

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Avaliação da Eficácia de Materiais Têxteis na Atividade Física

Autor: **Fernando Gasi**

Orientador: **Prof. Dr. Edison Bittencourt**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Química, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Campinas - São Paulo

Abril, 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

G212a Gasi, Fernando
Avaliação da eficácia de materiais têxteis na atividade física / Fernando Gasi.--Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Edison Bittencourt
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Desempenho. 2. Poliamidas. 3. Algodão. I. Bittencourt, Edison. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Título em Inglês: Evaluation of Textile Materials Efficiency in Physical Activity

Palavras-chave em Inglês: Performance, Polyamides, Cotton.

Área de concentração: Ciência e tecnologia de Materiais

Titulação: Mestre em Engenharia Química

Banca examinadora: Maria da Consolação Gomes Cunha Fernandes Tavares, Zaida Jova
Aguila

Data da defesa: 28/04/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química


Dissertação de Mestrado defendida por Fernando Gasi e aprovada em 28 de Abril de 2008 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Prof. Dr. Edison Bittencourt – Orientador

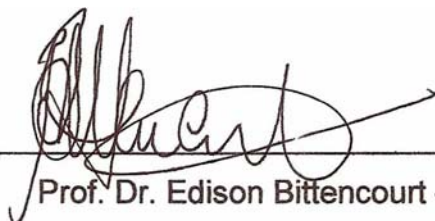


Prof. Dra. Maria da Consolação Gomes Cunha Fernandes Tavares



Prof. Dra. Zaida Jova Aguilá

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Engenharia Química.



Prof. Dr. Edison Bittencourt – Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Joaquina Gasi (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo Fernando Barros, pela ajuda e motivação durante este trabalho.

À Rhodia Poliamida, especialmente a Paulo Debiagi e Elizabeth Haidar.

Gratidão especial, que eu não poderia deixar de mencionar, aos nomes de Thomas Canova e Tarcis Bastos; pessoas que me auxiliaram muito, e que, sem o apoio deles seria muito difícil a continuidade desta tese.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edison Bittencourt, primeiramente por me aceitar como seu orientando, por me transmitir suas preciosas informações e material didático, os quais me serviram de grande valia para realizar este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho, “Avaliação da Eficácia de Materiais Têxteis na Atividade Física”, comparou como as diferenças de propriedades das fibras, o algodão e a poliamida 6.6, influenciam no desempenho esportivo. Avaliou a melhoria do rendimento físico durante a prática de atividade física devido ao uso de roupas confeccionadas com tecidos de alta tecnologia. Para este estudo comparativo escolheu-se duas matérias-primas, o algodão e a poliamida 6.6, e através das propriedades dessas amostras, como condutividade térmica, resistência térmica, retenção de água, absorção de umidade, e tempo de secagem, estudou-se o comportamento destes tecidos, comparando-os. O balanço térmico do corpo humano, os mecanismos de troca de calor da superfície da pele até a parte externa da roupa, da superfície da vestimenta para o ambiente, as trocas de calor por condução, convecção, evaporação, respiração, radiação foram analisadas e discutidas. A medição da temperatura corpórea dos grupos de voluntários e sua correlação com o desempenho durante a atividade física foram estudadas através de metodologia estatística, utilizando-se o programa Minitab. Esta pesquisa mostrou claramente a influência das propriedades das fibras no desempenho de uma atividade esportiva, sendo de grande importância para a melhoria contínua dos atletas durante o exercício físico. O tecido de poliamida 6.6 apresentou uma menor perda de temperatura corpórea ao longo da atividade física, quando comparado ao tecido de algodão. A existência de correlação significativa da temperatura corpórea com a redução do índice de lactato foi comprovada por este estudo. Esta correlação mostrou a importância da variação da temperatura corpórea durante o desempenho de uma atividade, quanto menor essa variação, maior a redução do índice de lactato.

Palavras-chave: Desempenho, Poliamidas, Algodão.

ABSTRACT

The present study “Evaluation of Textile Materials Efficiency in Physical Activity” compared how the different properties of fibers, like cotton and polyamide 6.6, affect sportive performance. The purpose of this study was to evaluate the improvement of physical performance during physical activities due the use of clothing made with high technology fabrics. For this comparative study, two raw material were chosen, cotton and polyamide 6.6, and through the properties of these samples, such as thermal conductivity, thermal resistance, water retention, moisture absorption and drying time, these fabrics behavior was studied, comparing them. Heat balance of human body, the mechanisms of heat transfer from skin surface to the external side of clothes, from clothing surfaces to the environment, heat transfer by conduction, convection, evaporation, respiration and radiation were analyzed and discussed. Corporeal temperature measurement of volunteers and its correlation with performance during physical activities were analysed through statistical methodology, using a statistical program. This research clearly demonstrated the influence of fibers properties in sports performance, being of great importance to athletes continuous improvement during physical exercises. Polyamide 6.6 fabric presented a lesser loss of corporeal temperature during physical activity when compared to cotton fabric.

The existence of a significant correlation between corporeal temperature and lactate index reduction was proved by this study. This correlation shows the importance of corporeal temperature variation during an activity performance: the lower is this variation, the greater is the reduction in the lactate index.

Keywords: Performance, Polyamides, Cotton.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO	02
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
3.1 INTRODUÇÃO.....	03
3.2 TIPOS DE FIBRAS.....	04
3.3 TÍTULO DE PRODUTOS TÊXTEIS.....	04
3.4 MICROFIBRA.....	05
3.5 FIOS TEXTURIZADOS.....	05
3.6 POLÍMEROS.....	06
3.7 POLIAMIDA 6.6.....	06
3.7.1 Definição	06
3.7.2 Fluxo de Obtenção do Polímero de Poliamida (Náilon)	08
3.7.3 Obtenção do Fio de Poliamida	09
3.7.4 Tipos de Filamentos	10
3.7.5 Principais Propriedades da Poliamida 6.6	10
3.8 FIO ELASTOMÉRICO.....	11
3.9 FIBRA DE ALGODÃO.....	12
3.10 CONFORTO.....	13
3.11 PROPRIEDADES DAS FIBRAS RELACIONADAS COM O CONFORTO..	14
3.11.1 Teor de Umidade	14
3.11.2 Condutividade Térmica	15
3.12 BALANÇO TÉRMICO DO CORPO HUMANO.....	16
3.12.1 Fator de Vestimenta	17

3.13 PROPRIEDADES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	17
3.13.1 Introdução.....	17
3.13.2 Isolamento Térmico e Vestuário.....	19
3.13.3 Resistência Térmica de Tecidos.....	21
3.13.4 Transferência de Calor.....	23
3.13.5 Absorção Térmica.....	26
3.14 MALHARIA CIRCULAR.....	27
3.14.1 Tecidos de Malha.....	27
3.14.2 Quantidade de Fio Absorvido.....	28
3.14.3 Características do Tecido de Malha.....	29
3.14.4 Carreiras de Malha.....	30
3.14.5 Colunas de Malha.....	30
3.14.6 Gramatura da Malha.....	30
3.14.7 Fator de Cobertura.....	30
3.14.8 Teares Circulares.....	31
3.14.8.1 Finura de uma Máquina Circular.....	32
3.14.8.2 Diâmetro do Tear Circular.....	32
3.15 LACTATO.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1 INTRODUÇÃO.....	34
4.2 MATÉRIA-PRIMA PARA OS ENSAIOS.....	35
4.2.1 Materiais.....	35
4.2.2 Tecidos de Malha para os Ensaios.....	35
4.2.3 Roupas Utilizadas e Grupo de Voluntários.....	37
4.3 KOSMOSCIENCE.....	38

4.4 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS.....	39
4.5 CONTROLES E LIMITES.....	40
4.6 MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO DE LACTATO NO SANGUE.....	40
4.6.1 Equipamento Utilizado.....	40
4.6.2 Princípio.....	40
4.6.3 Precisão do Aparelho.....	41
4.7 TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO.....	41
4.8 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA NAS MALHAS UTILIZADAS, EM ALGODÃO E POLIAMIDA.....	42
4.8.1 Aparelhagem.....	43
4.8.2 Condicionamento e Amostra Utilizada.....	43
4.8.3 Normas.....	43
4.8.4 Capacidade de Absorção (CA).....	44
4.8.5 Curva de Secagem em Função do Tempo.....	44
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
4.9.1 Tamanho da Amostra – Voluntários.....	46
4.9.2 Teste de Normalidade.....	46
4.9.3 Teste “t” de Student – Teste Paramétrico.....	48
4.9.4 Teste de Mann-Whitney – Teste Não-Paramétrico.....	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5.1 INTRODUÇÃO.....	50
5.2 EXECUÇÃO DO ESTUDO – PRIMEIRO DIA.....	50
5.3 EXECUÇÃO DO ESTUDO – SEGUNDO DIA.....	51
5.4 EXECUÇÃO DO ESTUDO – TERCEIRO DIA.....	52
5.5 HOMOGENEIDADE DA AMOSTRA.....	52

5.5.1 Tempo do Teste.....	52
5.5.2 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados do Tempo “t” de Fadiga para os Voluntários do Grupo “A”.....	54
5.5.3 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados do Tempo “t” de Fadiga para os Voluntários do Grupo “Y”.....	54
5.5.4 Comparativo entre os Tempos “t” das Amostras “A” e “Y”.....	55
5.5.5 Comparação do IMC (Índice de Massa Corpóreo) entre os Grupos “A” e “Y”.....	56
5.6 ANÁLISE TERMOGRÁFICA.....	58
5.6.1 Eficiência Térmica – Definição.....	58
5.6.2 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados da Eficiência Térmica para os Voluntários do Grupo “A”.....	60
5.6.3 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados da Eficiência Térmica para os Voluntários do Grupo “Y”.....	60
5.6.4 Comparativo da Eficiência Térmica dos Grupos “A” e “Y”.....	61
5.6.5 Comentários do Comparativo entre Eficiências Térmicas dos Grupos “A” e “Y”.....	63
5.7 GRADIENTE DE TEMPERATURA PARA O ALGODÃO E A POLIAMIDA....	63
5.7.1 Comentários do Comparativo do Gradiente Térmico entre os Grupos “A” e “Y”.....	64
5.8 HOMOGENEIDADE DA TEMPERATURA.....	65
5.8.1 Cálculo da Homogeneidade da Temperatura.....	67
5.8.2 Teste de Normalidade para a Homogeneidade da Bermuda de PA.....	69
5.8.3 Teste de Normalidade para a Homogeneidade da Bermuda de CO.....	69
5.8.4 Comparativo da Homogeneidade da Temperatura entre os grupos “A” (algodão) e “Y” (poliamida).....	70
5.8.5 Comentários da Homogeneidade da Temperatura.....	72

5.9 CONCENTRAÇÃO DE LACTATO.....	72
5.10 CORRELAÇÃO.....	74
5.10.1 Correlação entre a Eficiência da Redução de Lactato por IMC.....	74
5.10.2 Correlação entre a Eficiência da Redução de Lactato por Eficiência Térmica da Bermuda.....	75
5.10.3 Comentários da Redução do Índice Lactato por Eficiência Térmica..	75
6. CONCLUSÕES.....	76
7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
APÊNDICE (TABELAS REFERENCIAIS).....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corte transversal do fio de poliamida.....	05
Figura 2 - Fluxo de obtenção da poliamida.....	07
Figura 3 - Fluxo de obtenção do polímero.....	08
Figura 4 - Fiação do polímero de poliamida.....	09
Figura 5 - Tipos de filamentos da poliamida.....	10
Figura 6 - Porcentagem de regain das principais fibras.....	14
Figura 7 - Teor de umidade em função da umidade relativa.....	15
Figura 8 - Resistência térmica dos tecidos pela espessura.....	22
Figura 9 - Laçadas de malha.....	28
Figura 10 - Quantidade de fio absorvido (LFA).....	28
Figura 11 - Flexibilidade da malha.....	29
Figura 12 - Tear circular.....	31
Figura 13 - Seqüências de medidas da concentração de lactato.....	41
Figura 14 - Região delineada para medição da temperatura corpórea.....	42
Figura 15 - Capacidade de absorção de água.....	44
Figura 16 - Capacidade de Absorção – Ensaio 1.....	45
Figura 17 - Capacidade de Absorção – Ensaio 2.....	45
Figura 18 - Curva distribuição normal.....	47
Figura 19 - Teste de normalidade do tempo de fadiga do grupo “A”.....	54
Figura 20 - Teste de normalidade do tempo de fadiga do grupo “Y”.....	55
Figura 21 - Homogeneidade do tempo de fadiga – grupos “A” e “Y”.....	56
Figura 22 - Teste de normalidade da eficiência térmica – amostra “A”.....	60
Figura 23 - Teste de normalidade da eficiência térmica – amostra “Y”.....	61

Figura 24 - Comparativos entre eficiências térmicas – PA e CO (1).....	62
Figura 25 - Comparativos entre eficiências térmicas – PA e CO (2).....	62
Figura 26 - Comparativo entre os gradientes de temperatura.....	64
Figura 27 - Análise termográfica na região das pernas.....	66
Figura 28 - Região Selecionada.....	67
Figura 29 - Teste de normalidade homogeneidade da bermuda de PA.....	69
Figura 30 - Teste de normalidade homogeneidade da bermuda de CO.....	70
Figura 31 - Comparativo da homogeneidade entre CO e PA (1).....	71
Figura 32 - Comparativo da homogeneidade entre CO e PA (2).....	71
Figura 33 - Correlação entre eficiência do lactato e IMC.....	74
Figura 34 - Correlação entre eficiência do lactato e eficiência térmica.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades térmicas da poliamida 6.6.....	11
Tabela 2 - Propriedades mecânicas da poliamida 6.6.....	11
Tabela 3 - Condutividade térmica de tecidos a úmido.....	16
Tabela 4 - Valores de calor gerado pelo corpo.....	20
Tabela 5 - Valores indicativos de isolamento térmico.....	21
Tabela 6 - Composição e características dos tecidos de malha.....	36
Tabela 7 - Dados do tecido.....	36
Tabela 8 - Estágio do teste ergométrico.....	40
Tabela 9 - Tempo de fadiga (por voluntário e grupo).....	53
Tabela 10 - IMC dos voluntários.....	57
Tabela 11 - Análise termográfica com a amostra e a roupa controle.....	59
Tabela 12 - Homogeneidade da temperatura da amostra e controle.....	68
Tabela 13 - Medida da concentração de lactato inicial e final.....	73

NOMENCLATURA

Letras

- A** – Área por onde o calor é conduzido (m^2)
- b** – Absorção térmica ($W(s)^{1/2} \cdot (m^2 \cdot ^\circ K)^{-1}$)
- c** – É o calor específico ($cal/g^\circ K$)
- cN/tex** – centiNewton por tex
- den** – Título de fio no sistema denier
- dtex** – Título de fio no sistema decitex
- E** – Perda de calor por evaporação (W/m^2)
- F** – Fator de cobertura
- fcl** – Fator de área da vestimenta (m^2)
- g/m²** – Peso em gramas por unidade de metro quadrado
- g/tex** – Gramas por tex
- H₀** – Hipótese nula
- H₁** – Hipótese alternativa
- hc** – Coeficiente de troca por convecção ($W/m^2 \ ^\circ C$)
- hr** – Coeficiente de troca por radiação ($W/m^2 \ ^\circ C$)
- lcl** – Isolamento térmico da roupa ($m^2 \ ^\circ C/W$)
- K** – Condutividade térmica ($W/m^\circ K$)
- L** – Espessura do tecido (m)
- mm** – Milímetro
- N** – Tamanho da amostra
- p** – Probabilidade
- pa** – Pressão de vapor de água no ambiente (Kpa)

psk – Pressão de vapor de água na pele (Kpa)

Q – Energia transferida (j/s)

r – Resistência térmica ($K.m^2.W^{-1}$)

Rt – Resistência da vestimenta ($W/(m^2Kpa)$)

tcl – Temperatura do tecido da roupa ($^{\circ}C$)

tr – Temperatura radiante média ($^{\circ}C$)

ts – Temperatura da superfície da pele ($^{\circ}C$)

v – Velocidade do ar (m/s)

α – Nível de significância

μ_1 – Média populacional para o grupo “1”

μ_2 – Média Populacional para o grupo “2”

ρ – É a densidade do tecido em (g/m^3)

ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrafas – Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas

ASTM – American Society for Testing and Materials

CA – Acetato de Celulose

Clo – Unidade de Isolamento Térmico

CO – Abreviação para Algodão

COOH – Grupo Carboxila

CV – Viscose

CV(%) – Coeficiente de Variação

Dif. – Diferença

EFIC – Eficiência

FAD – Fadiga

FC – Frequência Cardíaca

GR – Grupo

Gram – Gramatura do Tecido

IMC – Índice de Massa Corpórea

ISO – Internacional Organization for Standardization

LFA – Longuer de Fil Absorbée

Met – Unidade de Metabolismo

Ne – Título de Fio no Sistema Inglês

NH₂ – Grupo Amina

OH – Grupo Hidroxila

PA – Abreviação para Poliamida

PAC – Acrílico

PAD – Pressão Arterial Diastólica

PAS – Pressão Arterial Sistólica

PP – Polipropileno

SI – Sistema Internacional de Unidades

Tg – Temperatura de Transição Vítrea

Tog – Unidade de Isolamento Térmico

VOL – Voluntário

WO – Lã

DEFINIÇÕES

Alongamento – É a capacidade de um material têxtil alongar quando submetido a forças mecânicas.

Elasticidade – Porcentagem de retorno do tecido após aplicação de uma força.

Erro Experimental – Resíduo; variação observada quando são realizados experimentos sob condições idênticas, sendo que parte dessa variação é repetitividade do instrumento de medição.

L.F.A. – Consumo de fio por laçada.

Microfibra – Fio contínuo cujos filamentos unitários têm diâmetro inferior a 12 μ , ou seja, menor 1,2dtex ou 1,1den.

Regain – Expressa umidade presente em um determinado material têxtil sob condições preestabelecidas e expresso como uma porcentagem.

Título – O título de materiais têxteis representa um número que expressa a relação entre um determinado comprimento e o peso correspondente. É a densidade linear do produto.

Título decitex (dtex) – O título decitex de um material têxtil é igual ao peso em gramas de 10.000 metros desse fio.

Título denier (den) – O título denier de um material têxtil é igual ao peso em gramas de 9.000 metros desse fio.

Título inglês (Ne) – O título inglês de um material têxtil é igual ao número de meadas de 840 jardas cada uma, necessárias para obter o peso de uma libra.

Transição Vítreo (tg) – Temperatura na qual se pode obter a temperatura de passagem do estado vítreo para o estado maleável, sem ocorrência de uma mudança estrutural.

Vítreo – Estado sólido e amorfo desordenado.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

O grande desafio da indústria têxtil é produzir tecidos que melhorem o desempenho dos atletas, utilizando tecnologia. A matéria-prima tem grande influência no aspecto funcional do tecido.

Estudar as propriedades das fibras (propriedades físicas, térmicas) é fundamental para se estabelecer uma relação com a funcionalidade da roupa. Os fios e tecidos inteligentes agregam no interior da fibra tecnologia e ciência. Em razão disso, são capazes de oferecer propriedades funcionais de desempenho e bem-estar, suprimindo na sua aplicação uma gama de exigências, além das convencionais. O fio *Biotech*, fabricado pela Rhodia, possui aditivos incorporados ao fio que inibem o crescimento de bactérias, fazendo com que não haja o desenvolvimento de microrganismos na roupa, evitando assim um odor desagradável. Fios que proporcionam ao tecido proteção contra os raios ultravioleta também são um exemplo de tecnologia. As microfibras, fios seis vezes mais finos do que um fio de cabelo, possibilitam maior conforto, melhor toque e secagem mais rápida.

Relacionar as propriedades das fibras com a funcionalidade do fio é uma maneira eficaz de se obter roupas com tecnologia e melhor desempenho, para cada segmento de mercado: moda íntima, mercado esportivo, mercado infantil.

CAPÍTULO 2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é analisar o desempenho de materiais têxteis durante a atividade física. Foram escolhidas duas fibras: uma natural, sendo o algodão; e a outra, uma fibra sintética, a poliamida 6.6. Com estas duas fibras foram desenvolvidas roupas a partir dos tecidos de malha, onde se avaliou o rendimento físico de atletas durante a prática de atividade física.

CAPÍTULO 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INTRODUÇÃO

A cadeia têxtil tem uma grande importância dentro da economia brasileira (ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil - 06/2006 - SP):

- o 6º maior produtor têxtil do mundo;
- o Auto-suficiência na produção de algodão;
- o Produz 7,2 bilhões de peças de vestuário/ano;
- o 2º maior produtor mundial de índigo;
- o 3º maior produtor mundial de malha;
- o 5º maior produtor mundial de confecção;
- o 7º maior produtor mundial de fios e filamentos;
- o 8º maior produtor mundial de tecidos.

O grande desafio da indústria têxtil é produzir tecidos que melhorem o desempenho dos atletas, utilizando tecnologia. A matéria-prima tem uma forte influência no aspecto funcional do tecido. O Capítulo 3, do presente trabalho, aborda as características das fibras, suas propriedades, onde se dá ênfase à poliamida e ao algodão. Todo fluxo de produção da poliamida também é mencionado.

Neste Capítulo, se discute também os mecanismos de transferência de calor, e o nível de conforto ligado à atividade física. Estas informações são muito importantes, para que se possa comparar as duas matérias-primas.

E ainda, o conceito de Malharia Circular, as propriedades dos tecidos de malha, e a função do lactato durante uma atividade física, são abordados neste capítulo.

3.2 TIPOS DE FIBRAS

- Naturais: Fibras têxteis encontradas na natureza.
- Vegetais: Algodão, Linho, Rami, Juta, Sisal.
- Animais: Seda, Cashmere, Lã.
- Minerais: Asbesto (amianto).
- Artificiais: Obtidas a partir de uma molécula ou macromolécula, já existente na natureza, que sofre uma transformação química e/ou mecânica.
- Viscose, Liocel (Tencel), Modal, Acetato, Cupro, etc.
- Sintéticas: Obtidas através de macromoléculas que precisam ser sintetizadas quimicamente.
- Poliamida (Náilon), Poliéster, Acrílico, Elastano, Elastodieno, Polipropileno.

3.3 TÍTULO DE PRODUTOS TÊXTEIS (LYER; MAMMRL; SCHÄCH, 1997¹).

É representado por um número que expressa uma relação entre um determinado comprimento e o peso correspondente. É a densidade linear do produto.

TÍTULO DENIER (den). O título denier de qualquer fibra química é igual ao peso em gramas de 9.000 metros desse fio.

TÍTULO DTEX (dtex). O título dtex de um fio ou de qualquer outro material têxtil é igual ao peso em gramas de 10.000 metros de fio.

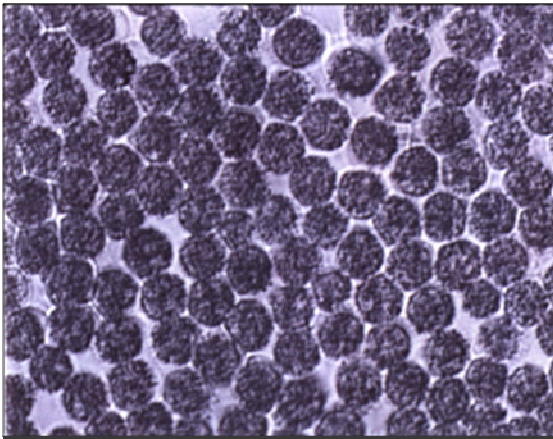
TÍTULO INGLÊS (Ne). O título inglês de um fio têxtil é igual ao número de meadas de 840 jardas cada uma, necessárias para obter o peso de uma libra.

