusion (J/g) | Density (g/cm ³) |
|---------------|------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|
| n-Tetradecane | 14 | 5.8–6.0 | 227–229 | |
| n-Pentadecane | 15 | 9.9–10.0 | 206 | |
| n-Hexadecane | 16 | 18.0–20.0 | 216–236 | 0.773 |
| n-Heptadecane | 17 | 22–22.6 | 164–214 | 0.778 |
| n-Oktadecane | 18 | 28.0–28.4 | 200–244 | 0.776 |
| n-Nonadecane | 19 | 32.0 | 222 | 0.785 |
| n-Eicozane | 20 | 36.6 | 247 | 0.788 |
| n-Heneicozane | 21 | 40.2 | 213 | 0.791 |
| n-Docozane | 22 | 44.0 | 249 | 0.794 |
| n-Trikozane | 23 | 47.5 | 234 | 0.796 |
| n-Tetracozane | 24 | 50.6 | 255 | 0.799 |
| n-Pentacozane | 25 | 53.5 | 238 | 0.801 |
| n-Hexacozane | 26 | 56.3 | 256 | 0.803 |
| n-Heptacozane | 27 | 58.8 | 235 | 0.779 |
| n-Oktacozane | 28 | 41.2 | 254 | 0.806 |
| n-Nonacozane | 29 | 63.4 | 239 | 0.808 |
| n-Triacontane | 30 | 65.4 | 252 | 0.775 |

Fonte: Pielichowska e Pielichowski (2014)

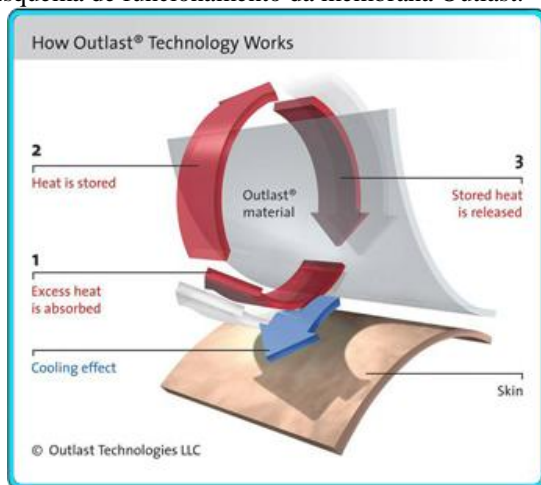
Antes de serem aplicados a fibras e tecidos, os PCM's são encapsulados em esferas muito pequenas, no estado líquido, e são resistentes à ação mecânica, calor e processos químicos. Efeito de resfriamento e aquecimento, termorregulação e isolamento térmico são os efeitos

provocados pela utilização de PCM's nos tecidos (MONDAL, 2008).

De acordo com Sarier e Onder (2006), utilizar microcápsulas de PCM em artigos têxteis é vantajoso, pois as microcápsulas evitam a dispersão do material na estrutura do tecido, reduz as reações com o ambiente externo e a evaporação permite um aumento constante da área de transferência de calor e fácil aplicação, sem alterar os cuidados habituais com o tecido e suas propriedades.

A ativação do princípio ativo dos materiais de mudança de fase consiste, segundo Sanchez (2006), na passagem das microcápsulas do estado sólido para o estado líquido. Durante esse processo, ocorre o armazenamento ou liberação de energia em forma de calor latente, que mantém a temperatura do corpo quando o indivíduo passa por um período de atividade intensa, e libera calor durante o período de repouso. O processo de ativação dos PCMs é ilustrado pela Figura 01.

Figura 01: Esquema de funcionamento da membrana Outlast.



Quando o tecido se aquece, num intervalo de temperatura entre 20 e 33°C, o PCM se liquefaz e a energia é absorvida durante a transição do estado sólido para o líquido, promovendo um efeito de resfriamento temporário no tecido. O armazenamento de energia e o resfriamento se encerram quando o PCM estiver totalmente líquido e o tecido agir como um isolante térmico. Se a temperatura ambiente for inferior à 20°C, o PCM retornará ao estado sólido, liberando a energia acumulada e provocando o efeito de aquecimento temporário (ONOFREI ET AL., 2012).

Para que o PCM realize as mudanças de fase, as camadas de tecido que contém o PCM devem passar pela faixa de transição de temperatura e durante esse período liberar ou absorver o calor. Para que isso ocorra, é fundamental que o usuário faça algo para causar a temperatura para a mudança, como atividade física, pois a mudança de fase é transitória e o PCM não tem nenhum efeito sobre condições térmicas estáveis (MANSFIELD, 2014)

Os tecidos e fibras PCM podem se utilizados nos mais variados produtos além do vestuário, como roupas de cama, calçados, assentos, uniformes, embalagens, na construção, dentre outros.

3. METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O desenvolvimento do estudo se deu através do método de abordagem hipotético-dedutivo, estabelecendo uma forma organizada para a execução das etapas indispensáveis para a realização da análise. Segundo Marconi e Lakatos (2011), o desenvolvimento de um projeto de pesquisa deve compreender seis importantes passos:

- Escolha do problema para posterior verificação;
- Definição e diferenciação do problema;
- Levantamento de proposições de trabalho;
- Coleta, sistematização e classificação dos dados;
- Análise e interpretação dos dados;
- Relatório do resultado da pesquisa;

O estudo possui cunho exploratório-descritivo e experimental. A coleta e análise de dados combinaram métodos quantitativos e qualitativos. Além da pesquisa bibliográfica, o estudo propõe experimentação em laboratório de tecido contendo PCM, em três camisetas com modelagens distintas. O objetivo é mensurar a temperatura da pele do peito, costa, bíceps e abdômen da amostra, taxa de sudorese e avaliar a sensação de conforto térmico percebido, em ambiente climatizado ($22 \pm 2^\circ \text{C}$, $55 \pm 5\% \text{UR}$).

3.2 INDIVÍDUOS DO ESTUDO

A população alvo do estudo caracteriza-se por 05 homens, com idades entre 21 e 28 anos, com peso e estatura aproximados. Os critérios para escolha da amostra são:

- Critérios de inclusão: a amostra deve ser fisicamente ativa (praticar esportes de duas a três vezes por semana).
- Critérios de exclusão: pessoas com problemas de saúde, fumantes, obesos e usuários de medicamentos.

A amostra foi definida a partir dos procedimentos experimentais conduzidos por Souza et al.(2014), House et al. (2013), Brazaitis et al.(2010) e Gavin et al. (2001) em testes com semelhantes aferições.

A técnica de amostragem utilizada foi a amostragem por julgamento, onde os elementos escolhidos são julgados como típicos da população que se deseja estudar. Os voluntários foram questionados quanto aos critérios para a participação no estudo e as medidas das costas, bíceps e cintura foram aferidas com fita métrica, para garantir uma vestimenta adequada das camisetas. O questionário aplicado e a ficha de cadastro que cada voluntário respondeu encontram-se nos Apêndices B e C.

Para os testes foi solicitado aos voluntários que além da camiseta fornecida, fossem utilizadas bermudas, meias e tênis, garantindo o mesmo isolamento térmico das vestimentas (clo) para toda a amostra.

3.3 MATERIAL AVALIADO

O material utilizado para a avaliação da temperatura corporal, volume de sudorese e conforto térmico percebido é um tecido malha, caracterizado pela elasticidade proporcionada através da direção em que os fios são tramados. As roupas produzidas com malha caracterizam-se por serem confortáveis e amplamente utilizadas em práticas esportivas.

O tecido de malha em questão é fabricado pela empresa Outlast Technologies e possui em sua composição 86% fio

OLV (70% PES normal/30% Outlast® Viscose), 10% fio Outlast® PES filamento e 4% elastano, com gramatura de 140g/m².

Os dados referentes ao comportamento térmico do material, obtidos através de um ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) realizado em 2013 pelo Centro Tecnológico de Polímeros – SENAI estão apresentados na Tabela 02, e foram utilizados como parâmetros para o desenvolvimento do procedimento experimental da pesquisa.

Tabela 02: Dados do ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

| Material | Temperatura máxima de fusão | Entalpia de fusão | Temperatura máxima de cristalização | Entalpia de cristalização |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Malha PES/VIS 70% / 30% | 26°C | 2,3 J/g | 14°C | 2,3 J/g |

Fonte: Arquivo pessoal

O poliéster caracteriza-se por ser uma fibra sintética com boa elasticidade e de fácil tratamento, pois resiste a grande parte dos produtos químicos utilizados para lavagem. Uma de suas principais características é a resistência à circulação de ar fator que impede o calor de ser eliminado.

Segundo a empresa fabricante do tecido, a Outlast®, o poliéster possui facilidade de integração com outras fibras e permite a aplicação de várias tecnologias de acabamento. A fibra de poliéster Outlast® utiliza o processo bicomposto de fusão do poliéster que consiste em um núcleo de PCM (material que muda de fase) coberto com poliéster padrão. Esse processo produz uma fibra termorreguladora, sem comprometer as propriedades padrão da fibra de poliéster nas etapas posteriores de processamento, tingimento e acabamento.

Ainda segundo o fabricante, a viscose Outlast[®], é uma fibra versátil, de fácil tingimento, antiestático e com maciez e conforto semelhantes aos do algodão e da seda. Essa fibra é utilizada normalmente em roupas íntimas, camisas, vestidos, roupas de dormir, uniformes de trabalho e roupas esportivas.

Já o elastano é uma fibra elástica que, quando solicitada, atinge até três vezes sua longitude inicial, recuperando-se rapidamente quando perde o estímulo.

Para o presente estudo foram elaboradas três modelagens distintas, conforme a Tabela 03, e confeccionadas cinco camisetas em cada modelagem, totalizando quinze camisetas. As medidas apresentadas foram retiradas de um modelo ajustado utilizado comercialmente e para as modelagens tradicional e ampla foi feita a gradação a partir do modelo base. A Figura 02 mostra o caimento de cada uma no corpo de um dos voluntários.

Tabela 03: Dados das modelagens das camisetas

| Modelagem | Largura da base | Comprimento | Largura do ombro | Circunferência da manga | Comprimento da manga |
|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Ajustada | 44 cm | 68 cm | 42 cm | 36 cm | 27 cm |
| Tradicional | 48 cm | 69 cm | 42 cm | 42 cm | 28 cm |
| Ampla | 52 cm | 70 cm | 42 cm | 48 cm | 29 cm |

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 02: Modelagens ajustada, tradicional e ampla, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal

Durante o experimento, cada participante possuía uma camiseta de cada modelo disponível e nenhum deles sabia qual modelagem estaria usando em cada dia de teste.

3.4 INSTRUMENTOS DO ESTUDO

Para que fosse possível realizar a parte experimental do estudo foram utilizados instrumentos para análise quantitativa e qualitativa.

3.4.1 Avaliação quantitativa

Consideram-se como avaliação quantitativa os testes físicos realizados em laboratório com o objetivo de aferir a temperatura da pele dos indivíduos no peito, costa, bíceps e abdômen; e a taxa de sudorese durante o uso de cada uma das camisetas.

A realização dos testes físicos de acordo com o protocolo estabelecido se inicia com a climatização do ambiente, onde temperatura e umidade são acompanhadas através do uso de um termo-higrômetro. O experimento foi realizado com o uso de uma esteira ergométrica multiprogramável, modelo Master da marca Inbraspor. O modelo em questão conta com painel de comando eletrônico multi-programavel e com display de LCD, conforme Figura 03.

Para a aferição da temperatura média da pele foi utilizado um termômetro digital portátil TD 890 Icel de 4 dígitos com interface RS-232C, apresentado na Figura 04. Segundo o manual de instruções do equipamento, o aparelho é composto de quatro canais de entrada, resolução de décimo de grau (0,1°), seleção de leitura em °C, °F ou K, relógio, calendário, 'Data logger', valor máximo, mínimo e médio,

diferença entre as entradas T1 e T2(ou T3 e T4), contador, alta confiabilidade, durabilidade e simplicidade de operação.

Figura 03: Esteira ergométrica multiprogramável, modelo Master da marca Inbraspor – disponibilizado pelo Laboratório de Pesquisas em Desempenho Humano (LAPEDH) – UDESC/Florianópolis



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 04: Termômetro digital portátil TD 890 Icel – disponibilizado pelo Laboratório de Plasma – Departamento de Física – UDESC/Joinville



Fonte:

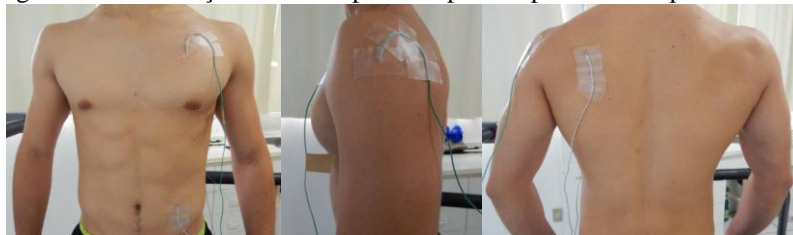
<http://www.pares.com.br/loja/icel-manaus/temperaturaambiente/termometros-digitais/termometro-td-890.html>

A visualização e o monitoramento dos dados fornecidos pelo termômetro são realizadas através do software Temp Monitor S2 v. 1.0.17, com resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ e um intervalo de tempo entre as medições de 5 segundos. Os quatro termopares de contato flexível tipo K são posicionados nas zonas de aquecimento da parte superior do corpo: peito (T1), costas (T2), braços (T3) e abdômen (T4), conforme Figura 06.

Os termopares foram posicionados nos mesmos pontos em todos os voluntários. As referências utilizadas foram: T1 Peito – 10 centímetros a esquerda do osso esterno (medial); T2 – Braços – início do úmero esquerdo; T3 Costas - início da

escápula esquerda e T4 Abdômen – 5 centímetros a esquerda do umbigo (Figura 05).

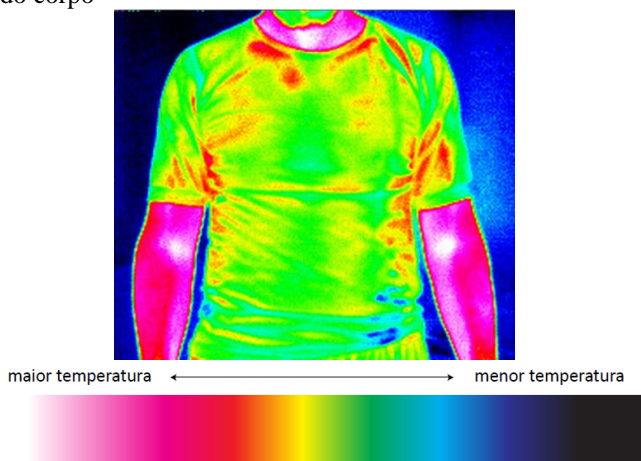
Figura 05: Localização dos termopares na parte superior do corpo.



Fonte: Arquivo Pessoal

Para a análise da temperatura média da pele nos pontos supracitados também foram captadas imagens termográficas, avaliadas conforme a escala de cor Spectrum 1, apresentada na Figura 06. A cor branca caracteriza a área mais quente e a região representada pela cor preta é considerada mais fria, conforme se verifica na imagem termográfica da parte superior do corpo.

Figura 06: Escala de cor Spectrum 1 e imagem termográfica da parte superior do corpo



Fonte: Arquivo Pessoal

As imagens termográficas utilizadas no estudo foram obtidas através da câmera termográfica Eletrophysics modelo PV 320 com resolução 320x240 pixels, faixa espectral 3-14 mm e sensibilidade de 0,08°C, conectada via USB a um computador e com tripé de apoio, representada pela Figura 07.

Para determinar a taxa de sudorese em cada teste, foi necessário realizar a medição da massa de cada camiseta no início e ao final de cada teste. Para tal, o objeto do estudo (camisetas) foi inserido dentro de um saco plástico com fecho hermético para que não perdesse a umidade através da evaporação e pesado em uma balança eletrônica da marca Cadence modelo Utilitá (Figura 08). A balança possui capacidade de até 5 kg e dimensões 25,5x13x25,5 cm.

Figura 07: Câmera termográfica
Electrophysics modelo PV 320



Fonte:

<http://www.cefid.udesc.br/?id=1448>

Figura 08: Balança eletrônica



Fonte: Arquivo Pessoal

A medição da massa de cada camiseta foi realizada antes e após o experimento. Cada uma delas foi condicionada em um saco hermético devidamente numerado, identificando também o voluntário do teste em questão. Após um período de climatização, a camiseta era inserida no saco hermético, lacrada e pesada. Ao final do teste em esteira, a camiseta era retirada do corpo do voluntário rapidamente, para que a umidade não se perdesse através da evaporação, e o procedimento se repetia.

3.4.2 Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa, ou subjetiva, tem como objetivo identificar a percepção do indivíduo sobre a sensação de conforto térmico (temperatura e umidade) durante o experimento. Para tal, foi elaborado um breve questionário baseado na aplicação de escalas visuais analógicas (VAS) com graduação de 1 a 10 pontos. A disposição e organização dos dados no questionário foram realizadas com base na avaliação subjetiva utilizada por Anselmo (2014).

