

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELE KYOKO TAKAHASHI DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DIMENSIONAL DE MALHAS JERSEY DE ALGODÃO COM
DIFERENTES PERCENTUAIS DE ELASTANO EM SUA COMPOSIÇÃO**

APUCARANA

2022

GABRIELE KYOKO TAKAHASHI DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DIMENSIONAL DE MALHAS JERSEY DE ALGODÃO COM
DIFERENTES PERCENTUAIS DE ELASTANO EM SUA COMPOSIÇÃO**

**Dimensional Analysis of Cotton Jersey Knitters With Different Percentages of
Elastane in Their Composition**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Têxtil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Fabia Regina Gomes Ribeiro.
Coorientador: Flávio Avanci de Souza.

APUCARANA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Campus Apucarana

COENT – Coordenação do curso de Engenharia Têxtil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

ANÁLISE DIMENSIONAL DE MALHAS JERSEY DE ALGODÃO COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE ELASTANO EM SUA COMPOSIÇÃO

Por

GABRIELE KYOKO TAKAHASHI DE OLIVEIRA

Monografia apresentada às **10:00 horas do dia 10 de Junho de 2022**, como requisito parcial, para conclusão do Curso de **Engenharia Têxtil** da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª FABIA REGINA GOMES RIBEIRO – ORIENTADOR(A)

Prof. Dr. FLAVIO AVANCI DE SOUZA – COORIENTADOR(A)

Prof^ª. Dr^ª. PATRÍCIA MELLERO MACHADO CARDOSO – EXAMINADOR(A)

Prof. Dr. LEANDRO DA SILVA PEREIRA – EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso processo SEI 23064.026845/2022-08.

AGRADECIMENTOS

A minha família, pai, mãe, irmão e namorado, pelo apoio, incentivo e por estarem sempre ao meu lado nessa jornada.

A minha orientadora, Prof.^a Dra. Fabia Ribeiro, pela paciência e excelência na orientação desse trabalho, mesmo com os desafios impostos pela pandemia e pela distância.

Ao engenheiro têxtil Jessé Moura, pela imensa contribuição para este estudo, através da doação e envio de amostras de malhas com diferentes porcentagens de elastano na composição.

A instituição Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de me graduar no curso de engenharia têxtil e a todos os membros da comunidade UTFPR, amigos, servidores e principalmente meus professores da graduação, por fazerem parte da minha formação para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Os tecidos de malha Jersey de algodão possuem várias propriedades, dentre as mais importantes estão a flexibilidade e elasticidade, que conferem uma maleabilidade e um melhor ajuste as formas do corpo, entretanto essas propriedades também afetam as dimensões do tecido, podendo ocasionar torções, deformidades e alongamentos que causam influência diretamente na estabilidade dimensional de artigos confeccionados. Uma maneira de melhorar essa estabilidade é a adição de elastano na composição da malha de algodão, que é uma combinação que expande a quantidade de aplicações dessa malha no vestuário, podendo ser utilizada em diversos segmentos da indústria de confecção. Além da composição, outros fatores podem alterar a estabilidade dimensional das malhas de trama. Neste trabalho foi realizado um comparativo de diversas propriedades físicas utilizando 3 malhas Jersey (meia malha) de algodão com elastano, variando o título do elastano em 20, 40 e 70 Den. Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos da porcentagem de elastano nas propriedades de gramatura, densidade, estrutura, alongamento, elasticidade, força de tração e estabilidade dimensional. Todos os testes experimentais foram realizados de acordo com as normas brasileiras, seus resultados foram calculados e analisadas suas influências na estabilidade do tecido de malha de trama de algodão com diferentes porcentagens de elastano. A partir dos resultados obtidos foi possível comprovar que título do elastano têm influência direta em todas as propriedades analisadas e também na estabilidade dimensional das malhas Jersey de algodão com elastano. Foi constatado que o aumento do percentual de elastano proporciona um aumento nos valores das propriedades analisadas e na estabilidade dimensional das malhas analisadas.

Palavras-chave: Têxtil; Malha de trama; Elastano; Algodão; Propriedades físicas.

ABSTRACT

Cotton Jersey fabrics have several properties, among the most important are flexibility and elasticity, which provide malleability and a better fit to body shapes, however these properties also affect the dimensions of the fabric, which can cause twists, deformities and elongations that directly influence the dimensional stability of garments. One way to improve this stability is the addition of elastane in the composition of the cotton knit, which is a combination that expands the number of applications of this knit in clothing, and can be used in several segments of the clothing industry. In addition to composition, other factors can change the dimensional stability of the fabric. In this work, a comparison of several physical properties was carried out using 3 Jersey knits (half knit) of cotton with elastane, varying the elastane linear density in 20, 40 and 70 Den. This study aimed to investigate the effects of the percentage of elastane on the properties of weight, density, structure, elongation, elasticity, tensile strength and dimensional stability. All experimental tests were performed according to Brazilian standards, their results were calculated and their influence on the stability of cotton Jersey knitted fabric with different percentages of elastane was analyzed. From the results obtained, it was possible to prove that the elastane title has a direct influence on all the properties analyzed and also on the dimensional stability of cotton jersey knits with elastane. It was found that the increase in the percentage of elastane provides an increase in the values of the analyzed properties and in the dimensional stability of the analyzed knits.

Keywords: Textile; Weft mesh; Elastane; Cotton; Physical properties.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxo produtivo da indústria têxtil..... | 17 |
| Figura 2 - Estrutura da fibra de algodão..... | 19 |
| Figura 3 - Estrutura da malha de trama e da malha de urdume, respectivamente | 23 |
| Figura 4 - Corte de amostra utilizando o cortador circular..... | 29 |
| Figura 5 - Pesagem da amostra na balança de precisão | 30 |
| Figura 6 - Lente-conta fios sobre a amostra de tecido | 30 |
| Figura 7 - Formato e dimensões do corpo-de-prova..... | 31 |
| Figura 8 – Corpo-de-prova dimensionado e costurado | 32 |
| Figura 9 - Formato do suporte com corpo-de-prova e peso de 1100 g | 32 |
| Figura 10 – Corpo-de-prova no suporte com a carga de 1100 g | 33 |
| Figura 11 - Corpo-de-prova sendo ensaiado no equipamento dinamômetro | 34 |
| Figura 12 - Marcação do corpo-de-prova com o gabarito..... | 35 |
| Figura 13 - Lado direito e avesso da Malha 1, respectivamente | 39 |
| Figura 14 - Lado direito e avesso da Malha 2, respectivamente | 40 |
| Figura 15 - Lado direito e avesso da Malha 3, respectivamente | 40 |
| Figura 16 - Representação do entrelaçamento da malha de trama Jersey | 40 |
| Figura 17 - Passamento dos fios na formação da malha de trama Jersey..... | 41 |
| Figura 18 – Alongamento e Elasticidade..... | 43 |
| Figura 19 – Alongamento das Malhas | 43 |
| Figura 20 - Teste de resistência para a Malha 1 | 44 |
| Figura 21 - Teste de resistência para a Malha 2 | 44 |
| Figura 22 - Teste de resistência para a Malha 3 | 45 |
| Figura 23 - Gráficos de força e alongamento à ruptura no sentido das carreiras | 46 |
| Figura 24 - Gráficos de força e alongamento à ruptura no sentido das colunas | 47 |
| Figura 25 - Alteração dimensional das Malhas 1, 2 e 3 no sentido das carreiras depois da primeira e quinta lavagem | 47 |
| Figura 26 - Alteração dimensional das Malhas 1, 2 e 3 no sentido das colunas depois da primeira e quinta lavagem | 48 |
| Figura 27 - Malhas 1, 2 e 3 antes do processo de lavagem | 48 |
| Figura 28 - Malhas 1, 2 e 3 após a primeira lavagem e secagem | 49 |
| Figura 29 - Malhas 1, 2 e 3 após a quinta lavagem e secagem..... | 49 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----------|
| Quadro 1 - Classificação de fibras têxteis de acordo com a sua origem | 18 |
| Quadro 2 - Características e propriedades da fibra de algodão | 20 |
| Quadro 3 - Características e propriedades da fibra de elastano..... | 21 |
| Quadro 4 - Ajustes e elementos de formação da malha | 24 |
| Quadro 5 - Características dos tecidos de malha | 25 |
| Quadro 6 - Cuidados importantes na confecção de artigos de malha | 25 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Tipos de títulos diretos, suas constantes, significados e utilizações | 22 |
| Tabela 2 - Tipos de títulos indiretos, suas constantes, significados e utilizações | 23 |
| Tabela 3 - Características das amostras de malha Jersey | 36 |
| Tabela 4 - Peso em gramas das amostras | 37 |
| Tabela 5 - Densidade Malha 1..... | 37 |
| Tabela 6 - Densidade Malha 2..... | 38 |
| Tabela 7 - Densidade Malha 3..... | 38 |
| Tabela 8 – Medidas durante o teste Malha 1 | 41 |
| Tabela 9 - Medidas durante o teste Malha 2..... | 41 |
| Tabela 10 - Medidas durante o teste Malha 3..... | 42 |
| Tabela 11 – Alongamento e Elasticidade das Malhas | 42 |
| Tabela 12 - Força de tração e alongamento à ruptura no sentido das carreiras..... | 46 |
| Tabela 13 - Força de tração e alongamento à ruptura no sentido das colunas..... | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| ABDI | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial |
| ABIT | Associação Brasileira da Indústria Têxtil |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ADCAIJ | <i>Advances in Distributed Computing an Artificial Intelligence Journal</i> |
| CEFET-SC | Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina |
| CNI | Confederação Nacional da Indústria |
| CONMETRO | Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| ETENE | Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste |
| IMAmt | Instituto Mato-Grossense do Algodão |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização) |
| LFA | <i>Longueur de Fil Absorbé</i> (Comprimento de Fio Absorvido) |
| NBR | Norma Brasileira |
| s. d. | Sem Data |
| SEDUC-CE | Secretaria da Educação do Estado do Ceará |
| SENAI | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial |
| TECPAR | Instituto de Tecnologia do Paraná |
| Unicamp | Universidade Estadual de Campinas |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|---------------------------|
| C | Comprimento |
| °C | Graus Célsius |
| cm | Centímetro |
| cm ² | Centímetro Quadrado |
| CO | Algodão |
| CV% | Coeficiente de Variação |
| Den | Sistema de Título Denier |
| Dtex | Sistema de Título Decitex |
| g | Gramas |
| h | Hora |
| Jd | Jardas |
| K | Constante de Título |
| Kg | Quilograma |
| Kgf | Quilograma Força |
| kN | Quilo Newton |
| Ktex | Sistema de Título Kilotex |
| \bar{M} | Média |
| m | Metro |
| m ² | Metro Quadrado |
| min | Minuto |
| mm | Milímetro |
| Ne | Sistema de Título Inglês |
| Nm | Sistema de Título Métrico |
| P | Peso |
| PUE | Elastano (Poliuretano) |
| s | Segundo |
| T | Título |
| Tex | Sistema de Título Direto |
| σ | Desvio Padrão |
| % | Porcentagem |