¹ Lyer, C.; Mammrl, B.; Schäch, W. *Máquinas Circulares - Teoría y Práctica de la Tecnología del Punto*. Alemanha, 1997, 190-195.

3.4 MICROFIBRA

Fio contínuo cujos filamentos unitários têm diâmetro inferior a 12μ , ou seja, menor 1,2dtex ou 1,1den. Na Figura 1, a seguir, vê-se uma foto com corte transversal de um filamento standard e a microfibra:

Filamento normal



Microfibra

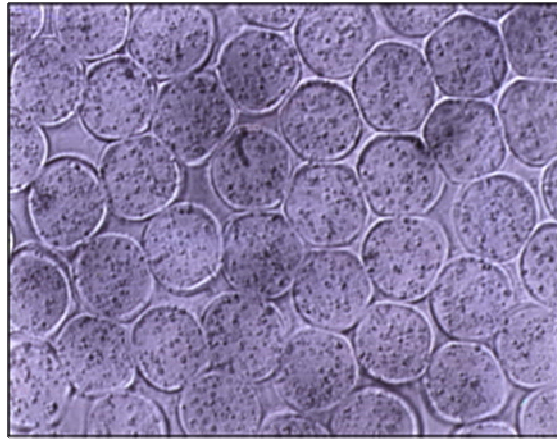


Figura 1. Corte transversal do fio de poliamida

Fonte: Rhodia Poliamida – Material interno, 2000.

3.5 FIOS TEXTURIZADOS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FIBRAS ARTIFICIAIS E SINTÉTICAS – ABRAFAS – 2007)

São fios constituídos por filamentos que apresentam algum tipo de deformação formando alças, ondulações, helicoidais, etc. Estes fios são geralmente texturados por fricção. No fio texturado por fricção, os filamentos assumem a forma helicoidal irregular. As principais diferenças do fio texturizado, quando comparado a um fio liso são:

- fio com maior volume;
- fio com maior elasticidade;
- toque mais quente no produto final (tecido, malha).

3.6 POLÍMEROS

“São compostos incluídos entre as macromoléculas, com a particularidade de possuírem unidades repetitivas ao longo da cadeia, chamadas de meros. O termo polímero, explicita seu significado: poli – muitas; mero – parte.” (MARINHO², 2005).

“Em alguns polímeros, observa-se que existem regiões com alguma ordenação na estrutura. As análises de difração de raios X mostram que certos polímeros são constituídos por regiões cristalinas e regiões amorfas, em maior ou em menor grau.” (MARINHO, 2005).

3.7 POLIAMIDA 6.6

3.7.1 Definição

- Macromoléculas nas quais as unidades estruturais são ligadas por grupamentos amida (-CONH-).
- Poliamida 6.6: síntese por policondensação linear (os monômeros possuem funcionalidade 2) entre ácido adípico ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$) e hexametilenodiamina ($\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$).
- Poliamida 6.6: onde o primeiro 6 representa o número de carbonos do diácido, e o segundo 6 representa o número de carbonos da diamina.

A Figura 2, a seguir, apresenta o diagrama de obtenção da Poliamida 6.6 (Sal Náilon) a partir da sua matéria-prima, o Petróleo.

² Marinho, J. R. D. *Macromoléculas e Polímeros*, 2005, 1-3, 27-29.

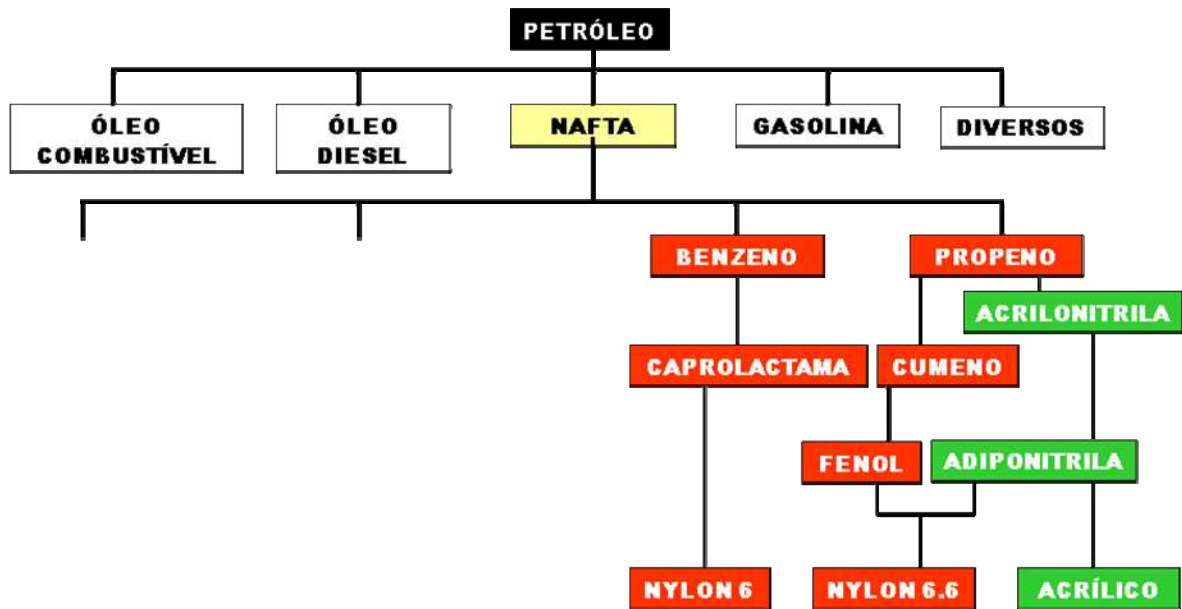


Figura 2. Fluxo de obtenção da poliamida

Fonte: Rhodia Poliamida – Sal Nylon, 2000.

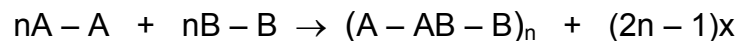
Para se falar sobre Poliamida 6.6, é importante definir Polimerização por Etapa (ODIAN³, 1970).

POLIMERIZAÇÃO POR ETAPA: A polimerização ocorre pela reação entre 2 grupos funcionais diferentes:

Ex: $-\text{OH}$ e $-\text{COOH}$ ou $-\text{NH}_2$; R-NCO e $-\text{OH}$ ou $-\text{NH}_2$

OH = hidroxila; COOH = carboxila; NH_2 = amina

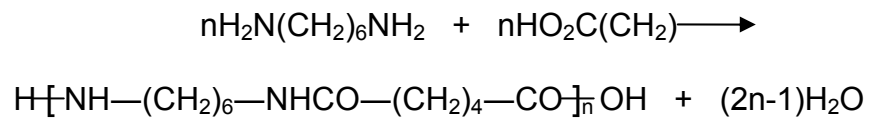
A poliamida 6.6 é sintetizada do hexametileno diamina com ácido adípico (ODIAN, 1970), seguindo os conceitos da polimerização por etapa:



onde x, em geral, é molécula de H_2O .

³ Odian, G. *Principles of Polymerization*. 2006, 39-41, 97-98.

A seguir, verifica-se como fica para a Poliamida 6.6 a polimerização por etapa:



A polimerização procede aproximadamente com 80 a 90% de conversão.

Com o Sal Náilon 6.6, fórmula $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH} \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$, tem-se o seguinte fluxo para obter o polímero de poliamida 6.6, apresentado a seguir.

3.7.2 Fluxo de Obtenção do Polímero de Poliamida (Náilon)

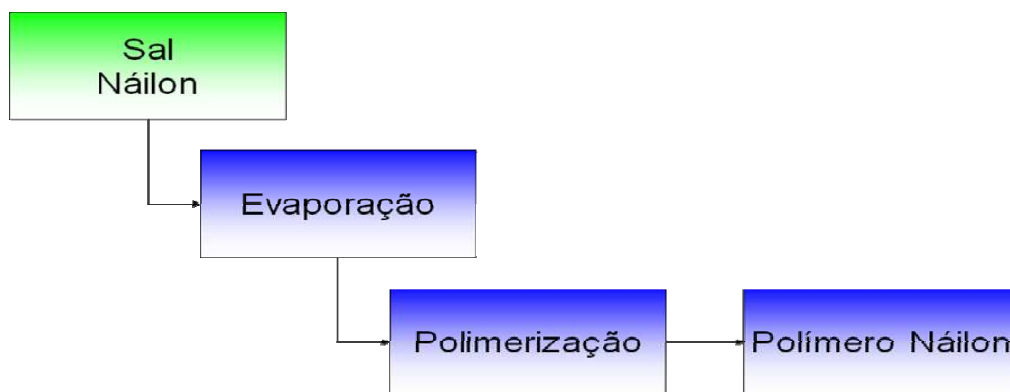


Figura 3. Fluxo de obtenção do polímero

Fonte: Rhodia Poliamida – Sal Nylon, 2000.

PROPRIEDADES DA POLIAMIDA 6.6 (BRANDRUP; IMMERGUT⁴, 1965)

- Tg = 45 a 65°C
- Expansão por fusão: $2,48 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$
- Temperatura de fusão: 265°C
- Temperatura de cristalização: 147°C
- Temperatura de degradação (início): 163°C
- Condutividade térmica: sólido = 0,23 kcal/m*h*°C
- Condutividade térmica: líquido = 0,25 kcal/m*h*°C

3.7.3 Obtenção do Fio de Poliamida

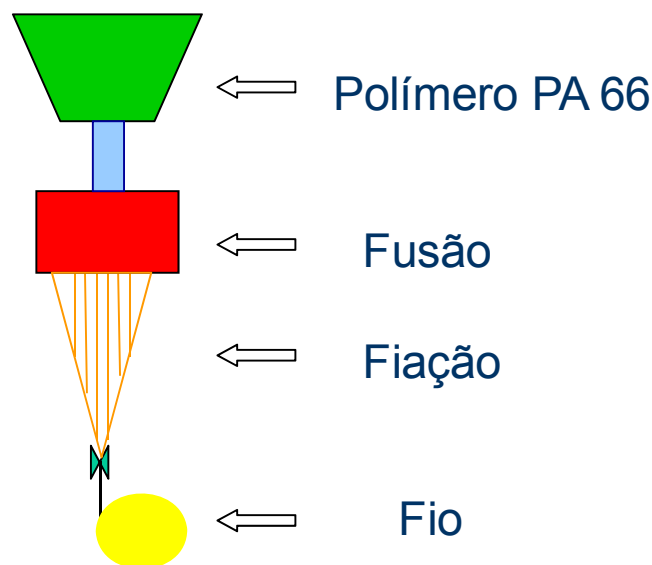


Figura 4. Fiação do polímero de poliamida

Fonte: Rhodia Poliamida – Sal Nylon, 2000.

A Figura 4 mostra que, a partir do polímero de poliamida 6.6, a massa polimérica é fundida (fusão), depois fiada (fiação), para em seguida ser enrolada. Obtém-se, então, o fio de poliamida com determinado número de filamentos.

⁴ Brandrup, J.; Immergut H. E. *Polymer Handbook*. 1965, VI, 79-80; III, 01; VI, 81; VI, 84.

3.7.4 Filamentos

Os filamentos representam o número de partes (cabos) que constituem um fio sintético. Apresentam várias características como:

- Filamentos podem ser lisos, texturizados ou torcidos.
- Brilhantes, semi-opacos ou opacos.
- Monofilamentos, multifilamentos ou microfibras.
- Redondos ou com secções transversais diferenciadas.
- Podem ser usados sozinhos ou em composição com outras fibras (mesclas ou recobrindo elastano).

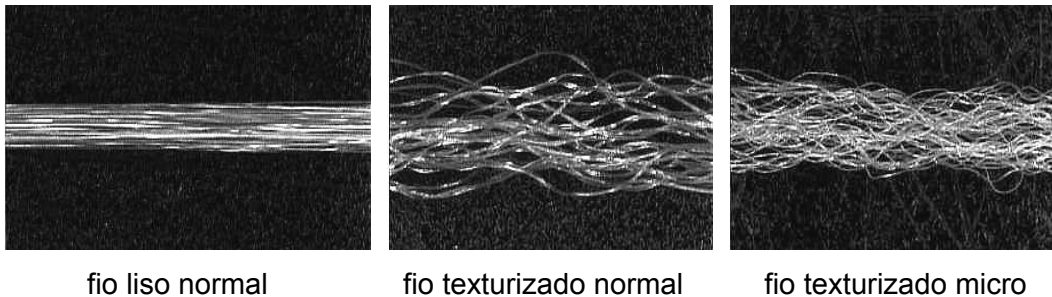


Figura 5. Tipos de filamentos da poliamida

Fonte: Rhodia Poliamida, 2000.

3.7.5 Principais Propriedades da Poliamida 6.6

Nas tabelas a seguir (Tabelas 1 e 2) são apresentadas as propriedades térmicas e mecânicas da poliamida 6.6.

Tabela 1. Propriedades térmicas da poliamida 6.6

PROPRIEDADES TÉRMICAS	FIO CONTÍNUO DE POLIAMIDA 6.6 (°C)
Ponto de fusão	255
Ponto de amolecimento	220 – 235
Temperatura máxima de fixação a seco	200 – 210
Temperatura máxima de passagem a ferro	205

Fonte: *Polymer Handbook*, 1965.

Tabela 2. Propriedades mecânicas da poliamida 6.6

PROPRIEDADES MECÂNICAS	FIO FILAMENTO CONTÍNUO	
Resistência (g/denier)	a seco	4,8 – 6,4
	a úmido	4,2 – 5,9
Alongamento (%)	a seco	28 – 42
	a úmido	36 – 52

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (publ. IPT n° 1.257), 1983.

3.8 FIO ELASTOMÉRICO (ELASTANO)

Fibra elástica constituída de pelo menos 85% de massa de poliuretano segmentada, e que, esticada até atingir o triplo do seu comprimento inicial, recupera-se rapidamente quando a força de tração deixa de existir. A fibra de elastano é muito utilizada em composições com outras fibras têxteis: algodão, poliamida, poliéster, etc. A este grupo pertencem aquelas fibras que, devido à sua estrutura são altamente deformáveis; podendo se alongar mais de 500% até o rompimento. Após a deformação, o elastano retrai-se imediatamente, quase por completo, voltando ao seu comprimento original. São excluídos os fios elásticos texturizados que devem sua elasticidade a uma modificação física posterior.

Segundo a norma ISO 1043, os produtores de fibras químicas europeus, agrupados na BISFA (*Bureau International pour la Standardisation de la Rayonne et Fibres Synthétiques*), chegaram a um acordo sobre uma definição normalizada para o elastano, que recebe a abreviação de EL.

CARACTERÍSTICAS DA FIBRA ELÁSTICA

- Alongamento de mais de 500%;
- Capaz de recuperar o comprimento original mesmo após ciclos repetidos de alongamento e retração;
- Perde resistência em temperaturas elevadas, acima de 110°C.

ALGUMAS APLICAÇÕES DE TECIDOS COM ELASTANO

- Roupas esportivas
- Moda praia (biquínis, maiôs)
- Leggings
- Meias esportivas e sociais
- Lingerie
- Fraldas
- Calças

3.9 FIBRA DE ALGODÃO

O algodão é uma fibra branca ou esbranquiçada, obtida dos frutos de algumas espécies do gênero *Gossypium*, família *Malvaceae*. Esta planta, que é hoje cultivada anualmente, tem o porte de um pequeno arbusto com aproximadamente 1,20 m de altura. O algodão é usado como fibra têxtil há mais de 7.000 anos, estando ligado à origem e à evolução da produção de artigos têxteis.

3.10 CONFORTO

O conforto é um dos mais importantes atributos da vida. O ser humano está permanentemente, consciente ou inconscientemente, procurando manter ou melhorar seu estado de conforto, físico ou psicológico, na escolha do curso de suas ações.

O conforto pode ser definido como um estado de harmonia física e mental com o meio ambiente, baseado na ausência de qualquer sensação de incômodo.

Em relação ao uso de um vestuário, o conforto é definido por três aspectos (HIGGINS, ANAND⁵, 2003):

1) FÍSICO: Relacionado às sensações provocadas pelo contato do tecido com a pele, e do ajuste da confecção ao corpo e a seus movimentos.

- Contato com a pele
- Ajuste de confecção

2) FISIOLÓGICO: Ligado à interferência do vestuário nos mecanismos do metabolismo do corpo, em especial o termorregulador.

- Isolação térmica
- Permeabilidade ao vapor
- Transporte de umidade

3) PSICOLÓGICO: Função de fatores relacionados à estética, aparência, moda, situação, meio social e cultural.

- Aspecto
- Caimento

⁵ Higgins, L.; Anand, S. *Textile Materials and Products for Activewear and Sportswear*. Textiles Intelligence Limited, 2003, ISBN 1-902625-38-2, 6-10.

3.11 PROPRIEDADES DAS FIBRAS RELACIONADAS COM O CONFORTO

3.11.1 Teor de Umidade

Expressa umidade presente em um determinado material têxtil sob condições preestabelecidas e expresso como uma porcentagem. Denomina-se *regain* quando esta porcentagem de umidade é calculada em função do peso seco da amostra. A Figura 6 mostra a porcentagem de *regain* para diversas fibras.

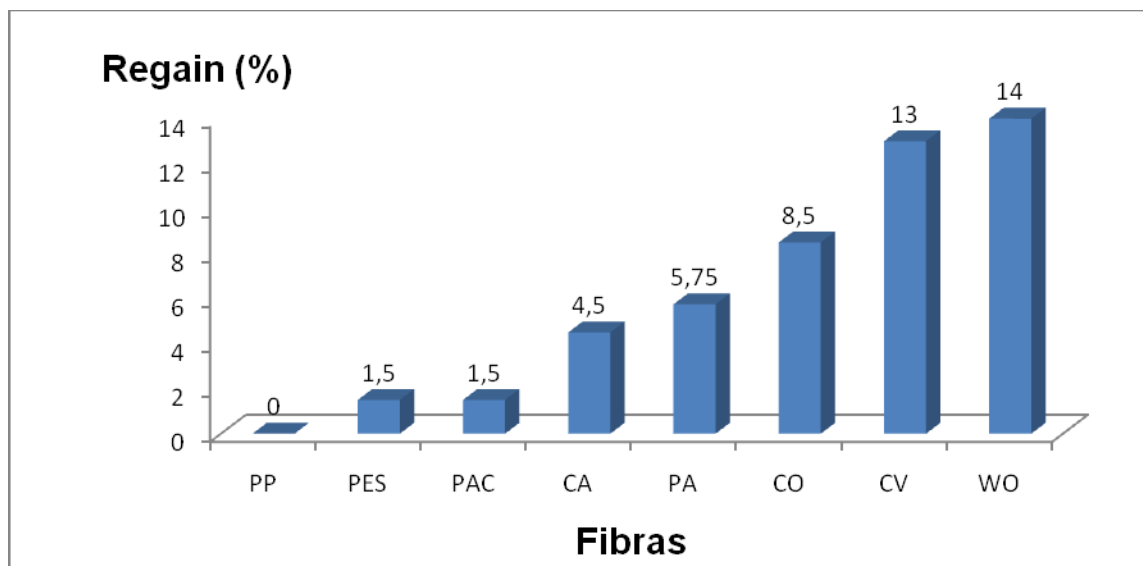


Figura 6. Porcentagem de regain das principais fibras

Fonte: FOURT, Lyman; HOLLIES, Norman. *Clothing Comfort and Function*, 1970.

Quanto maior o *regain*, maior será o poder de absorção de umidade da fibra.

A Figura 7, apresentada a seguir, mostra um comparativo do teor de umidade entre a fibra de algodão e a poliamida, a uma temperatura de 24°C, a diferentes condições de umidade relativa. Os valores obtidos estão diretamente ligados à condição da fibra absorver mais ou menos água.

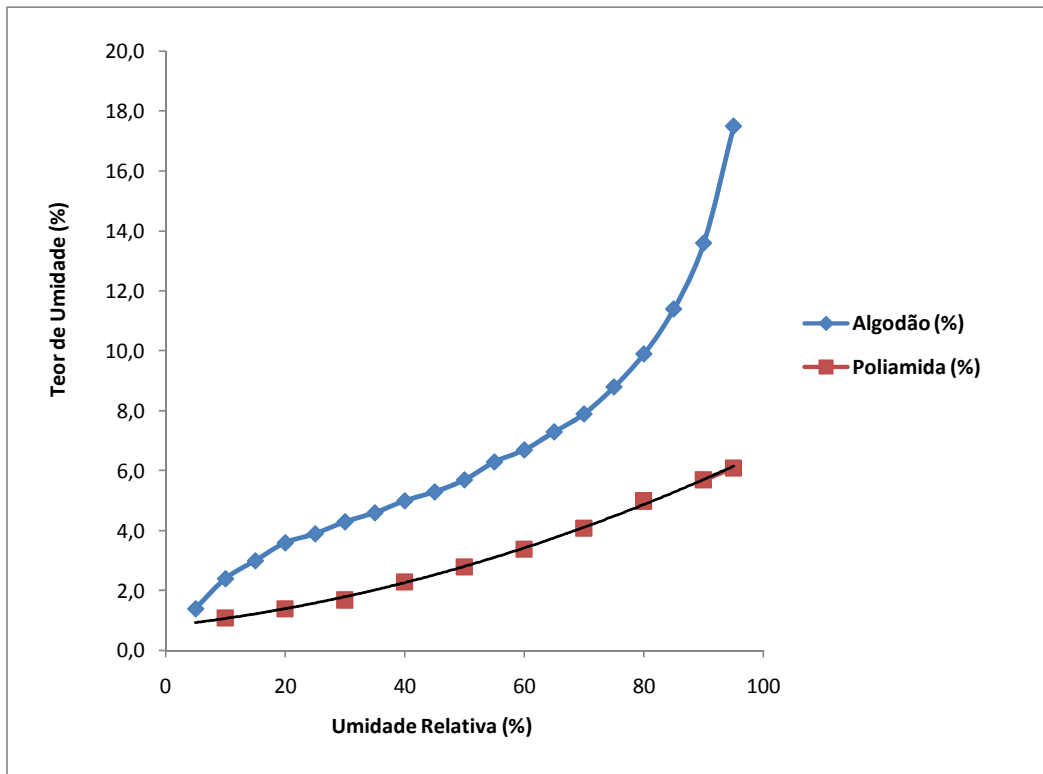


Figura 7. Teor de umidade em função da umidade relativa

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (publ. IPT nº 1.257), 1983.

3.11.2 Condutividade Térmica

É a propriedade física dos materiais que descreve a capacidade de conduzir calor. Na Tabela 3, tem-se o valor de condutividade térmica de alguns tecidos em poliamida e algodão a úmido. Verifica-se a influência da umidade no valor da condutividade, onde se tem a roupa íntima de algodão conduzindo mais calor que a roupa de poliamida. A unidade de espessura “mil” equivale a 0,0254 mm, portanto, a diferença de espessura entre os tecidos analisados é pequena.