O questionário é segmentado em três partes, cada qual aplicada em um devido momento do ensaio. A primeira parte refere-se às características do usuário, previamente preenchidas pelo pesquisador para facilitar a identificação dos dados em análises posteriores. A caracterização do experimento também fica a cargo do pesquisador, onde se identifica as condições ambientais do local do experimento (temperatura e umidade), a data do teste e a modelagem utilizada pelo voluntário nesta data, conforme o quadro 04.

Quadro 04: Avaliação subjetiva de percepção – Parte I

| QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO SUBJETIVA | |
|---------------------------------------|--|
| A – CARACTERIZAÇÃO INDIVIDUAL | B – CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO |
| Nome: | Data: |
| Idade: | Temperatura ambiental: |
| Peso (Kg): | Umidade relativa: |
| Altura (cm): | Modelagem: () <i>Slim Fit</i> |
| | () Tradicional |
| | () Ampla |

Fonte: Arquivo Pessoal

A segunda parte se refere à avaliação subjetiva de conforto térmico nas fases inicial e final do experimento. Julga-se necessário colher as percepções do indivíduo nesses dois momentos uma vez que o ambiente estará climatizado, e a percepção de temperatura e umidade durante a aclimação pode diferir. Para essa avaliação, é utilizada a escala visual analógica (VAS), conforme o quadro 05.

Quadro 05: Avaliação subjetiva de percepção – Parte II

| C – AVALIAÇÃO SUBJETIVA NA FASE INICIAL | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|--------|---|---|---|------------------|---|----|
| | Escala Visual Analógica (VAS) | | | | | | | | | |
| Com relação à sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Frio | | | Neutro | | | | Quente -> | | |
| Com relação à sensação de umidade, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Seco | | | Neutro | | | | Úmido -> | | |
| Com relação ao conforto geral, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Confortável | | | Neutro | | | | Desconfortável-> | | |
| D – AVALIAÇÃO SUBJETIVA NA FASE FINAL | | | | | | | | | | |
| | Escala Visual Analógica (VAS) | | | | | | | | | |
| Com relação à sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Frio | | | Neutro | | | | Quente -> | | |
| Com relação à sensação de umidade, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Seco | | | Neutro | | | | Úmido -> | | |
| Com relação ao conforto geral, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Confortável | | | Neutro | | | | Desconfortável-> | | |

Fonte: Arquivo Pessoal

A terceira e última parte está relacionada à indicação por parte do voluntário às áreas do corpo avaliadas no que se refere ao desconforto (percepção de aumento da temperatura e umidade) durante o ensaio, conforme o quadro 06. Essa etapa foi realizada ao final do experimento.

Quadro 06: Avaliação subjetiva de percepção – Parte III

| | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| E- DESCONFORTO TÉRMICO | | | |
| Identifique em qual local do corpo você sentiu maior aumento de temperatura durante atividade física: | | | |
| <input type="checkbox"/> Costas | <input type="checkbox"/> Peito | <input type="checkbox"/> Abdômen | <input type="checkbox"/> Bíceps |
| Identifique em qual local do corpo você sentiu maior aumento de umidade durante atividade física: | | | |
| <input type="checkbox"/> Costas | <input type="checkbox"/> Peito | <input type="checkbox"/> Abdômen | <input type="checkbox"/> Bíceps |

Fonte: Arquivo Pessoal

3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

3.5.1 Considerações éticas

A pesquisa foi aprovada sob o parecer de pesquisa n.º 922879, pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina-CEPSH/UDESC.

3.5.2 Coleta de dados

O PPGDesign possui acordo de colaboração técnico científico com laboratórios do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID/UDESC. Desta forma, os testes experimentais foram realizados no Laboratório de Pesquisas em Desempenho Humano (LAPEDH) – UDESC/Florianópolis, em um ambiente com temperatura, umidade relativa e velocidade do ar controladas, contendo o equipamento para avaliação de esforço físico, citado no item 3.4.1. Os parâmetros utilizados para a determinação da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar são os mesmos utilizados por Souza et al. (2014).

Anteriormente à execução dos testes de esteira, os voluntários realizaram um protocolo contínuo de cargas crescentes, em esteira rolante (Superatl, Imbramed, Porto Alegre, Brasil), para determinar a velocidade moderada relativa ao condicionamento físico de cada um.

Neste protocolo, a velocidade inicial era de 7 km/h com incrementos de 0,5 km/h a cada minuto até à exaustão voluntária. O VO_2 (volume de oxigênio) foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado, sendo os dados reduzidos às médias de 15 segundos. O Limiar Ventilatório (LV) foi definido como o VO_2 no qual a produção de CO_2 (gás carbônico) começa a aumentar desproporcionalmente em relação ao VO_2 , combinado com um sistemático aumento no equivalente ventilatório do VO_2 sem um concomitante aumento no equivalente ventilatório do VCO_2 (WASSERMAN et al., 1967; REINHARD et al., 1979; BEAVER et al., 1986; CAIOZZO et al., 1982;)

Os voluntários se absteram de álcool, cafeína e atividade física um dia antes do experimento. Os testes em cada participante da amostra foram antecidos de um dia de descanso e realizados no mesmo período do dia. Cada participante realizou o teste três vezes, ou seja, em cada um utilizando uma camiseta com uma modelagem distinta. Ao final do estudo, toda a amostra testou as três modelagens.

A velocidade da esteira variou entre 8,5 km/h a 9,9 km/h, dependendo do resultado do protocolo contínuo de cargas crescentes de cada voluntário, conforme a tabela 04. A inclinação da esteira utilizada foi de 1%, para simular a resistência do ar.

Tabela 04: Velocidade de cada voluntário

| Voluntário | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Velocidade (Km/h) | 9,5 | 9,4 | 9,0 | 9,9 | 8,5 |

Fonte: Arquivo pessoal

O protocolo experimental empregado foi dividido nas seguintes etapas:

1ª FASE:

A) Climatização do ambiente com temperatura de $(22 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(55 \pm 5)\%$;

B) Condicionamento das camisetas de prova em ambiente climatizado conforme item A, por um período mínimo de 1 hora;

C) Programação da Esteira Ergométrica com controle e indicador de velocidade de acordo com os resultados do teste de esforço;

D) Medição da massa da camiseta utilizando uma balança digital.

2ª FASE:

A) Apresentação do Protocolo Experimental e informar o indivíduo sobre os itens que devem ser observados para percepção de conforto térmico para responder a avaliação subjetiva de conforto térmico;

B) Climatização do indivíduo durante vinte minutos em repouso, com as roupas do ensaio (short, camiseta, meia e tênis);

C) Assinatura do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e Termo de Consentimento para fotografias, vídeos ou gravações;

D) Preenchimento dos dados do participante e verificação de peso e altura;

E) Fotografia do tórax e membros superior sem a camiseta (frente, costas, perfil direito e perfil esquerdo) para registro da integridade do tórax e membros superiores (Figura 09);

Figura 09: Integridade do tórax e membros superiores



Fonte: Arquivo Pessoal

F) Termografia do tórax e membros superiores sem a camiseta (frente, costas, perfil direito e perfil esquerdo) para registro do mapeamento térmico do tórax e membros superiores;

G) Colocação da camiseta;

H) Termografia do tórax e membros superior com a camiseta (frente, costas, perfil direito e perfil esquerdo) para registro do mapeamento térmico do tórax e membros superiores;

3ª FASE:

A) Início da caminhada de vinte minutos a uma velocidade moderada, de acordo com os resultados dos testes de esforço;

B) Parada aos vinte minutos de caminhada;

C) Termografia do tórax e membros superior com a camiseta (vista frontal, vista posterior, vista lateral direita e vista lateral esquerda);

D) Termografia do tórax e membros superior sem a camiseta (vista frontal, vista posterior, vista lateral direita e vista lateral esquerda);

E) Período de repouso de 10 minutos;

F) Avaliação subjetiva de conforto térmico;

G) Medição de massa da camiseta;

H) Termografia do tórax e membros superiores sem a camiseta (vista frontal, vista posterior, vista lateral direita e vista lateral esquerda) para registro do mapeamento térmico do tórax e membros superiores ao final do ensaio;

I) Fotografia do tórax e membros superior sem a camiseta (vista frontal, vista posterior, vista lateral direita e vista lateral esquerda) para registro da integridade do tórax e membros superiores ao final do ensaio.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados referentes ao procedimento experimental realizado. Os resultados obtidos permitiram avaliar subjetivamente a percepção do usuário em relação à temperatura, umidade e conforto geral e, através das medidas quantitativas, verificar o comportamento das camisetas em relação à temperatura corporal e a transpiração.

4.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA COM TERMOPARES

A coleta das medidas de temperatura com os sensores termopares foi realizada conforme o protocolo apresentado no capítulo 3.5 Procedimento de coleta de dados. As medições foram realizadas a cada 10 segundos durante os 20 minutos do exercício, totalizando 120 marcações, e a cada 10 segundos durante os 10 minutos do período de repouso, gerando 60 marcações.

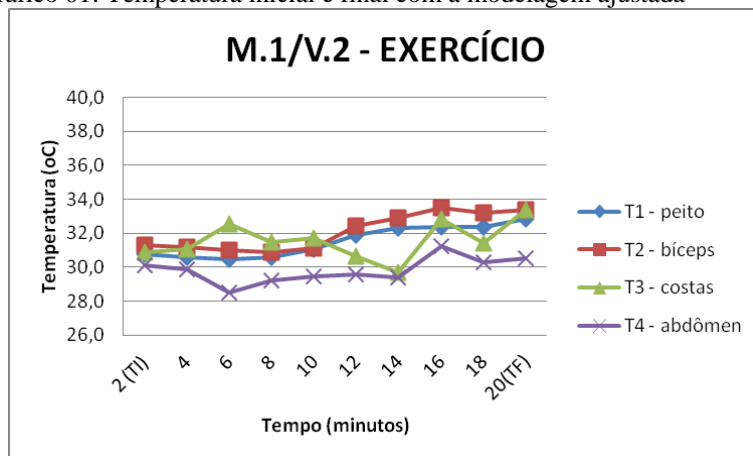
Para a análise, foi estabelecida a média das marcações a cada dois minutos. A temperatura inicial (TI) foi determinada a partir da média dos dois minutos iniciais, e a temperatura final (TF) refere-se à média dos dois minutos finais do exercício.

Os gráficos a seguir, mostram o comportamento térmico de um dos voluntários durante o exercício com as três modelagens de camiseta. Os quatro termopares estão representados na legenda por T1, T2, T3 e T4. O restante dos gráficos representando o comportamento da temperatura de cada voluntário encontram-se no apêndice G.

O gráfico 01 mostra o comportamento da temperatura durante 20 minutos de exercício utilizando a modelagem ajustada. É possível perceber que as temperaturas nos quatro pontos analisados se mantêm com certa constância, sem

variações extremas. No final, percebe-se uma pequena variação na temperatura do abdômen em relação aos outros pontos.

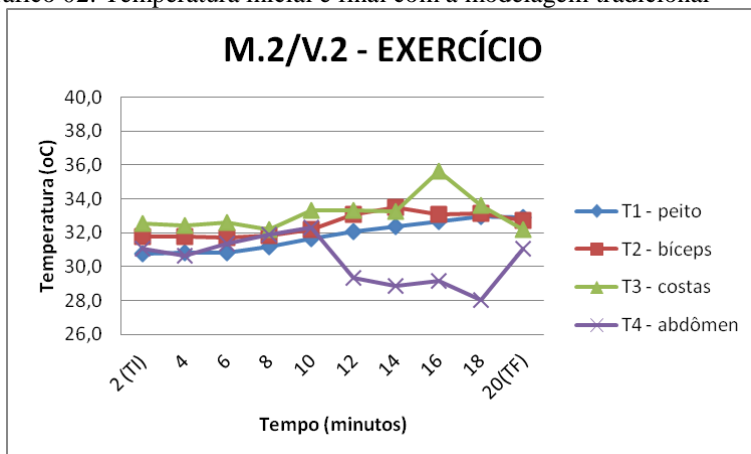
Gráfico 01: Temperatura inicial e final com a modelagem ajustada



Fonte: Arquivo Pessoal

No gráfico 02, referente à modelagem tradicional, a temperatura mensurada das costas e abdômen apresenta variações perceptíveis após 10 minutos de atividade. No final, as linhas de cada termopar tornam-se mais próximas, sem grandes discrepâncias entre os pontos.

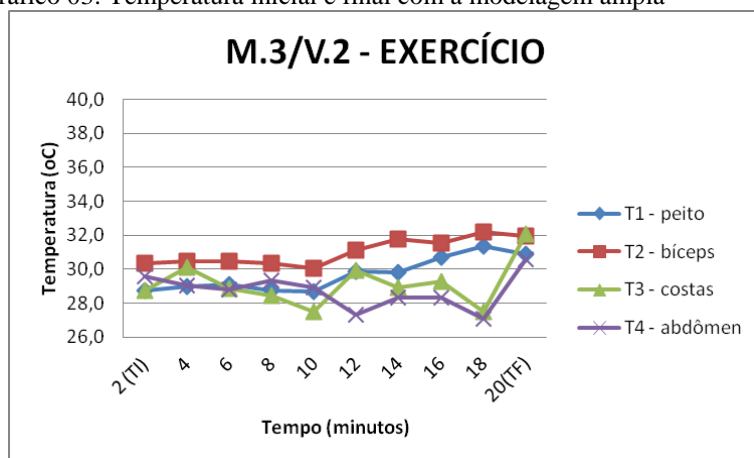
Gráfico 02: Temperatura inicial e final com a modelagem tradicional



Fonte: Arquivo Pessoal

No gráfico 03, percebe-se que a temperatura dos pontos na modelagem ampla tem um comportamento semelhante à modelagem tradicional. A diferença percebida é que, enquanto nos gráficos anteriores as linhas se sobrepõem, mostrando baixa variação entre as temperaturas, aqui as distâncias entre as linhas são visíveis, representando uma variação maior entre todos os pontos. É possível perceber picos de variação nos pontos das costas e do abdômen.

Gráfico 03: Temperatura inicial e final com a modelagem ampla



Fonte: Arquivo Pessoal

Os gráficos 01, 02 e 03 mostram a semelhança entre as temperaturas iniciais dos quatro pontos avaliados em todos os três testes. Através da coleta das temperaturas com os sensores termopares foi possível perceber que a modelagem ajustada se diferencia das demais proporcionando uma melhor estabilidade das temperaturas nos quatro pontos, com menos pontos de variação se comparado às outras. Por outro lado, a variação de temperatura durante o exercício é maior do que a variação apresentada pelas outras modelagens.

Os resultados obtidos durante o período de exercícios comprovam os dados apresentados por Chen (2004), que afirma que o isolamento térmico da roupa aumenta quando a espessura da lacuna de ar entre o corpo e o tecido é menor.

Na tabela 05, encontram-se descritas as variações entre as temperaturas finais e iniciais (ΔT) para todos os voluntários referentes aos testes com as três modelagens.

Tabela 05: Variações entre temperatura final e inicial (ΔT)

| Voluntário | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ajustada | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | 0,47 | 2,11 | 0,78 | 1,11 | 0,37 |
| T2 | 2,19 | 2,08 | 0,6 | 1,61 | 0,24 |
| T3 | 2,30 | 2,51 | 3,79 | -1,26 | 3,59 |
| T4 | -0,81 | 0,39 | -0,49 | 2,51 | 2,91 |
| Tradicional | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | -0,87 | 2,18 | -0,12 | 1,3 | 0,75 |
| T2 | 0,72 | 1,01 | 0,55 | 0,6 | 1,85 |
| T3 | 0,42 | -0,31 | 1,48 | 2,32 | -0,07 |
| T4 | -2,05 | -0,02 | 2,17 | 4,11 | -0,19 |
| Ampla | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | -0,73 | 2,14 | -0,13 | 3,55 | -1,37 |
| T2 | 2,91 | 1,57 | 1,75 | -0,01 | -0,43 |
| T3 | -0,51 | 3,32 | 1,07 | 0,1 | 2,11 |
| T4 | 0,13 | 1,02 | 0,66 | 2,82 | 3,71 |

Fonte: Arquivo Pessoal

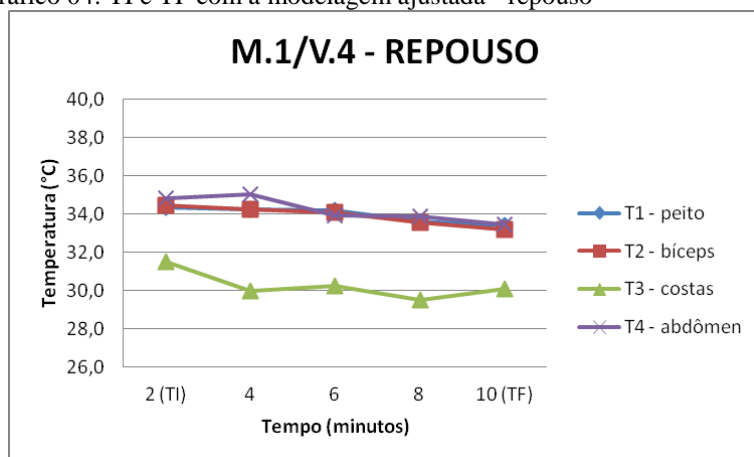
Os dados referentes à variação de temperatura na tabela apontam maiores variações de aquecimento entre a temperatura final e inicial (ΔT) na modelagem ajustada, porém, essa variação é comum aos quatro pontos, conforme apresentado no gráfico 01. Isso significa, que por mais que exista maior aquecimento, poucas são as discrepâncias de temperatura nos quatro pontos analisados.