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Justificativa | 14 |
| 1.2 | Objetivo | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 15 |
| 1.2.2 | Objetivo Específico..... | 15 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 2.1 | Indústria Têxtil | 16 |
| 2.2 | Fibras e Fios | 17 |
| 2.2.1 | Fibras Têxteis | 17 |
| <u>2.2.1.1</u> | <u>Algodão</u> | <u>19</u> |
| <u>2.2.1.2</u> | <u>Elastano</u> | <u>20</u> |
| 2.2.2 | Fios..... | 21 |
| 2.3 | Malhas | 23 |
| 2.4 | Propriedades Físicas | 26 |
| 2.4.1 | Gramatura | 26 |
| 2.4.2 | Densidade | 26 |
| 2.4.3 | Resistência e Alongamento à Ruptura | 27 |
| 2.4.4 | Estabilidade Dimensional | 27 |
| 3 | METODOLOGIA | 29 |
| 3.1 | Gramatura | 29 |
| 3.2 | Densidade | 30 |
| 3.3 | Estrutura | 30 |
| 3.4 | Elasticidade e Alongamento | 31 |
| 3.5 | Propriedades de Tração | 33 |
| 3.6 | Alterações Dimensionais | 34 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 36 |
| 4.1 | Características das Amostras de Malha | 36 |
| 4.2 | Gramatura | 36 |
| 4.3 | Densidade | 37 |
| 4.4 | Estrutura | 39 |
| 4.5 | Elasticidade e Alongamento | 41 |
| 4.6 | Propriedades de Tração | 44 |
| 4.7 | Alterações Dimensionais | 47 |

| | | |
|----------|-------------------------|-----------|
| 5 | CONCLUSÃO | 50 |
| | REFERÊNCIAS..... | 52 |

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é extensa e consiste em várias etapas produtivas segmentadas, destacando-se a obtenção de fibras naturais e químicas, a fiação de fios e filamentos, a tecelagem, a malharia, os processos de acabamento e o processo de confecção (ABDI e UNICAMP, 2008). O Brasil tem destaque nas indústrias da cadeia têxtil, em especial a de fiação de fibras químicas, produção de tecidos sintéticos e confecção de artigos têxteis com esses materiais (ABIT e CNI, 2017).

A produção de fibras e fios tem maior relevância para fibra de algodão, que é amplamente utilizada ao redor do mundo. Porém nos últimos anos há um aumento significativo na fiação e utilização de fios sintéticos combinados ou substituindo fibras naturais (NAVARRO, 2007; SEDUC, s.d.(b)). Pode-se destacar a combinação de algodão e elastano para fabricação de tecidos e malhas com maior elasticidade.

Segundo Sanches (2006), tecidos de malha em geral já tem como características a sua elasticidade e alongamento que confere conforto e um melhor ajuste do vestuário ao corpo, fazendo com que malhas sejam indicadas para diversas aplicações como roupas de banho, artigos esportivos, roupas íntimas e etc. Essa propriedade elástica da malha também confere uma característica de baixa estabilidade dimensional que influencia nos processos de confecção dos artigos (CHEREM, 2004). Para diminuir os efeitos da alteração dimensional são utilizadas fibras elastoméricas como o elastano, que confere maior adequação em relação ao alongamento e recuperação elástica da malha (ROMANI, 2016).

Além da composição da malha, outros fatores influenciam o alongamento e estabilidade dimensional da malha como, por exemplo, as propriedades físicas da malha e sua estrutura fundamental. O objetivo desse estudo é comparar as propriedades físicas e de estabilidade dimensional de malhas com diferentes porcentagens de elastano na composição afim de identificar a influência do elastano nessas propriedades e entender melhor o comportamento da malha para melhorias na cadeia têxtil e indústria de confecção em geral.

Com a realização do trabalho proposto espera-se delinear a relação das propriedades físicas caracterizadas no método experimental (gramatura, densidade, estrutura, elasticidade e alongamento, propriedades de tração e estabilidade dimensional) com o percentual de elastano nas malhas, de forma a avaliar a influência da composição das mesmas na estabilidade dimensional das malhas. Espera-se

também que esse estudo indique informações e dados relevantes para acadêmicos, indústrias do segmento têxtil de malharia e confecção, varejo e consumidores finais de artigos confeccionados.

1.1 Justificativa

Lobo *et al.* (2014) diz que o tecido de malha tem uma grande aplicação em diferentes áreas com variados produtos, tendo destaque especial na indústria de confecção. O autor ainda cita que os artigos de vestuário confeccionados com malha possuem propriedades elásticas intrínsecas do tecido de malha, o que o torna ideal para produtos como meias, roupas íntimas, roupas de banho, pijamas e artigos esportivos.

Segundo Cherem (2004), esta propriedade elástica das malhas pode causar alterações dimensionais do comprimento e/ou da largura após os processos de produção do tecido e do artigo confeccionado. De acordo com o autor,

As causas de instabilidade são devidas as alterações que, após o processo de fabricação do tecido, ocorrem no próprio fio, nas tensões, existentes na textura da malha, nas deformações impostas à malha nos tratamentos têxteis (CHEREM, 2004, p. 75).

A alteração dimensional pode ocorrer na forma de um encolhimento ou esgarçamento da malha, que se não for produzida adequadamente, pode comprometer a qualidade do produto final (STEIN, 2013). Essas alterações podem influenciar no processo de enfesto, corte e costura de artigos confeccionados resultando em torções na costura e enrolamento das bordas da malha, fazendo com que as peças acabadas entortem ou encolham durante o uso contínuo (AMARAL, JAIGOBIND e JAISINGH, 2007; SCHAEFER e OLIVEIRA, 2010).

Para que um artigo confeccionado atenda os requisitos aos quais ele foi idealizado é necessário o conhecimento das propriedades das malhas e diferentes alterações destas propriedades de acordo com a composição de fibras e sua aplicação. Ocorre que a literatura atual carece de estudos sobre o comportamento dimensional de malhas, sobre a influência de elastômeros nas mesmas e sobre a atuação das propriedades físicas na estabilidade.

Neste sentido, este estudo visa comparar os tecidos de malha com diferentes percentuais de elastano em sua composição e identificar a influência do elastano nessas propriedades, com a finalidade de enriquecer a literatura atual sobre o assunto e trazer informações relevantes ao setor têxtil, à indústria de confecção, varejo e consumidor final de artigos confeccionados com tecidos de malha de algodão com elastano.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar comparativamente a estabilidade dimensional e propriedades físicas de malhas com diferentes percentuais de elastano na composição para identificar a influência do título do elastano nessas propriedades.

1.2.2 Objetivo Específico

Caracterizar as propriedades físicas das malhas por meio dos testes de gramatura (ABNT NBR 10.591), densidade (ABNT NBR 12.060) e padronagem (ABNT NBR 13.460).

Medir a resistência e alongamento das malhas no equipamento máquina universal de ensaios a partir da adaptação da ABNT NBR ISO 13.934-1 e determinar sua elasticidade e alongamento quando submetida a uma carga (ABNT NBR 12.960).

Realizar o teste de estabilidade dimensional das amostras de tecido de malha com diferentes composições utilizando método de relaxamento (ABNT NBR 10.320 Materiais têxteis – Determinação das alterações dimensionais de tecidos planos e malhas – Lavagem em máquina doméstica automática – Método de ensaio).

Correlacionar as propriedades físicas e de estabilidade dimensional com a composição de cada malha, verificando sua influência nestas propriedades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

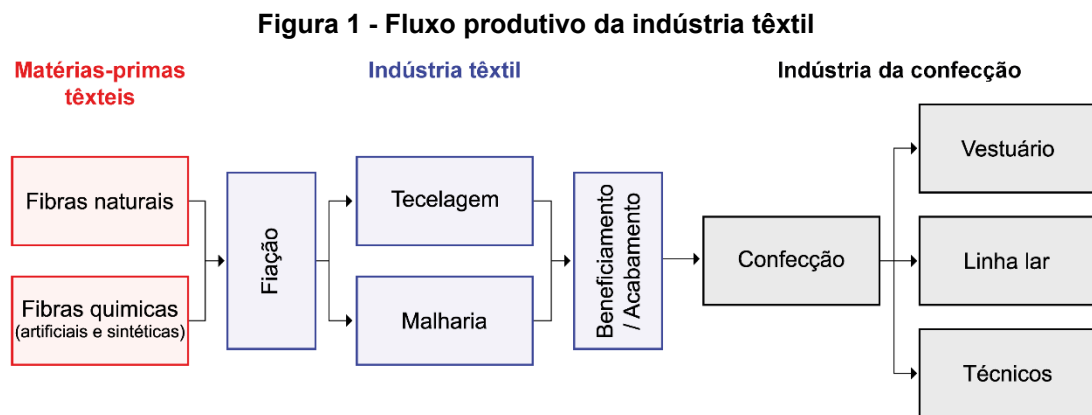
2.1 Indústria Têxtil

A indústria têxtil é uma das mais tradicionais e complexas do mundo, sendo bastante extensa e contando com diferentes etapas e processos descontínuos para obtenção de variados produtos (BEZERRA, 2014; PÉREZ, 2017). Segundo Pérez (2017), devido a fragmentação dos processos produtivos têxteis e da grande variação de serviços e produtos prestados, a indústria têxtil é composta principalmente por indústrias de pequeno e médio porte com variados níveis de utilização de recursos e mão de obra.