Tabela 3. Condutividade térmica de tecidos a úmido

TECIDO	Espessura do tecido (mils)	Porcentagem de umidade (%)	Condutividade específica (cal.in/m².seg.°C)
Roupa íntima em poliamida	40 (0,1)	15	0,47
Roupa íntima em poliamida	35 (0,1)	16	0,47
Roupa íntima em algodão	32 (0,1)	18	0,53

Fonte: FOURT, Lyman; HOLLIES, Norman. *Clothing Comfort and Function*, 1970.

3.12 BALANÇO TÉRMICO DO CORPO HUMANO

O equilíbrio térmico é essencial para a vida humana e é obtido quando a quantidade de calor produzida no corpo é igual à quantidade de calor cedida ao ambiente através da pele e da respiração. A equação matemática que mostra o balanço térmico é a seguinte:

$$M - W - (\text{Condução} + \text{Convecção} + \text{Radiação} + \text{Evaporação} + \text{Respiração}) \quad (1)$$

onde:

M é a taxa de metabolismo em W/m²

W é a taxa de trabalho realizado em W/m²

Condução, Convecção, Radiação, Evaporação e Respiração são as formas de perdas de calor.

3.12.1 Fator de Vestimenta

Todos os termos da equação do balanço térmico são dados na unidade de energia por área, e referem-se à área do corpo nu. Essa área pode ser calculada pela equação de DuBois (ASHARE⁶, 1997a):

$$A_{du} = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot h^{0,725} \quad (2)$$

onde **m** é a massa do corpo em kg e **h** é a altura do corpo, em metros (m).

Como a roupa aumenta a área superficial de uma pessoa, aplica-se um fator de correção para os cálculos de transferência de calor, principalmente na troca por convecção e radiação. Esse fator, chamado fator de área de vestimenta é calculado pela expressão:

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{du}} \quad (3)$$

onde **fcl** é o fator de vestimenta,

Acl é a área superficial com vestimenta em m²

Adu é a área do corpo nu em m²

3.13 PROPRIEDADES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

3.13.1 Introdução

A temperatura do corpo humano é um dos fatores mais críticos de influência para um estado de conforto e bem-estar, a qual depende do metabolismo natural e da atividade física.

⁶ American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. *Handbook of Fundamentals*, Atlanta, 1997, v. 1, cap. 8: *Physiological Principles for Comfort and Health*, p. 8.1–8.32.

A temperatura interna varia normalmente no intervalo de 35 a 37°C, enquanto que a da superfície da pele entre 32 a 35°C, temperaturas estas mantidas em nível estável pelo sistema termorregulador do corpo, controlado pelo hipotálamo. Temperaturas acima dos limites (hipertermia) ou abaixo (hipotermia) levam de um estado de desconforto até a morte nos casos extremos.

O sistema termorregulador deve manter os níveis adequados de temperatura, nas mais diversas condições de atividades física e de meio ambiente, sendo constituído dos mecanismos de controle do metabolismo, do fluxo sanguíneo na superfície da pele (vasoconstrição e vasodilatação), dos sistemas de transferência de calor e da transpiração.

Este sistema natural de controle, contudo, não tem capacidade de manter um estado de conforto frente à grande diversidade de condições do meio ambiente, obrigando o homem a utilizar uma proteção auxiliar, na forma de vestuário.

A necessidade do uso, pelo homem, de um vestuário para proteção, em relação às condições de meio ambiente surgiu, provavelmente, com os movimentos migratórios do Homo sapiens, das regiões quentes da África para as regiões temperadas e frias da Europa, onde se estima que tenha alcançado há 50.000 ou 60.000 anos.

Pesquisas arqueológicas comprovam que as primeiras vestimentas eram elaboradas de pele de animais, que por tornarem-se secas e rígidas, eram tratadas com óleo de peixe para conferir maciez e flexibilidade, sendo este o primeiro registro de um tratamento utilizado relacionando conforto e vestimenta.

Fibras vegetais trançadas também eram utilizadas, sendo que a confecção de peças de vestimenta pela junção de partes menores, formando um conjunto que melhor se adaptasse ao corpo e seus movimentos, pode ter surgido há 40.000 anos, data atribuída a uma agulha de marfim com olhal.

No que se refere ao conforto fisiológico, a principal função do vestuário é a de auxiliar o sistema termorregulador do corpo, na manutenção de um balanço térmico adequado para a obtenção de um estado de conforto nas diversas condições de atividade física e de meio ambiente.

3.13.2 Isolamento Térmico e Vestuário

A transferência de calor, assim como da umidade gerada pela transpiração, são dois fatores de vital importância para o conforto térmico oferecido pelo uso de um vestuário.

A transferência de calor da superfície da pele para o ambiente é efetuada por três processos básicos: Convecção, Condução e Radiação, sendo os dois últimos os mais significativos, considerando-se a relação corpo-vestuário.

O processo de Condução é influenciado pela condutividade térmica das fibras/filamentos, do ar, pela espessura do tecido e pela diferença de temperatura entre o corpo e a roupa. Convecção é o transporte de calor por diferenças de densidades. Durante o exercício, o ar em contato com o corpo torna-se aquecido por Condução, e é levado para fora por Convecção. Sua influência não é significativa. Radiação é a remoção da energia térmica em forma de ondas eletromagnéticas.

O vestuário interfere no balanço entre o calor gerado e o dissipado, principalmente pela formação de uma camada de ar entre a superfície externa do tecido e a pele, denominada de “microclima”.

A resistência térmica desta camada de ar é o fator de maior influência (50%) na capacidade de isolamento térmico do vestuário.

O Isolamento térmico-vestuário é função da resistência térmica do tecido e da camada de ar entre o tecido e a pele.

Nos climas temperados e frios, a temperatura do corpo sendo mais alta que a do meio ambiente, o vestuário deve controlar a transferência de calor para impedir o resfriamento do corpo e a conseqüente sensação de desconforto, nas diferentes condições de atividade física e de ambiente.

A Tabela 4, a seguir, apresenta valores de referência para o calor gerado pelo corpo em diferentes situações:

Tabela 4. Valores de calor gerado pelo corpo

SITUAÇÃO	kcal/(h.m ²)
Dormindo	36
Deitado tranqüilo	40
Sentado	50
De pé	60
Caminhando (3,0 mph)	155
Correndo (10,0 mph)	500
Trabalho leve	100 - 180
Trabalho moderado	180 - 280
Trabalho pesado	280 - 380
Trabalho exaustivo	acima de 380

Fonte: FOUNT, Lyman; HOLLIES, Norman. *Clothing Comfort and Function*, 1970.

O “calafrio” ou “arrepio” é uma reação do corpo a uma sensação de frio que, pelo efeito da contração muscular, gera calor (200 - 250 W/m²).

A capacidade de isolamento térmico de um vestuário, avaliada com a utilização de manequins com sensores térmicos, tem como unidade a denominada de “clo” (*clothing resistance*), definida como o isolamento térmico de um vestuário necessário para manter em estado de conforto uma pessoa em repouso (taxa de geração de calor = 58W/m²), com temperatura da pele = 33°C, num ambiente a 21°C, umidade relativa = 50% e velocidade do ar = 0,1 m/s (ASTM D 1518-90⁷).

⁷ American Society for Testing and Materials. *ASTM D 3765. Knitted Fabrics, Philadelphia, 1990*, p.1-3.

Na Inglaterra utiliza-se a unidade “tog”, sendo que 1 clo corresponde a 1,55 tog. A tabela a seguir fornece alguns valores para isolamento térmico em função do tipo de vestuário. A ISO realizou os estudos para os valores indicativos de isolamento térmico em câmaras climatizadas, e admite a velocidade do ar sendo zero para uma taxa de metabolismo $\leq 1,0$ e velocidade do ar de 0,3 m/s para uma taxa de metabolismo $> 1,0$.

Tabela 5. Valores indicativos de isolamento térmico

VESTUÁRIO	clo
Calcinha	0,03
Camisa manga curta	0,15
Camisa manga longa	0,50
Calção	0,06
Calça normal	0,25
Saia Leve	0,15
Saia pesada	0,25
Vestido leve	0,20
Vestido de inverno	0,40

Fonte: ISO 7730 (1994).

O Isolamento Térmico de um vestuário é influenciado pelo modelo da confecção, ajuste ao corpo, aberturas (ventilação) e pela resistência térmica do tecido.

3.13.3 Resistência Térmica de Tecidos

A resistência térmica de um tecido é determinada pela estrutura do mesmo e de seus componentes, destacando-se o título, a torção e pilosidade⁸ dos fios, finura, crimp e secção dos filamentos, densidade e espessura do tecido, sendo estas duas últimas consideradas as de maior importância na formação do “microclima”, admitindo-se a existência de uma relação linear entre a espessura e a resistência térmica do tecido. A Figura 8, a seguir, mostra esta relação.

⁸ Pulosidade: índice que mede a quantidade de pêlo de um fio têxtil.

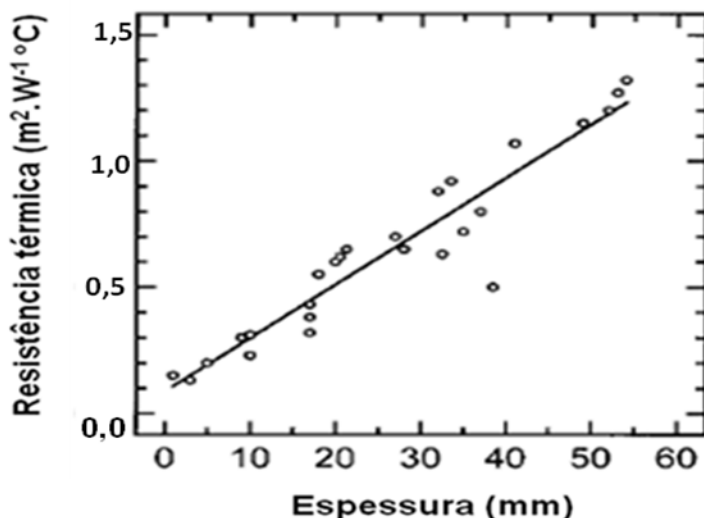


Figura 8. Resistência térmica dos tecidos pela espessura

Fonte: HAVENITH, George. *Heat Balance When Wearing Protective Clothing*, 1999.

O processo de acabamento e os produtos aplicados podem influir na resistência térmica de um tecido, sendo que a natureza da matéria-prima dos componentes tem uma influência relativamente reduzida.

O conteúdo de umidade do tecido é um fator importante que será abordado mais adiante.

A resistência térmica de um tecido é definida pela relação da diferença de temperatura entre as duas faces do mesmo, e o fluxo de calor por unidade de área na direção normal a estas faces (ISO⁹ 5085-1). Pode ser expressa pela equação:

$$r = \frac{L}{K} \tag{4}$$

onde **r** é a resistência térmica em K.m².W⁻¹

L é a espessura do tecido em metros (m)

K é a condutividade térmica em W/m^{°K}

⁹International Organization for Standardization. *ISO 5085-1. Textiles, Determination of Thermal Resistance*, 1989.

O recíproco da resistência térmica é a condutividade térmica.

3.13.4 Transferência de Calor

Durante uma atividade física, o calor produzido pelo corpo pode ser dissipado por:

Condução: Esta troca de calor ocorre entre a pele e a roupa. É afetada diretamente pela diferença de temperatura entre o corpo e a roupa, e a condutividade térmica do tecido em uso. É possível definir o calor perdido por condução pela seguinte equação (HAVENITH¹⁰, 1999).

$$\text{Troca de calor por condução} = \frac{ts - tcl}{lcl} \quad (5)$$

onde **ts** é a temperatura da superfície da pele em °C

tcl é a temperatura do tecido da roupa °C

lcl é o isolamento térmico da roupa, incluindo-se as camadas de ar, em m² °C/W

A condutividade térmica, que é um fator importante na transferência de calor, pode ser definida pela equação (MATUSIAK¹¹, 2006):

$$K = \frac{Q}{A \frac{\Delta T}{L}} \quad (6)$$

onde **K** é a condutividade térmica em W/m²°K

A é a área por onde o calor é conduzido em m²

Q é a energia transferida como calor em j/s

¹⁰Havenith, G. *Heat Balance When Wearing Protective Clothing*. Vol. 43, n. 5, p. 289-296, **1999**, British Occupational Hygiene Society, Published by Elsevier Science Ltd.

¹¹ Matusiak, M. *Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles, Fibers & Textiles in Eastern Europe*, **2006**, Vol. 14, n. 5(59), p. 98-101.

ΔT é o gradiente de temperatura entre a pele e a roupa em °K

L é a espessura da amostra em m

Convecção: A remoção de calor através de corrente de ar (convecção) é uma etapa após a Condução, pois a tendência do ar quente é subir. Este fenômeno evita que o ar quente fique em contato com a pele, o que prejudicaria a troca de calor. A perda de calor por Convecção pode ser calculada pela expressão:

$$Conv. = fcl \cdot hc \cdot (tcl - ta) \quad (7)$$

onde **Conv.** é o calor trocado por convecção em W/m²

fcl é o fator de área da vestimenta em m²

hc é o coeficiente de troca por convecção em W/m² °C

tcl é a temperatura superficial da roupa em °C

ta é a temperatura ambiente em °C

A norma ISO 7730¹² define o cálculo do coeficiente de convecção natural e forçada, pelas equações:

– para **h₁** maior que **h₂**

$$h_1 = 2,38 \cdot (tcl - ta)^{0,25} \quad (8)$$

– para **h₂** maior que **h₁**

$$h_2 = 12,1 \sqrt{v} \quad (9)$$

onde **v** é a velocidade do ar em m/s

¹² International Organization for Standardization. *ISO 7730, Moderate Thermal Environments- Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*. Geneva: 1994.

Radiação: Esta perda de calor ocorre em forma de raios de infravermelho, uma forma de onda eletromagnética que todos os objetos (acima do zero absoluto) emitem. A perda de calor por Radiação de um corpo sem vestimenta em repouso é significativa, mas a quantidade de calor por Radiação emitida em um corpo com vestimenta é pequena, e pode ser desprezada durante o processo. A roupa absorve e irradia energia térmica. A seguir, tem-se a equação da perda de calor por Radiação:

$$R = fcl.hr.(tcl - tr) \quad (10)$$

onde **R** é o calor trocado por Radiação em W/m²

fcl é o fator de área da vestimenta em m²

hr é o coeficiente de troca por Radiação em W/m² °C

tcl é a temperatura superficial da roupa em °C

tr é a temperatura radiante média em °C

Evaporação: É a perda de calor que se dá na mudança da fase da água para o vapor. A evaporação depende da umidade do ar, porque esta indica a quantidade de vapor que o ambiente pode receber. Quando o líquido se transforma em suor, o processo de evaporação aumenta a quantidade de calor do ambiente. O suor sozinho não remove o calor do corpo, mas a sua evaporação é que causa o resfriamento. A equação da perda de calor por evaporação é (SHISHOO¹³, 2005):

$$E = \frac{(psk - pa)}{Rt} \quad (11)$$

onde **E** é a perda de calor por evaporação em W/m²

psk é a pressão de vapor de água na pele em Kpa

pa é a pressão de vapor de água no ambiente

¹³ Shishoo, R. *Textiles in Sport*. The Textile Institute, Cambridge, Inglaterra, 2005, p. 263-269.

Rt é a resistência da vestimenta, incluindo as camadas de ar, a troca por evaporação em $W/(m^2Kpa)$

Respiração: Durante a respiração o ar é inspirado nas condições ambientes e expirado praticamente saturado e numa temperatura levemente inferior à temperatura interna do corpo. Esse aquecimento e umidificação do ar representam para o organismo a perda de calor sensível e latente. Esta perda de calor está diretamente ligada à taxa de metabolismo.

3.13.5 Absorção Térmica

Uma propriedade importante de um tecido quanto à característica térmica é a sensação de “frio” ou “quente” ao toque (*“cold feeling”*).

No instante de se vestir um artigo, normalmente a temperatura do tecido é inferior à do corpo, havendo, portanto, uma transferência momentânea de calor, até que as temperaturas das superfícies em contato se equilibrem. Quanto mais rápido for esse processo, maior a sensação instantânea de frio.

Denominada de “absorção térmica”, esta propriedade é definida como a quantidade de calor absorvida pelo tecido, num determinado decurso de tempo, quando sua superfície entra em contato com outra, de temperatura mais elevada (MATUSIAK¹⁴, 2006):

$$\text{Unidade do Sistema Internacional SI: } b = W(s)^{1/2} \cdot (m^2 \cdot ^\circ K)^{-1}$$

A absorção térmica pode ser definida pela seguinte equação:

$$b = \sqrt{k \cdot c \cdot \rho} \tag{12}$$

onde **b** é a absorção térmica em $W(s)^{1/2} \cdot (m^2 \cdot ^\circ K)^{-1}$

K é a condutividade térmica em $W/m^\circ K$

¹⁴ Matusiak M. *Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles, Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 2006, Vol. 14, n. 5(59), p. 98-101.

ρ é a densidade do tecido em g/m^3

c é o calor específico em $\text{cal/g}^\circ\text{K}$

Essa medida avalia a sensação térmica obtida no primeiro instante do contato da pele com o tecido, sendo que quanto mais elevado o valor de “b”, maior a sensação de frio do toque.

Essa característica é significativamente influenciada pela estrutura da superfície do tecido.

Comparando, por exemplo, um tecido liso de algodão, com o mesmo tecido flanelado, este último terá um toque inicialmente menos frio, pois a área de contato com a pele é menor, exigindo mais tempo de transição de calor.

3.14 MALHARIA CIRCULAR

3.14.1 Tecidos de Malha

A estrutura e a geometria dos tecidos de malha diferenciam-se substancialmente dos tecidos tradicionais de tecelagem, onde a trama e o urdume entrelaçam-se formando o tecido. A malha, ao contrário, é feita com um só fio que corre de forma espiral, horizontalmente. O fio assume a forma de laçadas, sendo que cada laçada passa através da laçada anterior.

Estas laçadas ou malhas assumem um aspecto de fio em formas senoidais que sustentam-se entre si e que são livres para mover-se quando submetidas a alguma tensão, o que caracteriza o fato da flexibilidade dos tecidos de malha.

O tecido de malha, ainda, é elástico porque as laçadas podem escorregar umas sobre as outras quando sob tensão, e retornar à posição inicial quando a solicitação é interrompida.

Na Figura 9, observa-se as laçadas de malha com aspecto senoidal, formadas pelo fio em trabalho.

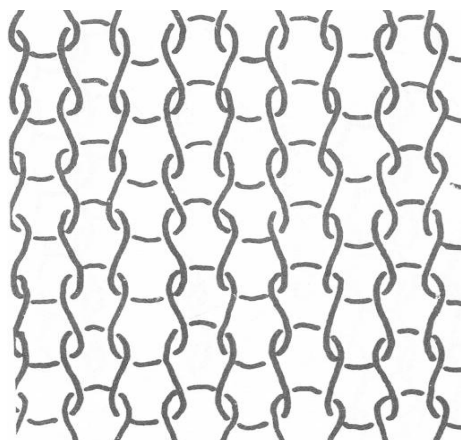


Figura 9. Laçadas de malha

Fonte: LYER; MAMMRL; WOLFGANG. Máquinas Circulares, 1997.

3.14.2 Quantidade de Fio Absorvido

Significa a quantidade de fio por malha, expressa em cm por malha (cm/malha), onde a abreviação utilizada vem do francês, *Longuer de Fil Absorbée*¹⁵ (LFA). É o principal responsável pelas características de densidade de malha (*Association Française de Normalization*¹⁶, *Longuer de fil absorbée*, 1985). A Figura 10, a seguir, mostra o tamanho da laçada (LFA) em vermelho.

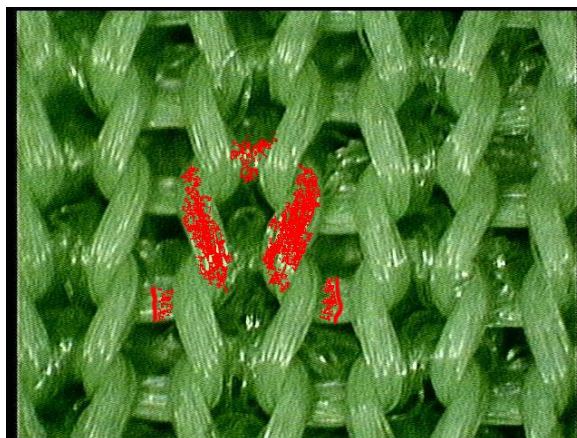


Figura 10. *Longuer de Fil Absorbée* (LFA)

Fonte: Laboratório Físico Têxtil (LAFITEX) - Rhodia (foto de microscopia), 2007.

¹⁵ *Longuer de Fil Absorbée*: comprimento de fio absorvido.

¹⁶ Association Française de Normalization. *NFG 07.101; Longuer de Fil Absorbée*. Paris: 1985, 7p.

3.14.3 Características do Tecido de Malha

As principais características dos tecidos de malha são:

a) Flexibilidade – o tecido de malha alonga quando é solicitado, adaptando-se ao movimento do corpo. A Figura 11 ilustra o alongamento da malha:

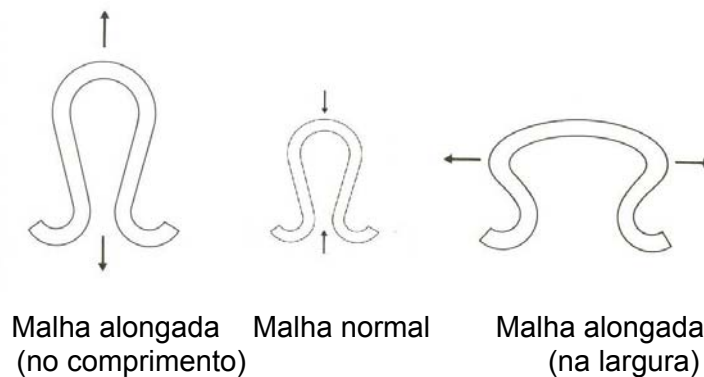


Figura 11. Flexibilidade da malha

Fonte: Laboratório Físico Têxtil (LAFITEX) - Rhodia, 2007.

b) Elasticidade – é a capacidade de retornar ao seu estado original ao ser tracionado.

c) Deformação – os tecidos de malha tendem a deformar com mais facilidade do que os tecidos planos devido à sua flexibilidade.

d) Porosidade – os tecidos de malha são mais porosos, proporcionando um conforto fisiológico.

e) Estabilidade Dimensional – os tecidos de malha apresentam maior tendência ao encolhimento do que os tecidos planos.

Fica difícil quantificar em porcentagem essas características da malha (porosidade, elasticidade, flexibilidade, estabilidade dimensional), uma vez que elas dependem da construção da malha, matéria-prima, beneficiamento.

3.13.4 Carreiras de Malha

Refere-se a uma série de laçadas distribuídas horizontalmente no tecido, ao longo de toda a largura deste.

3.14.5 Colunas de Malha

Refere-se a uma série de laçadas distribuídas verticalmente no tecido, ao longo de todo o comprimento deste.

3.14.6 Gramatura da Malha

Expressa o peso do tecido por unidade de área (g/m^2).