Já nas modelagens tradicional e ampla, existem casos de variação de aquecimento em todos os pontos, porém, não tão constante quando na modelagem ajustada. O que é possível perceber em relação às modelagens tradicional e ampla, é a variação negativa do ΔT . Isso significa, que ao final de exercício, alguns pontos, para a maioria dos voluntários, apresentaram variação negativa, ou seja, resfriamento.

Concluída a análise das temperaturas referentes ao período do exercício, parte-se para a análise das temperaturas referentes ao período subsequente de repouso, com duração de 10 minutos. Também foi estabelecida a média das marcações a cada dois minutos, sendo TI os dois minutos iniciais e TF, os dois minutos finais.

O gráfico 04 apresenta o comportamento térmico de um dos voluntários durante o uso da modelagem ajustada. Neste gráfico, é possível perceber o efeito da termorregulação e da manutenção da temperatura proposta pelo material. As quatro regiões apresentam variação de temperatura, porém esta se mostra constante em todos os pontos, sem variações extremas.

Gráfico 04: TI e TF com a modelagem ajustada - repouso

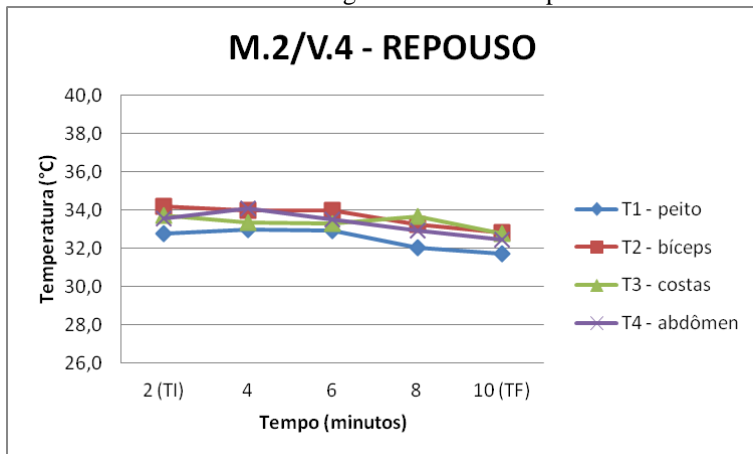


Fonte: Arquivo Pessoal

O gráfico 05 ilustra os resultados obtidos durante o uso da modelagem tradicional. É possível perceber variação uniforme nos quatro pontos observados. Na região das costas e do peito é possível perceber um aquecimento durante o período

de repouso, e após os 7 minutos, aproximadamente, todos os pontos sofrem queda de temperatura.

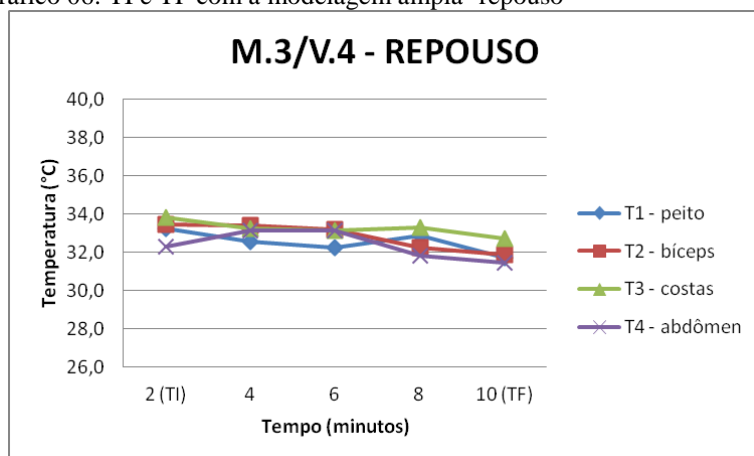
Gráfico 05: TI e TF com a modelagem tradicional- repouso



Fonte: Arquivo Pessoal

No gráfico 06 é possível visualizar a variação da temperatura durante o uso da modelagem ampla. Neste caso, todos os pontos mantêm a temperatura estável. A partir dos 7 minutos, aproximadamente, a temperatura inicia uma queda, constante em todos os pontos analisados.

Gráfico 06: TI e TF com a modelagem ampla- repouso



Fonte: Arquivo Pessoal

A análise dos gráficos 04, 05 e 06 permite determinar estabilidade nas temperaturas dos quatro pontos avaliados ao final do repouso nas modelagens tradicional e ampla. Na modelagem ajustada percebe-se que a temperatura se mantém estável nos quatro pontos analisados até o término do período de repouso, ao contrário das modelagens tradicional e ampla, que apresentam queda de temperatura após o sétimo minuto. A tabela 06, descreve as variações entre as temperaturas finais e iniciais (ΔT) do repouso para todos os voluntários, dos testes com as três modelagens.

Tabela 06: Variações entre temperatura final e inicial (ΔT) - repouso

| Voluntário | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ajustada | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | -1,14 | -0,06 | -0,90 | -0,98 | -0,32 |
| T2 | -1,99 | -1,52 | -1,42 | -1,27 | -0,73 |
| T3 | -0,82 | 0,38 | -0,52 | -1,43 | 1,10 |
| T4 | 0,65 | 0,01 | 0,24 | -1,35 | -0,07 |
| Tradicional | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | -0,67 | -1,75 | -1,01 | -1,05 | 0,5 |
| T2 | -0,73 | -2,68 | -0,04 | -1,35 | 0,03 |
| T3 | -1,11 | -0,94 | -1,84 | -0,91 | -1,46 |
| T4 | 0,35 | 3,125 | -0,99 | -1,125 | 0,69 |
| Ampla | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT | ΔT |
| T1 | -1,01 | 0,35 | -0,42 | -1,51 | 0,99 |
| T2 | -1,93 | -0,69 | -0,51 | -1,59 | 0,02 |
| T3 | 0,37 | 0,45 | -0,91 | -1,08 | 0,61 |
| T4 | -1,08 | 4,33 | -0,73 | -0,84 | 0,08 |

Fonte: Arquivo Pessoal

Os dados da tabela demonstram pouca variação de temperatura na tabela. Apenas um voluntário (V. 02) apresenta uma variação representativa de aquecimento no abdômen durante o uso das modelagens tradicional e ampla. Na maioria das medições, as temperaturas se mantêm com baixa variação e, especialmente na modelagem ampla, nota-se uma variação positiva significando aquecimento.

4.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA ATRAVÉS DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS

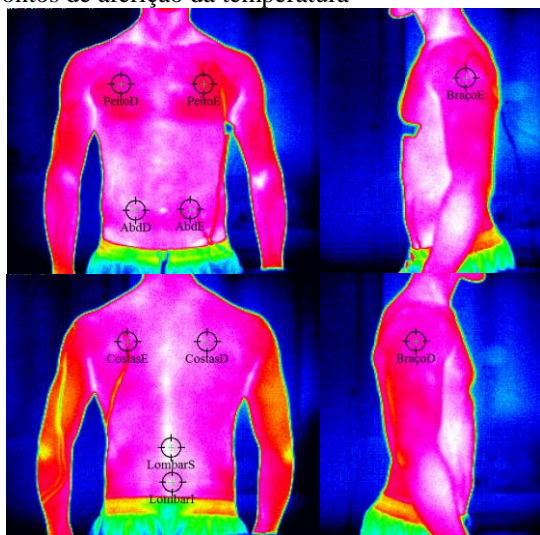
A coleta das temperaturas foi realizada através da emissão de radiação térmica em imagens termográficas dos voluntários, coletadas sem e com camiseta no início do procedimento, no final e após o período de repouso.

Cada coleta resultou em 15 segundos de imagens do tronco e membros superiores com 15 frames por segundo, totalizando aproximadamente 224 frames. Durante os 15 segundos, os voluntários se posicionaram de frente, de costas e de perfil em ambos os lados, sempre se movimentando em sentido horário, para garantir o registro das diferentes regiões do tronco e membros superiores.

Após a verificação de todas as imagens coletadas, foi realizada a seleção da imagem mais adequada em cada um dos pontos solicitados e analisadas no *software* Velocity 2.4, que fornece a temperatura média emitida pela radiação térmica da região. Os *spots* foram configurados com tamanho de 3 pixels, índice de emissividade da pele de 0,98 e índice de emissividade do tecido de 0,95.

A Figura 10 mostra as imagens térmicas das quatro posições adotadas durante a captura de imagens e os pontos analisados. Os *spots* para aferição da temperatura foram posicionados nos mesmos pontos dos termopares, porém os pontos no lado direito do tórax e lombar (inferior e superior) também foram consultados.

Figura 10: Pontos de aferição da temperatura



Fonte: Acervo pessoal

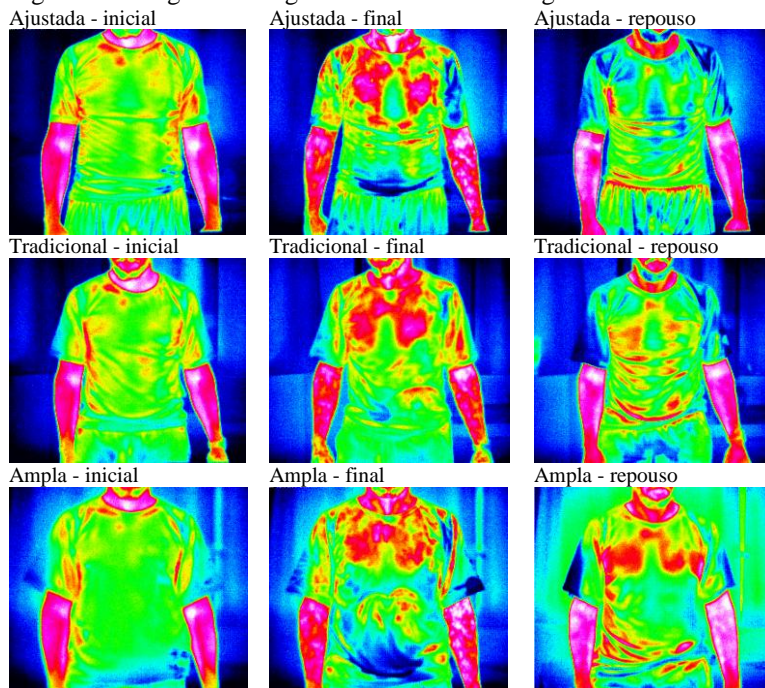
A análise das imagens termográficas de todos os testes, presente no Apêndice H permite verificar o comportamento da temperatura antes e após o teste e ao final do período de repouso. Para tal, utiliza-se como parâmetro a escala de cor apresentada na Figura 07, onde a cor branca representa a área com maior aquecimento, e o preto, com menos.

Antes do teste, é possível perceber as áreas de aquecimento em contato com as camisetas, logo após a colocação das mesmas. Na modelagem ajustada, em que o tecido fica mais próximo ao corpo, essas áreas se apresentam maiores e mais aquecidas. As regiões onde se verifica uma maior temperatura em relação às outras são o peito, a lateral do tronco (próximo ao braço) e as costas, na região das escápulas.

Após o exercício, nota-se que as imagens termográficas não apresentam tanta uniformidade nas cores quanto no início, representando variações de temperatura nas

diversas partes do tórax. As imagens mostram que alguns pontos, como a região do abdômen, a lombar e o bíceps apresentam um resfriamento após o término do teste, causado pela umidade presente na pele. Para todas as modelagens, também percebe-se um aumento do aquecimento na região do peito, próximo ao pescoço. É possível verificar tais observações nas imagens termográficas da figura 11.

Figura 11: Imagens termográficas das três modelagens



Fonte: Acervo pessoal

A tabela 07 a seguir apresenta a variação da temperatura final e inicial durante o exercício (ΔT) e durante o repouso (ΔTr) coletada através da radiação térmica nas imagens termográficas. Nota-se que a variação apresenta-se

menos representativa do que a variação mostrada pelos dados coletados através dos sensores termopares.

Tabela 07: Variações entre temperatura final e inicial – imagens termográficas (exercício e repouso)

| Mod. | Ajustada | | Tradicional | | Ampla | |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Vol. | ΔT | ΔTr | ΔT | ΔTr | ΔT | ΔTr |
| 01 | -0,32 | -0,53 | 0,35 | -0,12 | 0,01 | 0,41 |
| 02 | 1,03 | -0,08 | -0,42 | 0,37 | 0,46 | -0,14 |
| 03 | -1,02 | 0,37 | -1,27 | 0,07 | -0,61 | 0,95 |
| 04 | 1,28 | -1,61 | 0,76 | -1,31 | 1,44 | -2,09 |
| 05 | -0,44 | 1,43 | -1,07 | 1,49 | -0,87 | 1,17 |

Fonte: Acervo pessoal

Em alguns casos, é possível verificar variação negativa no ΔT (resfriamento) e variação positiva no ΔTr (aquecimento). Acredita-se que esses resultados são influenciados pela umidade da pele nesses estágios. Após o exercício, a umidade presente é maior, afetando a temperatura superficial da pele. Após o período de repouso, parte da umidade evapora-se, sugerindo um aquecimento da superfície da pele. Tal variação não ocorre com os sensores termopares.

4.3 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE UMIDADE

A variação da umidade foi realizada através da medição das massas da camiseta, antes do exercício e após o período de repouso. A tabela 08 apresenta os dados referentes à massa inicial (MI) e a massa final (MF), bem como a variação de umidade (Δh) em gramas.

Tabela 08: Variação de umidade (Δh)

| Mod. | Ajustada | | | Tradicional | | | Ampla | | |
|------|----------|-----|------------|-------------|-----|------------|-------|-----|------------|
| Vol. | MI | MF | Δh | MI | MF | Δh | MI | MF | Δh |
| 01 | 117 | 128 | 11 | 127 | 143 | 16 | 137 | 148 | 11 |
| 02 | 116 | 141 | 25 | 128 | 146 | 18 | 135 | 157 | 22 |
| 03 | 116 | 123 | 7 | 127 | 133 | 6 | 136 | 139 | 3 |
| 04 | 116 | 208 | 92 | 127 | 219 | 92 | 136 | 257 | 121 |
| 05 | 117 | 118 | 1 | 128 | 131 | 3 | 137 | 139 | 2 |

Fonte: Acervo pessoal

A análise dos dados da tabela não permite identificar variações entre as modelagens. Percebe-se que as camisetas pertencentes ao mesmo grupo de modelagem apresentam massa inicial semelhante, porém, as variações da massa da camiseta na medição final não apresentam semelhança entre as modelagens por voluntário. As discrepâncias entre um voluntário e outro são atribuídas às particularidades de cada organismo. Dessa forma, na comparação entre as modelagens de cada um dos usuários, não é possível perceber qualquer distinção entre modelagens no fator umidade.

4.4 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

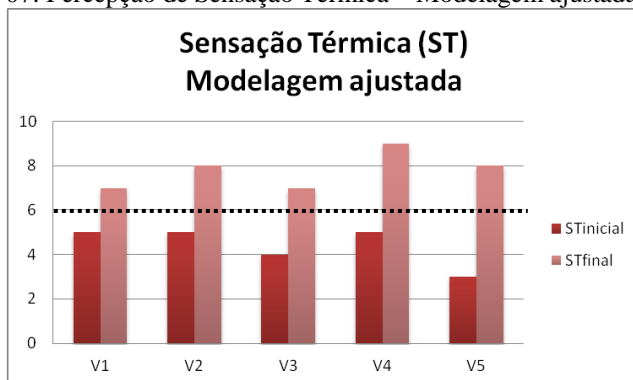
A avaliação subjetiva de percepção do usuário sobre temperatura, umidade e conforto geral nas fases inicial e final do protocolo experimental foi realizada conforme as respostas obtidas no questionário utilizando Escala Visual Analógica.

Os dados obtidos foram organizados em tabelas segmentando as questões conforme o assunto. As respostas foram organizadas em escala de 1 a 10 para temperatura, umidade e conforto geral, sendo que o 1 corresponde respectivamente à ‘frio’, ‘seco’ e ‘confortável’, e o 10 à ‘quente’, ‘úmido’ e ‘desconfortável’. A linha pontilhada no número 6 dos gráficos indica o limite do estado neutro para as

três condições. A partir da tabulação dos dados foi determinada a variação entre as respostas das fases final e inicial através da estimativa da média.