O processo produtivo têxtil pode ser dividido em quatro etapas (PÉREZ, 2017; ABDI e UNICAMP, 2008):

1. No início do processo produtivo têxtil podemos destacar a obtenção de fibras naturais ou fibras químicas (artificiais e sintéticas) como matérias primas para a indústria de fiação, que transforma essas fibras em fios ou filamentos;
2. Após o processo de fiação esses fios serão transformados em tecidos planos na tecelagem, ou em malhas na malharia, ou em não tecidos na indústria de não tecidos;
3. A próxima etapa é o acabamento que pode consistir em tingimentos, estampas, revestimentos, acabamentos mecânicos, que tem como finalidade conferir novas características ou propriedades aos tecidos;
4. Na última etapa os tecidos podem ser transformados em vestuário, artigos de cama mesa e banho, produtos de aplicação industrial (filtros, geotêxteis, componentes de automóveis), entre outros.

Segundo Bezerra (2014), o produto final de cada uma das etapas do processo produtivo é a matéria prima da etapa seguinte, criando uma interdependência entre as fases produtivas. Pode-se observar o fluxo produtivo da indústria têxtil na Figura 1.



Fonte: Bezerra (2014)

A descontinuidade dos processos na indústria têxtil e a grande quantidade de possibilidades de combinações de materiais e de processos técnicos possíveis de serem aplicados gera uma alta competitividade entre as indústrias, onde a inovação, a diferenciação de produtos e o atendimento ao padrão dos consumidores são fatores essenciais para o sucesso do produto no mercado (ABDI e UNICAMP, 2008).

O Brasil tem destaque na produção mundial têxtil como a quinta maior indústria têxtil, a quarta maior indústria de confecção, sendo a maior cadeia têxtil do hemisfério ocidental e isso se deve ao tamanho do mercado nacional e de sua população (ABIT e CNI, 2017). Segundo a ABDI e a Unicamp (2008 apud LUPATINI, 2007, pg. 15-16), o Brasil “[...] em 2005, foi o segundo maior produtor de tecidos de malha, o sexto maior produtor de fios e filamentos, o sétimo, em tecido, e o quinto, em confecção”. A produção nacional de fibras e fios sintéticos recebe grandes investimentos e utiliza matérias primas nacionais e importadas e o setor de tecelagem desses fios também tem destaque no país, o que faz com que a indústria brasileira seja referencial global em moda *fitness*, roupas íntimas e *beachwear*¹ (ABIT e CNI, 2017).

2.2 Fibras e Fios

2.2.1 Fibras Têxteis

A fibra ou filamento têxtil pode ser um material de origem natural ou química (artificial ou sintética) que por sua alta relação entre comprimento e diâmetro, bem

¹ Roupas de Praia

como por suas características físicas como flexibilidade, elasticidade, resiliência, resistência e finura, é adequada para ser transformada em fio ou filamento e atender finalidades têxteis (CONMETRO, 2008).

As fibras têxteis podem ser classificadas de acordo com a sua origem, sendo dividida em dois grandes grupos, fibras naturais e fibras químicas (SENAI MIX DESIGN, 2014). As fibras naturais se subdividem em fibras de origem vegetal, animal e mineral, já as fibras químicas se dividem em artificiais e sintéticas. De acordo com a NBR 12.744 (ABNT, 1993a) e o Senai Mix Design (2014), a classificação das fibras têxteis é mostrada no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de fibras têxteis de acordo com a sua origem

| Classificação das fibras | | |
|--------------------------|-------------|-------------------|
| Naturais | Vegetais | Algodão |
| | | Sisal |
| | | Linho |
| | | Juta |
| | | Rami |
| | Animais | Seda |
| | | Lã |
| | | Cashmere |
| | Minerais | Amianto (Asbesto) |
| Químicas | Artificiais | Viscose |
| | | Acetato |
| | | Liocel |
| | | Modal |
| | Sintéticas | Elastano |
| | | Poliamida |
| | | Poliéster |
| | | Polipropileno |

Fonte: ABNT NBR 12.744 (1993a); Senai Mix Design (2014)

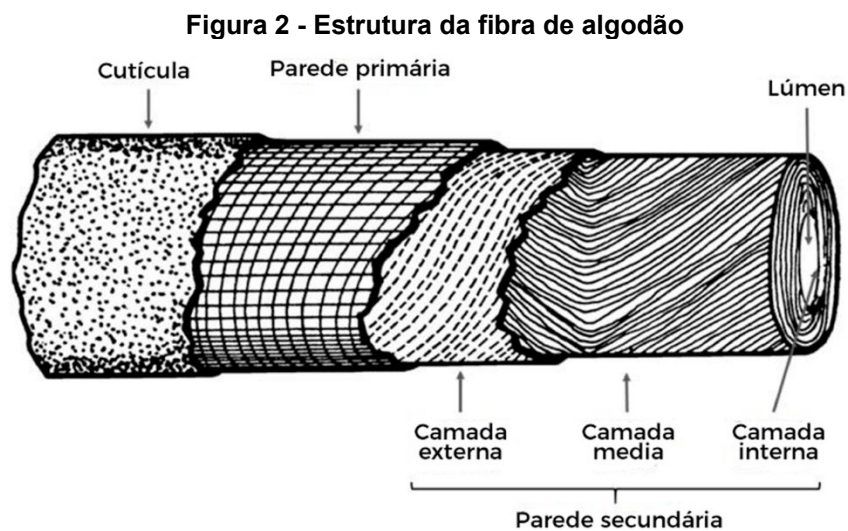
Cherem (2004) diz que as fibras naturais e químicas se diferem em muitos aspectos e cada fibra possui características e propriedades diferentes, como o tamanho e cristalinidade da cadeia molecular, massa específica, aspectos visuais, temperatura de fusão, elasticidade, hidrofiliidade, entre outras. O estudo e conhecimento das características e propriedades das fibras é o primeiro passo para o desenvolvimento dos demais produtos da cadeia têxtil, como tecidos, malhas, não tecidos e peças confeccionadas.

2.2.1.1 Algodão

A fibra de algodão é a mais importante dentre das fibras naturais, se diferenciando de outras fibras pelas suas características, estrutura interna, formato e dimensões (SEDUC, s.d.(b)). O tecido de algodão é conhecido, utilizado e estudado ao redor do mundo a centena de anos, por ser um tecido versátil e com potencial para inovação através de novos processos. De acordo com Alvarenga (2018), a fibra de algodão é composta por diferentes camadas:

- Cutícula: Composta por gorduras, ceras e pectinas;
- Camada primária: Composta principalmente por celulose;
- Camada secundária: Composta por celulose e constitui a maior parte da fibra, formada por três zonas diferenciadas: a primeira é a camada externa, composta por fibrilas orientadas em hélice; a segunda é a camada média, composta por uma maior quantidade de celulose e as fibrilas também orientadas em hélice; e a terceira é a camada interna, formada por proteínas e sais minerais;
- Lúmen: Canal central vazio formado pela desidratação da fibra e pela retração do citoplasma.

Pode-se observar a ilustração da estrutura da fibra de algodão na Figura 2 e as características e propriedades do tecido de algodão no Quadro 2.



Fonte: Bachelier e Gourlot (2018, pg. 32 apud PARRY, 1981)

Quadro 2 - Características e propriedades da fibra de algodão

| Características e propriedades | Descrição |
|---------------------------------------|---|
| Composição | Constituída em cerca de 90 a 93% de celulose, sendo a maior parte restante constituída por ceras, gorduras ou minerais, etc. |
| Pureza | Variação da quantidade de impurezas e sujeiras causadas por partículas das plantas de algodão. |
| Cor | Varia de branco a pardacento. |
| Brilho e aspecto | Na maioria das vezes opaca, podendo obter um brilho sedoso após o processo de mercerização. |
| Conservação do calor | Isolamento térmico satisfatório. |
| Toque | Sensação tátil de toque suave. |
| Elasticidade e resiliência | Satisfatória, maior que a do linho e menor que a da lã e a da seda. |
| Taxa de recuperação de umidade | O algodão absorve a umidade do ambiente. Depois de seco, se colocado na atmosfera normalizada de 20° C e 65% de umidade, o algodão retomar 8,5% de água. |
| Retenção de água | Pode reter cerca de 50% do seu peso em água. |
| Ação da umidade | Se for prolongada, sobretudo a temperaturas de 25 a 30 °C, desenvolvem-se microrganismos ou bolores que amarelecem o algodão e enfraquecem a sua resistência. |
| Ação do calor | A temperaturas superiores a 200 °C a celulose decompõe-se amarelado. A temperatura ainda maior a celulose carboniza. |
| Comportamento térmico | Calor contínuo a 120 °C amarelece a fibra e calor contínuo a 150 °C a decompõe. |
| Temperatura para passar a ferro | 175 a 200 °C desde que o tecido tenha sido levemente umedecido. |

Fonte: Kwasne (2008)

2.2.1.2 Elastano

De acordo com Navarro (2007), o elastano é uma fibra sintética composta pelo polímero poliuretano, sendo uma fibra leve e comumente utilizada em tecidos e artigos confeccionados que precisem de uma maior elasticidade, caimento, conforto e contorno da vestimenta no corpo, como: malhas para roupas íntimas, meias, ribanas, moda praia e artigos esportivos. Entre suas propriedades mais importantes estão seu alto alongamento e recuperação, é resistente ao sol e a água salgada e mantém sua flexibilidade ao longo do tempo. O tecido com elastano sempre é composto pela combinação de uma fibra natural ou sintética com a fibra de elastano, conservando a

aparência e toque da fibra de maior porcentagem (KUASNE, 2008). Pode-se observar as características e propriedades do elastano no Quadro 3.