3.14.7 Fator de Cobertura

O Fator de Cobertura de uma estrutura de malha exerce grande influência sobre o comportamento das propriedades dimensionais dos tecidos de malhas, relacionando o título do fio ao comprimento da laçada; isto é obtido através da razão entre a área do tecido coberta pelo fio e a área total deste mesmo tecido (área da laçada tomada pelo fio / área total ocupada pela laçada).

Evidentemente, existe a relação entre o diâmetro do fio e o Fator de Cobertura, pois fios com diâmetros diferentes, logicamente proporcionarão coberturas diferentes sobre o tecido. Estudiosos do assunto acharam conveniente substituir essa relação por uma expressão que incluísse o título do fio relacionado com o comprimento da laçada (LFA). Surge então a expressão apresentada a seguir:

$$\text{Fator de cobertura} = F = \frac{\sqrt{\text{título do fio}}}{LFA} \quad (13)$$

Título do fio em tex, e o LFA em cm/malha.

3.14.8 Teares Circulares

O termo Tear Circular aplica-se a todos os tipos de teares de malha de trama em que os leitos das agulhas têm a forma circular. Essas máquinas caracterizam pelo elevado índice de produção e versatilidade. Nessas máquinas pode se concentrar um número bem maior de sistemas de formação de malha ao longo da circunferência do tear, possibilitando obter um maior número de carreiras formadas ao longo de uma volta da máquina. Na Figura 12, apresentada a seguir, observa-se o tear circular do fabricante Terrot.



Figura 12. Tear circular

Fonte: Terrot Máquinas Circulares, 2007.

3.14.8.1 Finura de uma Máquina Circular

Relaciona o número de agulhas por uma polegada da máquina. A unidade utilizada para expressar a finura de uma máquina circular é o “*gauge*”; quanto mais fino for o tear circular, maior será a quantidade de agulhas em uma polegada, portanto, o espaço entre as agulhas será menor, e isto implica na utilização de um fio mais fino (LYER; MAMMRL; SCHÄCH¹⁷, 1997).

3.14.8.2 Diâmetro do Tear Circular

Expressa o diâmetro da circunferência do tear circular, em polegadas.

3.15 LACTATO

O Lactato¹⁸ é um composto orgânico produzido naturalmente pelo corpo humano e também utilizado como fonte de energia para atividades físicas em geral, sendo encontrado nos músculos, no sangue, e em vários órgãos.

A principal fonte de produção de Lactato é a quebra de carboidratos chamados de Glicogênio. O Glicogênio se quebra em uma substância chamada Piruvato e produz energia. Geralmente, esse processo é referido como Energia Anaeróbia, devido à não-utilização de Oxigênio. Quando o Piruvato se quebra esse processo produz ainda mais energia.

Quando o Piruvato é produzido, as células musculares tentam utilizá-lo como Energia Aeróbia. Porém, se as células não são capazes de utilizar todo o Piruvato produzido, este se transforma quimicamente em Lactato. Algumas células possuem grande capacidade de utilização de Piruvato, para Energia Aeróbia, enquanto outras possuem uma capacidade limitada. Com o treinamento, as células musculares são capazes de se adaptar a uma maior utilização de Piruvato e menor produção de Lactato.

¹⁷ Lyer C.; Mammrl B.; Schäch W. *Máquinas Circulares, Teoría y Práctica de La Tecnología Del Punto*, 1997, Alemanha, p 4-10.

¹⁸ Tebereni, A. S. *O Papel do Lactato no Exercício*. Artigo do Laboratório Fleury, publ. Revista Corpore, 30/06/2004.

Essa energia é chamada de Energia Aeróbia devido à utilização do Oxigênio. Se o Piruvato não se quebra, parte dele é transformado em Lactato. O Lactato está presente no corpo humano quando em repouso, e também durante as atividades diárias, apesar de ser em níveis muito baixos.

Porém, quando a atividade física aumenta em intensidade, também aumenta a produção de Piruvato de forma rápida. Devido à sua rápida produção, nem toda a quantidade de Piruvato pode ser utilizada para Energia Aeróbia. O excesso de Piruvato, então, se transforma em Lactato. Quanto mais intensa for a atividade, um maior número de fibras musculares é recrutado. A maioria dessas fibras não é utilizada durante repouso ou atividade física leve. Muitas dessas fibras também são fibras de contrações rápidas, que não têm a capacidade de utilizar Piruvato na mesma proporção em que este é produzido, portanto, grande quantidade de Piruvato acaba sendo transformada em Lactato. A concentração de Lactato no sangue é de aproximadamente 1,0 mmol/L a 1,8 mmol/L, em repouso e durante o exercício leve, quando existe equilíbrio entre sua produção muscular e sua remoção hepática.

À medida que o exercício físico se intensifica, ocorre um desequilíbrio entre a produção e a remoção, com conseqüente acúmulo de Lactato no sangue e aumento de sua concentração. Esse aumento da concentração do Lactato no sangue pode ser utilizado para a detecção de um índice de limitação funcional, o limiar anaeróbico¹⁹, que tem grande utilidade no treinamento desportivo.

¹⁹ Limiar anaeróbico: significa o máximo esforço ou velocidade em que se produz um nível constante de Lactato no sangue. Qualquer aumento acima deste nível, tanto em velocidade ou esforço, causará um aumento contínuo do Lactato ou ácido láctico.

CAPÍTULO 4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo aborda toda a matéria-prima utilizada para o estudo, suas propriedades e características, bem como toda a metodologia adotada. A seguir, é apresentado um resumo dos tópicos tratados aqui:

- Especificação dos fios utilizados para construção dos tecidos de algodão e poliamida.
- Características e propriedades dos tecidos de malha usados para a confecção das roupas para o estudo.
- Roupas para a atividade física e os grupos de voluntários.
- Kosmoscience Consultoria.
- Critério de seleção dos voluntários.
- Controles e limites durante o teste ergométrico.
- Especificações do aparelho para medição do índice de Lactato.
- Termografia de infravermelho, especificação do aparelho.
- Conceito de capacidade de absorção de líquido.
- Análise estatística: distribuição normal, teste paramétrico, teste não-paramétrico, teste de normalidade.

4.2 MATÉRIA-PRIMA PARA OS ENSAIOS

4.2.1 Materiais

Foram selecionados dois tipos de fios para os ensaios:

- Fio de poliamida 6.6, com título de 2x80/68 dtex
- Algodão, com título de Ne 30/1 cardado¹

4.2.2 Tecidos de Malha para os Ensaios

As amostras foram tecidas em máquina Mayer², modelo Relanit³ – 4, finura de vinte e oito (28) agulhas por polegada, e diâmetro de trinta (30) polegadas:

Amostra “A” – tecido em meia malha com título de fio Ne 30/1 algodão com 10,3% de elastano.

Amostra “Y” – tecido em meia malha com título de fio 2x80/68 em poliamida 6.6 com 12,5% de elastano.

Em ambos os ensaios foi utilizado um elastano com título de 70 denier; a pequena diferença que houve na composição dos dois tecidos de malha – amostra “A” com 10,3% e amostra “Y” com 12,5% –, se deve ao fato de que, quando comparados na mesma base de título, o algodão tem um título mais grosso do que a poliamida (10% de diferença).

Foram feitos, também, testes de elasticidade em ambos os sentidos: sentido da largura e do comprimento do tecido. A Tabela 6, a seguir, fornece esses valores.

¹ Cardado: fluxo do processo de fiação de algodão, na qual as fibras passam por uma máquina denominada Carda e se transformam em fio.

² Mayer: fabricante de tear circular.

³ Relanit-4: máquina para fabricação de malha.

Tabela 6. Composição e características dos tecidos de malha

Bermuda						
Grupo	Composição			Gram. (g/m²)	Al. Largura	Al. Comprimento
	matéria-prima	Título (dtex)	MP (%)		Along. (%)	Along. (%)
"A"	algodão	196	89,7	305	110	117
	elastano	70	10,3			
"Y"	poliamida 6.6	166	87,5	304	134	113
	elastano	70	12,5			
Grupo controle	poliéster		100,0			

Legenda:

MP (%)	porcentagem da matéria-prima
Gram. (g/m ²)	gramatura da malha
Al. Largura (%)	alongamento no sentido da largura
Al. Comprimento (%)	alongamento no sentido do comprimento

Fonte: Rhodia Poliamida. Laboratório Físico Têxtil (LAFTEX), 2007.

Na Tabela 7, apresentada a seguir, encontram-se os valores de espessura e LFA para as malhas analisadas, para os grupos "A" e "Y", onde percebe-se que, no LFA, a diferença entre os grupos é pequena; a espessura apresentou uma pequena diferença em função do título do fio do algodão ser um pouco mais grosso em relação à poliamida.

Tabela 7. Dados do tecido

Grupo	Matéria-prima	Espessura (mm)	LFA (cm/malha)
"A"	Algodão	0,75	0,320
"Y"	Poliamida	0,70	0,313
Controle	Poliéster		

Fonte: Rhodia Poliamida. Laboratório Físico Têxtil (LAFTEX), 2007.

4.2.3 Roupas Utilizadas e Grupo de Voluntários

O objetivo aqui é avaliar a melhoria do rendimento físico durante a prática de atividade esportiva, devido ao uso de roupas confeccionadas com tecidos de alta tecnologia. Para este estudo comparativo escolheu-se duas matérias-primas, o algodão e a poliamida, e através das propriedades dessas amostras, como condutividade térmica, resistência térmica, retenção de água, regain, tempo de secagem, se estudou o comportamento destes tecidos, comparando-os.

É fundamental, para que se tenha uma conclusão da influência dessas propriedades no desempenho de uma atividade esportiva, estudar-se o sistema termodinâmico do corpo humano, que produz calor e se relaciona com o ambiente para atingir o equilíbrio térmico. A sensação de conforto está relacionada com o esforço do organismo para manter o equilíbrio térmico. O estudo de medições da temperatura corpórea através de infravermelho, durante a atividade física, permite fazer um comparativo entre as propriedades das amostras de algodão e poliamida, com o balanço térmico do corpo humano, através das trocas de calor por Condução, Convecção, Evaporação e Radiação.

Foram analisados 2 grupos, com 15 pessoas cada, utilizando camiseta solta e bermuda. Neste estudo, avaliou-se o desempenho dos voluntários com o uso de bermudas com diferentes materiais têxteis, assim distribuídos:

Roupa Controle:

- Bermuda 100% poliéster, sem compressão, confeccionada em tecido plano.
- Camiseta 100% algodão, solta no corpo.

Amostra “A”:

- Bermuda com 86% de algodão e 14% de elastano, com compressão, em tecido de malha.
- Camiseta 100% algodão, solta no corpo.

Amostra “Y”:

- Bermuda com 86% de poliamida e 14% de elastano, com compressão, em tecido de malha.

O primeiro grupo de 15 pessoas usará a roupa controle e também a amostra “A”.

O segundo grupo de 15 pessoas usará a roupa controle e também a amostra “Y”.

A avaliação de desempenho será efetuada medindo-se a temperatura corpórea por termografia de infravermelho, e a medição da concentração de Lactato no sangue.

4.3 KOSMOSCIENCE

Alguns dados levantados foram tomados da **Kosmoscience** Consultoria e Assessoria Técnica, empresa que tem prestado serviços à comunidade e às indústrias, com o objetivo de difundir o conhecimento e aperfeiçoar os modelos, normas e procedimentos de operação, destinados à avaliação de eficácia, criação e aplicação da ciência na geração de novos conceitos para o mercado.

A **Kosmoscience** desenvolve pesquisas científicas, técnicas, e metodologias específicas de análises para suporte de *claims* e avaliações de eficácia. As fases do estudo são:

- Recrutamento dos voluntários;
- Avaliação clínica inicial e final dos voluntários;
- Avaliação dos esforços físicos, teste modelo de Bruce;
- Medição da concentração de lactato no sangue;
- Avaliação termográfica, inicial e final.

Todas estas etapas foram realizadas pela Kosmoscience numa parceria com a Rhodia, (www.kosmoscience.com).

4.4 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS

EXAME MÉDICO: efetuado por um médico credenciado, avaliando IMC (Índice de Massa Corpórea), histórico familiar de doenças cardiovasculares e circulatórias, histórico de saúde pessoal, controle de medicações, Pressão Arterial Sistólica⁴ (PAS) e Pressão Arterial Diastólica⁵ (PAD).

PRÉ-CONDICIONAMENTO: todos os voluntários passaram por um período de condicionamento inicial antes de se efetuar os testes, contendo seis sessões de vinte minutos aeróbico com bicicleta, e trinta minutos anaeróbico com carga (braços e pernas).

EXPERIMENTAL: teste ergométrico, esteira, modelo de Bruce, reconhecido na literatura com grande número de publicações, utilizado para avaliação física dos atletas, condições de controle amplamente conhecidas, proporcionando minimização de riscos para os voluntários.

FAIXA ETÁRIA: de 18 a 45 anos; foi aplicada a diretriz e a norma reguladora envolvendo seres humanos (Resolução 196/MS/CNS⁶, 1996).

A Tabela 8, apresentada a seguir, apresenta os estágios do teste.

⁴ Pressão arterial sistólica: pressão máxima.

⁵ Pressão arterial diastólica: pressão mínima.

⁶ O plenário do Conselho Nacional de Saúde, em reunião ordinária realizada nos dias 09 e 10 de outubro de 1996, aprovou as diretrizes e normas regulamentadoras envolvendo seres humanos.

Tabela 8. Estágio do teste ergométrico

Estágio	Tempo (min)	Velocidade (km/h)	Inclinação (%)
1	0 a 3	2,7	10
2	3 a 6	4,0	12
3	6 a 9	5,4	14
4	9 a 12	6,7	16
5	12 a 15	8,0	18
6	15 a 18	8,8	20
Recuperação	3	4,0	0

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

4.5 CONTROLES E LIMITES

Atingindo quaisquer desses parâmetros, o teste será interrompido e iniciará a recuperação: Pressão Arterial Sistólica (PAS: 220 mmHg); Pressão Arterial Diastólica (PAD: > 15 mmHg); Frequência Cardíaca (FC: 220 –idade); Fadiga (FAD: subjetivo, definido pelo voluntário ao atingir o limite do cansaço).

4.6 MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO DE LACTATO NO SANGUE

4.6.1 Equipamento Utilizado

- Accutrend Lactato (Roche Diagnóstica Brasil)
- Tiras de teste BM – Lactate (Roche)

4.6.2 Princípio

Fotômetro de reflexão, reação calorimétrica entre o Lactato no sangue e medidor Lactato-Oxidase presente na tira do teste. A Figura 13, apresentada mais adiante, mostra uma sequência de medidas da concentração de Lactato.

4.6.3 Precisão do Aparelho

- Faixa de leitura: 0,8 a 22 mmol/l
- Repetibilidade: Coeficiente de Variação (CV⁷) igual a 5,5%
- Reprodutibilidade: Coeficiente de Variação (CV) igual a 4,8%

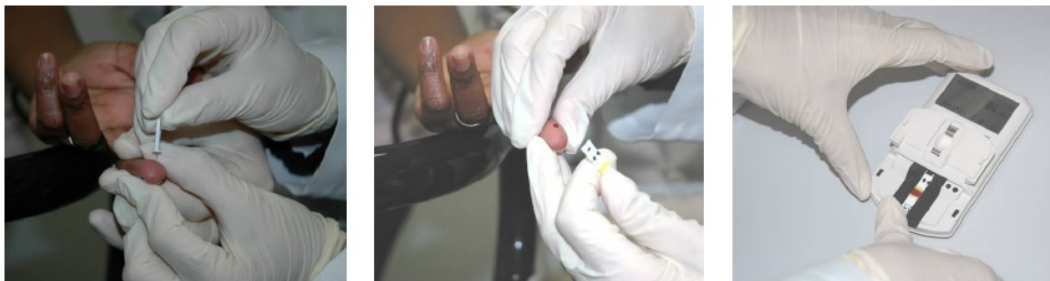


Figura 13. Seqüências de medidas da concentração de Lactato

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

4.7 TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO

O objetivo da termografia de infravermelho é a medição da temperatura corpórea média numa determinada região. O equipamento utilizado foi *Raytec Fluke Ti 30*, com faixa de leitura de 10°C negativos a 250°C com repetibilidade CV% de 1%.

O equipamento faz diversas leituras na região delimitada (Figura 14), fornecendo a temperatura média e seu respectivo desvio-padrão.

⁷ CV: Coeficiente de Variação é o quociente entre o desvio-padrão e a média.

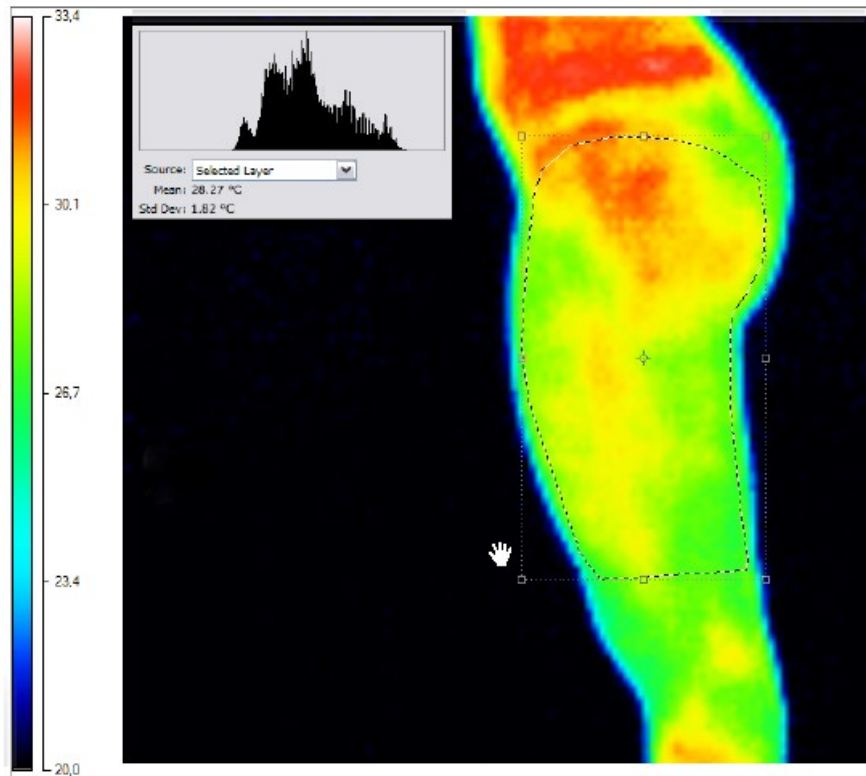


Figura 14. Região delimitada para medição da temperatura corpórea

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

4.8 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA NAS MALHAS UTILIZADAS, EM ALGODÃO E POLIAMIDA

A retenção de líquido de uma roupa é muito importante para o desempenho de um atleta em uma atividade esportiva, porque está diretamente relacionada ao aumento do peso da vestimenta e a retenção do suor entre a pele e a roupa. A capacidade de absorção de líquido de um material têxtil é uma maneira eficaz de se aferir esta retenção de líquido.

A Norma ASTM D 1117 (80) prescreve o método de determinação do tempo e a capacidade de absorção de água em materiais têxteis. A determinação do tempo de absorção baseia-se no tempo que o material – após ser solto de uma altura conhecida, sob ação da gravidade –, leva para submergir completamente em relação à superfície de água.

4.8.1 Aparelhagem

- Cesto de arame cilíndrico, aberto nas extremidades, com 8 cm de altura, 5 cm de diâmetro, pesando de 3 a 8 gramas.
- Recipiente com água.
- Cronômetro.
- Balança.
- Vidro-relógio.
- Tesoura.

4.8.2 Condicionamento e Amostra Utilizada

Condicionar a amostra por 24 horas em atmosfera padrão de ensaio, 65% de umidade relativa e 22°C de temperatura. As amostras utilizadas para os ensaios foram as mesmas amostras de tecidos de poliamida e de algodão utilizadas para a avaliação do desempenho dos atletas.

4.8.3 Normas

ASTM (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*) D 1117 (80).

Section 5.

Standard Methods of Testing Nonwoven Fabrics.

Absorbency Time and Absorptive Capacity.

4.8.4 Capacidade de Absorção (CA)

É determinada a partir da relação entre o peso de água absorvido pelo material, após um determinado tempo de submersão, e o peso do material seco. A Figura 15, apresentada a seguir, mostra a capacidade de absorção de água para a poliamida e o algodão em 5 amostras de malha (as mesmas amostras utilizadas nos ensaios dos voluntários).

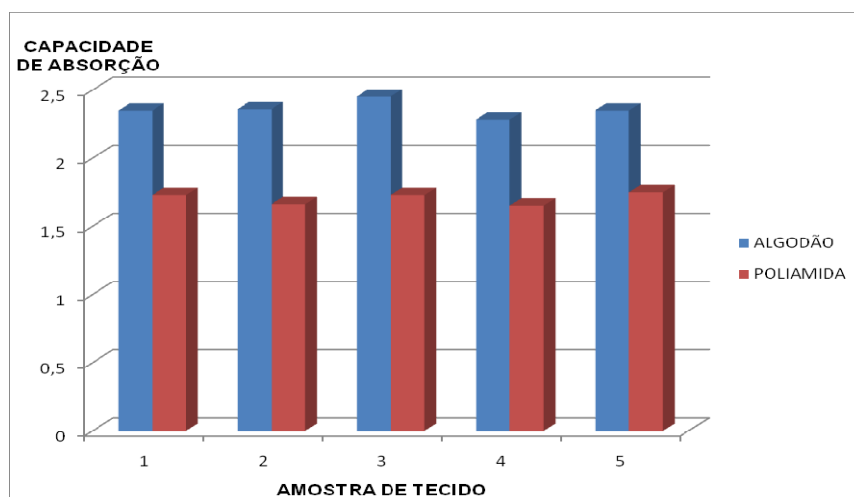


Figura 15. Capacidade de Absorção de Água

Fonte: Rhodia, Laboratório Físico Têxtil (LAFTEX), 2007.

4.8.5 Curva de Secagem em Função do Tempo

Norma utilizada: ASTM D 1117.

Objetivo: comparar a curva de secagem do tecido de algodão com a poliamida. Para isto, mediu-se a capacidade de absorção de cada amostra em intervalos de quinze minutos, durante um dia todo, até a amostra atingir seu peso seco.

Foram feitos dois ensaios, cada ensaio contendo uma amostra do tecido de algodão e da poliamida. As Figuras 16 e 17 mostram esses ensaios, onde conclui-se que o tecido de poliamida possui uma curva de secagem mais rápida ao longo do tempo, em relação ao tecido de algodão.

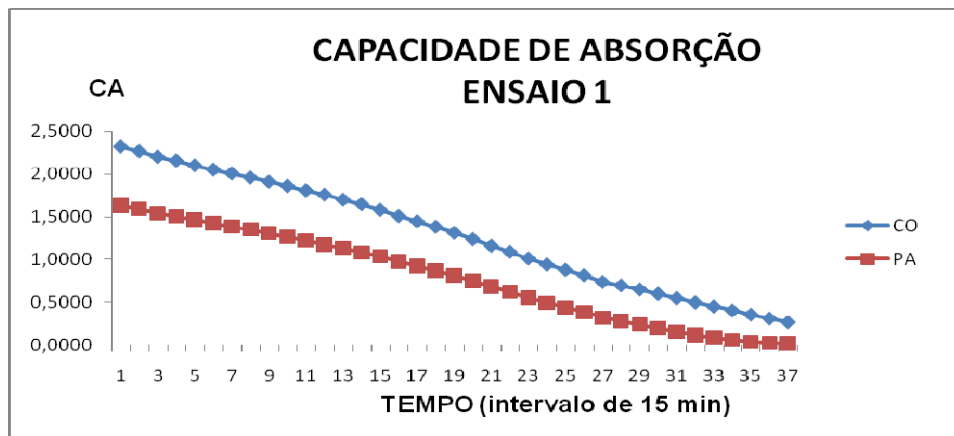


Figura 16. Capacidade de Absorção – Ensaio 1

Fonte: Rhodia, Laboratório Físico Têxtil, 04/12/2007.