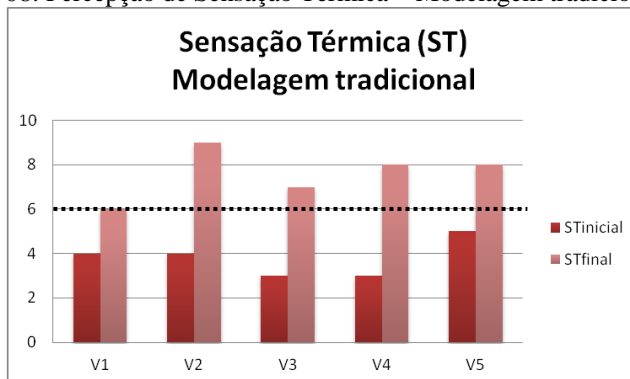
Os gráficos 07, 08 e 09 apresentam os valores referentes à avaliação subjetiva de sensação térmica antes e depois do protocolo experimental. Percebe-se que para todos os voluntários houve um aumento da sensação de aquecimento utilizando as três modelagens. Na modelagem ajustada, na totalidade dos casos, esse aquecimento ultrapassa o limite de sensação neutra. Nas outras modelagens, esse evento também é observado, exceto para voluntário 01.

Gráfico 07: Percepção de Sensação Térmica – Modelagem ajustada



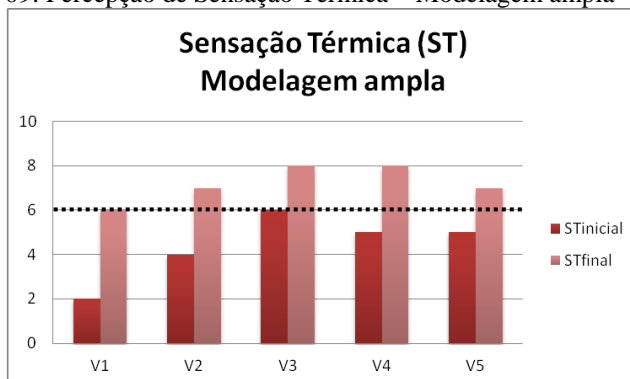
Fonte: Arquivo Pessoal

Gráfico 08: Percepção de Sensação Térmica – Modelagem tradicional



Fonte: Arquivo Pessoal

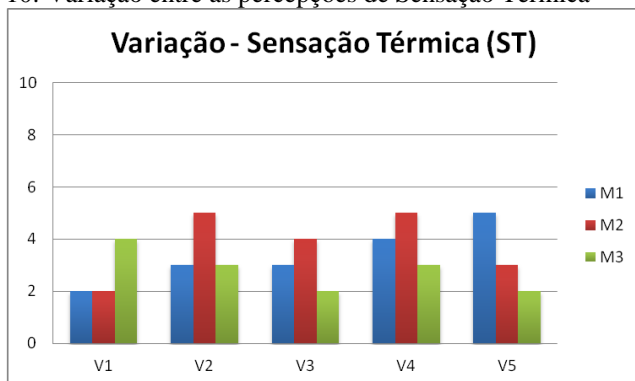
Gráfico 09: Percepção de Sensação Térmica – Modelagem ampla



Fonte: Arquivo Pessoal

No gráfico 10 estão os dados referentes à variação de sensação térmica entre as três modelagens, conforme as respostas de cada usuário. A modelagem tradicional (M2) possui maior variação de percepção térmica para três entre os cinco voluntários em comparação com as modelagens ajustada (M1) e ampla (M3).

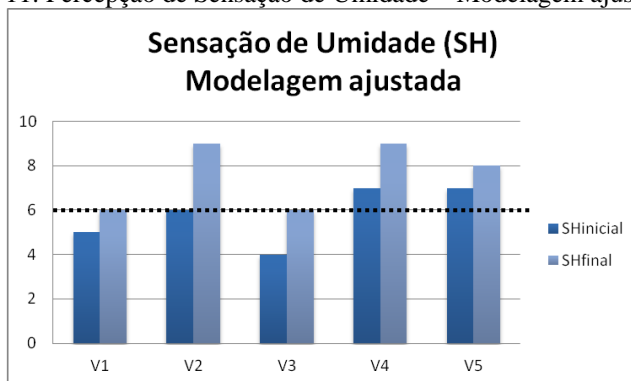
Gráfico 10: Variação entre as percepções de Sensação Térmica



Fonte: Arquivo Pessoal

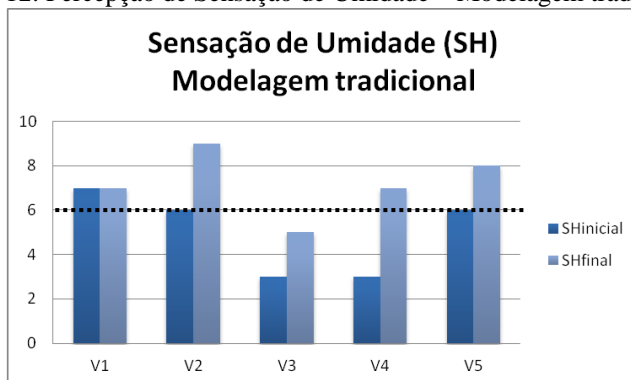
Os gráficos 11, 12 e 13 apresentam os dados coletados relacionados à sensação de umidade. Nos três casos, novamente é possível perceber que a percepção de umidade aumenta, porém com variações menores do que em relação à percepção de temperatura. Através da análise dos gráficos, é possível perceber que para 4 dos 5 voluntários consultados, a modelagem tradicional ultrapassa o limite da sensação neutra, enquanto que nas outras modelagens, esse evento é relatado apenas por 3 voluntários.

Gráfico 11: Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem ajustada



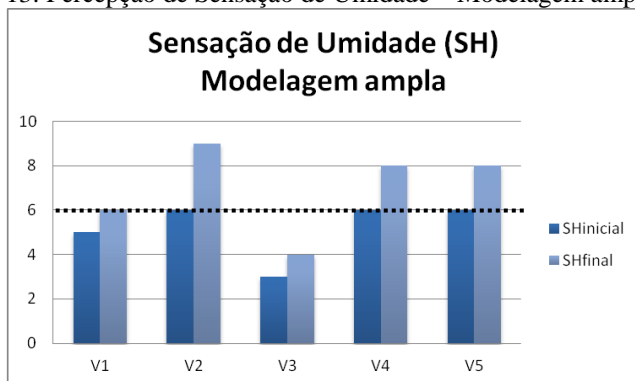
Fonte: Arquivo Pessoal

Gráfico 12: Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem tradicional



Fonte: Arquivo Pessoal

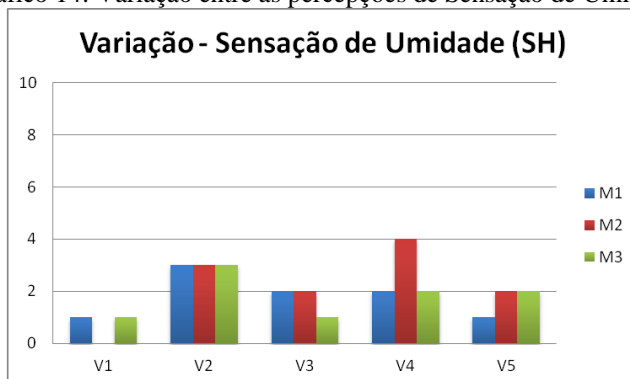
Gráfico 13: Percepção de Sensação de Umidade – Modelagem ampla



Fonte: Arquivo Pessoal

O gráfico 14 mostra a variação da sensação de umidade entre as três modelagens. A modelagem ajustada (M1) possui similaridade com a modelagem ampla (M3) para três voluntários. A modelagem tradicional (M2) apresenta ora similaridade tanto com a modelagem ajustada (M1) quanto com ampla (M3), ora distanciamento em relação às variações apresentadas pelas as mesmas, sendo a que apresenta maior variação entre a sensação relatada no início e no final do protocolo.

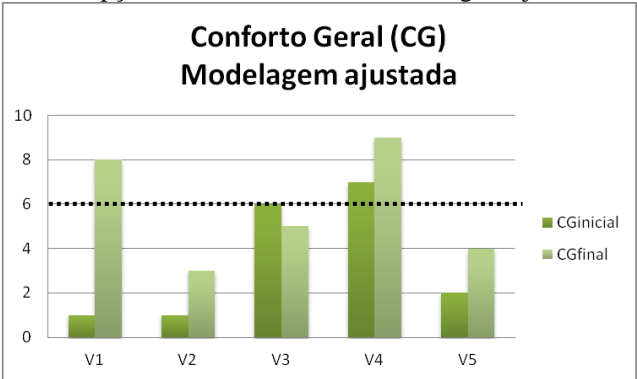
Gráfico 14: Variação entre as percepções de Sensação de Umidade



Fonte: Arquivo Pessoal

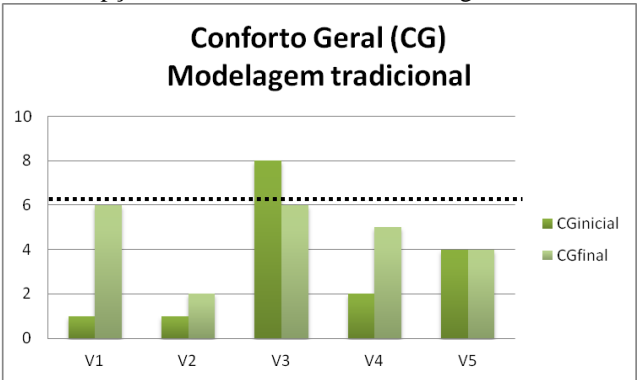
Em relação à percepção de Conforto Geral durante protocolo experimental, os gráficos 15, 16 e 17 apresentam os dados coletados durante o uso das três modelagens. Nas modelagens ajustada (M1) e tradicional (M2), a maioria dos voluntários relata o aumento do desconforto, destacando verbalmente o fato da modelagem ajustada ser a mais desconfortável dentre as três. Somente em relação à modelagem ampla é possível indicar a redução/manutenção da sensação de desconforto entre as fases inicial e final do protocolo.

Gráfico 15: Percepção de Conforto Geral – Modelagem ajustada



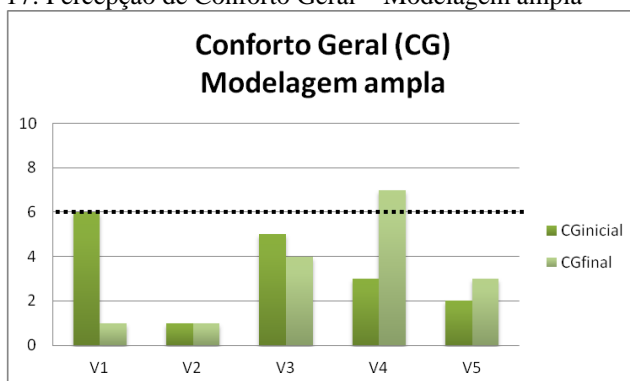
Fonte: Arquivo Pessoal

Gráfico 16: Percepção de Conforto Geral – Modelagem tradicional



Fonte: Arquivo Pessoal

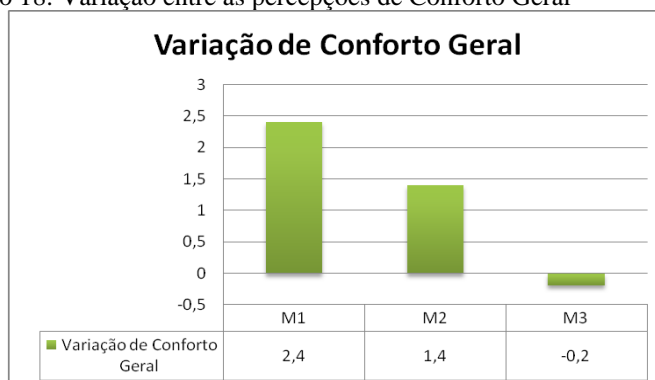
Gráfico 17: Percepção de Conforto Geral – Modelagem ampla



Fonte: Arquivo Pessoal

O Gráfico 18 a seguir apresenta os dados relativos à variação de Conforto Geral obtida através das respostas coletadas nas fases inicial e final do protocolo. É possível visualizar uma disparidade entre a variação do conforto na modelagem ajustada (M1), apresentando maior desconforto em relação às demais. Por outro lado, a modelagem ampla (M3), apresenta uma variação negativa, significando a diminuição do desconforto na etapa final do protocolo.

Gráfico 18: Variação entre as percepções de Conforto Geral



Fonte: Arquivo Pessoal

A análise do questionário subjetivo também permite determinar em quais locais da parte superior do corpo os voluntários sentiram maior desconforto em relação ao aumento da temperatura e umidade. As Tabelas 09, 10 e 11 mostram os dados referentes ao desconforto nas três modelagens. Nos três casos, os voluntários reportaram maior desconforto em relação à temperatura e umidade nas costas e no peito, somente com um registro de desconforto em relação à temperatura no bíceps, na modelagem tradicional.

Tabela 09: Desconforto – modelagem ajustada

| Modelagem ajustada – temperatura | | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | | x | | x | x |
| Peito | x | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | |
| Modelagem ajustada – umidade | | | | | |
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | | x | | x | x |
| Peito | x | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | |

Fonte: Arquivo Pessoal

Tabela 10: Desconforto – modelagem tradicional

| Modelagem tradicional – temperatura | | | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | x | x | | x | |
| Peito | | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | x |
| Modelagem tradicional – umidade | | | | | |
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | x | x | | x | x |
| Peito | | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | |

Fonte: Arquivo Pessoal

Tabela 11: Desconforto – modelagem ampla

| Modelagem ampla – temperatura | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | x | x | | x | x |
| Peito | | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | |
| Modelagem ampla – umidade | | | | | |
| Vol./Local | Vol. 1 | Vol. 2 | Vol. 3 | Vol. 4 | Vol. 5 |
| Costas | x | x | | x | x |
| Peito | | | x | | |
| Abdômen | | | | | |
| Bíceps | | | | | |

Fonte: Arquivo Pessoal

Os dados presentes nas tabelas estão de acordo com as temperaturas mensuradas nessas áreas. Parte do desconforto ocorre também em função da transpiração, uma vez que devido ao caimento das camisetas, independente da modelagem, a região do peito e das costas possui maior contato com o tecido úmido, e a circulação de ar permanece menor do que no abdômen e bíceps.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Aos dados referentes às temperaturas iniciais e finais foram também aplicados testes estatísticos com o objetivo de confirmar a representatividade estatística dos dados coletados. Todos os testes foram realizados com o auxílio do *software SPSS Statistics*. Inicialmente, todos os dados foram submetido ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, com intervalo de confiança de 95%. Os dados foram organizado por modelagem (M1, M2, M3), por pontos dos sensores termopares (T1, T2, T3 e T4) e pelo período de avaliação (inicial/final e inicial repouso/final repouso).

Após a confirmação da normalidade dos dados através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, onde para todos os dados $p > 0,05$, aplicou-se uma análise de variância (ANOVA medidas repetidas) nas temperaturas iniciais e finais de cada ponto, do período de exercício e de repouso, para identificar as diferenças entre as modelagens. Para os dados referentes a análise subjetiva, o teste utilizado foi o Teste de Friedman.

As tabelas fornecidas pelo *software SPSS Statistics* com os resultados descritos encontram-se no Apêndice I.

4.5.1 ANOVA medidas repetidas – T1 (peito)

Para a análise dos dados referentes às temperaturas coletadas na região do peito foi realizada uma análise de variância com intervalo de confiança de 95% entre as temperaturas iniciais e finais do exercício e do período de repouso, em relação à modelagem.

Para as temperaturas iniciais referentes ao período de exercício, o valor de α não descarta H_0 , em que não existem diferenças significativas entre as modelagens ($\alpha=0,113$), conforme esperado. Tal resultado era esperado uma vez que os

voluntários passaram por um período de climatização antes do início das medições.

Para as temperaturas referentes à medição ao final do exercício, a análise de variância entre as modelagens apresenta diferenças representativas ($\alpha=0,05$). A análise *post-hoc* para comparação entre os pares (teste de Bonferroni) aponta diferenças significativas entre a modelagem ajustada e a ampla ($\alpha=0,024$), enquanto a comparação entre a modelagem ajustada e tradicional ($\alpha=1,00$) e tradicional e ampla ($\alpha=0,129$) não demonstra a existência de diferença representativa.

O resultado da análise de variância para as temperaturas iniciais do período de repouso está de acordo com os dados apresentados acima. É possível afirmar que existe diferença representativa entre as temperaturas iniciais do período de repouso entre as modelagens ($\alpha=0,009$), e a análise *post-hoc* (teste de Bonferroni) indica maiores variações entre as modelagens ajustada e ampla ($\alpha=0,02$). As diferenças entre as modelagens ajustada e tradicional ($\alpha=1,00$) e entre a tradicional e ampla ($\alpha=0,372$) não apresentam variações representativas.