Quadro 3 - Características e propriedades da fibra de elastano

| Características e propriedades | Descrição |
|---------------------------------------|--|
| Resistência | O elastano não atinge o ponto de ruptura até que a fibra tenha sido esticada até seu comprimento máximo. A resistência à abrasão é boa, contribuindo assim para suas boas características de desgaste. |
| Limpeza e lavabilidade | Essas fibras não são afetadas por solventes de lavagem a seco. Elas também podem ser lavadas na máquina com os sabões e detergentes domésticos usuais. |
| Encolhimento | Essas fibras não encolhem com a exposição à água, no entanto, podem encolher ao serem expostas a certas temperaturas. |
| Efeito da luz | A luz e outras condições atmosféricas têm efeitos variados sobre as várias fibras de elastano. No entanto, nenhum dano realmente sério pode ocorrer no uso normal para vestimentas. |
| Elasticidade | A elasticidade é a principal característica desta fibra junto com seu poder de retenção. Essas fibras podem ser esticadas de 400 a 700% - isto é, 4 a 7 vezes o estado relaxado antes de quebrarem. |
| Ação da umidade | Apresentam uma resistência excelente a danos causados por mofo. |
| Ação do calor | Amarela e perde elasticidade e força acima de 148 °C e se funde a 232 °C. |

Fonte: Sayed (2015)

2.2.2 Fios

Segundo o Senai Mix Desing (2015a), fio têxtil é toda estrutura de densidade linear constante que tenha propriedades específicas para o uso têxtil e pode ser dividido entre fio fiado e filamento contínuo. O fio fiado é feito a partir de fibras descontínuas, ou filamentos contínuos cortados, que são alinhados paralelamente e torcidos com a finalidade de garantir uniformidade, toque, volume e resistência e pode ser classificado por número de cabos que compõem o fio e pelo método de fabricação. O filamento contínuo é comumente originado de fibras químicas que formam um cabo contínuo de comprimento variável, que pode ser classificado em fios de um único cabo (monofilamentos) e fios com vários cabos (multifilamento).

O título é a densidade linear do fio, que representa a relação entre comprimento por unidade de massa ou massa por unidade de comprimento e é utilizado para definir a espessura, o diâmetro ou a grossura de um fio. Os tipos mais adotados de sistemas de titulação, de acordo com parâmetros internacionais, são o sistema direto e o sistema indireto (SENAI MIX DESIGN, 2015a).

Segundo Fuziwara (s.d), no sistema direto o comprimento é fixo e o peso variável, o título é diretamente proporcional ao peso do fio ou fibra, ou seja, quanto maior a massa, maior o título e o diâmetro do fio. A Fórmula (1) representa a fórmula para obtenção do título direto e a Tabela 1 mostra os tipos de títulos, suas constantes, significados e utilizações.

$$K.P = C.T \quad (1)$$

Onde:

- K é a constante de acordo com o título (Ktex, Tex, Dtex ou Den);
- P é o peso em gramas (g);
- C é o comprimento em metros (m);
- T é o título (Ktex, Tex, Dtex ou Den).

Tabela 1 - Tipos de títulos diretos, suas constantes, significados e utilizações

| Título | Constante | Significado | Utilização |
|--------|-----------|---|--|
| T | K | | |
| Ktex | 1 | Peso variável em gramas e comprimento fixo em 1 metro. | Processamento na fiação. |
| Tex | 1000 | Peso variável em gramas e comprimento fixo em 1000 metros. | Monofilamentos e multifilamentos grossos e fiados. |
| Dtex | 10000 | Peso variável em gramas e comprimento fixo em 10000 metros. | Fios multifilamento em geral e fibras cortadas. |
| Den | 9000 | Peso variável em gramas e comprimento fixo em 9000 metros. | Fios monofilamentos e fibras cortadas. |

Fonte: Senai Mix Design (2015a)

Fuziwara (s.d) diz que no sistema indireto o comprimento é variável e o peso é fixo, o título é indiretamente proporcional ao peso do fio ou fibra, ou seja, quanto maior a massa, menor o título e o diâmetro do fio. A Fórmula (2) representa a fórmula para obtenção do título indireto e a Tabela 2 mostra os tipos de títulos, suas constantes, significados e utilizações.

$$C.K = P.T \quad (2)$$

Onde:

- C é o comprimento em metros (m) ou jardas (jd);
- K é a constante de acordo com o título (Ne, Nm);
- P é o peso em gramas (g);

- T é o título (Ne, Nm).

Tabela 2 - Tipos de títulos indiretos, suas constantes, significados e utilizações

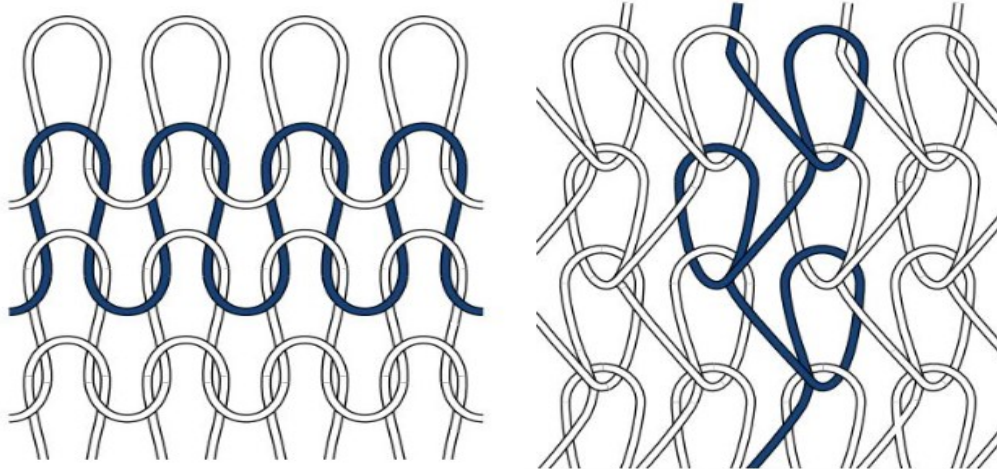
| Título | Constante | Significado | Utilização |
|--------|-----------|--|--|
| T | K | | |
| Ne | 0,59 | Comprimento variável em metros e peso fixo em 0,59 grama | Espessura de fios fiados de fibra curta. |
| Nm | 0,54 | Comprimento variável em jardas e peso fixo em 0,54 grama | |
| | 1 | Comprimento variável em metros e peso fixo em 1 grama. | Espessura de fios fiados de fibra longa. |

Fonte: Senai Mix Design (2015a)

2.3 Malhas

A malharia é o processo de transformação dos fios em tecido de malha através do entrelaçamento do fio nele mesmo em forma de laçadas, podendo ser dividida em malhas de trama, que os pontos se formam na direção da largura do tecido e malhas de urdume, que os pontos se formam no sentido do comprimento do tecido (ABIT, 2011). As estruturas das malhas de trama e de urdume são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura da malha de trama e da malha de urdume, respectivamente



Fonte: Senai Mix Design (2015b)

Segundo Sanches (2006), as malhas e artigos de vestuário confeccionados com esse tecido possuem boa respirabilidade, são mais absorventes e confortáveis. As malhas tem uma baixa estabilidade dimensional e alta maleabilidade, apresentando um comportamento não linear à tração e deforma-se facilmente. O destaque desse tecido no mercado têxtil é devido a uma ampla gama de aplicações, como artigos de moda íntima, pijamas, vestidos, artigos esportivos, moda praia,

artigos de cama, mesa e banho, etc. (CHEREM, 2004 apud ARAÚJO e CASTRO, 1986-87).

Segundo o Senai Mix Design (2015b), como vantagens dos tecidos de malha pode-se citar que eles se adaptam ao movimento e curvas do corpo por conta da sua elasticidade e flexibilidade, o processo produtivo é mais simples comparado com tecidos planos e existe uma grande variedade de ligamentos e combinações de materiais que resultam em uma diversidade de produtos para diferentes aplicações. Como desvantagens do tecido de malha pode-se citar a deformação do tecido causada por encolhimentos ou alongamentos do tecido, devido a sua baixa estabilidade dimensional, o enrolamento de algumas malhas nas bordas devido a sua estrutura, que prejudica o processo de confecção e não é adequada para aplicações que necessitam de grande resistência (SENAI MIX DESIGN 2015b). No Quadro 4 é mostrado os ajustes e elementos essenciais para formação da malha e no Quadro 5 são listadas algumas características dos tecidos de malha.