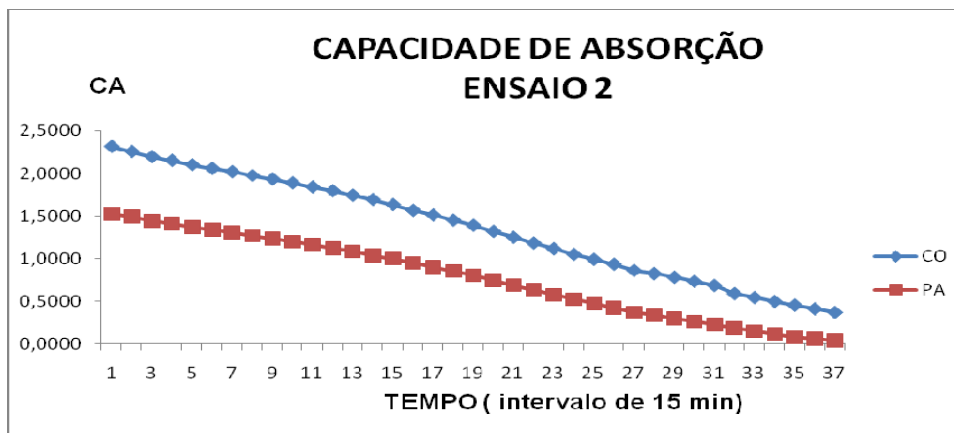


Figura 17. Capacidade de Absorção – Ensaio 2

Fonte: Rhodia, Laboratório Físico Têxtil, 04/12/2007.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.9.1 Tamanho da Amostra – Voluntários

Foram recrutados dois grupos, com 15 voluntários por grupo, sendo que cada grupo fez o teste ergométrico com a Roupa Controle e a sua respectiva amostra:

Grupo 1 – 15 voluntários realizam o teste ergométrico com a Roupa Controle (primeiro dia), e depois os mesmos 15 voluntários realizam o teste ergométrico com a roupa de amostra “A”.

Grupo 2 - 15 voluntários (pessoas diferentes do Grupo 1) realizam o teste ergométrico com a Roupa Controle (primeiro dia), e depois esses 15 voluntários realizam o teste ergométrico com a roupa de amostra “Y”.

4.9.2 Teste de Normalidade⁸

Objetivo: verificar se um determinado conjunto de dados obedece a uma distribuição normal. Adotou-se um Intervalo de Confiança com 95% (IC), ou seja, admitindo-se um erro de 5% (α). Para efetuar este teste, sempre que necessário, foi utilizado um programa estatístico, com o teste de Anderson-Darling, que calcula a probabilidade “p”. Quando o valor de “p” for maior que 0,05 aceita-se a hipótese de normalidade para o conjunto de dados.

Na Figura 18, é possível observar uma distribuição normal com o nível de confiança de 95%, erro de 5%.

⁸ Campos, M. S. *Desvendando o Minitab*. 2003, p. 104-106.

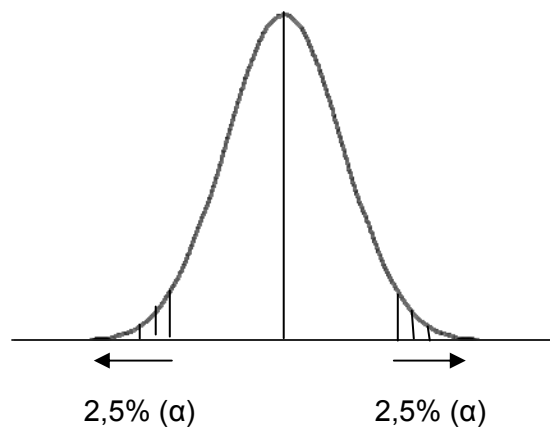


Figura 18. Curva distribuição normal

Fonte: Costa Neto, P. L. O.

A área marcada representa a rejeição da normalidade; o teste de Anderson-Darling fornece um valor “p” de probabilidade, e sendo este valor “p” > 0,05, aceita-se a hipótese de normalidade.

O programa realiza as seguintes hipóteses:

- H_0 : os dados seguem distribuição normal
- H_1 : os dados não seguem distribuição normal

Quando o valor “p” encontrado for menor que α , rejeita-se a normalidade da distribuição, sendo que α é o nível de significância, que neste caso é igual a 0,05 (5%), ou seja, a soma das duas áreas achuradas; portanto,

- para “p” maior que 0,05, aceita-se H_0
- para “p” menor que 0,05 rejeita-se H_0

O resultado da análise do conjunto de dados é um gráfico, onde cada ponto do gráfico é formado por um valor medido (no eixo horizontal) e a probabilidade acumulada (no eixo vertical). Se esta distribuição for normal, essa transformação torna a distribuição dos dados muito próxima de uma reta. Quando um teste segue distribuição normal é chamado de Paramétrico.

4.9.3 Teste “t” de Student – Teste Paramétrico⁹

Este teste é realizado para verificação da igualdade entre os grupos, através dos quais se expressa determinado parâmetro da população e procura-se a evidência para rejeitar, ou não, a hipótese nula (a da não-diferença das duas variáveis). Para tanto, foram utilizadas duas hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, ou a diferença $\mu_1 - \mu_2 = 0$; não existe diferença significativa entre os grupos analisados.
- $H_1: \mu_1 > \mu_2$, ou a diferença $\mu_1 - \mu_2 > 0$; existe diferença significativa entre os grupos analisados.

O programa estatístico calcula o valor “p” a um nível de 5% de significância, e para um valor de “p” menor que 0,05, rejeita-se a hipótese “ H_0 ”.

4.9.4 Teste de Mann-Whitney – Teste Não-Paramétrico¹⁰

O teste de Mann-Whitney é um teste não-paramétrico, alternativo ao teste “t” de Student, para comparar a média de duas variáveis independentes. É utilizado para pequenas amostras.

O método baseia-se na soma de postos dos valores observados. O posto de um valor em um conjunto de “n” valores é um número que indica sua posição no conjunto ordenado (crescente ou decrescente) do primeiro ao enésimo.

Havendo valores iguais, considerar-se-á um posto médio, de modo a não afetar os postos seguintes.

O programa faz a comparação entre as médias, no caso, com 5% de significância, e calcula o valor de “p”, adotando as seguintes hipóteses:

⁹ Campos, M. S. *Desvendando o Minitab*, 2003, p.147-159.

¹⁰ Costa Neto, P. L. O. *Estatística*, 1987, p.145-147.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Caso “p” menor que 0,05, rejeita-se a hipótese H_0

Caso “p” maior que 0,05, não se rejeita a hipótese H_0

No caso deste estudo, esse método foi utilizado como uma confirmação ao resultado obtido com o método “t” de Student, uma vez que a amostra utilizada (número de voluntários) foi inferior a 30 ($N = 15$).

CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo aborda o teste ergométrico realizado (Modelo de Bruce) pelos voluntários com a Roupa Controle e as amostras “A” (algodão) e “Y” (poliamida), discutindo e comparando os seguintes parâmetros: frequência cardíaca, pressão arterial, fadiga, concentração de Lactato no sangue, temperatura corpórea. A correlação entre esses parâmetros também foi estudada.

5.2 EXECUÇÃO DO ESTUDO – PRIMEIRO DIA

Pré-condicionamento dos voluntários, envolvendo seis sessões; a parte aeróbica com 20 minutos de bicicleta para cada sessão, e a parte anaeróbica com 30 minutos com carga para cada sessão. Depois, uma climatização de 30 minutos a $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$ de umidade relativa.

PRIMEIRO DIA: para a primeira fase de execução do estudo, 2 grupos com 15 voluntários cada, vestiram a Roupa Controle. Antes de iniciar o teste ergométrico de Bruce, foram medidos os seguintes parâmetros, para todos os voluntários dos 2 grupos:

- Leitura basal da temperatura corpórea na região das pernas através de termografia de infravermelho.
- Leitura basal de Lactato.
- Leitura basal da Frequência Cardíaca (FC), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD).

- Execução do teste ergométrico, até se atingir um dos limites: FC, PAS, PAD ou fadiga (FAD), sendo que, para cada etapa do teste (intervalos de 3 minutos) realiza-se novas leituras de FC, PAS, PAD, comparando-as com o limite imposto; caso este limite seja atingido, o teste é interrompido e inicia-se a fase de recuperação (conforme Tabela 10).
- Após o limite, inicia-se a fase de recuperação com 3 minutos; e novas leituras de FC, PAS, PAD são efetuadas.
- Leitura final de Lactato, e da temperatura corpórea das pernas.

DADOS REGISTRADOS NO 1º DIA DO TESTE ERGOMÉTRICO

- Parâmetros fisiológicos: PAS, PAD, FC basal e final (após ergométrico).
- Tempo (t) para fadiga, em minutos.
- Concentração de Lactato no sangue, basal e final (após ergométrico).
- Temperatura corpórea basal e final (termografia).

5.3 EXECUÇÃO DO ESTUDO – SEGUNDO DIA

Período de descanso, sem atividade física.

5.4 EXECUÇÃO DO ESTUDO – TERCEIRO DIA

Repetição do teste ergométrico (Teste de Bruce), utilizando o tempo (t) definido no 1º dia. Tem-se um grupo com 15 voluntários utilizando a amostra “A” (algodão), e um outro grupo, também com 15 voluntários, utilizando a amostra “Y” (poliamida). Para cada grupo foram medidos os mesmos parâmetros:

- Parâmetros fisiológicos: PAS, PAD, FC basal e final (após ergométrico).
- Concentração de Lactato no sangue, basal e final (após ergométrico).
- Temperatura corpórea basal e final (termografia).

5.5 HOMOGENEIDADE DA AMOSTRA

5.5.1 Tempo do Teste

Compara-se o tempo total de teste (tempo para fadiga “t”) entre os grupos “A” e “Y” para verificar a homogeneidade dos dois grupos. Na tabela a seguir, são apresentados os testes de normalidade dos grupos “A” e “Y”, onde, após se verificar a normalidade dos dois grupos para o tempo “t” de fadiga, se faz a análise de homogeneidade com o teste paramétrico “t” de Student. A Tabela 9, apresentada a seguir, mostra os voluntários por grupo, com o tempo de fadiga (min.).

Tabela 9. Tempo de fadiga por voluntário e grupo

VOL	INI	GR	SEXO	TEMPO (min.)
3	ADC	A	1	3,92
11	MCS	A	1	12,83
13	RBS	A	1	9,83
27	EFNS	A	1	10,00
31	WBS	A	1	10,38
33	SCS	A	1	9,77
39	LC	A	2	11,92
45	EIA	A	2	16,48
51	RMOP	A	1	13,67
57	ACP	A	1	12,80
63	RTOS	A	1	10,25
69	AAMS	A	1	11,35
75	ENB	A	1	13,17
81	LFZ	A	2	14,25
87	DKF	A	1	12,73
1	ETPSM	Y	1	9,95
7	JT	Y	1	13,17
16	RPS	Y	1	10,17
21	LSA	Y	1	10,53
26	PMN	Y	2	19,17
32	INMS	Y	1	11,33
38	CCB	Y	1	13,40
44	VAM	Y	1	11,75
50	RAS	Y	2	10,17
56	NVF	Y	1	11,50
62	RAE	Y	2	16,50
68	LMEC	Y	1	8,92
74	JCSG	Y	1	12,98
86	APA	Y	1	13,67
90	APO	Y	1	9,67

Legenda:

VOL	Voluntário
INI	Iniciais dos nomes
GR	Grupo
SEXO	1- Feminino; 2 - Masculino
TEMPO (min.)	Tempo de fadiga

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

5.5.2 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados do Tempo “t” de Fadiga para os Voluntários do Grupo “A”

Na Figura 19, observa-se o teste de normalidade de Anderson-Darling aplicado às amostras do grupo “A” para o tempo de fadiga dos 15 voluntários no teste ergométrico.

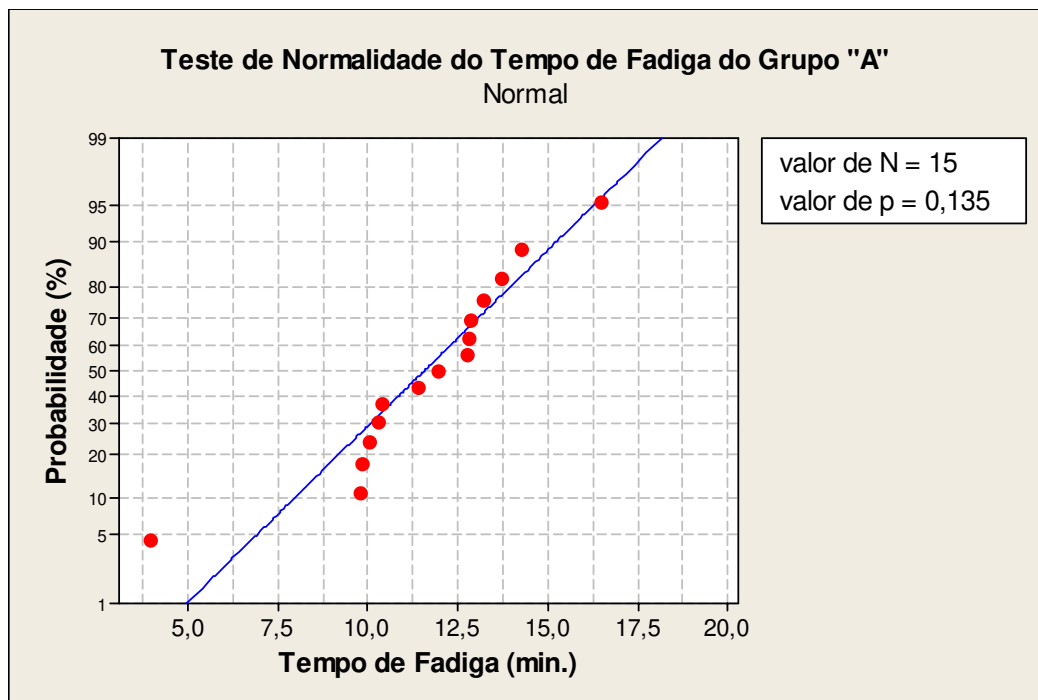


Figura 19. Teste de normalidade do tempo de fadiga do grupo "A"

Fonte: Programa Estatístico.

Conclusão: tem-se o valor de “p” igual a 0,135; portanto, maior que 0,05, então aceita-se a hipótese de normalidade.

5.5.3 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados do Tempo “t” de Fadiga para os Voluntários do Grupo “Y”

A Figura 20, apresentada a seguir, mostra o teste de normalidade de Anderson-Darling aplicado às amostras do grupo “Y” para o tempo de fadiga dos 15 voluntários no teste ergométrico.

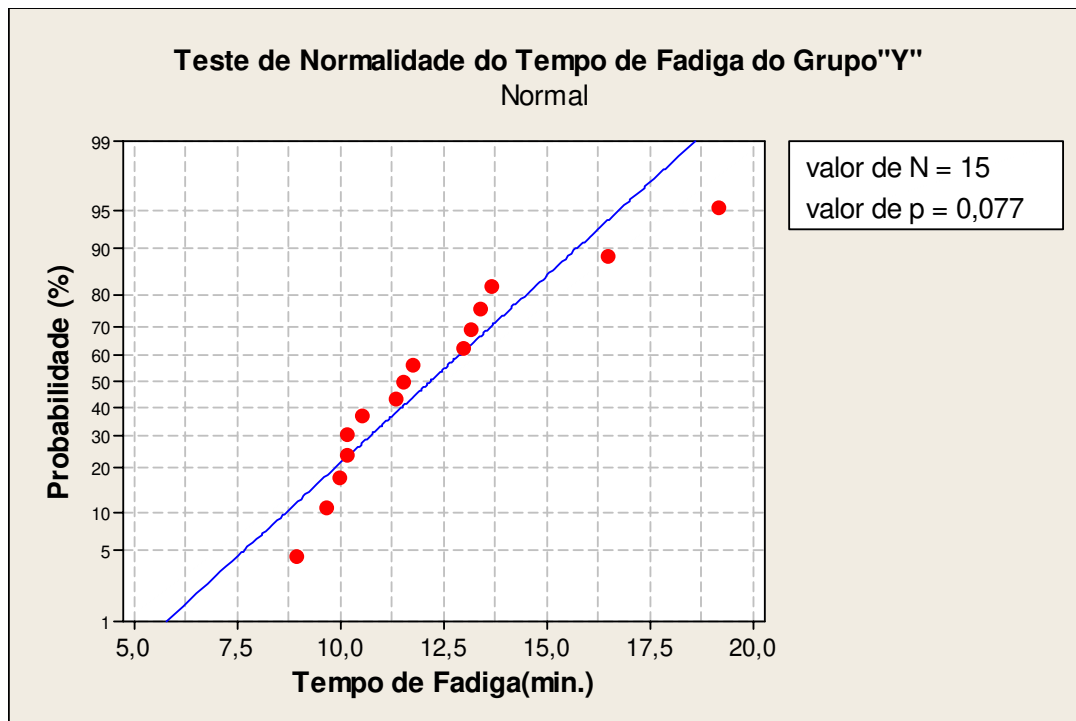


Figura 20. Teste de normalidade do tempo de fadiga do grupo "Y"

Fonte: Programa Estatístico.

Conclusão: tem-se o valor de "p" igual a 0,077; portanto, maior que 0,05, então aceita-se a hipótese de normalidade.

5.5.4 Comparativo entre os Tempos "t" de Fadiga das Amostras "A" e "Y"

Comparação entre os tempos "t" de fadiga no teste ergométrico das duas amostras, "A" e "Y", pelo teste "t" de Student, com IC 95%. A Figura 21 mostra este comparativo.

Tem-se o Intervalo de Confiança (-2,736453, 1,465786) para 95% com "p" igual a 0,540, portanto, maior que 0,05, então não se rejeita a hipótese de que os grupos "A" e "Y" sejam diferentes, para um erro de 5%.

O resultado mostra, então, que **os dois grupos são homogêneos para um IC de 95%.**

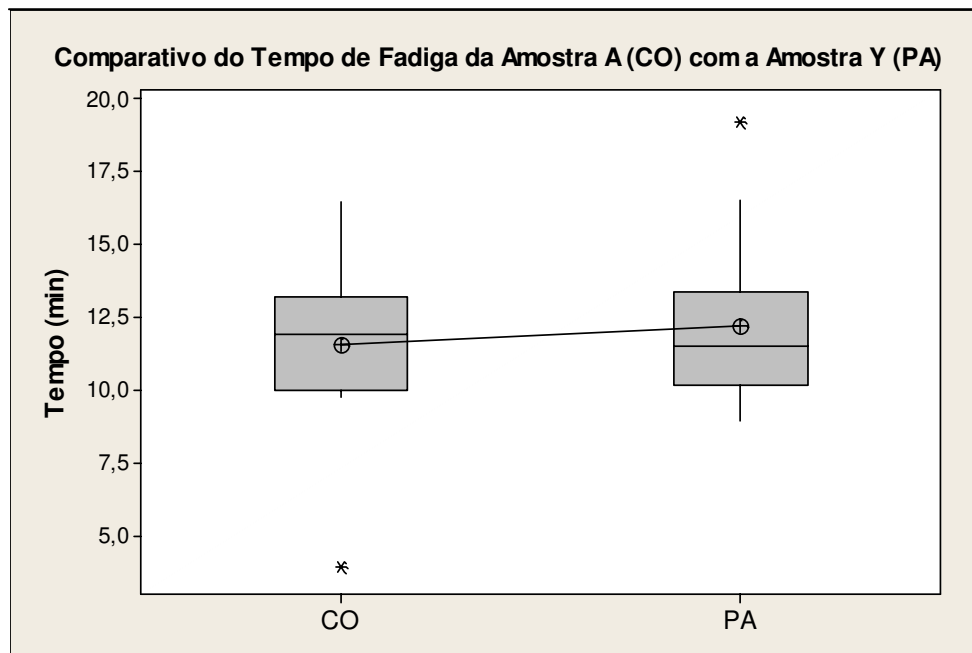


Figura 21. Homogeneidade do tempo de fadiga – grupos “A” e “Y”

Fonte: Programa Estatístico.

Conclusão: valor de “p” igual a 0,540, maior que 0,05, portanto não se pode afirmar que os tempos de fadiga dos grupos “A” e “Y” são diferentes.

5.5.5 Comparação do IMC (Índice de Massa Corpóreo) entre os Grupos “A” e “Y” – Teste de Mann-Whitney – Teste Não-Paramétrico com IC 95%

	Número de voluntários	Mediana
Grupo “A”	15	21,90
Grupo “Y”	15	21,20

Conclusão: o valor de “p” igual a 0,7524; portanto, maior que 0,05, **então rejeita-se a hipótese de que as amostras não sejam iguais.**

A Tabela 10, apresentada a seguir, mostra o Índice de Massa Corpórea (IMC) dos grupos de voluntários.

Tabela 10. IMC dos voluntários

VOL	INI	GR	SEXO	IDADE	IMC
3	ADC	A	1	19	19,8
11	MCS	A	1	33	21,9
13	RBS	A	1	38	25,5
27	EFNS	A	1	39	24,4
31	WBS	A	1	27	22,2
33	SCS	A	1	35	26,8
39	LC	A	2	36	24,7
45	EIA	A	2	28	24,8
51	RMOP	A	1	33	20,6
57	ACP	A	1	30	20,6
63	RTOS	A	1	27	20,6
69	AAMS	A	1	21	20,6
75	ENB	A	1	24	20,6
81	LFZ	A	2	27	25,4
87	DKF	A	1	27	21,0
1	ETPSM	Y	1	35	22,0
7	JT	Y	1	28	22,1
16	RPS	Y	1	26	20,8
21	LSA	Y	1	35	26,6
26	PMN	Y	2	18	21,2
32	INMS	Y	1	38	20,8
38	CCB	Y	1	20	22,6
44	VAM	Y	1	22	26,8
50	RAS	Y	2	20	20,6
56	NVF	Y	1	45	20,6
62	ERA	Y	2	28	20,6
68	LMEC	Y	1	23	26,2
74	JCSG	Y	1	22	20,6
86	APA	Y	1	27	20,8
90	APO	Y	1	26	25,8

Legenda:

VOL	Voluntário
INI	Iniciais dos nomes
GR	Grupo
SEXO	1- Feminino; 2 - Masculino
IMC	Índice de massa corpórea

Fonte: Kosmoscience, 09/2007

5.6 ANÁLISE TERMOGRÁFICA

Através de termografia de infravermelho mediram-se as temperaturas corpóreas iniciais e finais, com os voluntários utilizando a Roupa Controle e as amostras “A” e “Y”. Cada grupo (“A” e “Y”) usou a Roupa Controle (100% poliéster) e a respectiva amostra, grupo “A” com algodão e grupo “Y” com poliamida.