As temperaturas finais do período de repouso da região do peito não apresentam diferença significativa ($\alpha=0,586$), caracterizando o efeito de termorregulação proposto pelo material sem distinção entre as diferentes modelagens.

4.5.2 ANOVA medidas repetidas – T2 (bíceps)

A análise de variância das temperaturas coletadas na região do braço foi realizada com intervalo de confiança de 95%. Conforme esperado, a análise estatística das temperaturas iniciais do período de exercício não descarta H_0 , indicando que não existem diferenças significativas ($\alpha=0,301$) entre as

modelagens. Para esta região, a análise das temperaturas finais também não indicou diferenças significativas ($\alpha=0,108$).

Para a comparação entre as temperaturas iniciais e finais do período de repouso, não foi possível detectar diferenças representativas ($\alpha= 0,595$ e $\alpha=0,579$), simulando a estabilidade das temperaturas entre as três modelagens.

4.5.3 ANOVA medidas repetidas – T3 (costas)

A análise de variância das temperaturas coletadas na região das foi realizada com intervalo de confiança de 95%. Para as temperaturas iniciais do período de exercício, não é possível indicar a existência de diferenças representativas entre as modelagens ($\alpha=0,166$), já para as temperaturas finais, a hipótese válida é H_1 ($\alpha=0,049$), indicando diferenças significativas entre as modelagens.

O teste *post-hoc* para comparação entre os pares (teste de Bonferroni) aponta maior variação entre a modelagem ajustada e a ampla ($\alpha= 0,089$), enquanto a comparação entre a modelagem ajustada e tradicional ($\alpha=1,00$) e tradicional e ampla ($\alpha=0,250$) demonstra menor variação.

Para resultado da análise de variância das temperaturas iniciais do período de repouso, é possível afirmar que existe diferença representativa entre as temperaturas iniciais do período de repouso entre as modelagens ($\alpha = 0,043$), e a análise *post-hoc* (teste de Bonferroni) indica maiores variações entre as modelagens ajustada e tradicional ($\alpha=0,125$). As diferenças entre as modelagens ajustada e ampla ($\alpha=1,00$) e entre a tradicional e ampla ($\alpha=0,740$) apresentam menores variações.

As temperaturas finais do período de resfriamento da região do peito não apresentam diferença significativa

($\alpha=0,928$), mais uma vez caracterizando o efeito de termorregulação sem distinção entre as diferentes modelagens.

4.5.4 ANOVA medidas repetidas – T4 (abdômen)

A análise de variância das temperaturas coletadas no abdômen braço foi realizada com intervalo de confiança de 95%. A análise estatística das temperaturas iniciais do período de exercício não descarta H_0 , indicando que não existem diferenças significativas ($\alpha=0,178$) entre as modelagens. Para esta região, a análise das temperaturas finais também não indicou variações expressivas ($\alpha=0,241$).

A comparação entre as temperaturas iniciais e finais do período de repouso, não identificou diferenças representativas ($\alpha= 0,711$ e $\alpha=0,880$, respectivamente), indicando a estabilidade das temperaturas nas três modelagens.

4.5.5 Teste de Friedman – Avaliação Subjetiva

Para analisar estatisticamente a variação entre a sensação térmica, sensação de umidade e conforto geral, foi realizado o teste de Friedman, alternativa de teste não paramétrico para a ANOVA.

Os resultados para a avaliação de sensação térmica ($\alpha=0,249$) não anulam a hipótese H_0 , indicando diferença não representativa entre as respostas fornecidas para as três modelagens. O mesmo ocorre entre as análises referentes à sensação de umidade ($\alpha=0,779$) e conforto geral ($\alpha=0,249$).

4.5.6 Considerações sobre as análises estatísticas

As análises estatísticas realizadas referentes às temperaturas dos termopares apontam para a existência de

diferenças significativas entre as temperaturas finais das regiões do peito e das costas, no período de exercício, entre as modelagens ajustada e ampla e na região das costas. Essa diferença também se apresenta entre as temperaturas iniciais do período de repouso dos mesmos pontos, uma vez que as aferições das temperaturas do período do repouso foram realizadas logo após o término do exercício.

Embora as análises estatísticas referentes à avaliação subjetiva não apresentem diferenças significativas entre as modelagens, os resultados encontrados em relação à temperatura dos termopares indicam similaridade com as respostas fornecidas pelos voluntários sobre os pontos onde existiu maior percepção de desconforto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da coleta de temperaturas com termopares e imagens termográficas, medição de massa e avaliação subjetiva de sensação térmica, sensação de umidade e conforto geral, este estudo procurou identificar diferenças entre três modelagens de camisetas fabricadas com tecido contendo material de mudança de fase, conhecido por favorecer a termorregulação.

A metodologia e o protocolo experimental utilizados são caracterizados pela união de conforto térmico, fatores humanos e design na intenção de buscar resultados para o desenvolvimento de novos estudos e a elaboração de produtos que possam atender as três áreas citadas, favorecendo o usuário.

Apesar de o conforto térmico ser assunto constante quando se trata de novos materiais, tecidos e fibras, os estudos e a experimentação laboratorial relacionada à modelagem podem proporcionar um melhor entendimento e potencializar ainda mais o uso destes materiais.

A utilização de métodos qualitativos e quantitativos para a avaliação da temperatura e umidade foi de grande importância para a exposição dos resultados. Tanto os dados fornecidos pelos equipamentos, quanto as opiniões emitidas pelos voluntários proporcionaram um melhor entendimento sobre os resultados e alertam para a importância dessa combinação de avaliações nas pesquisas relacionadas ao Design.

Na coleta das temperaturas, ambos os métodos de medição através dos sensores termopares e a análise das imagens térmicas foram válidos. Apesar dos termopares apresentarem dados com maior precisão, em função dos movimentos vigorosos realizados pelos voluntários, alguns

sensores apresentaram oscilações irreais em alguns poucos momentos. Nesses casos, a coleta das temperaturas nas imagens termográficas foi fundamental para suprir a carência de dados.

Devido à homogeneidade da amostra selecionada, as variações apresentadas tanto no período do exercício quanto do repouso podem ser consideradas pequenas. Apesar disso, os dados qualitativos demonstram um melhor desempenho da modelagem ajustada em relação à termorregulação.

Por outro lado, as respostas obtidas através das avaliações subjetivas apontam para o desconforto proporcionado pela modelagem ajustada, uma vez que a circulação de ar entre o tecido e o corpo é muito baixa. Vale ressaltar que é possível que para outros segmentos os resultados possam apresentar uma distinção maior.

Com base em tudo que foi exposto, é possível afirmar que a hipótese foi corroborada parcialmente, uma vez que as modelagens apresentam diferenças em relação à temperatura e à percepção de sensação térmica, umidade e conforto geral. Porém, não foi possível perceber diferenças em relação à transpiração.

Esses resultados demonstram a necessidade de estudos que possam fornecer soluções para o aprimoramento de materiais, mas também o conhecimento das necessidades físicas e psicológicas do usuário, levando em consideração o conforto e o bem estar.

Essa relação torna-se fundamental para o estudo dos fatores humanos como forma de identificar as percepções individuais e adaptar produtos e sistemas de forma a aperfeiçoar a relação do ser humano com o seu entorno.

Atendendo aos objetivos propostos e considerando as limitações existentes para a realização do procedimento experimental, os resultados obtidos proporcionam

contribuições em relação às modelagens de camisetas com materiais de mudança de fase, tanto para a academia quanto para a indústria.

Por fim, os dados aqui apresentados permitem desdobramentos para estudos relacionados ao material de mudança de fase. As possibilidades incluem, além da ampliação da amostra atual, o experimento laboratorial de tecidos com materiais de mudança de fase para outros públicos e áreas, como mulheres, idosos e tecnologias assistivas, dentre outros. Também pode-se sugerir pesquisas a respeito da modelagem em outras peças de vestuário confeccionadas com o material.

Dessa forma, unindo cada pesquisa e cada novo resultado, é possível a construção de um conhecimento capaz de aperfeiçoar as funções dos produtos, sejam elas estéticas, funcionais ou simbólicas, levando em conta todos os aspectos necessários para o desenvolvimento de processos e projetos ergonomicamente adequados ao usuário.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, Taiza Kalinowski. **Parâmetros para o desenvolvimento de sapatilhas femininas de uso diário com ênfase no conforto térmico e percepção da usuária.** 2014.

115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

ANTONELLI, Bruna Angela. **Verificação da adequabilidade do modelo normalizado de conforto térmico utilizando a taxa metabólica determinada pelas sensações térmicas reais de usuários de ambientes industriais.** 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

Disponível em:

<[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/600/1/PG_PP_GEP_M_Antonelli, Bruna Angela_2012.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/600/1/PG_PP_GEP_M_Antonelli_Bruna_Angela_2012.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTROLOGIA. **Gasto Energético Avaliado pela Calorimetria Indireta.** 2009.

Disponível em:

<http://www.projetodiretrizes.org.br/8_volume/33-Gasto.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

AVILA, Aluisio Otavio et al. **Análise térmica em tecidos: Estudo investigatório em meias.** Tecnicouro, Novo Hamburgo, n. 3, p.74-77, Maio/ Junho 2013.

BARTKOWIAK, G. Z. Y.; DABROWSKA, A.; MARSZALEK, A.. Analysis of thermoregulation properties of PCM garments on the basis of ergonomic tests. **Textile**

Research Journal, [s.l.], v. 83, n. 2, p.148-159, 27 set. 2012. SAGE Publications. DOI: 10.1177/0040517512460299.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; Whipp, B. J. **A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange.** Journal of Applied Physiology, v.60, p.2020-2027, 1986.

BORREGUERO, A. M. et al. Enhancing the thermal comfort of fabrics for the footwear industry. **Textile Research Journal**, [s.l.], v. 83, n. 16, p.1754-1763, 5 abr. 2013. SAGE Publications. DOI: 10.1177/0040517513481872.

BRADDOCK, Sarah E.; O'MAHONY, Marie. **Techno Textiles: Revolutionary Fabric for Fashion and Design.** Thames & Hudson Ltd, 1998, United Kingdom. Pg. 155-156

BRAZAITIS, Marius et al. The effect of two kinds of T-shirts on physiological and psychological thermal responses during exercise and recovery. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.46-51, dez. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apergo.2010.04.001. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0003687010000566?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

CAIOZZO, V. J.; DAVIS, J. A.; ELLIS, J. F.; AZUS, J. L.; VANDAGRIFF, R.; PRIETTO, C. A.; MCMASTER, W. C. A comparison of gas exchange induces used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, Bethesda, v.53, n.5, p.1184-1189, 1982.

CAMARGO, Maristela Gomes de. **Discussões sobre ergonomia e conforto térmico em relação ao vestuário.**

Salvador, 2006. Disponível em:
 <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/2-Coloquio-de-Moda_2006/artigos/88.pdf>. Acesso em: 15 set. 2013.

CHEN, Y.s. et al. Effect of Garment Fit on Thermal Insulation and Evaporative Resistance. **Textile Research Journal**, [s.l.], v. 74, n. 8, p.742-748, 1 ago. 2004. SAGE Publications. DOI: 10.1177/004051750407400814.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. **Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática**: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8o. Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP 2011, Porto Alegre-RS, Brasil.

DJONGYANG, Noël; TCHINDA, René; NJOMO, Donatien. Thermal comfort: A review paper. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 14, n. 9, p.2626-2640, dez. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.040. Disponível em:
 <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1364032110002200?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 04 out. 2013.

ELSASSER, V. H. **Textiles**: concepts and principles. Fairchild Publications, Inc., 2007.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GAVIN, Timothy. Clothing and Thermoregulation During Exercise. **Sports Med**, 2003; 33 (13): 941-947.

GOLDSTEIN, R.j. et al. Heat transfer—A review of 2005 literature. **International Journal Of Heat And Mass Transfer**, [s.l.], v. 53, n. 21-22, p.4397-4447, out. 2010. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2010.05.005. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0017931010002395?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 03 set. 2014.

HAVENITH, George. Thermal Conditions Measurement In: STANTON, Neville et al. **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods**. Flórida: Crc Press, 2005. p. 591-594.

HEDGE, Alan. Environmental Methods. In: STANTON, Neville et al. **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods**. Flórida: Crc Press, 2005. p. 591-594.

HO, Chupo et al. Effects of Athletic T-shirts Design on Thermal Comfort. **Fibers And Polymers**, v. 9, n. 4, p.503-508, 2008.

HOUSE, James R. et al. The impact of a phase-change cooling vest on heat strain and the effect of different cooling pack melting temperatures. **European Journal Of Applied Physiology**, [s.l.], v. 113, n. 5, p.1223-1231, 16 nov. 2012. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s00421-012-2534-2.

HU, Jinlian et al. A review of stimuli-responsive polymers for smart textile applications. **Smart Mater. Struct.**, [s.l.], v. 21, n. 5, p.053001-053001, 18 abr. 2012. IOP Publishing. DOI: 10.1088/0964-1726/21/5/053001.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

JONES, Sue Jenkyn. **Fashion Design**: Manual do Estilista. São Paulo, SP : CosacNaify , 2005. 204 p.

KROEMER, K.H.E., GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

KOO, Kang et al. The application of microencapsulated phase-change materials to nylon fabric using direct dual coating method. **Journal Of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 108, n. 4, p.2337-2344, 2008. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/app.27634.

MANSFIELD, Richard G. **Phase Change Material**. 2004. Disponível em: <http://www.textileworld.com/issues/2004/March/Features/Phase_Change_Material>. Acesso em: 09 julho 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2011

MILLANVOYE, Michel. As ambiências físicas no posto de trabalho. In: FALZON, Pierre. **Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. Cap. 6, p. 80,81.

MONDAL, S.. Phase change materials for smart textiles – An overview. **Applied Thermal Engineering**, [s.l.], v. 28, n. 11-12, p.1536-1550, ago. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2007.08.009. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1359431107002876?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 19 out. 2013.

MOURA, Louisi Francis; XAVIER, Antonio Augusto de Paula. Abordagem sobre as vestimentas e a eficiência das normas regulamentadoras brasileiras e da ISO 9920:2007 na promoção do conforto térmico ao trabalhador. **Revista Espacios**, v. 33, n. 3, p.7-7, 2012. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a13v34n03/13340307.html>>. Acesso em: 11 out. 2014.

NELSON, Gordon. Application of microencapsulation in textiles. **International Journal Of Pharmaceutics**, [s.l.], v. 242, n. 1-2, p.55-62, ago. 2002. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0378-5173(02)00141-2. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0378517302001412?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 17 out. 2013.

OLIVEIRA, A. Virgílio M.; GASPAR, Adélio R.; QUINTELA, Divo A.. Dynamic clothing insulation. Measurements with a thermal manikin operating under the thermal comfort regulation mode. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 42, n. 6, p.890-899, nov. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apergo.2011.02.005.

ONOFREI, E.; ROCHA, A. Maria; CATARINO, A.. Investigating the effect of moisture on the thermal comfort properties of functional elastic fabrics. **Journal Of Industrial**

Textiles, [s.l.], v. 42, n. 1, p.34-51, 20 out. 2011. SAGE Publications. DOI: 10.1177/1528083711425840. Disponível em: <<http://jit.sagepub.com/content/42/1/34>>. Acesso em: 12 set. 2013.

PARK, Youngmi; KIM, Eunae. Wearing Comfort of temperature-adaptable textiles by dual-phase coatings between phase-change materials and silicon carbide particles. **Journal Of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 126, n. 2, p.151-158, 20 mar. 2012. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/app.36549.

PARSONS, K. **The estimation of metabolic heat for use in the assessment of thermal comfort**. Report from Loughborough University, UK, 1989.

PIELICHOWSKA, Kinga; PIELICHOWSKI, Krzysztof. Phase change materials for thermal energy storage. **Progress In Materials Science**, [s.l.], v. 65, p.67-123, ago. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2014.03.005.

QIAN, Xiaoming; FAN, Jintu. A quasi-physical model for predicting the thermal insulation and moisture vapour resistance of clothing. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 40, n. 4, p.577-590, jul. 2009. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.04.022. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0003687008001233?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

REINHARD, U.; MÜLLER, P. H.; SCHMÜLLING, R.-M. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. **Respiration**, v.38, p.36-42, 1979.

RENZI, A. Izzo; CARFAGNA, C.; PERSICO, P..
Thermoregulated natural leather using phase change materials:
An example of bioinspiration. **Applied Thermal Engineering**,
[s.l.], v. 30, n. 11-12, p.1369-1376, ago. 2010. Elsevier.
Disponível em:
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1359431110000992?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 02 set. 2014.

RINTAMAKI, Hannu. Cold Stress Indices In: STANTON, Neville et al. **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods**. Flórida: Crc Press, 2005. p. 611-614.

RUAS, Álvaro César. **Avaliação de Conforto Térmico**:
Contribuição à aplicação prática das normas internacionais.
Fundacentro, 2001.