Quadro 4 - Ajustes e elementos de formação da malha

| Elemento | Função |
|-------------------|--|
| Agulha | É o elemento principal de formação da malha, responsável pela formação das laçadas que formam a malha. |
| Fronturas | São placas onde as agulhas que estão dispostas podem ter formato retilíneo ou circular. Os teares de malharia podem ser de monofrontura ou duplafrentura. |
| Finura de máquina | É a quantidade de agulhas na frontura no espaço de uma polegada. Quanto maior o número de agulhas por polegada, mais fino será o tecido produzido e o fio utilizado no tear. |
| Blocos de pedras | Para que possamos formar uma malha é necessário que as agulhas tenham três movimentos: avanço e retrocesso, ou de modo geral, subida e descida. Tais movimentos são conseguidos através de um conjunto de blocos onde estão dispostas as pedras. Estas pedras são peças de aço que comandam o movimento das agulhas. |
| LFA | É a regulagem principal do tear e ela determina o comprimento de fio absorvido (<i>Longueur de Fil Absorbé</i>) |

Fonte: Pereira (2009); Romani (2016); Senai Mix Design (2015b)

Quadro 5 - Características dos tecidos de malha

| Característica | Descrição |
|--------------------------------|---|
| Flexibilidade e elasticidade | Decorrem da estrutura da malha. As laçadas podem escorregar umas sobre as outras quando submetidas a tensões e retornarem ao formato original quando as tensões cessam. |
| Porosidade | Os espaços entre as malhas proporcionam absorção do suor no calor e formam bolsões de ar no inverno, que servem como isolantes térmicos. |
| Baixa estabilidade dimensional | Os tecidos de malha deformam facilmente quando tensões são aplicadas, seja no uso de uma peça de vestuário, ou tensões aplicadas no processo produtivo da malha. |

Fonte: Senai Mix Design (2015b)

Segundo o SEDUC (s.d.(a)), na confecção de artigos feitos de malha é muito importante observar as propriedades de elasticidade, alongamento e estabilidade dimensional. De acordo com Amaral, Jaigobind e Jaisingh (2007), no processo de preparação da malha para o corte e costura é necessário um descanso de 24h para que ocorra o relaxamento da malha, diminuindo os efeitos de distorção, alongamento e encolhimento do tecido. No processo de modelagem da peça é preciso levar em consideração a elasticidade e alongamento do tecido, diminuindo os tamanhos dos moldes para melhor ajuste da peça de vestuário ao corpo. Na costura do tecido de malha deve-se evitar o rompimento de fios devido a delicadeza da estrutura, utilizando-se agulhas, linhas e máquinas de costura adequadas para o tecido (AMARAL, JAIGOBIND e JAISINGH, 2007). No Quadro 6 são mostrados cuidados que se deve ter ao confeccionar artigos de malha.

Quadro 6 - Cuidados importantes na confecção de artigos de malha

| | |
|------------------|--|
| Estocagem | Os rolos de tecidos de malha devem ser transportados e estocados com proteção e dispostos horizontalmente. Antes do corte os tecidos devem ser desenrolados e deixados em repouso por um período de 24 horas. |
| Corte | Na preparação do tecido para corte devem ser evitados esticamentos excessivos. Para evitar o enrolamento do tecido nas partes cortadas, colocar uma folha de papel a cada 12 camadas, principalmente em tecidos com elastano. As peças devem ser processadas no menor tempo possível, a fim de evitar a tendência de enrolamento, torção e deformação. |
| Costura | Evitar esticar ou puxar o tecido de malha durante a costura. O número de pontos por polegada deve ser pré-definidos, pois afetam a extensibilidade da costura. |

Fonte: Amaral, Jaigobind e Jaisingh (2007)

2.4 Propriedades Físicas

2.4.1 Gramatura

Segundo a NBR 10.591 da ABNT (2008), a gramatura é a relação de massa por unidade de área, que também pode ser descrita como quantidade de fibras em gramas por metro quadrado de tecido de malha. A gramatura pode ser usada para calcular o comprimento de um rolo tecido sem precisar desenrolar o material utilizando a Fórmula (3), do peso linear e a largura do tecido (ABNT, 2008; ABIT, 2011).

$$\text{Peso linear (g/m)} = \text{Gramatura (g/m}^2\text{)} \times \text{Largura (m)} \quad (3)$$

O tecido de malha com maior gramatura é mais espesso, mais opaco e tem maior suavidade e maciez ao toque, porém para cada aplicação dos tecidos de malha são necessárias diferentes características, onde se encaixam utilizações de uma variedade de gramaturas de malha (ABIT, 2011; CAMARGOS, 2020).

Nas indústrias de malharia são necessárias regulagens adequadas de maquinários para atender as especificações fornecidas pelo cliente e evitar a variação na gramatura, que pode causar torções no tecido e alterações no comportamento dimensional da malha (CHEREM, 2004; SANCHES, 2006).

2.4.2 Densidade

Segundo a NBR 12.060 da ABNT (2002), a densidade de um tecido de malha é a quantidade de carreiras/cursos e colunas por unidade de comprimento, geralmente expressada em carreiras/cursos por centímetro e colunas por centímetro ou malhas por centímetro quadrado. A densidade está diretamente ligada a gramatura - quanto maior a densidade maior a gramatura e maior o fator de cobertura desse tecido de malha, pois a densidade expressa o quão “fechado” ou “aberto” é o tecido. A densidade também está ligada a características mecânicas dos tecidos, a elasticidade, a flexibilidade e a estabilidade dimensional (SENAI MIX DESIGN, 2015b).

Nos tecidos de malha a densidade de carreiras e colunas depende do comprimento da laçada em cada ponto e do título do fio, o que afeta diretamente as propriedades mecânicas da malha (CHEREM, 2004). Cherem (2004) cita que a densidade também depende da forma geométrica que a laçada faz após passar pelos

processos de manufatura e acabamento e do processo de relaxamento e alongamento causado pelo uso e manuseio do tecido.

2.4.3 Resistência e Alongamento à Ruptura

Sitotaw (2007) diz que entre as propriedades dos tecidos de malha, a resistência é muito importante para a escolha da malha de acordo com a aplicação pretendida e influencia outras propriedades destes tecidos. A resistência expressa a força que o tecido de malha suporta até o seu rompimento e tem ligação direta com a estrutura do tecido, com sua densidade e sua gramatura (ABIT, 2011; SITOTAW, 2007).

Segundo a ABIT (2011), o alongamento à ruptura de um tecido de malha indica o quanto a malha aumenta em dimensão até sua ruptura. Quando o tecido é submetido a uma carga que aumenta gradativamente, ele se alonga até eventualmente se romper. Antes desse ponto de ruptura o comportamento da malha é elástico, a malha consegue voltar ao seu tamanho original; e próximo ao ponto de ruptura o comportamento da malha é não elástico, a malha não consegue voltar ao seu tamanho original por causa do deterioramento da sua estrutura (ROMANI, 2016).

2.4.4 Estabilidade Dimensional

Pereira (2009) diz que a elasticidade dos tecidos de malha traz muitas vantagens para determinadas aplicações, mas também pode causar deformações e alterações dimensionais que prejudicam o processo de confecção do vestuário. Segundo Cherem (2004), a estabilidade dimensional é a característica do tecido de manter dimensões sem se modificar pelo uso e manuseio. Durante o processo de formação da malha o fio sofre variadas tensões e quando essas tensões cessam, ocorre uma retração e deslizamento dos fios. Essa retração é mais evidente na presença de água, calor e movimento (CHEREM, 2004).

O comportamento dimensional da malha está diretamente ligado a gramatura, largura do tecido e densidade de cursos e colunas, qualquer variação nesses parâmetros altera a estabilidade dimensional do tecido (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2007). Outras variáveis que influenciam nessa propriedade é o tipo de fibra, o tipo de fio, tipo de tear, comprimento do ponto, contextura, regulagem de ponto,

diâmetro e finura da máquina, assim como as tensões criadas pelos processos de acabamento (AMARAL, JAIGOBIND, e JAISINGH, 2007; CHEREM, 2004).

Segundo a NBR 12960 da ABNT (1993), a elasticidade é a propriedade do tecido de recuperar a deformação causada por uma aplicação de carga, enquanto o alongamento é o quanto esse tecido se deforma durante a aplicação dessa carga. A elasticidade e o alongamento conferem um melhor ajuste do tecido de malha às diferentes formas do corpo, já a elasticidade faz com que esse artigo não perca sua forma após o uso (CHEREM, 2004).

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido a partir da metodologia de pesquisa explicativa uma vez que se propôs a identificar as propriedades físicas e os fatores que influenciam o alongamento, elasticidade e estabilidade dimensional de tecidos de malha com elastano. O desenvolvimento foi realizado pelo método experimental que teve como objeto de estudo malhas com diferentes porcentagens de elastano na composição e de suas propriedades bem como o controle e observação dos dados obtidos pelos experimentos em conformidade com as normas técnicas brasileiras.

3.1 Gramatura

A análise de gramatura foi realizada conforme a metodologia da ABNT NBR 10591:2008 – Materiais Têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis.

Para este ensaio foram preparadas 5 amostras de área de 100 cm² conforme especifica a norma brasileira, retiradas de partes do tecido sem defeitos, com o auxílio de um cortador circular. O equipamento cortador circular de amostras está apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Corte de amostra utilizando o cortador circular



Fonte: Autoria própria (2022)

Foi realizada em seguida a pesagem das amostras representada na Figura 5, e obteve-se a média aritmética dos valores. Como a gramatura foi calculada em g/cm², a conversão foi feita para que ela seja expressa em g/m².

Figura 5 - Pesagem da amostra na balança de precisão



Fonte: Autoria própria (2022)

Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, cortador circular, tesoura e balança de precisão.

3.2 Densidade

A densidade foi realizada conforme a metodologia da ABNT NBR 12060:2002 Materiais têxteis – Determinação do número de carreiras/cursos e colunas em tecidos de malha.