A Tabela 13, adiante, mostra essas medidas de temperaturas e os gradientes entre as temperaturas iniciais e finais para os grupos “A” e “Y”.

5.6.1 Eficiência Térmica – Definição

Representa, em porcentagem, o quanto o gradiente de temperatura (temperatura inicial menos temperatura final) da amostra foi inferior ao gradiente da Roupa Controle para os voluntários de cada grupo. Esta medição é feita por termografia. A seguir, a definição de Gradiente e Eficiência Térmica:

Gradiente da bermuda Controle = temperatura inicial – temperatura final

Gradiente da bermuda Amostra = temperatura inicial – temperatura final

A expressão que mostra a eficiência térmica (EFIC) é:

$$EFIC(\%) = \frac{\text{gradiente controle} - \text{gradiente amostra}}{\text{gradiente controle}} \times 100 \quad (14)$$

A Tabela 11, apresentada a seguir, mostra os valores da Eficiência Térmica (EFIC), calculados para cada grupo, em função do gradiente de temperatura.

Tabela 11. Análise termográfica com a amostra e a roupa controle

GR	TERMOGRAFIA - BERMUDA							
	CONTROLE			AMOSTRA			RESULTADOS	
	I	F	Dif. con	I	F	Dif. am	TDif.	EFIC
A	30,10	28,53	-1,57	30,38	29,94	-0,44	1,13	71,97
A	30,88	29,16	-1,72	30,62	29,58	-1,04	0,68	39,53
A	30,44	28,51	-1,93	30,60	29,91	-0,69	1,24	64,25
A	30,91	29,64	-1,27	30,01	29,24	-0,77	0,50	39,37
A	30,41	28,58	-1,83	30,09	29,49	-0,60	1,23	67,21
A	30,81	29,49	-1,32	30,01	29,28	-0,73	0,59	44,70
A	30,91	29,49	-1,42	31,25	30,49	-0,76	0,66	46,48
A	30,10	29,00	-1,10	30,09	29,28	-0,81	0,29	26,36
A	30,25	28,74	-1,51	30,30	29,52	-0,78	0,73	48,34
A	29,47	29,30	-0,17	31,01	30,92	-0,09	0,08	47,06
A	31,02	29,49	-1,53	30,85	29,88	-0,97	0,56	36,60
A	30,86	29,6	-1,26	30,97	30,24	-0,73	0,53	42,06
A	30,08	28,15	-1,93	30,63	29,37	-1,26	0,67	34,72
A	30,23	29,25	-0,98	30,95	30,58	-0,37	0,61	62,24
A	31,15	29,11	-2,04	30,44	29,56	-0,88	1,16	56,86
Y	29,99	29,66	-0,33	29,80	29,74	-0,06	0,27	81,82
Y	30,45	29,23	-1,22	30,48	30,07	-0,41	0,81	66,39
Y	31,10	29,93	-1,17	30,73	30,64	-0,09	1,08	92,31
Y	29,99	27,09	-2,90	30,46	29,60	-0,86	2,04	70,34
Y	31,78	29,61	-2,17	31,54	30,5	-1,04	1,13	52,07
Y	30,38	29,18	-1,20	30,46	29,94	-0,52	0,68	56,67
Y	31,51	29,01	-2,50	31,29	30,55	-0,74	1,76	70,40
Y	29,96	29,31	-0,65	30,78	30,64	-0,14	0,51	78,46
Y	31,00	28,85	-2,15	30,71	30,09	-0,62	1,53	71,16
Y	29,90	29,19	-0,71	30,66	30,41	-0,25	0,46	64,79
Y	30,69	28,34	-2,35	30,48	29,44	-1,04	1,31	55,74
Y	30,26	28,59	-1,67	30,32	29,87	-0,45	1,22	73,05
Y	30,01	28,50	-1,51	30,87	30,59	-0,28	1,23	81,46
Y	30,75	27,78	-2,97	30,43	29,60	-0,83	2,14	72,05
Y	30,52	28,42	-2,10	29,95	29,09	-0,86	1,24	59,05

Legenda:

SEXO	1- Feminino; 2 – Masculino
IDADE	Idade dos voluntários (anos)
I	Temperatura inicial na perna antes do teste ergométrico (°C)
F	Temperatura final na perna após o teste ergométrico (°C)
Dif. con	Diferença entre as temperaturas iniciais e finais da roupa controle (°C)
Dif. am	Diferença entre as temperaturas iniciais e finais da amostra (°C)
EFIC (%)	$\text{Eficiência térmica (\%)} = \frac{(\text{Dif. con} - \text{Dif. am})}{\text{Dif. Con}} \times 100$

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

5.6.2 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados da Eficiência Térmica para os Voluntários do Grupo “A”

Na Figura 22, a seguir, observa-se o teste de normalidade de Anderson-Darling, aplicado às amostras do grupo “A”, para a eficiência térmica dos 15 voluntários no teste ergométrico. Como o valor de “p” é igual a 0,440, sendo maior que 0,05, **aceita-se a hipótese de normalidade.**

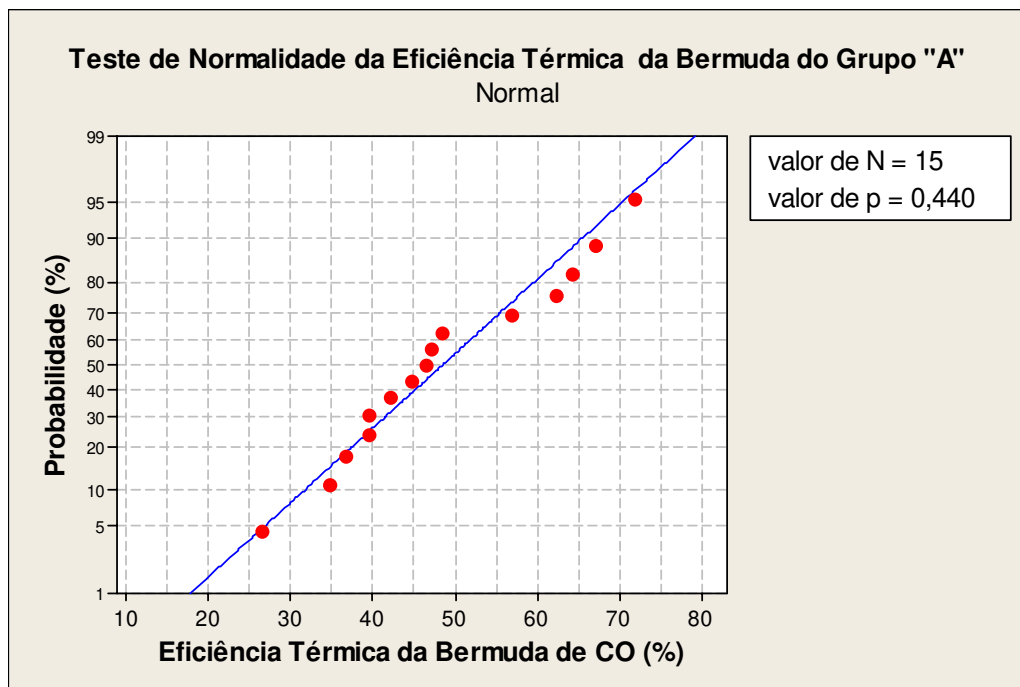


Figura 22. Teste de normalidade da eficiência térmica - amostra “A”

Fonte: Programa Estatístico.

5.6.3 Teste de Normalidade para o Conjunto de Dados da Eficiência Térmica para os Voluntários do Grupo “Y”

A Figura 23 mostra o teste de normalidade de Anderson-Darling, aplicado às amostras do grupo “Y”, para a eficiência térmica dos 15 voluntários no teste ergométrico. Como o valor de “p” é igual a 0,802, sendo maior que 0,05, **aceita-se a hipótese de normalidade.**

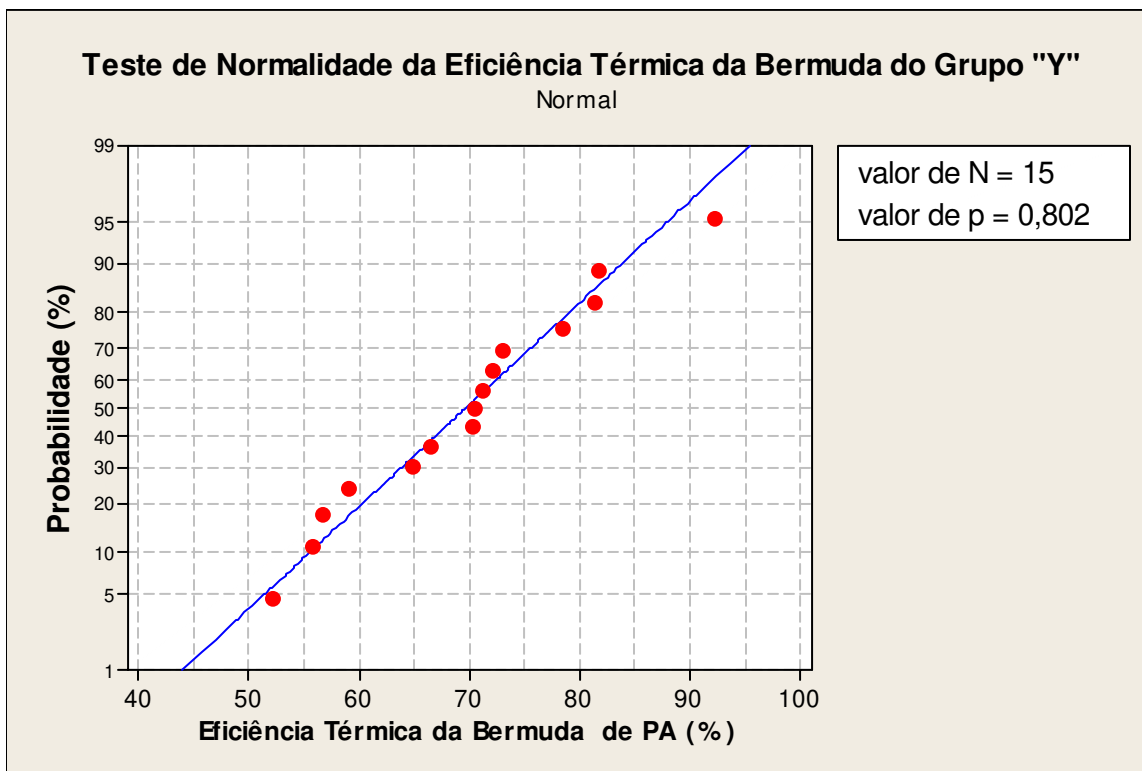


Figura 23. Teste de normalidade da eficiência térmica - amostra "Y"

Fonte: Programa Estatístico.

5.6.4 Comparativo da Eficiência Térmica dos Grupos "A" e "Y"

Utilizou-se o método "t" de Student (paramétrico), uma vez que os grupos para estes conjuntos de dados obedecem a uma distribuição normal, com o objetivo de comparar a eficiência térmica dos grupos "A" (CO) e "Y" (PA). As Figuras 24 e 25, a seguir, mostram as diferenças entre as medianas dos dois grupos.

Conclusão: como o valor de "p" encontrado foi de 0,000, sendo menor que 0,05, **rejeita-se a hipótese de que as duas amostras sejam iguais**, admitindo-se um erro de 5%.

Teste-T de diferença, IC de 95%, com valor de "p" = 0,0000

Intervalo de Confiança (-30,3462, -12,0551)

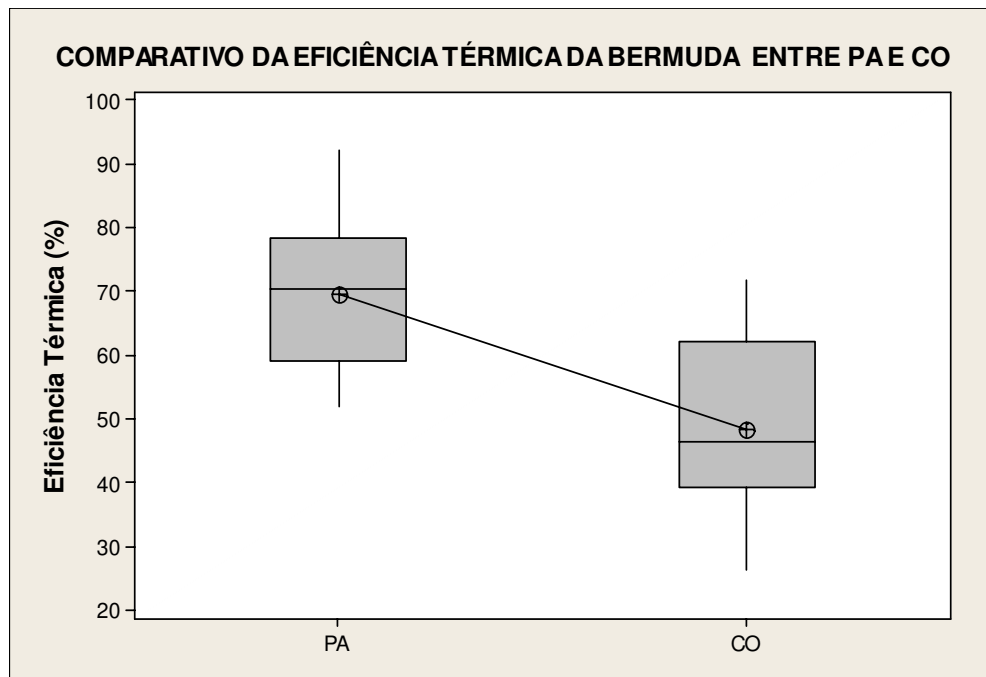


Figura 24. Comparativo entre eficiências térmicas - PA e CO

Fonte: Programa Estatístico.

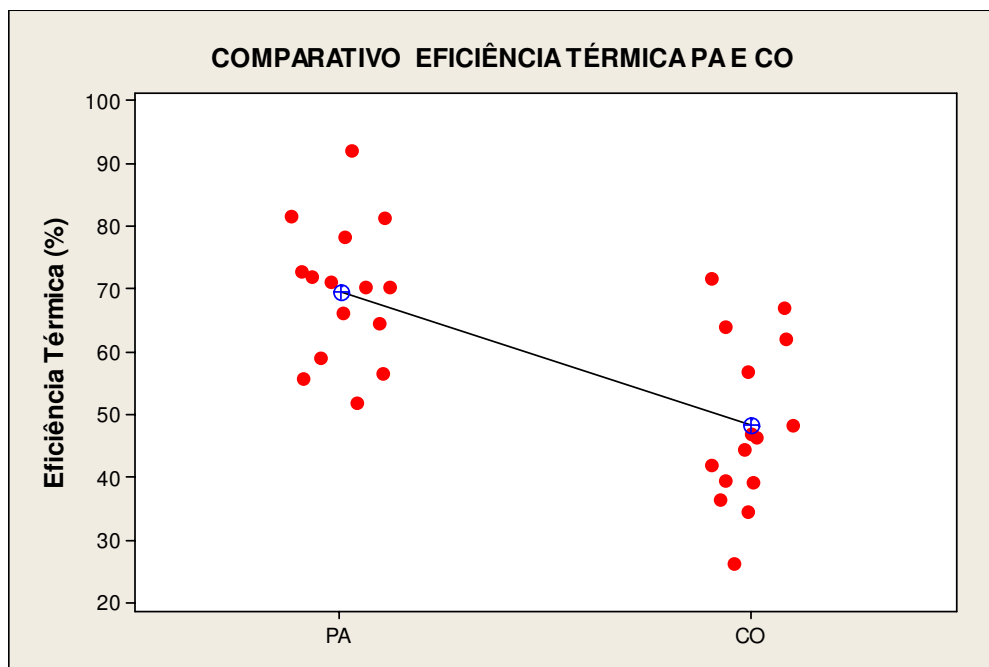


Figura 25. Comparativo entre eficiências térmicas – PA e CO

Fonte: Programa Estatístico.

5.6.5 Comentários do Comparativo entre Eficiências Térmicas dos Grupos

“A” e “Y”

Para um nível de confiança de 95%, estatisticamente, pode-se afirmar que o grupo de voluntários que utilizou a amostra “Y” (poliamida) apresentou uma eficiência térmica superior ao grupo que usou a amostra “A” (algodão).

Isto significa que o tecido de poliamida proporcionou aos voluntários, durante a avaliação, uma menor variação da temperatura corpórea ao longo da atividade física (teste Modelo de Bruce). Isso ocorre em função do tecido de algodão reter mais água do que a amostra com poliamida; a capacidade de absorção do algodão (CA = 2,36) é superior a da poliamida (CA = 1,70). O tempo de secagem da amostra com algodão também é maior do que o da poliamida. Esses dois fatores fazem com que o tecido de algodão se mantenha mais úmido ao longo do tempo, causando desconforto, aumentando assim a diferença de temperatura da pele para o tecido e a condutividade térmica do tecido de malha (troca de calor por Condução).

As fibras celulósicas como o algodão, por exemplo, além do aumento de peso, apresentam intumescimento pela absorção de umidade, o que provoca redução da porosidade do tecido. A porosidade do tecido é o fator de maior influência na propriedade de permeabilidade ao vapor de água.

Outro fator a ser considerado, é o fato de a poliamida possuir um calor específico (0,35 kcal/kg°C) superior ao do algodão (0,32 kcal/kg°C), isto significa que a poliamida necessita de uma maior energia para elevar sua temperatura de 1°C.

5.7 GRADIENTE DE TEMPERATURA PARA O ALGODÃO E A POLIAMIDA

Na Figura 26, a seguir, tem-se o comparativo do gradiente térmico entre a Roupas Controle e a Amostra utilizada, algodão para o grupo “A” e poliamida para o grupo “Y”. Um maior gradiente térmico significa o quanto naquele dado grupo o gradiente de temperatura da amostra foi inferior ao gradiente do controle.

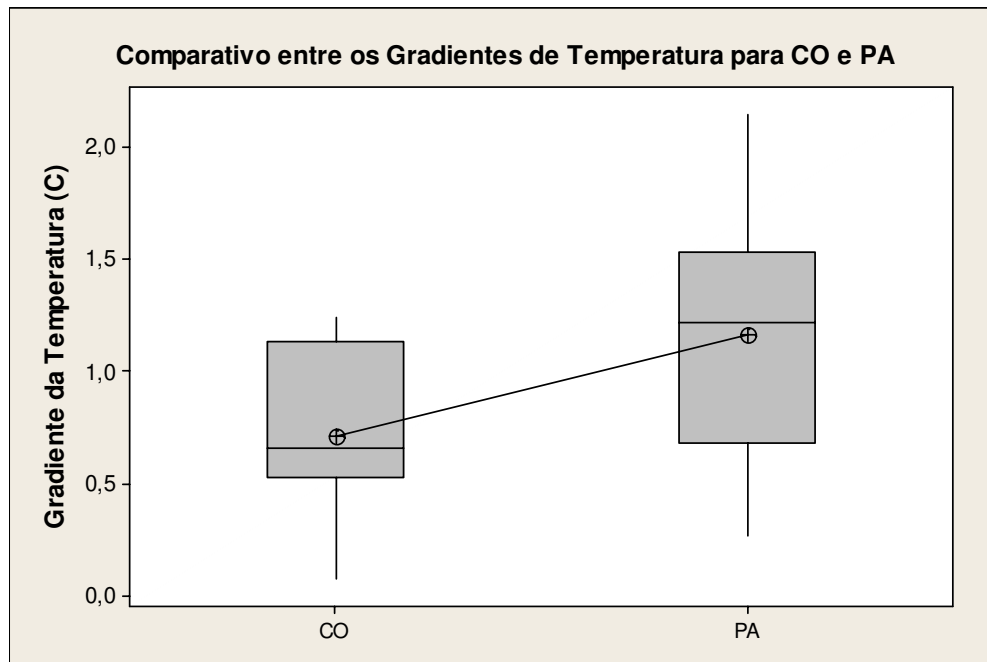


Figura 26. Comparativo entre os gradientes de temperatura

Fonte: Programa Estatístico.

Teste-T de diferença, IC de 95%, com valor de “p” = 0,014

Intervalo de Confiança (-0,798680, -0,101320)

Mediana gradiente do CO = 0,711

Mediana gradiente PA = 1,161

5.7.1 Comentários do Comparativo do Gradiente Térmico entre os Grupos “A” e “Y”

Estatisticamente, os dois conjuntos de dados são diferentes, e que o grupo da poliamida (“Y”), em média, trabalhou com um gradiente térmico de 0,45°C inferior ao grupo do CO (“A”) quando comparados com a Roupa Controle.

Onde:

- Gradiente da bermuda Controle = temperatura inicial – temperatura final
- Gradiente da bermuda Amostra = temperatura inicial – temperatura final

Onde:

- Temperatura inicial: temperatura média corpórea antes do teste ergométrico.
- Temperatura final: temperatura final média corpórea depois do teste ergométrico.

5.8 HOMOGENEIDADE DA TEMPERATURA

Homogeneidade da temperatura mostra o desvio-padrão (variabilidade) da temperatura medida por análise termográfica na região das pernas. A seguir, tem-se uma seqüência de imagens de 5 voluntários, com a análise termográfica para as amostras “A” e “Y” na região das pernas (Figura 27).

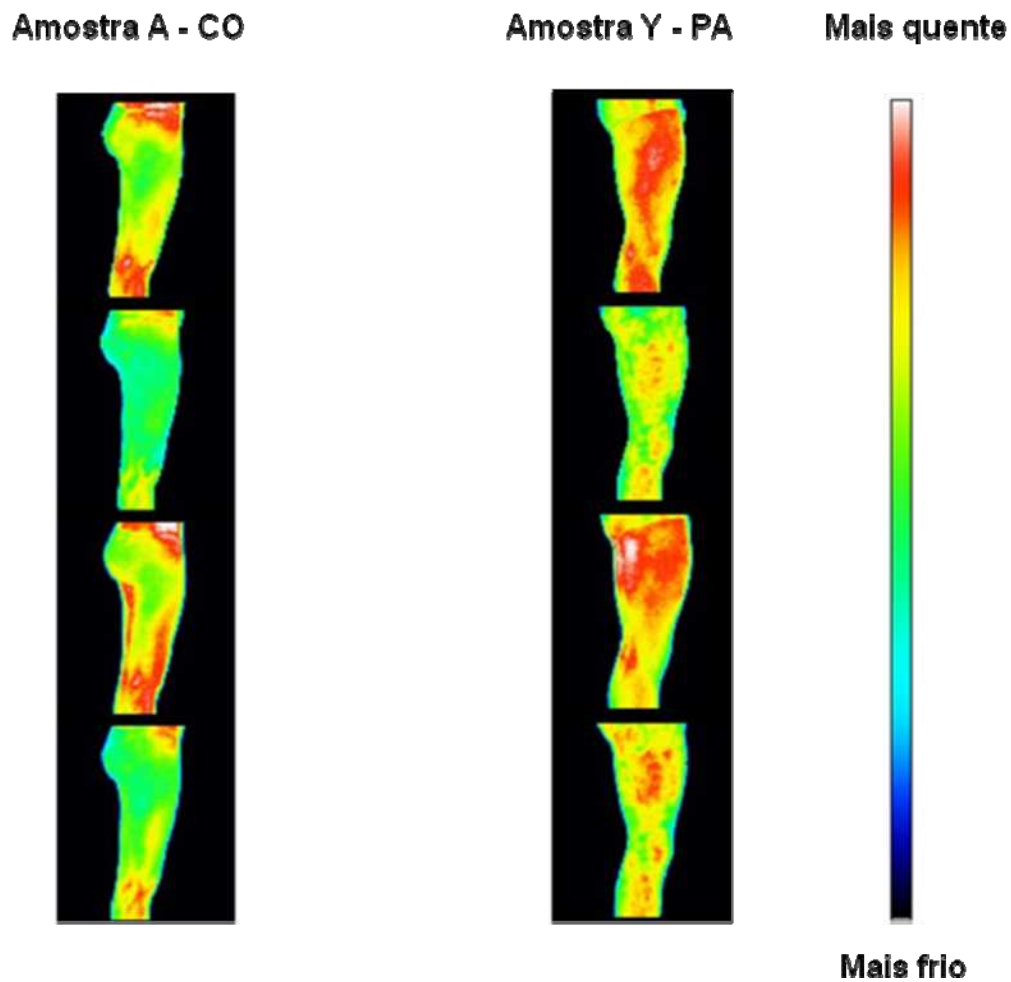


Figura 27. Análise termográfica na região das pernas

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

A Figura 28, apresentada a seguir, mostra a região selecionada para medição da temperatura corpórea média na região das pernas, com o respectivo desvio-padrão.