SALAÜN, F. et al. Thermoregulating response of cotton fabric
containing microencapsulated phase change materials.
Thermochimica Acta, [s.l.], v. 506, n. 1-2, p.82-93, jul. 2010.
Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.tca.2010.04.020. Disponível em:
<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0040603110001619?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 02 set. 2014.

SÁNCHEZ, José Cegarra. **Têxteis Inteligentes**. Química
Têxtil, São Paulo, n. 82, p.58-77, mar. 2006.

SARIER, Nihal; ONDER, Emel. Organic phase change
materials and their textile applications: An overview.
Thermochimica Acta, [s.l.], v. 540, p.7-60, jul. 2012. Elsevier
BV. DOI: 10.1016/j.tca.2012.04.013.

SARIER, Nihal; ONDER, Emel. The manufacture of
microencapsulated phase change materials suitable for the

design of thermally enhanced fabrics. **Thermochimica Acta**, [s.l.], v. 452, n. 2, p.149-160, jan. 2007. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.tca.2006.08.002. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0040603106004357?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 05 set. 2014.

SAVE, N. S.. Smart Breathable Fabric. **Journal Of Industrial Textiles**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.139-155, 1 jan. 2005. SAGE Publications. DOI: 10.1177/1528083705047905.

SOUSA, Justin de; CHEATHAM, Christopher; WITTBRODT, Matthew. The effects of a moisture-wicking fabric shirt on the physiological and perceptual responses during acute exercise in the heat. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 45, n. 6, p.1447-1453, nov. 2014. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.apergo.2014.04.006. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0003687014000489?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

TEODOREANU, Elena; BUNESCU, Iulia. **Thermal Confort**. Present Environment And Sustainable Development, Fort Collins, Co, v. 1, p.134-143, 2007.

ZHAO, C.y.; ZHANG, G.h.. Review on microencapsulated phase change materials (MEPCMs): Fabrication, characterization and applications. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 15, n. 8, p.3813-3832, out. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.rser.2011.07.019.

WANG, S.x. et al. Effect of phase-change material on energy consumption of intelligent thermal-protective clothing. **Polymer Testing**, [s.l.], v. 25, n. 5, p.580-587, ago. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2006.01.018.

Disponível em:

<<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S01429418060000894?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 03 set. 2014.

WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A. L.; BURTON, G. G. Interaction of physiological mechanisms during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.22, n.1, p.71-85, 1967.

WOLFF, Marion; SPÉRANDIO, Jean-Claude. O trabalho em condições extremas. In: FALZON, Pierre. **Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre, Rs: Bookman, 2005. Cap. 7.

YING, Bo-an et al. Assessing the performance of textiles incorporating phase change materials. **Polymer Testing**, [s.l.], v. 23, n. 5, p.541-549, ago. 2004. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2003.11.002. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0142941803001685?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 06 set. 2014.

APÊNDICES

Apêndice A:
Artigos selecionados nas bases de dados

| Título | Ano | Periódico | Fator de impacto | Qualis | ISSN | Base de Dados |
|---|------|---|------------------|--------|-----------|----------------|
| Phase change material for thermal energy storage | 2014 | Progress in Material Science | 23.194 | A1 | 0079-6425 | Science Direct |
| Thermoregulated natural leather using phase change materials... | 2010 | Applied Thermal Engineering | 2.127 | A1 | 1359-4311 | Science Direct |
| Thermoregulating response of cotton fabric containing microencapsulated phase change materials | 2010 | Thermochimica Acta | 1.989 | A1 | 0040-6031 | Science Direct |
| The manufacture of microencapsulated phase change materials suitable for the design of thermally enhanced fabrics | 2007 | Thermochimica Acta | 1.989 | A1 | 0040-6031 | Science Direct |
| Organic phase change materials and their textile applications... | 2012 | Thermochimica Acta | 1.989 | A1 | 0040-6031 | Science Direct |
| Effect of phase-change material on energy consumption of intelligent thermal-protective clothing | 2006 | Polymer Testing | 1.646 | A1 | 0142-9418 | Science Direct |
| Heat transfer – A review of 2005 literature | 2010 | International Journal of Heat and Mass Transfer | 2.315 | A1 | 0017-9310 | Science Direct |
| Phase change materials for smart textile ... | 2008 | Applied Thermal Engineering | 2.127 | A1 | 1359-4311 | Science Direct |
| Review on microencapsulated | 2011 | Renewable and | 5.627 | A1 | 1364-0321 | Science Direct |

| | | | | | | |
|---|------|------------------------------------|-------|----|-----------|--------|
| d phase change materials (MEPCMs)... | | Sustainable Energy Reviews | | | | |
| The application of microencapsulated phase-change materials to nylon fabric using direct dual coating method | 2008 | Journal of Applied Polymer Science | 3.543 | A1 | 1097-4628 | Scopus |
| A review of stimuli-responsive polymers for smart textile applications | 2012 | Smart Materials and Structures | 2.024 | B1 | 0964-1726 | Scopus |
| Smart breathable fabric | 2005 | Journal of Industrial Textiles | 1.308 | - | 1528-0837 | Scopus |
| Enhancing the thermal comfort of fabrics for the footwear industry | 2013 | Textile Research Journal | 1.135 | A1 | 1746-7748 | Scopus |
| Analysis of thermoregulation properties of PCM garments on the basis of ergonomic tests | 2013 | Textile Research Journal | 1.135 | A1 | 1746-7748 | Scopus |
| Wearing comfort of temperature-adaptable textiles by dual-phase coatings between phase-change materials and silicon carbide particles | 2012 | Journal of Applied Polymer Science | 3.543 | A1 | 1097-4628 | Scopus |
| Assessing the performance of textiles incorporating phase change materials | 2004 | Polymer Testing | 1.646 | A1 | 0142-9418 | Scopus |

Apêndice B:
Ficha de Cadastro do Voluntário

Ficha de Cadastro do Voluntário**Dados de identificação:**

Nome: _____

Endereço de e-mail: _____

Telefone: _____

Profissão: _____

Escolaridade: _____ Data de

nascimento: ____/____/____

Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____

Informações sobre a prática de atividades físicas:

Atividade que pratica: _____

Frequência: _____

Medidas Antropométricas:

Largura das costas: _____

Cintura: _____

Largura do bíceps: _____

Declaro estar ciente dos objetivos da pesquisa, assim como as explicações pertinentes ao projeto foram claras e, que todas as informações por mim prestadas são as de meu melhor conhecimento. Todos os dados a meu respeito serão mantidos em sigilo.

Assinatura: _____

Apêndice C:
Questionário de Caracterização da Amostra

Nome: _____
Data de Nascimento: _____
Profissão: _____
Tel.: _____
Email: _____

Questionário de Aptidão para Atividade Física

Anexo I da Lei 10.361 - disciplina o funcionamento de clubes, academias e outros estabelecimentos que ministrem aulas ou treinos de ginástica, dança, artes marciais, esportes e demais atividades físico-desportivo-recreativas e adota outras providências. Art. 3º Os praticantes de atividades físicas no âmbito das entidades federativas e confederativas, antes do início das atividades, devem se submeter a exame médico, de cunho eliminatório, que deve ser refeito anualmente.

1. Seu médico já mencionou alguma vez que você tem uma condição cardíaca e que você só deve realizar atividade física recomendada por um médico?
() **SIM** () **NÃO**
2. Você tem dor no tórax quando realiza atividade física?
() **SIM** () **NÃO**
3. No mês passado, você teve dor torácica quando não estava realizando atividade física?
() **SIM** () **NÃO**
4. Você perdeu o equilíbrio por causa de tontura ou alguma vez perdeu a consciência?
() **SIM** () **NÃO**
5. Você tem um problema ósseo ou de articulação que poderia piorar em consequência de uma alteração em sua atividade física? () **SIM** () **NÃO**
6. Seu médico está prescrevendo medicamentos para sua pressão ou condição cardíaca?
() **SIM** () **NÃO**
7. Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física?
() **SIM** () **NÃO**

Caracterização da amostra

1. Você fuma? () SIM () NÃO

2. Você ingere bebidas alcoólicas? () SIM () NÃO

() 0-2 doses/semana () 3-14 () mais de 14
doses/semana doses/semana doses/semana

3. Atualmente você tem se exercitado de 2 a 3 vezes por semana, por pelo menos 20 minutos?

() SIM () NÃO

A. Se sim, por favor, especifique:

() corrida () caminhada () esporte de raquete
vigorosa
() bicicleta () musculação () aeróbica
() natação () outros:

B. Total de minutos dispendidos em atividades aeróbias por semana:

() 40-60 minutos/semana () 61-80 minutos/semana
() 81-100 minutos/semana () 100-mais minutos/semana

Declaro a precisão de todas as informações acima fornecidas, comprometendo-me a avisar o pesquisador responsável pela pesquisa em caso de alguma alteração que possa comprometer realização do protocolo experimental proposto.

Florianópolis, ____/____/____

Apêndice D:
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA
CATARINA - UDESC
GABINETE DO REITOR

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
ENVOLVENDO SERES HUMANOS –
CEPSH

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa de mestrado intitulada **“Conforto térmico em tecidos com aplicação de materiais de mudança de fase”**, que será composta por: um questionário de aptidão para atividade física e caracterização da amostra; avaliação antropométrica; três testes físicos; e avaliações subjetivas de conforto térmico. O objetivo da pesquisa é determinar os efeitos do tipo de modelagem de camiseta e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal; a transpiração e o conforto térmico percebido por usuários de camisetas fabricadas com tecidos com propriedades de termorregulação; e investigar a relação entre a temperatura e o conforto térmico percebido.

Serão previamente marcados a data e horário para as avaliações. O questionário de aptidão para atividade física e caracterização da amostra será realizado nas dependências do Centro de Artes (CEART) da UDESC. É imprescindível o preenchimento correto do questionário para o andamento adequado de seu teste físico, pois o objetivo é fornecer dados que irão informar o pesquisador sobre suas condições físicas, identificar limitações ou riscos para a prática das atividades propostas e garantir a sua segurança durante a participação nos testes físicos.

Tanto a avaliação antropométrica quanto os testes físicos e avaliação subjetiva de conforto térmico serão realizados nas dependências do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID) da UDESC, no Laboratório de Pesquisas em Desempenho Humano (Lapedh), em Florianópolis. Para a realização dos testes físicos, é necessário seguir as orientações que seguem:

- Não realize qualquer atividade física de alta intensidade nas 24h que antecedem as suas avaliações;
- Evite fumar ou ingerir qualquer bebida alcoólica 24h antes das avaliações;
- Procure abster-se do consumo de cafeína 24h antes das avaliações;
- Para garantir a hidratação, aproximadamente 6-8mL de água por kg pode ser consumido até 2 horas antes das avaliações;
- Vestimenta: bermuda, camiseta (fornecida pelo pesquisador), roupa íntima, meias e tênis.

O teste físico consiste em 20 minutos de aclimação em ambiente de temperatura neutra ($22 \pm 2^\circ \text{C}$, $55 \pm 5\% \text{UR}$), seguido de 30 minutos de caminhada em esteira ergométrica em velocidade moderada. Após, o participante permanecerá 20 minutos em repouso no ambiente climatizado. A temperatura da pele e a sensação térmica e de umidade serão medidas continuamente.

Os riscos destes procedimentos serão mínimos, uma vez que todas as etapas do teste físico serão monitoradas. O material das camisetas não apresenta qualquer risco aos usuários, uma vez o material de mudança de fase é aplicado microencapsulado e não entra em contato direto com o usuário.

Os riscos que envolvem o procedimento experimental são considerados mínimos para o questionário, e médios para o teste físico, uma vez que o participante será colocado em movimento em um equipamento também em movimento (esteira ergométrica). A atividade na esteira ergométrica apresenta baixo risco de lesão, e apesar do protocolo de exercício ser seguro, uma vez que a amostra deve apresentar as características citadas, todo o teste físico será monitorado por um profissional de saúde que atuará na verificação constante da frequência cardíaca do participante.

A sua identidade será preservada, pois cada indivíduo será identificado por um número. Os benefícios e vantagens em participar deste estudo serão contribuir com a ampliação dos conhecimentos existentes sobre os materiais de mudança de fase, para que em breve

seu uso possa se ampliar para outras áreas (ex. tecnologias assistivas) ou outros usuários (ex. idosos). As pesquisas relacionadas à atuação do PCM juntamente com fatores relevantes para a indústria do vestuário, como a modelagem, podem gerar conhecimentos importantes, tanto para a indústria, quanto para a academia.

As pessoas que estarão acompanhando os procedimentos serão os pesquisadores Roberta Machry Vianna dos Santos (mestranda do Programa de Pós-Graduação em Design da UDESC) e O Dr. Milton José Cinelli (professor orientador da pesquisa).

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento.

Solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Este termo de consentimento livre e esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder da pesquisadora Roberta Machry Vianna dos Santos e outra com o sujeito participante da pesquisa.

Agradecemos a sua participação.

ROBERTA MACHRY VIANNA

DOS SANTOS - Aluna do Mestrado

em Design

(47) 88318851

Rua Dep. Antônio Edu Vieira, n.1798 ap 606.

Florianópolis-SC/CEP 88040-001

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo

Seres Humanos – CEPESH/UDESC

Av. Madre Benvenuta, 2007 – Itacorubi –

Fone: (48)3321-8195

Florianópolis – SC/ CEP 88035-001

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim, e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso: _____

Assinatura _____ Local: _____

Data: ____/____/____.

Apêndice E:
Consentimento para fotografias, vídeos e gravações



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA
CATARINA - UDESC
GABINETE DO REITOR**

**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
ENVOLVENDO SERES HUMANOS –
CEPSH**

CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS, VÍDEOS E GRAVAÇÕES

Permito que sejam realizadas fotografia, filmagem ou gravação de minha pessoa para fins da pesquisa científica intitulada “Conforto térmico em tecidos com aplicação de materiais de mudança de fase”, e concordo que o material e informações obtidas relacionadas à minha pessoa possam ser publicados eventos científicos ou publicações científicas. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome ou rosto em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e, sob a guarda dos mesmos.

_____, ____ de ____ de ____
Local e Data

Nome do Sujeito Pesquisado

Assinatura do Sujeito Pesquisado

Apêndice F:
Questionário para Avaliação Subjetiva

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO SUBJETIVA

A – CARACTERIZAÇÃO INDIVIDUAL

Nome:

Idade:

Peso (Kg):

Altura (cm):

B – CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Data:

Temperatura ambiental:

Umidade relativa:

Modelagem: () Ajustada

() Tradicional

() Ampla

C – AVALIAÇÃO SUBJETIVA NA FASE INICIAL

| | Escala Visual Analógica (VAS) | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|--------|---|---|---|------------------|---|----|
| Com relação à sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Frio | | | Neutro | | | | Quente -> | | |
| Com relação à sensação de umidade, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Seco | | | Neutro | | | | Úmido -> | | |
| Com relação ao conforto geral, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Confortável | | | Neutro | | | | Desconfortável-> | | |

D – AVALIAÇÃO SUBJETIVA NA FASE FINAL

| | Escala Visual Analógica (VAS) | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|--------|---|---|---|------------------|---|----|
| Com relação à sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Frio | | | Neutro | | | | Quente -> | | |
| Com relação à sensação de umidade, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Seco | | | Neutro | | | | Úmido -> | | |
| Com relação ao conforto geral, como você está se sentindo? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | <- Confortável | | | Neutro | | | | Desconfortável-> | | |

E- DESCONFORTO TÉRMICO

Identifique em qual local do corpo você sentiu maior aumento de temperatura durante atividade física:

() Costas () Peito () Abdômen () Bíceps

Identifique em qual local do corpo você sentiu maior aumento de umidade durante atividade física:

() Costas () Peito () Abdômen () Bíceps

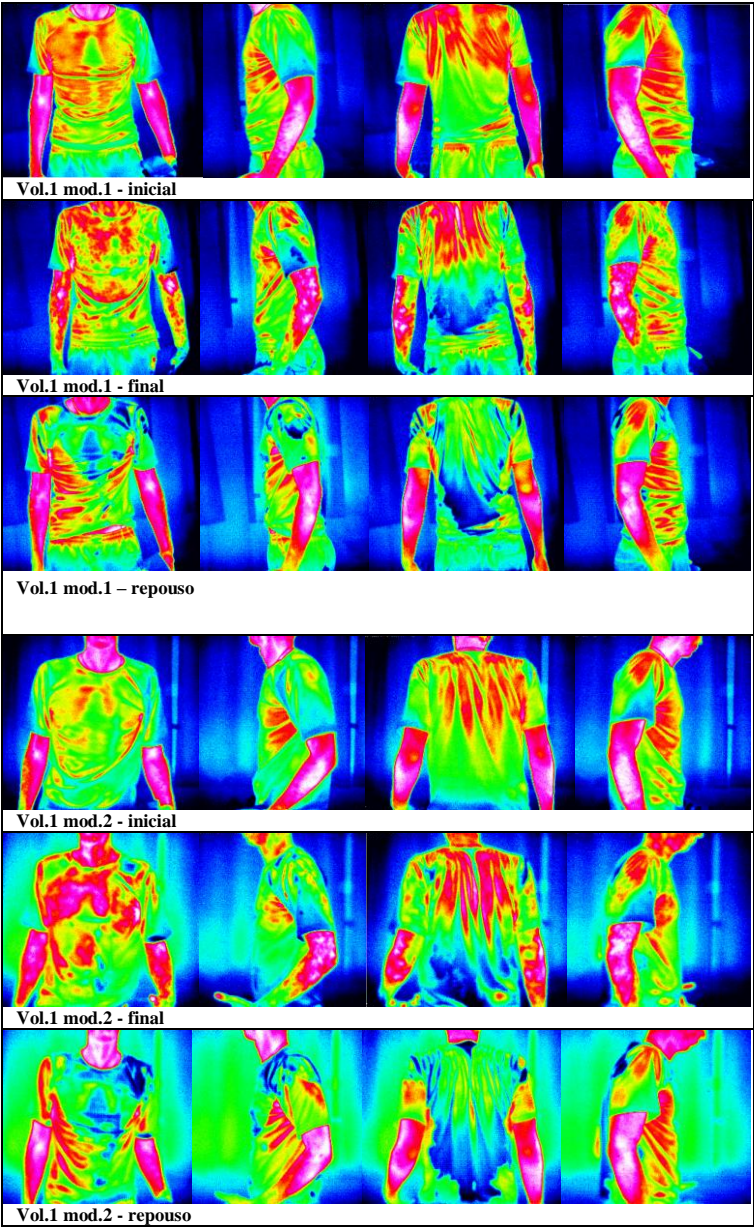
Apêndice G:
Temperaturas termopares

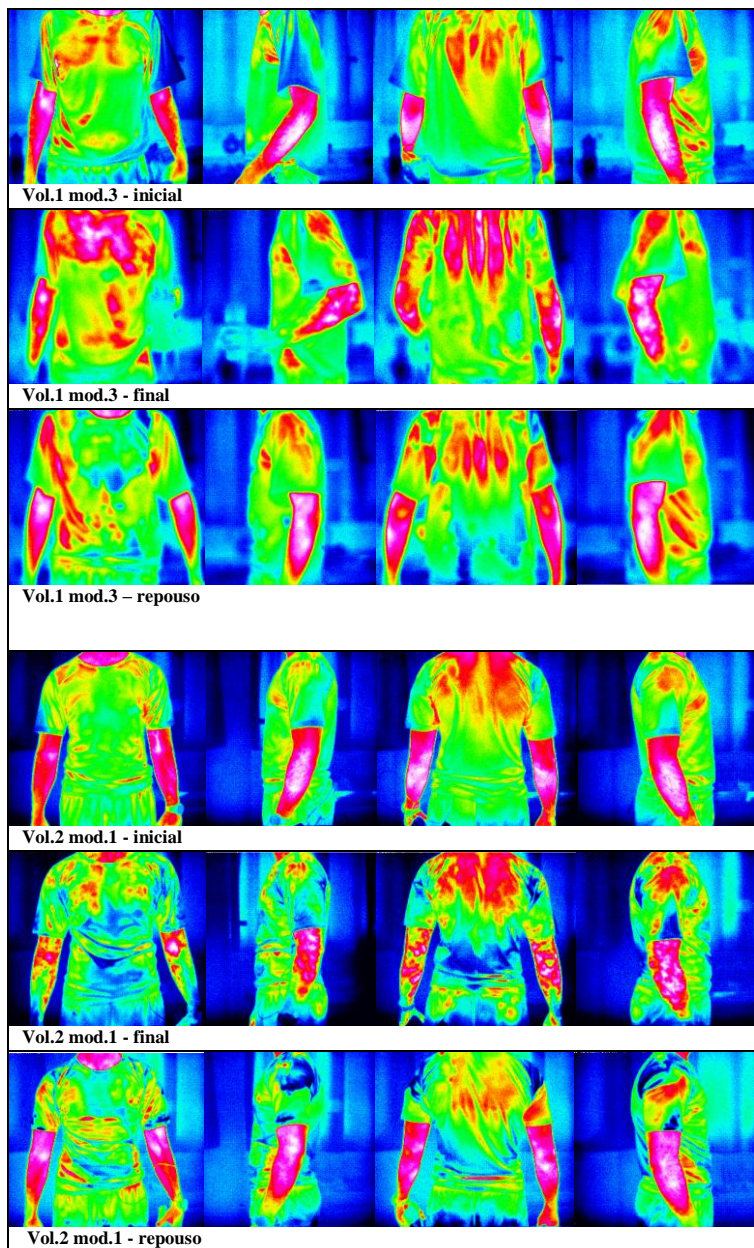
| Voluntário 1 – modelagem ajustada | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------|
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 31,34 | 32,78 | 30,84 | 32,43 |
| T.f | 31,80 | 34,97 | 33,14 | 31,62 |
| T.i (repouso) | 29,61 | 34,60 | 33,14 | 32,54 |
| T.f (repouso) | 28,46 | 32,60 | 32,31 | 33,19 |
| Voluntário 1 – modelagem tradicional | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 30,71 | 33,55 | 31,48 | 33,44 |
| T.f | 29,85 | 34,27 | 31,90 | 31,39 |
| T.i (repouso) | 29,08 | 33,80 | 33,01 | 31,95 |
| T.f (repouso) | 28,40 | 33,07 | 31,90 | 32,31 |
| Voluntário 1 – modelagem ampla | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 30,02 | 31,52 | 31,32 | 30,98 |
| T.f | 29,28 | 34,42 | 30,81 | 31,12 |
| T.i (repouso) | 28,76 | 33,80 | 31,51 | 29,01 |
| T.f (repouso) | 29,12 | 33,11 | 31,97 | 33,34 |
| Voluntário 2 – modelagem ajustada | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 30,75 | 31,32 | 30,90 | 30,12 |
| T.f | 32,87 | 33,40 | 33,41 | 30,51 |
| T.i (repouso) | 32,63 | 33,00 | 33,20 | 29,91 |
| T.f (repouso) | 32,57 | 31,47 | 33,59 | 29,19 |
| Voluntário 2 – modelagem tradicional | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 30,74 | 31,75 | 32,53 | 31,09 |
| T.f | 32,92 | 32,76 | 32,22 | 31,06 |
| T.i (repouso) | 32,48 | 33,52 | 34,17 | 30,22 |
| T.f (repouso) | 30,73 | 30,83 | 33,23 | 33,34 |

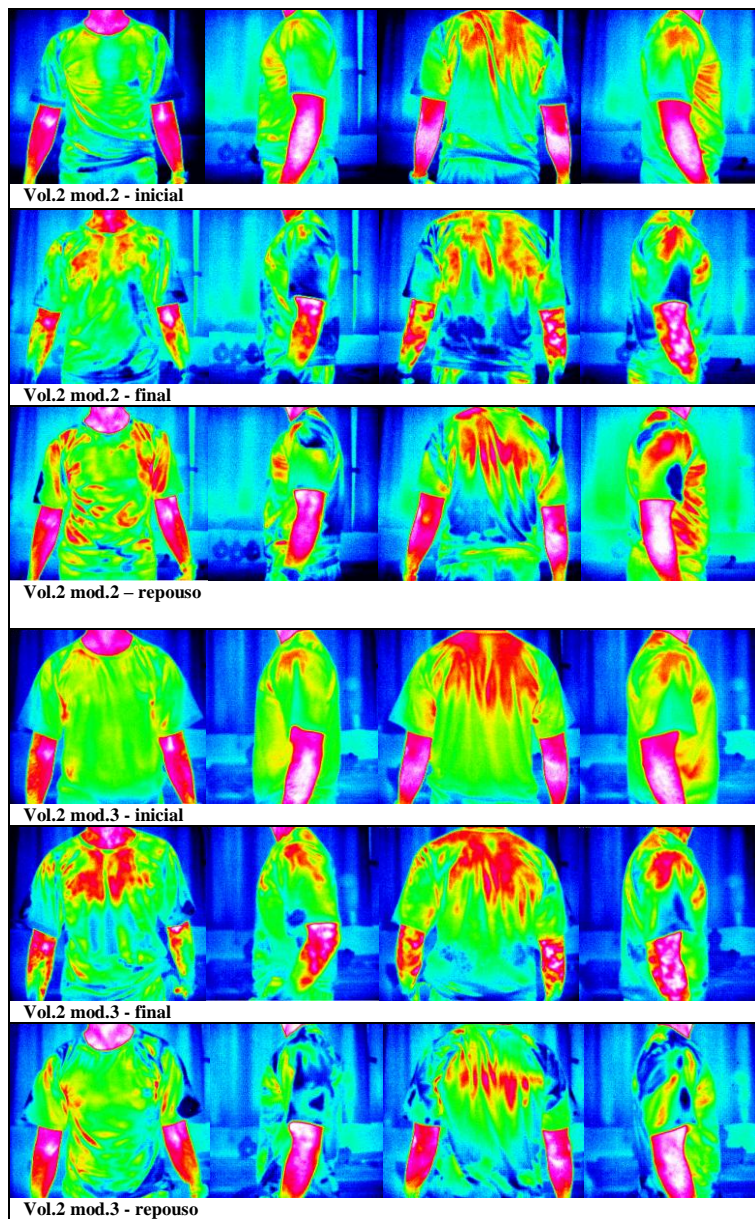
| Voluntário 2 – modelagem ampla | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------|
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 28,77 | 30,37 | 28,76 | 29,59 |
| T.f | 30,97 | 31,94 | 32,08 | 30,61 |
| T.i (repouso) | 31,37 | 33,63 | 31,71 | 30,60 |
| T.f (repouso) | 30,37 | 31,70 | 32,07 | 29,52 |
| Voluntário 3 – modelagem ajustada | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 32,74 | 32,62 | 29,17 | 32,88 |
| T.f | 33,52 | 33,27 | 32,97 | 32,39 |
| T.i (repouso) | 31,32 | 32,62 | 33,42 | 32,59 |
| T.f (repouso) | 30,42 | 31,20 | 32,90 | 32,83 |
| Voluntário 3 – modelagem tradicional | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 33,65 | 34,20 | 33,125 | 33,74 |
| T.f | 33,53 | 34,75 | 34,61 | 35,91 |
| T.i (repouso) | 31,55 | 33,55 | 34,47 | 32,38 |
| T.f (repouso) | 30,54 | 33,51 | 32,61 | 31,39 |
| Voluntário 3 – modelagem ampla | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 30,92 | 31,77 | 31,43 | 33,22 |
| T.f | 30,79 | 33,52 | 32,50 | 33,88 |
| T.i (repouso) | 30,67 | 33,39 | 32,55 | 33,25 |
| T.f (repouso) | 30,25 | 32,88 | 31,64 | 32,51 |
| Voluntário 4 – modelagem ajustada | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 32,02 | 33,13 | 32,78 | 31,03 |
| T.f | 33,13 | 34,74 | 31,52 | 33,54 |
| T.i (repouso) | 34,37 | 36,46 | 31,55 | 34,81 |
| T.f (repouso) | 33,39 | 33,20 | 30,09 | 33,46 |
| | | | | |

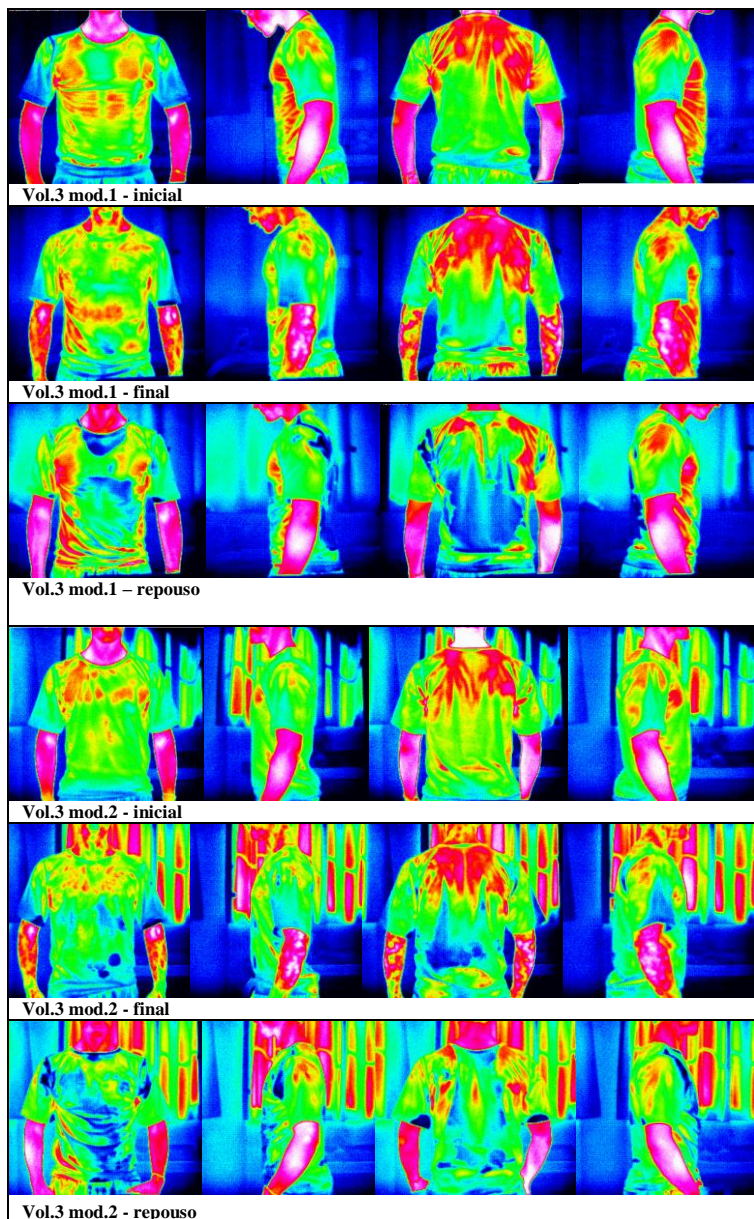
| Voluntário 4 – modelagem tradicional | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------|
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 31,34 | 32,22 | 31,78 | 29,16 |
| T.f | 32,64 | 32,82 | 34,10 | 33,27 |
| T.i (repouso) | 32,78 | 34,18 | 33,71 | 33,56 |
| T.f (repouso) | 31,72 | 32,83 | 32,79 | 32,43 |
| Voluntário 4 – modelagem ampla | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 29,05 | 33,17 | 30,76 | 29,71 |
| T.f | 32,60 | 33,07 | 30,86 | 32,54 |
| T.i (repouso) | 33,22 | 33,46 | 33,80 | 32,27 |
| T.f (repouso) | 31,72 | 31,87 | 32,72 | 31,43 |
| Voluntário 5 – modelagem ajustada | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 32,45 | 32,01 | 29,01 | 30,17 |
| T.f | 32,82 | 32,25 | 32,60 | 33,08 |
| T.i (repouso) | 31,45 | 31,88 | 29,39 | 31,61 |
| T.f (repouso) | 31,13 | 32,62 | 30,49 | 31,54 |
| Voluntário 5 – modelagem tradicional | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 32,78 | 34,38 | 32,12 | 35,44 |
| T.f | 33,53 | 36,24 | 32,04 | 35,25 |
| T.i (repouso) | 32,16 | 35,75 | 31,22 | 33,17 |
| T.f (repouso) | 32,66 | 35,78 | 29,76 | 33,86 |
| Voluntário 5 – modelagem ampla | | | | |
| | T1(peito) | T2(braço) | T3(costas) | T4(abd) |
| T.i | 32,42 | 32,81 | 29,72 | 30,17 |
| T.f | 31,05 | 32,37 | 31,83 | 33,87 |
| T.i (repouso) | 30,42 | 32,45 | 32,41 | 33,87 |
| T.f (repouso) | 31,42 | 32,46 | 33,02 | 33,95 |