Para este ensaio foram preparadas amostras conforme especifica a NBR. Logo após realizou-se a contagem dos cursos e colunas, obtendo a média aritmética dos valores. A densidade foi expressa em número de carreiras por centímetro e número de colunas por centímetro. A lente conta-fios é apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Lente-conta fios sobre a amostra de tecido



Fonte: Autoria própria (2022)

Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, tesoura e lente conta-fios simples.

3.3 Estrutura

A estrutura da malha foi analisada conforme a metodologia da ABNT NBR 13460:1995 Tecido de malha por trama – Determinação da estrutura.

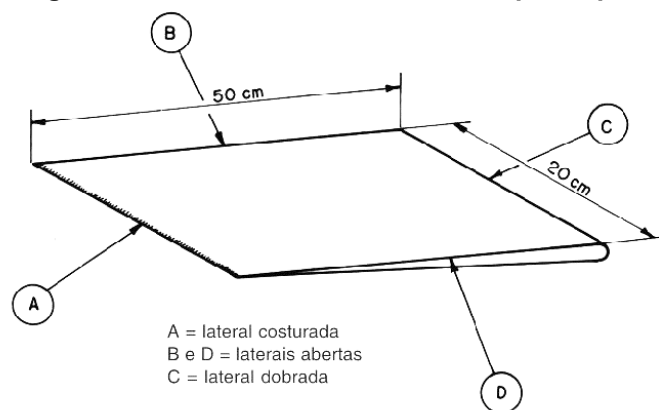
Para este ensaio preparou-se uma amostra com pelo menos três raportes, que foi desmalhada para observação das evoluções que formam o raporte, representando-o graficamente. Logo após, foi feita a classificação da malha de acordo com as estruturas fundamentais. Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, tesoura, papel, caneta e lente conta-fios simples.

3.4 Elasticidade e Alongamento

A elasticidade e alongamento foram determinadas conforme a metodologia da ABNT NBR 12960:1993 Tecido de Malha – Determinação da elasticidade e alongamento.

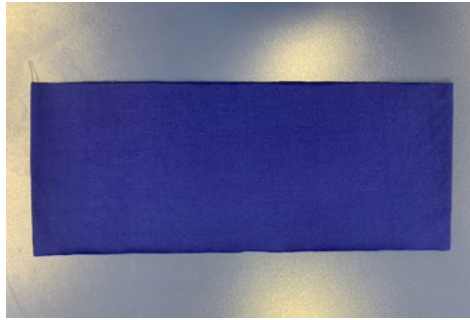
Para este ensaio foi preparada uma amostra conforme especifica a norma brasileira: a amostra foi dobrada de modo que a aresta da dobra estava alinhada com as colunas da malha. Marcou-se o corpo-de-prova com um gabarito de modo que os lados menores estejam paralelos à direção das colunas, o corpo de prova foi cortado e costurado duplo com dimensões de 20 cm na dobra e na lateral costurada e 50 cm nas laterais abertas, conforme a Figura 7 (retirada da NBR 12.960 (ABNT, 1993b)). O corpo de prova dimensionado e costurado pode ser visualizado Figura 8.

Figura 7 - Formato e dimensões do corpo-de-prova



Fonte: ABNT NBR 12.960 (1993b)

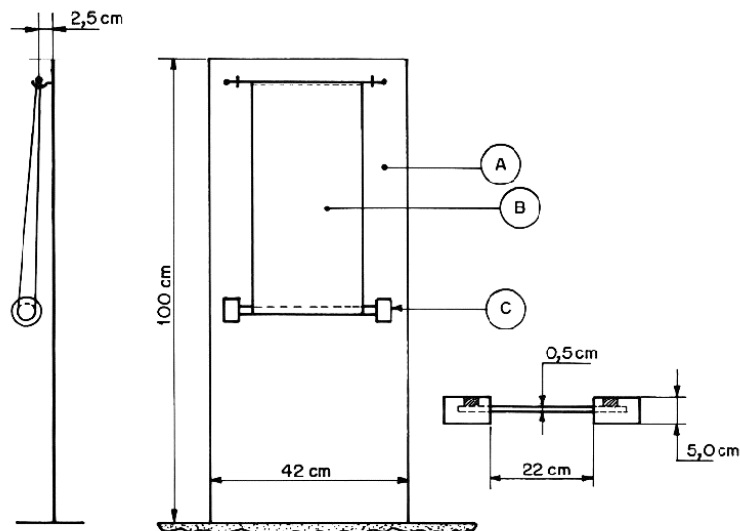
Figura 8 – Corpo-de-prova dimensionado e costurado



Fonte: Autoria própria (2022)

A amostra preparada foi fixada ao suporte do equipamento com um peso de 1100 g na extremidade inferior do corpo de prova, baixado suavemente. O corpo-de-prova ficou 120 segundos, sob ação da carga e após esse período, mediu-se o comprimento novamente conforme a Figura 9 da NBR 12.960 (ABNT, 1993b). O corpo de prova com o peso no suporte pode ser observado na Figura 10. Logo após esse processo a amostra passou por um descanso de 10 min e seu comprimento foi medido novamente para determinação da elasticidade e alongamento da malha que foram expressos em porcentagem.

Figura 9 - Formato do suporte com corpo-de-prova e peso de 1100 g



Fonte: ABNT NBR 12.960 (1993b)

Figura 10 – Corpo-de-prova no suporte com a carga de 1100 g



Fonte: Autoria própria (2022)

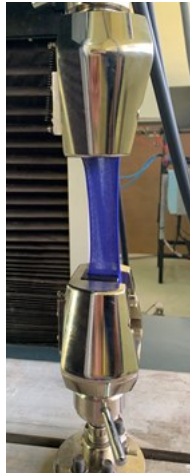
Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, máquina de costura, linha de costura, fita métrica com graduação de 1mm, gabarito de mdf com dimensões 50 cm por 20 cm, peso de 1100 g e suporte para o corpo-de-prova.

3.5 Propriedades de Tração

Para as medidas de tração foram adaptados os procedimentos da metodologia da ABNT NBR ISO 13934-1:2016 Têxteis – Propriedades de tração de tecidos Parte 1: Determinação da força máxima e alongamento à força máxima (à ruptura) utilizando o método de tira, para o ensaio de malhas.

Para este ensaio foi preparada uma amostra conforme especificado na norma brasileira, ou seja, retirou-se uma amostra de 1 m de comprimento e largura total da malha, retirada de uma parte do tecido sem defeitos. Em seguida, cortou-se dois grupos de corpo-de-prova: um conjunto na direção do urdume e um conjunto na direção da trama com dimensões 2 cm por 5 cm. Após a preparação das amostras as mesmas foram testadas no equipamento dinamômetro e os dados fornecidos pelo equipamento foram compilados e analisados. O corpo-de-prova sendo ensaiado pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Corpo-de-prova sendo ensaiado no equipamento dinamômetro



Fonte: Autoria própria (2022)

Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, tesoura, fita métrica e dinamômetro (máquina universal de ensaios).

3.6 Alterações Dimensionais

As alterações dimensionais foram determinadas conforme a metodologia da ABNT NBR 10320:1988 Materiais têxteis – Determinação das alterações dimensionais de tecidos planos e malhas – Lavagem em máquina doméstica automática – Método de ensaio.

Para este ensaio foram preparados 3 corpos-de-prova conforme especifica a norma brasileira: cortou-se 3 amostras com 380 x 380 mm e foram feitas três séries de marcas de 250 mm paralelas ao comprimento e três séries de marcas paralelas a largura do corpo-de-prova. Cada série de marcas distante 50 mm das bordas e afastada 120 mm uma da outra. Pode-se observar a marcação do corpo-de-prova com o gabarito na Figura 12. Logo após foi realizada a lavagem dos corpos-de-prova com detergente em máquina doméstica no ciclo normal até o final do ciclo. As amostras foram secas em corrente de ar pendurando o corpo-de-prova por dois cantos com o sentido longitudinal na posição vertical. Os corpos-de-prova foram condicionados e foi medida a distância entre cada marca com precisão de 1 mm. O ciclo de lavagem e secagem foi repetido por mais quatro vezes e os corpos-de-prova foram medidos novamente após o quinto ensaio.

Figura 12 - Marcação do corpo-de-prova com o gabarito



Fonte: Autoria própria (2022)

Os equipamentos utilizados foram: corpo-de-prova, caneta, gabarito, tesoura, máquina de lavar de 12 Kg da Electrolux modelo: LAC12, água, detergente e trena com graduação de 1mm.

Após a análise de todos os resultados foi feita uma correlação das propriedades físicas com a composição das malhas de diferentes percentuais de elastano, para a avaliação da estabilidade dimensional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características das Amostras de Malha

Neste trabalho foram utilizadas 3 amostras de tecido de malha de trama de cor azul, sendo denominadas Malha 1, Malha 2 e Malha 3. As malhas foram produzidas em tear circular Orizio JH/V, finura de 28, diâmetro de 32", 102 alimentadores e 2760 agulhas, utilizou-se também um LFA de 830. Cada uma delas foi produzida com elastano de diferente titulação, conforme especificado na Tabela 3, sendo assim, cada uma delas possui uma composição diferente de algodão e elastano.

Tabela 3 - Características das amostras de malha Jersey

| Identificação | Título do Fio 1 – 100%CO | Título do Fio 2 – PUE | Estiramento | Largura aberta (m) | Composição |
|---------------|--------------------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------|
| Malha 1 | Ne 30/1 | 20 Den | 2,8% | 1,91 | 90% CO 10% PUE |
| Malha 2 | Ne 30/1 | 40 Den | 3,0% | 1,86 | 80% CO 20% PUE |
| Malha 3 | Ne 30/1 | 70 Den | 3,0% | 1,72 | 70% CO 30% PUE |

Fonte: Autoria própria, (2022)

4.2 Gramatura

Ao realizar as pesagens das malhas conforme NBR 10591:2008, obteve-se os pesos em gramas, que estão apresentados na Tabela 4, e foram calculados a média, desvio padrão e coeficiente de variação. Utilizado a fórmula (4), obteve-se os valores de gramatura que foram transformados para a unidade de metros quadrados, que também estão apresentados na Tabela 4.

$$Gramatura = \bar{M}/100 \quad (4)$$

Onde:

- Gramatura é obtida em gramas por centímetro quadrado (g/cm²);
- \bar{M} é a média dos pesos obtidos em gramas (g);
- 100 é a área das amostras em centímetros quadrados (cm²).