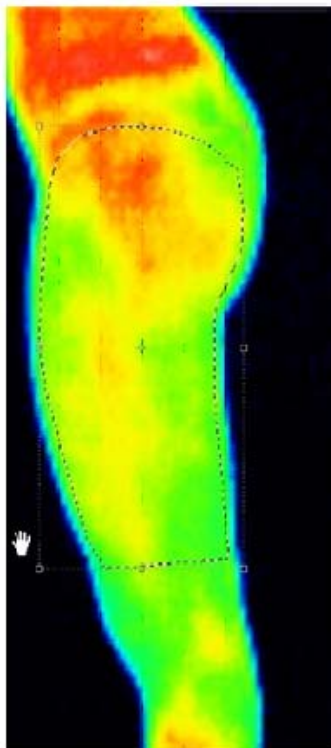


Figura 28. Região selecionada

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

5.8.1 Cálculo da Homogeneidade da Temperatura

A homogeneidade da temperatura é definida como sendo a diferença entre o desvio-padrão da Amostra e o desvio-padrão da Roupas Controle. Esta diferença, sendo negativa, significa que o desvio-padrão da Amostra é inferior ao desvio-padrão do Controle, portanto, mais homogênea.

Em seguida, fez-se um comparativo de homogeneidade entre os grupos que utilizaram o CO (amostra “A”) com os que utilizaram a PA (amostra “Y”). A Tabela 12, apresentada a seguir, mostra os valores da homogeneidade da temperatura para os grupos “A” e “Y” e o gradiente dessa homogeneidade entre a Roupas Controle e a Amostra, para os voluntários de cada grupo.

Tabela 12. Homogeneidade da temperatura da Amostra e Controle

GRUPO	IDADE	HOMOGENEIDADE TEMPERATURA BERMUDA		
		CONTROLE	AMOSTRA	Dif
A	19	1,09	0,90	-0,19
A	33	1,10	1,04	-0,06
A	38	1,25	1,09	-0,16
A	39	0,93	0,91	-0,02
A	27	1,31	1,07	-0,24
A	35	0,67	0,66	-0,01
A	36	1,40	1,23	-0,17
A	28	0,64	0,71	0,07
A	33	1,15	1,03	-0,12
A	30	1,49	1,32	-0,17
A	27	1,06	1,17	0,11
A	21	1,32	1,29	-0,02
A	24	0,84	1,05	0,21
A	27	1,45	1,27	-0,17
A	27	0,95	0,85	-0,09
Y	35	0,99	0,70	-0,29
Y	28	0,93	0,72	-0,21
Y	26	1,37	1,00	-0,37
Y	35	0,87	0,66	-0,21
Y	18	0,87	0,78	-0,09
Y	38	1,06	0,90	-0,16
Y	20	1,30	1,05	-0,25
Y	22	0,93	0,68	-0,25
Y	20	0,84	0,64	-0,20
Y	45	0,92	0,84	-0,08
Y	28	1,01	0,84	-0,16
Y	23	1,01	0,83	-0,18
Y	22	1,03	0,80	-0,23
Y	27	1,50	1,09	-0,41
Y	26	1,02	0,92	-0,10

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

5.8.2 Teste de Normalidade para a Homogeneidade da Bermuda de PA

A Figura 29, a seguir, mostra o teste de normalidade para a homogeneidade da temperatura do grupo “Y”; como o valor de “p” encontrado foi de 0,520, e sendo maior que 0,05, **aceita-se a hipótese de normalidade**.

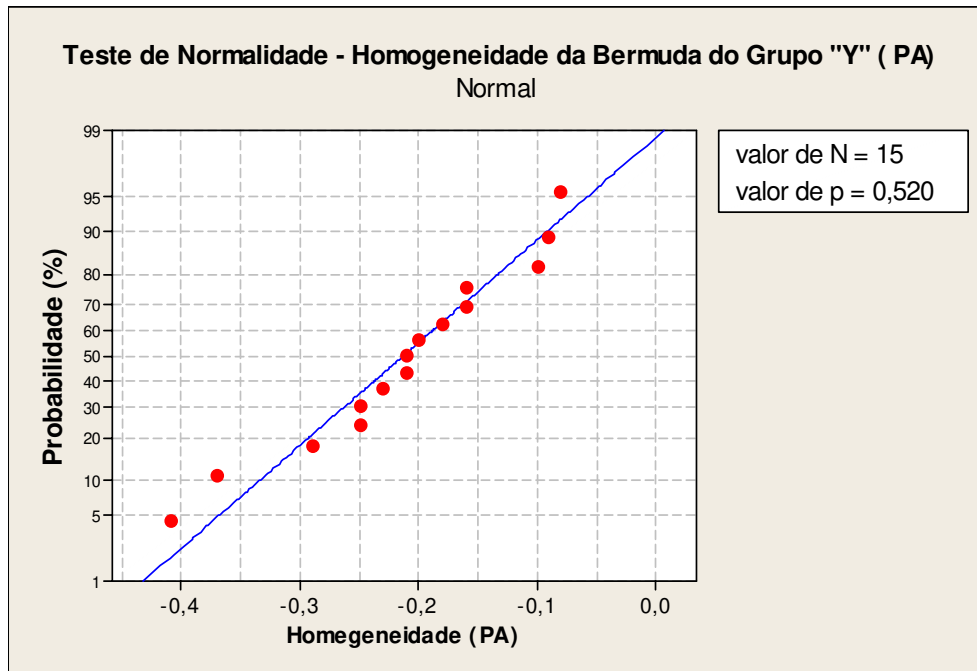


Figura 29. Teste de normalidade para homogeneidade da bermuda de PA

Fonte: Programa Estatístico.

5.8.3 Teste de Normalidade para a Homogeneidade da Bermuda de CO

A Figura 30, apresentada a seguir, mostra o teste de normalidade para a homogeneidade da temperatura do grupo “A”; como o valor de “p” encontrado foi de 0,267, e sendo maior que 0,05, **aceita-se a hipótese de normalidade**.

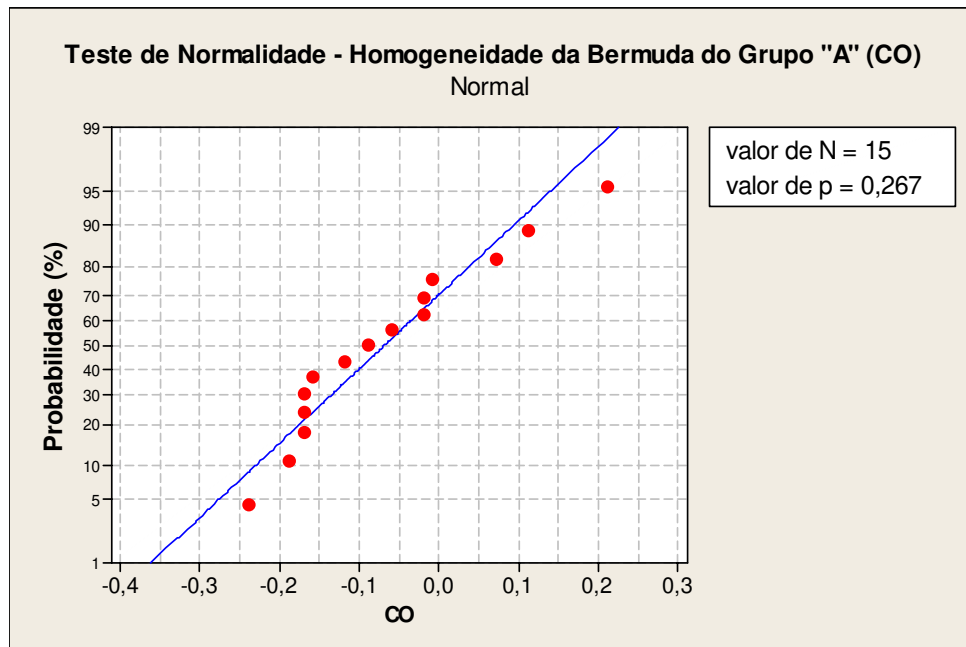


Figura 30. Teste de normalidade da homogeneidade da bermuda de CO

Fonte: Programa Estatístico.

5.8.4 Comparativo da Homogeneidade da Temperatura entre os grupos "A" (algodão) e "Y" (poliamida)

As Figuras 31 e 32, apresentadas a seguir, mostram o comparativo da homogeneidade térmica entre os grupos que utilizaram o CO ("A") e os grupos que utilizaram a PA ("Y").

Teste-T de diferença, IC de 95%, com valor de "p" = 0,002

Intervalo de Confiança (0,060128, 0,227872)

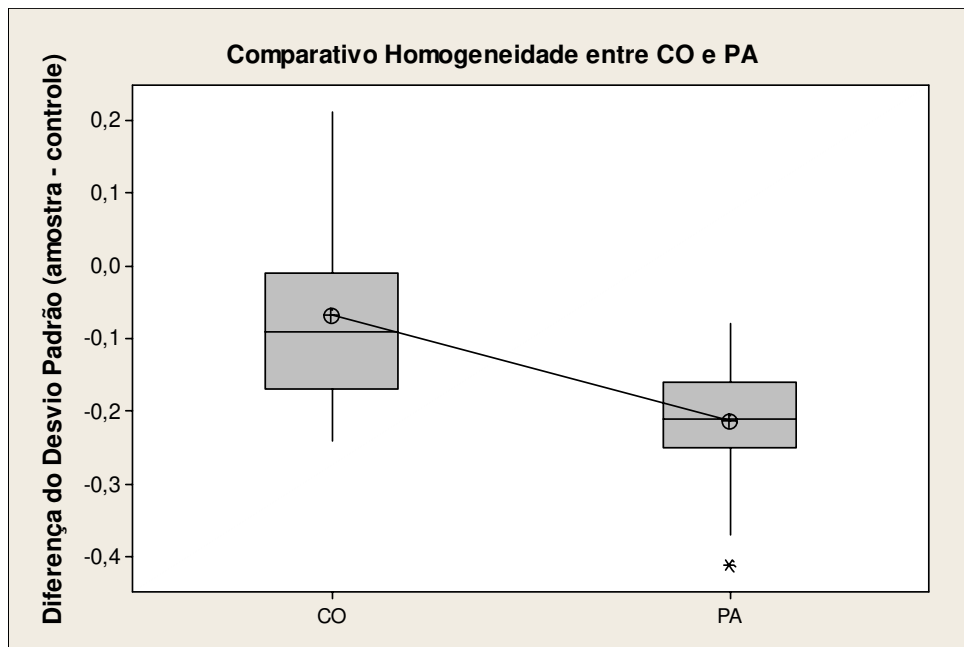


Figura 31. Comparativo da homogeneidade entre CO e PA

Fonte: Programa Estatístico.

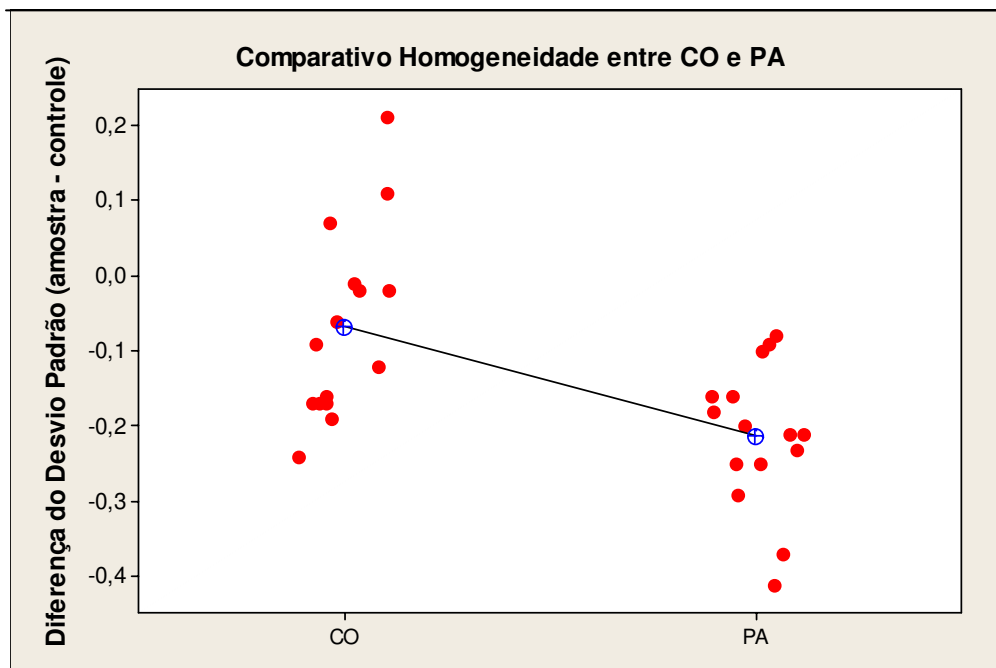


Figura 32. Comparativo da homogeneidade entre CO e PA

Fonte: Programa Estatístico.

5.8.5 Comentários da Homogeneidade da Temperatura

Pode-se afirmar (valor de “p” < 0,005) que as duas amostras apresentam homogeneidades diferentes, e que o ganho de homogeneidade do grupo de voluntários que usou a bermuda de poliamida, foi superior ao ganho de homogeneidade do grupo de voluntários que utilizou a bermuda de algodão.

Isto significa que, tendo como nível de referência a amostra Controle para ambos os grupos analisados (“A” e “Y”), a variabilidade da temperatura (desvio-padrão) corpórea dos voluntários que usaram a amostra de poliamida (grupo “Y”) foi menor que a do grupo que utilizou a amostra de algodão (grupo “A”).

5.9 CONCENTRAÇÃO DE LACTATO

A Tabela 13, adiante, apresenta as medidas das concentrações do índice de Lactato no sangue inicial e final, dos voluntários que utilizaram a Roupa Amostra e a Roupa Controle, tanto para o grupo “A” (CO) como para o grupo “Y” (PA).

Depois, foram calculadas as diferenças entre o valor inicial e final; em seguida, determinou-se a eficiência de Lactato, que mede percentualmente o nível de redução do índice de Lactato entre a Roupa Controle e as amostras (“A” e “Y”).

$$\text{Eficiência lactato (\%)} = \frac{(\text{Dif. con} - \text{Dif. am}) \times 100}{\text{Dif. con}} \quad (15)$$

onde:

Dif. con é a diferença entre lactato inicial e final do controle.

Dif. am é a diferença entre lactato inicial e final da amostra.

Com esses dados resultantes, fez-se estudos de correlação entre a eficiência de Lactato, com outros parâmetros.

Tabela 13. Medida da concentração de Lactato inicial e final

SEXO	IDADE	LACTATO							
		CONTROLE			AMOSTRA			RESULTADOS	
		I	F	Dif	I	F	Dif	TDif	EFIC
1	19	1,1	5,4	4,3	1,6	4,0	2,4	-1,9	45,25
1	33	3,3	14,2	10,9	3,4	11,7	8,3	-2,6	23,45
1	38	2,7	4,7	2,0	2,7	4,1	1,4	-0,6	31,91
1	39	2,2	7,1	4,9	2,3	6,1	3,8	-1,1	23,21
1	27	2,0	8,0	6,0	3,3	6,5	3,2	-2,8	46,97
1	35	2,3	13,1	10,8	2,6	11,1	8,5	-2,3	20,99
2	36	2,8	4,0	1,2	2,7	3,6	0,9	-0,3	24,81
2	28	1,9	6,4	4,5	1,5	5,2	3,7	-0,8	16,88
1	33	2,3	12,2	9,9	2,2	8,6	6,4	-3,5	35,73
1	30	2,4	9,7	7,3	2,1	7,6	5,5	-1,8	24,59
1	27	2,7	4,5	1,8	2,6	4,2	1,6	-0,2	10,00
1	21	3,2	4,5	1,3	3,7	4,7	1,0	-0,3	19,28
1	24	2,7	8,1	5,4	2,2	6,5	4,3	-1,1	21,21
2	27	2,9	5,1	2,2	2,5	4,0	1,5	-0,7	34,04
1	27	2,5	6,5	4,0	2,5	5,7	3,2	-0,8	20,00
1	35	1,1	5,4	4,3	1,1	2,9	1,8	-2,5	59,26
1	28	2,4	8,8	6,4	2,4	7,3	4,9	-1,5	23,86
1	26	2,0	5,2	3,2	3,2	4,7	1,5	-1,7	54,33
1	35	2,4	3,3	0,9	3,8	4,5	0,7	-0,2	21,53
2	18	2,4	4,6	2,2	2,6	4,3	1,7	-0,5	21,74
1	38	1,7	9,2	7,5	1,1	6,9	5,8	-1,7	22,73
1	20	2,8	2,1	-0,7	4,4	4,0	-0,4	0,3	36,36
1	22	1,9	7,6	5,7	3,3	6,3	3,0	-2,7	47,73
2	20	1,9	3,9	2,0	1,8	2,9	1,1	-0,9	43,16
1	45	2,6	5,0	2,4	2,9	4,7	1,8	-0,6	26,48
2	28	2,4	6,6	4,2	2,2	5,5	3,3	-0,9	22,31
1	23	1,9	3,2	1,3	1,9	2,8	0,9	-0,4	34,38
1	22	3,4	14,7	11,3	2,2	9,6	7,4	-3,9	34,82
1	27	2,4	10,0	7,6	4,4	8,5	4,1	-3,5	46,55
1	26	1,9	7,1	5,2	2,1	5,7	3,6	-1,6	29,91

Legenda:

SEXO	1- Feminino; 2 – Masculino
IDADE	Idade dos voluntários (anos)
I	Lactato no sangue antes do teste ergométrico (°C)
F	Lactato no sangue após o teste ergométrico (°C)
Dif. con	Diferença entre lactato inicial e final com a roupa controle (mmol/l)
Dif. am	Diferença entre lactato inicial e final com amostra (mmol/l)
EFIC (%)	Eficiência de lactato

Fonte: Kosmoscience, 09/2007.

5.10 CORRELAÇÃO

O objetivo é avaliar a existência de correlação entre a eficiência da redução de lactato com a eficiência térmica e com o índice de massa corpóreo (IMC).

5.10.1 Correlação entre a Eficiência da Redução de Lactato por IMC

Na Figura 33, apresentada a seguir, observa-se que não existe uma correlação significativa entre a eficiência da redução de Lactato e o IMC (Índice de Massa Corpórea).

Coeficiente de Correlação	-0,053
“p” - valor	0,781

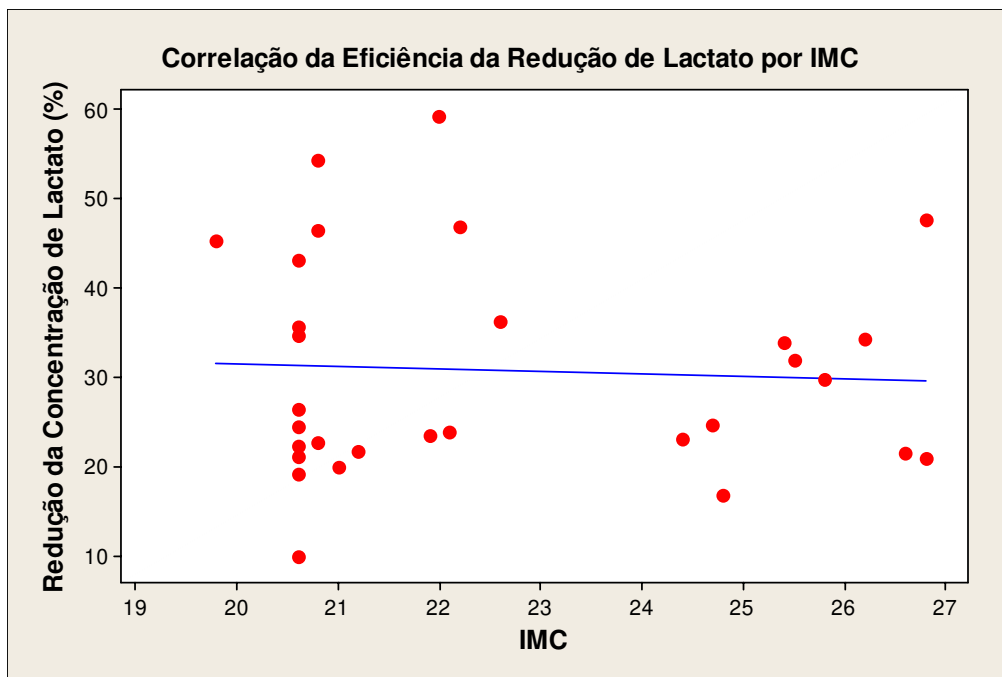


Figura 33. Correlação entre eficiência do Lactato e IMC

Fonte: Programa Estatístico.

5.10.2 Correlação entre a Eficiência da Redução de Lactato por Eficiência Térmica da Bermuda

A Figura 34, a seguir, mostra a existência de correlação entre a eficiência de redução do índice de Lactato com a eficiência térmica (valor de “p” < 0,05).