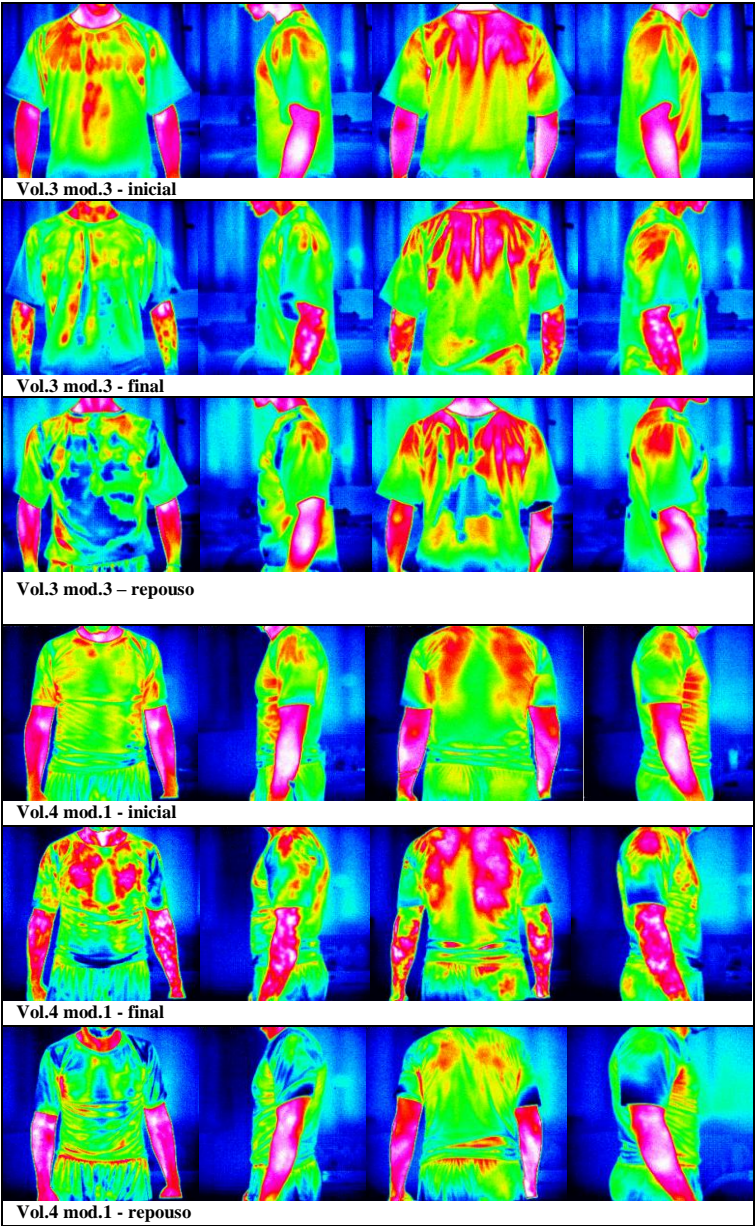
Apêndice H:
Imagens Termográficas

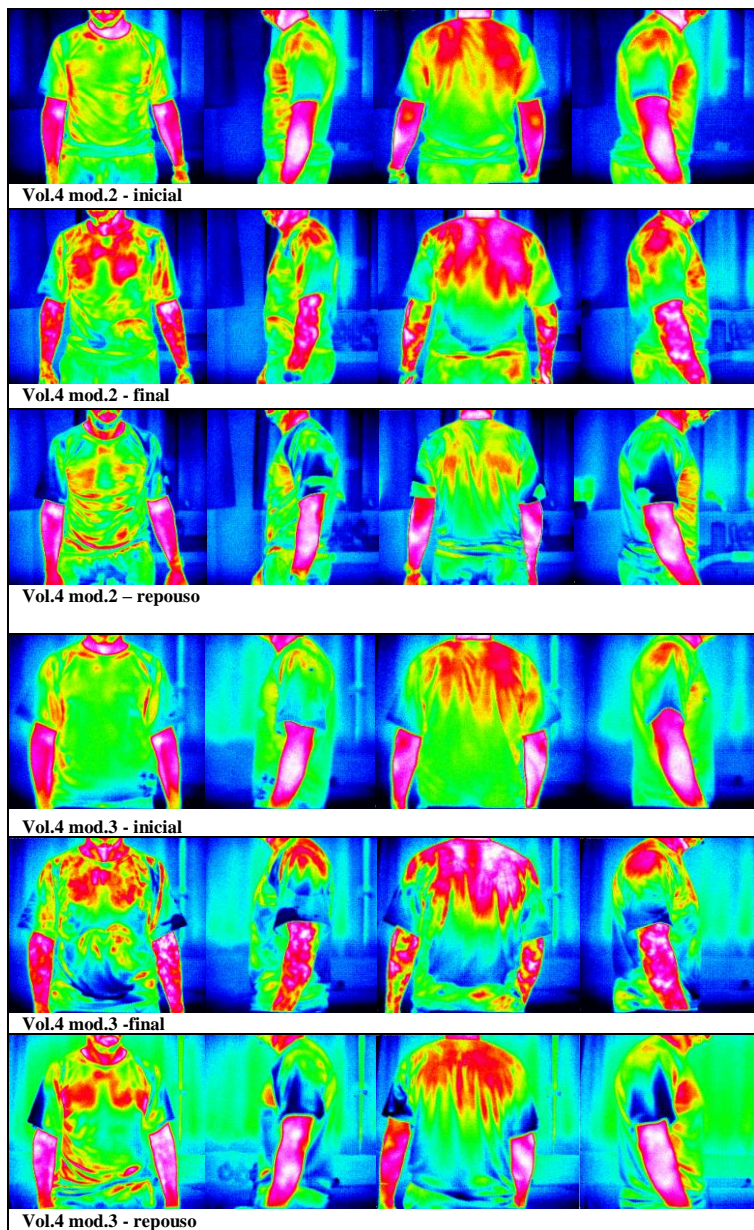


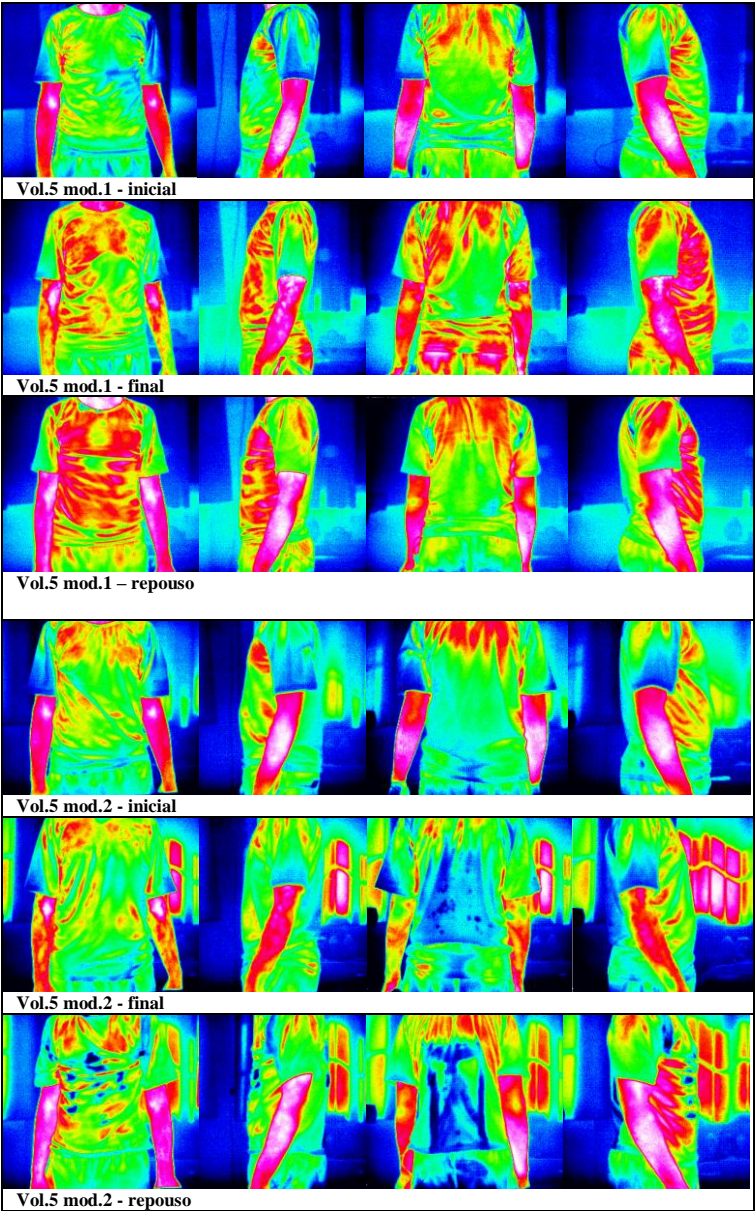


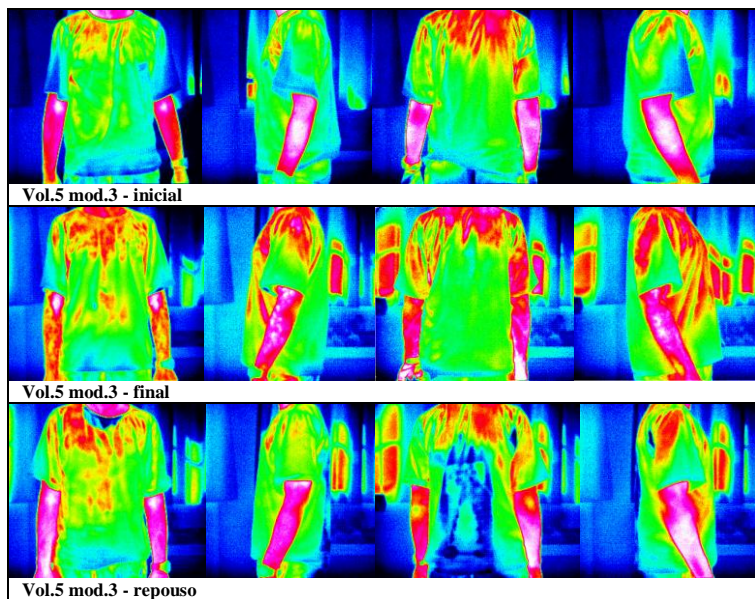












Apêndice I:
Tabelas – análises estatísticas

- T2 – temperatura final repouso – mod. ajustada, tradicional e ampla

| Testes multivariáveis ^a | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|-------|-------------------|----------------|---------|------|
| Efeito | | Valor | F | df de hipótese | Erro df | Sig. |
| modelagem | Rastreamento de Pillai | ,305 | ,659 ^b | 2,000 | 3,000 | ,579 |
| | Lambda de Wilks | ,695 | ,659 ^b | 2,000 | 3,000 | ,579 |
| | Rastreamento de Hotelling | ,439 | ,659 ^b | 2,000 | 3,000 | ,579 |
| | Maior raiz de Roy | ,439 | ,659 ^b | 2,000 | 3,000 | ,579 |

a. Design: Ordenada na origem
Plano entre assuntos: modelagem

b. Estatística exata

- T3 – temperatura inicial - modelagens ajustada, tradicional e ampla

| Testes multivariáveis ^a | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|-------|--------------------|----------------|---------|------|
| Efeito | | Valor | F | df de hipótese | Erro df | Sig. |
| modelagem | Rastreamento de Pillai | ,698 | 3,465 ^b | 2,000 | 3,000 | ,166 |
| | Lambda de Wilks | ,302 | 3,465 ^b | 2,000 | 3,000 | ,166 |
| | Rastreamento de Hotelling | 2,310 | 3,465 ^b | 2,000 | 3,000 | ,166 |
| | Maior raiz de Roy | 2,310 | 3,465 ^b | 2,000 | 3,000 | ,166 |

a. Design: Ordenada na origem
Plano entre assuntos: modelagem

b. Estatística exata

- T3 – temperatura final - modelagens ajustada, tradicional e ampla

| Testes multivariáveis ^a | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|-------|--------------------|----------------|---------|------|
| Efeito | | Valor | F | df de hipótese | Erro df | Sig. |
| modelagem | Rastreamento de Pillai | ,866 | 9,681 ^b | 2,000 | 3,000 | ,049 |
| | Lambda de Wilks | ,134 | 9,681 ^b | 2,000 | 3,000 | ,049 |
| | Rastreamento de Hotelling | 6,454 | 9,681 ^b | 2,000 | 3,000 | ,049 |
| | Maior raiz de Roy | 6,454 | 9,681 ^b | 2,000 | 3,000 | ,049 |

a. Design: Ordenada na origem
Plano entre assuntos: modelagem

b. Estatística exata

| Comparações de pares | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|---------------|-------------------|--|-----------------|
| Medida: TF | | | | | | |
| (I) modelagem | (J) modelagem | Diferença média (I-J) | Modelo padrão | Sig. ^a | Intervalo de confiança 95% para a diferença ^a | |
| | | | | | Limite inferior | Limite superior |
| 1 | 2 | -,247 | ,783 | 1,000 | -3,350 | 2,856 |
| | 3 | 1,110 | ,335 | ,089 | -,219 | 2,439 |
| 2 | 1 | ,247 | ,783 | 1,000 | -2,856 | 3,350 |
| | 3 | 1,357 | ,591 | ,250 | -,985 | 3,698 |
| 3 | 1 | -1,110 | ,335 | ,089 | -2,439 | ,219 |
| | 2 | -1,357 | ,591 | ,250 | -3,698 | ,985 |

Baseado em médias marginais estimadas

a. Ajustamento para comparações múltiplas: Bonferroni.

TESTE DE FRIEDMAN**– Sensação térmica**

| Test Statistics^a | |
|------------------------------------|-------|
| N | 5 |
| Qui-quadrado | 2,778 |
| df | 2 |
| Significância Assintótica | ,249 |
| a. Friedman Test | |

– Sensação umidade

| Test Statistics^a | |
|------------------------------------|------|
| N | 5 |
| Qui-quadrado | ,500 |
| df | 2 |
| Significância Assintótica | ,779 |
| a. Friedman Test | |

– Conforto geral

| Test Statistics^a | |
|------------------------------------|-------|
| N | 5 |
| Qui-quadrado | 2,211 |
| df | 2 |
| Significância Assintótica | ,331 |
| a. Friedman Test | |

Anexo 01:
Classificação da taxa metabólica conforme a atividade, ISO
8996 (2004), Anexo A, nível I

Classificação da taxa metabólica conforme a atividade, ISO 8996 (2004), Anexo A, nível I

| Classificação | Valor utilizado para calcular a taxa metabólica | | Exemplo de atividades |
|---|---|-----------------|---|
| | W/m ² | W | |
| 0 Repouso | 65 (55 a 70) | 115 (100 a 125) | - Sentado, à vontade. |
| 1 Baixa taxa metabólica | 100 (70 a 130) | 180 (125 a 235) | <ul style="list-style-type: none"> - Sentado realizando trabalho manual leve: digitação, escrita, desenho, costura, contabilidade; - Sentado utilizando a mãos e os braços: ferramentas de banco de pequeno porte, inspeção, montagem ou separação de materiais leves; - Atividade utilizando braço e membros inferiores: dirigir veículo em condições normais, ou atividade que utiliza algum tipo de pedal; - Atividade em pé: perfuração de peças pequenas; fresadora de peças pequenas; enrolamento de bobinas; operar máquina com ferramentas de baixa potência; - Caminhar de maneira casual a uma velocidade de até 3,5 Km/h. |
| 2 Moderada taxa metabólica | 165 (130 a 200) | 295 (235 a 360) | <ul style="list-style-type: none"> - Atividades utilizando braços e membros inferiores: operar caminhões, tratores ou equipamentos de construção; - Atividades utilizando braços e tronco: trabalho com martelo pneumático, trator de montagem, manipulação de gesso, trabalhos com manipulação intermitente de material moderadamente pesado, colheita de frutas ou legumes, empurrar ou puxar carrinhos de peso ou carrinhos de mão; - Caminhar a uma velocidade de 3,5 km / h para 5,5 km / h. |
| 3 Alta taxa metabólica | 230 (200 a 260) | 415 (260 a 465) | <ul style="list-style-type: none"> - Atividades que utilizam braços de forma intensa e tronco: carregamento de material pesado; trabalho com marreta; serrar; cinzelar madeira; escavação; - Caminhar a uma velocidade de 5,5 a 7 km/h. - Empurrar ou puxar carrinho de mão muito carregado ou carregar bloco de concreto. |
| 4 Taxa metabólica muito alta | 290 (>260) | 520 (>466) | - Atividade muito intensa em ritmo rápido ou máximo; trabalhar com um machado; escavação; subir escadas ou rampas rapidamente; caminhar rapidamente ou correr a uma velocidade superior a 7 Km / h. |

Fonte: Antonelli (2012)

Anexo 02:
Valores de isolamento térmico das peças de roupa conforme a
ISO 9920 (2007)

Valores de Isolamento Térmico da peça de roupa (ISSO 9920- 2007)

| PEÇA DE ROUPA | I _{cl} em “clo” |
|---------------------------------|--------------------------|
| Camisas, blusas | |
| Manga curta | 0,15 |
| Leve, manga longa | 0,2 |
| Normal, manga longa | 0,25 |
| Camisa flanelada, manga longa | 0,3 |
| Blusa leve, manga longa | 0,15 |
| Calças | |
| Curta | 0,06 |
| Leve | 0,2 |
| Normal | 0,25 |
| Flanelada | 0,28 |
| Vestidos, saias | |
| Saia leve de verão | 0,15 |
| Saia grossa de inverno | 0,25 |
| Vestido leve, manga curta | 0,2 |
| Vestido de inverno, manga longa | 0,4 |
| Tailleur | 0,55 |
| Jaquetas | |
| Jaqueta leve de verão | 0,25 |
| Jaqueta | 0,35 |
| Guarda-pó | 0,3 |
| Roupa do tronco | |
| Casaco / Sobretudo | 0,6 |
| Jaqueta | 0,55 |
| Jaqueta modelo parca | 0,7 |
| Macacão | 0,55 |

Fonte: MOURA; XAVIER (2012)