Tabela 4 - Peso em gramas das amostras

| Amostra | Malha 1 | Malha 2 | Malha 3 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 1,73 | 2,32 | 3,36 |
| 2 | 1,73 | 2,37 | 3,27 |
| 3 | 1,76 | 2,29 | 3,24 |
| 4 | 1,71 | 2,25 | 3,22 |
| 5 | 1,72 | 2,28 | 3,30 |
| Peso Médio | 1,73 | 2,30 | 3,28 |
| σ | 0,0187 | 0,0455 | 0,0550 |
| CV% | 1,0814 | 1,9764 | 1,6765 |
| Gramatura (g/m²) | 173,00 | 230,20 | 327,80 |

Fonte: Autoria própria (2022)

4.3 Densidade

Realizou-se a análise da densidade das malhas conforme a NBR 12060:2002 e obteve-se os resultados de quantidade de carreiras e colunas que compõem a densidade das malhas, em seguida foi calculado o desvio padrão e o coeficiente de variação. Pode-se visualizar os resultados das densidades das Malhas 1, 2 e 3 apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 - Densidade Malha 1

| Amostra | Carreiras/cm | Colunas/cm | Densidade (cm ²) |
|--------------|--------------|-------------|------------------------------|
| 1 | 20 | 14,5 | 290 |
| 2 | 20 | 15 | 280 |
| 3 | 20 | 14,5 | 290 |
| 4 | 20 | 14,5 | 300 |
| 5 | 20 | 14,5 | 290 |
| Média | 20 | 14,6 | 290 |
| σ | 0 | 0,2236 | 7,0711 |
| CV% | 0 | 1,5316 | 2,4383 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 6 - Densidade Malha 2

| Amostra | Carreiras/cm | Colunas/cm | Densidade (cm ²) |
|--------------|--------------|-------------|------------------------------|
| 1 | 24 | 16 | 384 |
| 2 | 24 | 16 | 384 |
| 3 | 24 | 15,5 | 372 |
| 4 | 24 | 16 | 384 |
| 5 | 24 | 16 | 384 |
| Média | 24 | 15,9 | 381,6 |
| σ | 0 | 0,2236 | 5,3666 |
| CV% | 0 | 1,4063 | 1,4063 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 7 - Densidade Malha 3

| Amostra | Carreiras/cm | Colunas/cm | Densidade (cm ²) |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------------|
| 1 | 30 | 17 | 510,0 |
| 2 | 31 | 16,5 | 511,5 |
| 3 | 30 | 16,5 | 495,0 |
| 4 | 31 | 16,5 | 511,5 |
| 5 | 31 | 16,5 | 511,5 |
| Peso Médio | 30,6 | 16,6 | 507,9 |
| σ | 0,5477 | 0,2236 | 7,2405 |
| CV% | 1,7899 | 1,3470 | 1,4256 |

Fonte: Autoria própria (2022)

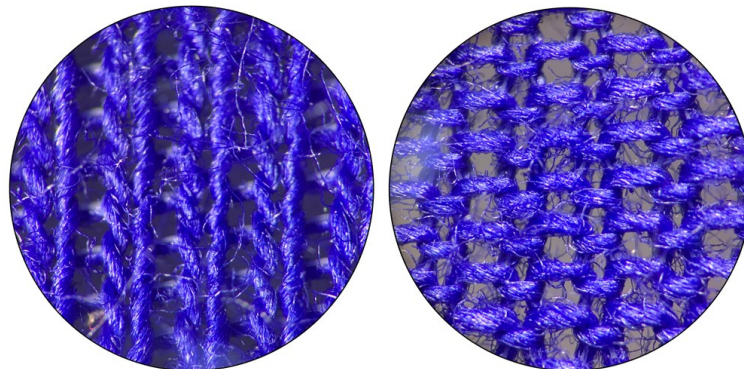
Os resultados da densidade mostram que com o aumento do título do elastano na composição das malhas, existe uma tendência de aumento na densidade. Pode-se perceber também o aumento da gramatura em relação ao aumento do título do fio. Isso se deve ao fato de o aumento do título Denier representar um aumento na massa desse fio de elastano influenciando o aumento da gramatura final das Malhas 1, 2 e 3. No fio de elastano, quando aplicada uma tensão no sentido do comprimento, o fio sofrerá estiramento de 4 a 7 vezes seu tamanho original que ocasiona uma diminuição no título do fio enquanto tensionado, que voltará totalmente ao seu estado original quando a tensão cessar (ROMANI, 2016; SAYED, 2015). A malha confeccionada com o fio de elastano tensionado sofre uma grande retração na largura e no comprimento ocasionando um aumento da densidade da malha no sentido das

carreiras e das colunas (ROMANI, 2016). Quanto maior o estiramento do fio de elastano menor é o seu título e quando cessado o estiramento, ele retorna ao seu estado original, isso faz com que a malha retraia junto com o fio de elastano e ocorre um aumento na quantidade de pontos por centímetro de acordo com o aumento no título e da tensão de estiragem do elastano, como apresentado nas Tabelas 5, 6 e 7. Na Tabela 3 é possível observar que a estiragem das Malhas 2 e 3 é maior que da Malha 1. Com o aumento da densidade de pontos, o peso da malha é maior pois há uma maior quantidade de pontos e conseqüentemente de fios e fibras, resultando em uma maior gramatura como observado na Tabela 4.

4.4 Estrutura

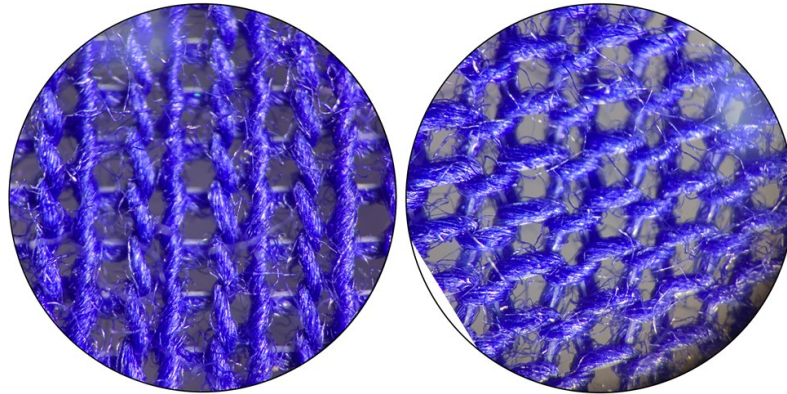
A análise da estrutura das Malhas 1, 2 e 3 foram feitas de acordo com a NBR 13460:1995 e foi possível identificar que as malhas tem a mesma contextura, com passamento do fio de elastano em todas as carreiras da malha. A contextura é a meia malha, também conhecida por Jersey. Segundo Macedo (s. d.) o Jersey é uma contextura básica da mono-frontura, tendo lado direito e avesso bem definidos como ilustrado nas Figuras 13, 14 e 15.

Figura 13 - Lado direito e avesso da Malha 1, respectivamente



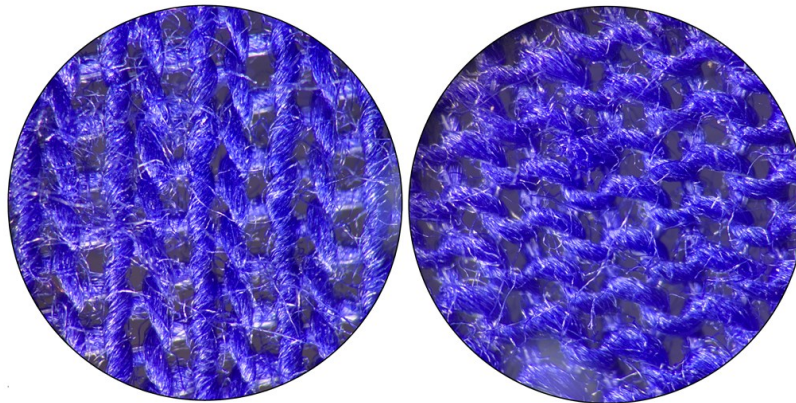
Fonte: Aatoria própria (2022)

Figura 14 - Lado direito e avesso da Malha 2, respectivamente



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 15 - Lado direito e avesso da Malha 3, respectivamente



Fonte: Autoria própria (2022)

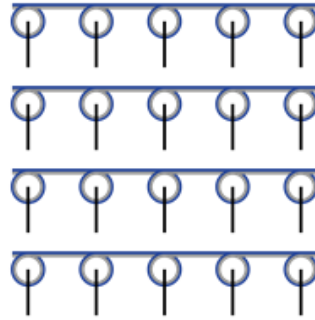
A contextura das Malhas 1, 2 e 3 é a mesma, e o passamento do elastano acontece em todas as carreiras das malhas. A representação do entrelaçamento da malha e do passamento do fio nas agulhas estão representados na Figura 16 e 17, sendo o fio azul o fio de algodão e o fio cinza o fio de elastano. Na malha Jersey as agulhas formam o tecido em uma única direção, apresentando uma diferença de tensão entre o lado avesso e direito da malha, fazendo com que a malha tenha uma tendência de enrolamento nas bordas ou ourelas (MACEDO, s. d.).