Coeficiente de Correlação	0,793
“p” - valor	0,000

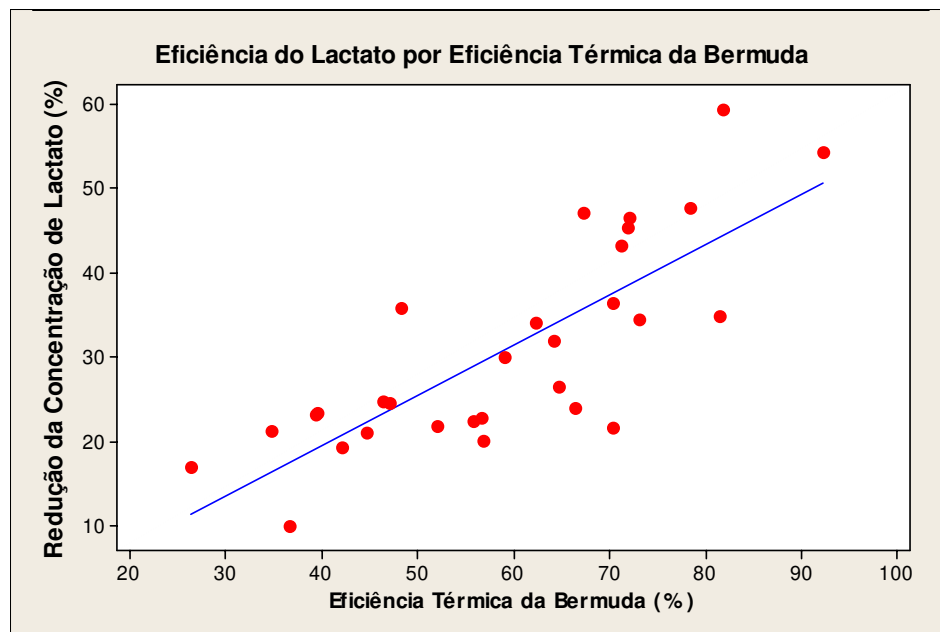


Figura 34. Correlação entre eficiência do lactato e eficiência térmica

Fonte: Programa Estatístico.

5.10.3 Comentários da Redução do Índice Lactato por Eficiência Térmica

A existência dessa correlação mostra a importância da variação de temperatura corpórea durante o desempenho de uma atividade; quanto menor for essa variação, maior será a redução do índice de Lactato durante uma atividade.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES

- Esta pesquisa mostrou claramente a influência das propriedades das fibras no desempenho de uma atividade esportiva, sendo de grande valia para a melhoria contínua do rendimento dos atletas durante o exercício físico.
- O tecido de poliamida 6.6 proporcionou aos voluntários, durante a avaliação, uma menor variação da temperatura corpórea ao longo da atividade física, quando comparado com o tecido de algodão, proporcionando assim ao grupo de voluntários (grupo “Y”) que utilizou o tecido de poliamida uma eficiência térmica superior ao grupo (grupo “A”) que utilizou o tecido de algodão. Uma eficiência térmica maior possibilita uma melhor circulação sanguínea periférica local.
- A variabilidade da temperatura (desvio padrão) corpórea, dos voluntários que usaram a amostra de poliamida (grupo “Y”), foi menor que a do grupo que utilizou a amostra de algodão (grupo “A”).
- A existência de correlação significativa entre a eficiência de redução do índice de Lactato com a eficiência térmica.
- A existência da correlação entre a eficiência de redução do índice de Lactato com a eficiência térmica mostra a importância da variação da temperatura corpórea durante o desempenho de uma atividade; quanto menor for essa variação, maior será a redução do índice de Lactato durante uma atividade.

CAPÍTULO 7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Fazer um comparativo de desempenho, incorporando ao estudo um fio de poliamida 6.6 modificado por aditivos, que possibilite a melhoria da circulação sanguínea periférica, estimulada por ondas eletromagnéticas de infravermelho longo.

CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM D 3765 - Knitted Fabrics*. Philadelphia: 1990, 3p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHARE). *Handbook of Fundamentals*. Atlanta: 1997a, 1 v. cap. 8, 'Physiological Principles for Comfort and Health', p. 8.1-8.32.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION. *NFG 07.101; Longuer de Fil Absorbée*. Paris: 1985, 7p.

BOGATY, Herman; HOLLIES, Norman R. S.; HARRIS, Milton. *Some Thermal Properties of Fabrics*. *Textile Research Journal* (DOI: 10.1177/004051755702700605), junho de 1957, p. 445-449.

BRANDRUP, J.; IMMERGUT, H. E. *Polymer Handbook*. USA: Ed. John Wiley & Sons, julho de 1965, cap. VI, p. 79-85.

BTAZEJCZYK, Krzysztof. *Changes of Skin Temperature and Body Heat Content in Fluctuating Outdoor Climate*. Art. publ. in Sixth International Conference on Environmental Ergonomics. Canada: J. Frim, M. B. Ducharme & P. Tikuisis, 1994, p. 226-227.

BTAZEJCZYK, Krzysztof. *Clothing as a Factor Regulating Solar Heat Load in Man*. Art. publ. in Sixth International Conference on Environmental Ergonomics. Canada: J. Frim, M. B. Ducharme & P. Tikuisis, 1994, p. 166-167.

CAMPOS, Marco Siqueira. *Desvendando o Minitab*. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2003, p. 147-178, 183-191.

COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. *Estatística*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1977, p. 84-120, 145-146, 181-188.

CROW, Rita M. *Moisture Properties of Textiles*. Art. publ. in Sixth International Conference on Environmental Ergonomics. Canada: J. Frim, M. B. Ducharme & P. Tikuisis, 1994, p. 104-105.

DUPONT DO BRASIL. *Norma interna - Recuperação elástica dos tecidos*. Paulínia: 1995, 4p.

FILHO, Antonio de Almeida. *Tecnologia da Malharia*. Apostila não publicada. São Bernardo do Campo: UNIFEI, 1997, 62p.

FOURT, Lyman; HOLLIES, Norman. *Clothing Comfort and Function*. Nova Iorque: Marcel Dekker Inc., 1970, p. 31-45, 115-150, 123, 133, 172.

GHISOLFI, R. D. R. *Aula - Introdução À Meteorologia*. Espírito Santo: UFES, s/d.

GYSTAD, Trude; BAKKEVIG, Martha K. *Correlation between Different Formulas for Mean Skin Temperature and Thermal Comfort*. Art. publ. in Sixth International Conference on Environmental Ergonomics. Canada: J. Frim, M. B. Ducharme & P. Tikuisis, 1994, p. 162-163.

HAVENITH, George. *Heat Balance When Wearing Protective Clothing*. Inglaterra: Elsevier Science Ltd, 1999, p. 289-296.

HAVENITH, George. *Individualized Model of Human Thermoregulation for the Simulation of Heat Stress Response*. TNO Human Factors, Soesterberg 3769ZG, The Netherlands; and Human Thermal Environments Laboratory, Loughborough University, Loughborough LE11 3TU, United Kingdom, 2000, p. 1.943, 1.946-1952.

HIGGINS, Leah; ANAND, Subhash. *Textile Materials and Products for Activewear and Sportswear*. Publ. by Textiles Intelligence Limited (ISBN 1-902625-38-2). Reino Unido: julho de 2003, p. 1-15, 17, 18-19, 21-23.

KATSUURA, Tetsuo; ONODA, Hiroshi; OKADA, Akira; CHI, Yasuyuki. *Effect of Head Cooling on Man during Light Exercise in a Hot Environment*. Japan: Department of Ergonomics, Faculty of Engineering, Chiba University, p. 104-105.

KOHAN, Melvin. *Nylon Plastics*. Nova Iorque: Ed. Melvin I. Kohan, 1995, p. 62, 68, 362, 537.

KOSMOSCIENCE CONSULTORIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA. *Execução do estudo RD001-06*. Valinhos: 2007, 52p.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7730, Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*. Geneva: 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Manual de dados técnicos para a indústria têxtil*. Publ. IPT nº 1.257. São Paulo: 1983, p. 40-45.

LYER, Chandrasekhar; MAMMRL, Bernd; WOLFGANG, Schäch. *Máquinas Circulares, Teoría y Práctica de la Tecnología del Punto*. Alemanha: Meisenbach GmbH, Maschen-Industrie, 1997, p. 8 ; 10 ; 12 ;13 ;190-193.

MARINHO, Jean Richard Dasnoy. *Macromoléculas e Polímeros*. Barueri: Ed. Manole Ltda., 2005, p. 28-30, 56-57, 230-231.

MARCK, Herman F. *High Technology Fibers*. Nova Iorque: Menachem Lewin, 1985, p. 176-183.

MEINANDER, Harriet. *Determination of Clothing Comfort Properties with the Sweating Thermal Manikin*. Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Ergonomics. Netherlands: W. A. Lotens and G. Havenith, 1992., p. 40-41.

MUNGCHAROEN, T.; WISSLER; E. H. *A Two-Dimensional Model of the Human Thermal System*. Proceedings of 3rd International Conference on Environmental Ergonomics. Finland: R. Ilmarinen and A. Pasche, 1988.

N C STATE UNIVERSITY. *100% Cotton Moisture Management*. Art. publ. in Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, vol. 2, issue 3, 2002.

ODIAN, George. *Principles of Polymerization*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2003, p. 39-41, 97-98.

RHODIA POLIAMIDA. *Sal Nylon*. Material didático interno. Santo André: 2000, slds. 1-41.

SWEREV, Dr. Maximilian. *Innovative Bandages for the Treatment of Wounds*. 41st International Chemical Fibre Conference. Dornbirn: Hohenstein Institute International Textile Research Centre, 2002.

TEBEXRENI, Antonio Sérgio. *O Papel do Lactato no Exercício*. Artigo do Laboratório Fleury, publ. Revista Corpore, 30/06/2004.

TEXTILE INSTITUTE. *Textiles in Sport*. Cambridge, Inglaterra: Ed. R. Shishoo, 2005, p. 93, 177, 178, 289-292.

TEXTILE INSTITUTE. *Biomechanical Engineering of Textile and Clothing*. Cambridge, Inglaterra: Ed. Y. Li e X-Q. Dai, p. 22-24, 146, 147, 149.

TIKUISIS, Peter. *Modelling of Heat Transfer*. Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Ergonomics. Netherlands: W. A. Lotens and G. Havenith, 1992, p. 126-127.

WANG, Li Chu; LIU, Tze Cheng; CHEN, Jin Jong; JIH, Shih Ching; SOONG, Sze Su. *The Comfort of Sportswear Materials for Badminton Players in a Hot Environment*. Art. publ. in Sixth International Conference on Environmental Ergonomics. Canada: J. Frim, M. B. Ducharme & P. Tikuisis, 1994, p 102-103.

WIENER, Jakub; DEJLOVÁ, Petra. *Wicking and Wetting in Textiles*. Art. Publ. in AUTEX Research Journal, vol. 3, n° 2, June 2003, p. 65-71. Disponível em: <http://www.autexrj.org/No2-2003/0054.pdf>.

APÊNDICE (TABELAS REFERENCIAIS)

Tabela A.1 – Dados do ensaio de gramatura – ASTM [D 3776/96]

Tabela A.2 – Dados de LFA – AFNOR [NF G 07-101/85]

Tabela A.3 – Espessura dos tecidos de malha

Tabela A.4 – Umidade relativa

Tabela A.5 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem
Algodão – Amostra 1

Tabela A.6 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem
Poliamida – Amostra 1

Tabela A.7 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem
Algodão – Amostra 2

Tabela A.8 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem
Algodão – Amostra 2

Tabelas Referenciais

Tabela A.1 – Dados do ensaio de gramatura – ASTM [D 3776/96]

	Amostra "A" (CO)	Amostra "Y" (PA)
	(g/m²)	(g/m²)
	301,40	304,44
	305,00	306,61
	304,30	304,94
	304,00	307,66
	306,00	309,31
	307,40	299,54
	304,10	302,39
	308,80	301,61
	305,00	298,38
	305,00	306,06
Média	305,1	304,09
CV (%)	0,66	1,17

Tabela A.2 – Dados de LFA – AFNOR [NF G 07-101/85]

	Amostra "A" (CO)	Amostra "Y" (PA)
	(cm/malha)	(cm/malha)
	0,317	0,316
	0,321	0,313
	0,318	0,313
	0,320	0,313
	0,319	0,314
	0,318	0,312
	0,319	0,312
	0,321	0,313
	0,319	0,313
	0,323	0,314
Média	0,320	0,313
CV (%)	0,567	0,425

Tabela A.3 – Espessura dos tecidos de malha

	Amostra "A" (CO)	Amostra "Y" (PA)
	(mm)	(mm)
	0,72	0,72
	0,72	0,64
	0,78	0,72
	0,77	0,68
	0,77	0,70
	0,76	0,71
	0,72	0,68
	0,75	0,68
	0,80	0,72
	0,76	0,72
Média	0,75	0,70
CV (%)	3,83	3,83

Tabela A.4 – Umidade relativa

Umidade Relativa (%)	Algodão (%)	Poliamida (%)
5	1,4	
10	2,4	1,1
15	3,0	
20	3,6	1,4
25	3,9	
30	4,3	1,7
35	4,6	
40	5,0	2,3
45	5,3	
50	5,7	2,8
55	6,3	
60	6,7	3,4
65	7,3	
70	7,9	4,1
75	8,8	
80	9,9	5,0
85	11,4	
90	13,6	5,7
95	17,5	6,1

Tabela A.5 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem Algodão – Amostra 1

ALGODÃO - Amostra 1					
Tempo (cada 15 min)	Peso do conjunto molhado (g)	Peso do conjunto seco (g)	Peso amostra úmida (g)	Peso amostra seca (g)	CA
1	64,3048	75,4353	11,1305	4,7974	2,3201
2	64,3048	75,1844	10,8796	4,7974	2,2678
3	64,3048	74,8684	10,5636	4,7974	2,2019
4	64,3048	74,6567	10,3519	4,7974	2,1578
5	64,3048	74,3883	10,0835	4,7974	2,1019
6	64,3048	74,1496	9,8448	4,7974	2,0521
7	64,3048	73,9391	9,6343	4,7974	2,0082
8	64,3048	73,7071	9,4023	4,7974	1,9599
9	64,3048	73,4744	9,1696	4,7974	1,9114
10	64,3048	73,2287	8,9239	4,7974	1,8602
11	64,3048	72,9844	8,6796	4,7974	1,8092
12	64,3048	72,7422	8,4374	4,7974	1,7587
13	64,3048	72,4570	8,1522	4,7974	1,6993
14	64,3048	72,2068	7,9020	4,7974	1,6471
15	64,3048	71,8886	7,5838	4,7974	1,5808
16	64,3048	71,5419	7,2371	4,7974	1,5085
17	64,3048	71,2437	6,9389	4,7974	1,4464
18	64,3048	70,9355	6,6307	4,7974	1,3821
19	64,3048	70,6001	6,2953	4,7974	1,3122
20	64,3048	70,2450	5,9402	4,7974	1,2382
21	64,3048	69,8722	5,5674	4,7974	1,1605
22	64,3048	69,5274	5,2226	4,7974	1,0886
23	64,3048	69,1565	4,8517	4,7974	1,0113
24	64,3048	68,8132	4,5084	4,7974	0,9398
25	64,3048	68,5148	4,2100	4,7974	0,8776
26	64,3048	68,2149	3,9101	4,7974	0,8150
27	64,3048	67,8316	3,5268	4,7974	0,7351
28	64,3048	67,6419	3,3371	4,7974	0,6956
29	64,3048	67,4163	3,1115	4,7974	0,6486
30	64,3048	67,1663	2,8615	4,7974	0,5965
31	64,3048	66,9242	2,6194	4,7974	0,5460
32	64,3048	66,6875	2,3827	4,7974	0,4967
33	64,3048	66,4603	2,1555	4,7974	0,4493
34	64,3048	66,2303	1,9255	4,7974	0,4014
35	64,3048	66,0000	1,6952	4,7974	0,3534
36	64,3048	65,7840	1,4792	4,7974	0,3083
37	64,3048	65,5711	1,2663	4,7974	0,2640

Tabela A.6 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem Poliamida – Amostra 1

POLIAMIDA - Amostra 1					
Tempo (cada 15 min)	Peso do conjunto molhado (g)	Peso do conjunto seco (g)	Peso amostra úmida (g)	Peso amostra seca (g)	CA
1	56,7385	64,6060	7,8675	4,8137	1,6344
2	56,7385	64,4157	7,6772	4,8137	1,5949
3	56,7385	64,1576	7,4191	4,8137	1,5412
4	56,7385	63,9980	7,2595	4,8137	1,5081
5	56,7385	63,8101	7,0716	4,8137	1,4691
6	56,7385	63,5860	6,8475	4,8137	1,4225
7	56,7385	63,4112	6,6727	4,8137	1,3862
8	56,7385	63,2519	6,5134	4,8137	1,3531
9	56,7385	63,0346	6,2961	4,8137	1,3080
10	56,7385	62,8336	6,0951	4,8137	1,2662
11	56,7385	62,6272	5,8887	4,8137	1,2233
12	56,7385	62,3806	5,6421	4,8137	1,1721
13	56,7385	62,2020	5,4635	4,8137	1,1350
14	56,7385	61,9459	5,2074	4,8137	1,0818
15	56,7385	61,7281	4,9896	4,8137	1,0365
16	56,7385	61,4452	4,7067	4,8137	0,9778
17	56,7385	61,1830	4,4445	4,8137	0,9233
18	56,7385	60,9202	4,1817	4,8137	0,8687
19	56,7385	60,6427	3,9042	4,8137	0,8111
20	56,7385	60,3371	3,5986	4,8137	0,7476
21	56,7385	60,0246	3,2861	4,8137	0,6827
22	56,7385	59,7224	2,9839	4,8137	0,6199
23	56,7385	59,3944	2,6559	4,8137	0,5517
24	56,7385	59,0975	2,3590	4,8137	0,4901
25	56,7385	58,8356	2,0971	4,8137	0,4357
26	56,7385	58,5769	1,8384	4,8137	0,3819
27	56,7385	58,2457	1,5072	4,8137	0,3131
28	56,7385	58,0709	1,3324	4,8137	0,2768
29	56,7385	57,8756	1,1371	4,8137	0,2362
30	56,7385	57,6643	0,9258	4,8137	0,1923
31	56,7385	57,4719	0,7334	4,8137	0,1524
32	56,7385	57,2811	0,5426	4,8137	0,1127
33	56,7385	57,1252	0,3867	4,8137	0,0803
34	56,7385	56,9923	0,2538	4,8137	0,0527
35	56,7385	56,8962	0,1577	4,8137	0,0328
36	56,7385	56,8349	0,0964	4,8137	0,0200
37	56,7385	56,7939	0,0554	4,8137	0,0115

Tabela A.7 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem Algodão – Amostra 2

ALGODÃO - Amostra 2					
Tempo (cada 15 min)	Peso do conjunto molhado (g)	Peso do conjunto seco (g)	Peso amostra úmida (g)	Peso amostra seca (g)	CA
1	53,5886	42,3705	11,2181	4,8331	2,3211
2	53,3000	42,3705	10,9295	4,8331	2,2614
3	53,0085	42,3705	10,6380	4,8331	2,2011
4	52,7961	42,3705	10,4256	4,8331	2,1571
5	52,5545	42,3705	10,1840	4,8331	2,1071
6	52,3383	42,3705	9,9678	4,8331	2,0624
7	52,1542	42,3705	9,7837	4,8331	2,0243
8	51,9432	42,3705	9,5727	4,8331	1,9807
9	51,7392	42,3705	9,3687	4,8331	1,9384
10	51,5195	42,3705	9,1490	4,8331	1,8930
11	51,2933	42,3705	8,9228	4,8331	1,8462
12	51,0714	42,3705	8,7009	4,8331	1,8003
13	50,8156	42,3705	8,4451	4,8331	1,7473
14	50,5784	42,3705	8,2079	4,8331	1,6983
15	50,2846	42,3705	7,9141	4,8331	1,6375
16	49,9613	42,3705	7,5908	4,8331	1,5706
17	49,6898	42,3705	7,3193	4,8331	1,5144
18	49,4034	42,3705	7,0329	4,8331	1,4552
19	49,1023	42,3705	6,7318	4,8331	1,3929
20	48,7667	42,3705	6,3962	4,8331	1,3234
21	48,4192	42,3705	6,0487	4,8331	1,2515
22	48,1013	42,3705	5,7308	4,8331	1,1857
23	47,7688	42,3705	5,3983	4,8331	1,1169
24	47,4551	42,3705	5,0846	4,8331	1,0520
25	47,1682	42,3705	4,7977	4,8331	0,9927
26	46,8986	42,3705	4,5281	4,8331	0,9369
27	46,5402	42,3705	4,1697	4,8331	0,8627
28	46,3605	42,3705	3,9900	4,8331	0,8256
29	46,1553	42,3705	3,7848	4,8331	0,7831
30	45,9208	42,3705	3,5503	4,8331	0,7346
31	45,6871	42,3705	3,3166	4,8331	0,6862
32	45,2247	42,3705	2,8542	4,8331	0,5906
33	45,0010	42,3705	2,6305	4,8331	0,5443
34	44,7820	42,3705	2,4115	4,8331	0,4990
35	44,5700	42,3705	2,1995	4,8331	0,4551
36	44,3648	42,3705	1,9943	4,8331	0,4126
37	44,1567	42,3705	1,7862	4,8331	0,3696

Tabela A.8 – Capacidade de Absorção (CA) em função do tempo de secagem Algodão – Amostra 2

POLIAMIDA - Amostra 2					
Tempo (cada 15 min)	Peso do conjunto molhado (g)	Peso do conjunto seco (g)	Peso amostra úmida (g)	Peso amostra seca (g)	CA
1	63,7041	56,0655	7,6386	4,9940	1,5296
2	63,5247	56,0655	7,4592	4,9940	1,4936
3	63,2937	56,0655	7,2282	4,9940	1,4474
4	63,1381	56,0655	7,0726	4,9940	1,4162
5	62,9282	56,0655	6,8627	4,9940	1,3742
6	62,7570	56,0655	6,6915	4,9940	1,3399
7	62,5930	56,0655	6,5275	4,9940	1,3071
8	62,4234	56,0655	6,3579	4,9940	1,2731
9	62,2468	56,0655	6,1813	4,9940	1,2377
10	62,0655	56,0655	6,0000	4,9940	1,2014
11	61,8808	56,0655	5,8153	4,9940	1,1645
12	61,6554	56,0655	5,5899	4,9940	1,1193
13	61,4931	56,0655	5,4276	4,9940	1,0868
14	61,2622	56,0655	5,1967	4,9940	1,0406
15	61,0669	56,0655	5,0014	4,9940	1,0015
16	60,8180	56,0655	4,7525	4,9940	0,9516
17	60,5833	56,0655	4,5178	4,9940	0,9046
18	60,3464	56,0655	4,2809	4,9940	0,8572
19	60,0883	56,0655	4,0228	4,9940	0,8055
20	59,8019	56,0655	3,7364	4,9940	0,7482
21	59,5102	56,0655	3,4447	4,9940	0,6898
22	59,2363	56,0655	3,1708	4,9940	0,6349
23	58,9500	56,0655	2,8845	4,9940	0,5776
24	58,6865	56,0655	2,6210	4,9940	0,5248
25	58,4462	56,0655	2,3807	4,9940	0,4767
26	58,2068	56,0655	2,1413	4,9940	0,4288
27	57,9063	56,0655	1,8408	4,9940	0,3686
28	57,7569	56,0655	1,6914	4,9940	0,3387
29	57,5811	56,0655	1,5156	4,9940	0,3035
30	57,3834	56,0655	1,3179	4,9940	0,2639
31	57,1956	56,0655	1,1301	4,9940	0,2263
32	57,0030	56,0655	0,9375	4,9940	0,1877
33	56,8214	56,0655	0,7559	4,9940	0,1514
34	56,6431	56,0655	0,5776	4,9940	0,1157
35	56,4871	56,0655	0,4216	4,9940	0,0844
36	56,3634	56,0655	0,2979	4,9940	0,0597
37	56,2605	56,0655	0,1950	4,9940	0,0390