Figura 16 - Representação do entrelaçamento da malha de trama Jersey



Fonte: Sadek (2012)

Figura 17 - Passamento dos fios na formação da malha de trama Jersey



Fonte: Autoria própria (2022)

4.5 Elasticidade e Alongamento

Os testes de elasticidade e alongamento foram realizados de acordo com a NBR 12960:1993 e os resultados das medidas quando submetidas aos testes, estão expressos nas Tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8 – Medidas durante o teste Malha 1

| Amostra | Comprimento inicial (cm) | | Comprimento final (cm) | |
|--------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Sem carga | com carga total | Repouso 5 min (sem carga) | Repouso 10 min (sem carga) |
| 1 | 50,7 | 59 | 51 | 51 |
| 2 | 50,6 | 59,6 | 51,3 | 51,2 |
| 3 | 50,4 | 59 | 51 | 51 |
| Média | 50,6 | 59,2 | 51,1 | 51,1 |
| σ | 0,1528 | 0,3464 | 0,1732 | 0,1155 |
| CV% | 0,3021 | 0,5852 | 0,3390 | 0,2261 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 9 - Medidas durante o teste Malha 2

| Amostra | Comprimento inicial (cm) | | Comprimento final (cm) | |
|--------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Sem carga | com carga total | Repouso 5 min (sem carga) | Repouso 10 min (sem carga) |
| 1 | 50,2 | 62,4 | 51 | 51 |
| 2 | 50,5 | 61,8 | 51,1 | 51,1 |
| 3 | 50,6 | 62,2 | 51,1 | 51,1 |
| Média | 50,4 | 62,1 | 51,1 | 51,1 |
| σ | 0,2082 | 0,3055 | 0,0577 | 0,0577 |
| CV% | 0,4128 | 0,4917 | 0,1131 | 0,1131 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 10 - Medidas durante o teste Malha 3

| Amostra | Comprimento inicial (cm) | | Comprimento final (cm) | |
|--------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Sem carga | com carga total | Repouso 5 min (sem carga) | Repouso 10 min (sem carga) |
| 1 | 50,5 | 54,3 | 50,7 | 50,7 |
| 2 | 50,7 | 54,5 | 50,8 | 50,8 |
| 3 | 50,4 | 54,7 | 50,7 | 50,7 |
| Média | 50,5 | 54,5 | 50,7 | 50,7 |
| σ | 0,1528 | 0,2000 | 0,0577 | 0,0577 |
| CV% | 0,3023 | 0,3670 | 0,1138 | 0,1138 |

Fonte: Autoria própria (2022)

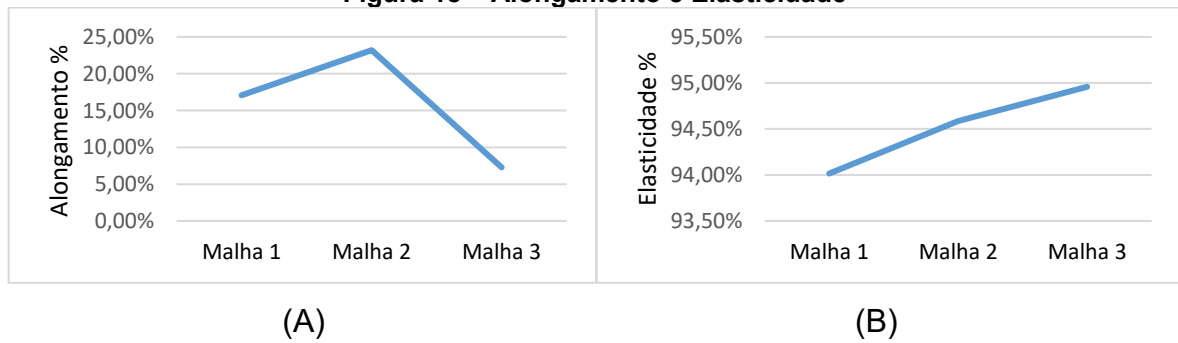
Na Tabela 11 apresenta-se o resultado da média do Alongamento (quando submetidas à carga) e da Elasticidade (capacidade de retornar ao seu tamanho inicial, quando cessada à carga) (NBR 12.960).

Tabela 11 – Alongamento e Elasticidade das Malhas

| Identificação | Alongamento (%) | Elasticidade (%) |
|----------------|-----------------|------------------|
| Malha 1 | 17,07 | 94,01 |
| Malha 2 | 23,2 | 94,59 |
| Malha 3 | 7,28 | 94,96 |

Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com Vasconcelos (2012, apud ALFIERI, 2005), um elastano de menor título, mais fino, 20 e 40 Den, apresentam um maior alongamento em relação a um fio de título mais grosso, 70 Den, quando submetidos à uma mesma carga. Os elastanos mais finos precisam de uma tensão menor para atingir a mesma característica elástica em um determinado artigo, conforme podem ser observados os resultados apresentados na Tabela 11 e na Figura 18 (A). É possível notar que as Malhas 1 e 2, possuem um alongamento bem maior em relação à Malha 3. Quando comparadas as Malhas 1 e 2, temos que levar em consideração também que neste caso o alongamento pode ter sido influenciado pelo fio de algodão, que é mais rígido e mais grosso que o elastano, e que neste caso a malha que possui menor densidade (Tabelas 5, 6 e 7), possuindo então menor comprimento de fio em uma mesma área.

Figura 18 – Alongamento e Elasticidade

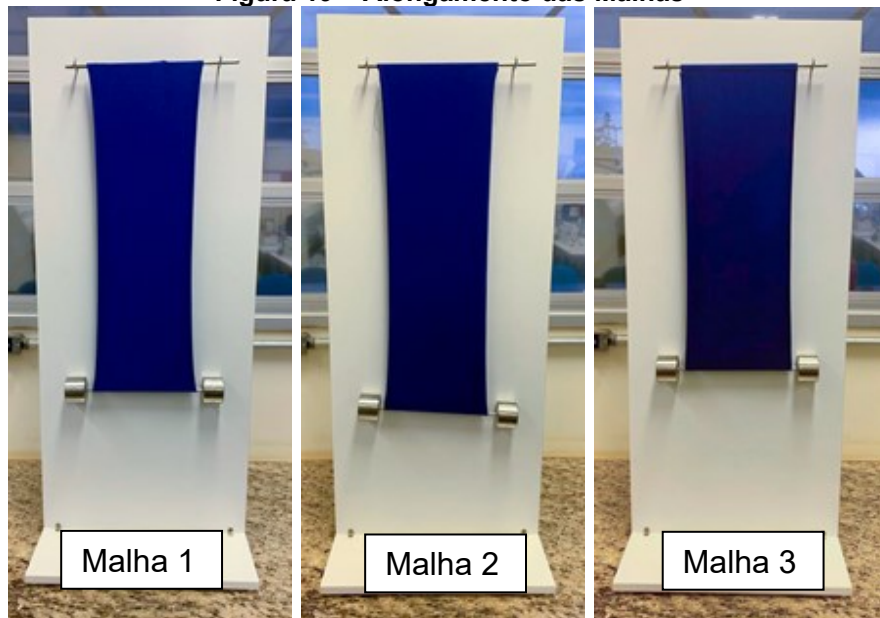
(A)

(B)

Fonte: Autoria própria (2022)

Realizando a análise da Elasticidade que é a capacidade de retornar à sua estrutura original, após cessar a carga (Figura 18-B), observa-se uma tendência de aumento conforme o título do elastano fica mais grosso, ou seja, quanto mais grosso o título do elastano, torna-se mais evidente o retorno ao seu estado inicial quando cessada a carga. Entretanto nenhuma das malhas retornou totalmente ao seu estado inicial, ficando todas com alteração dimensional acima de 5%.

A Figura 19 apresenta a imagem das malhas submetidas à carga durante o teste de Elasticidade/Alongamento NBR 12.960.

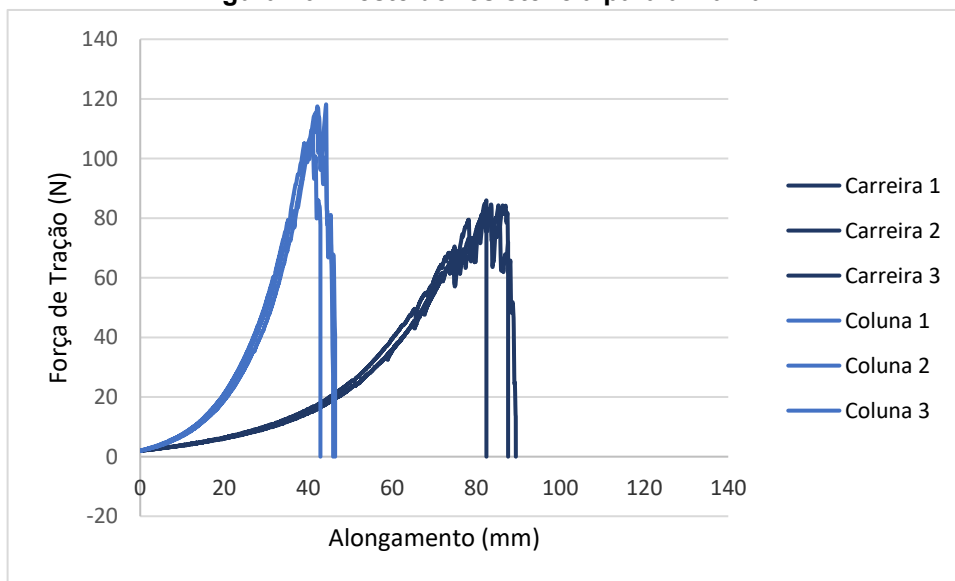
Figura 19 – Alongamento das Malhas

Fonte: Autoria própria (2022)

4.6 Propriedades de Tração

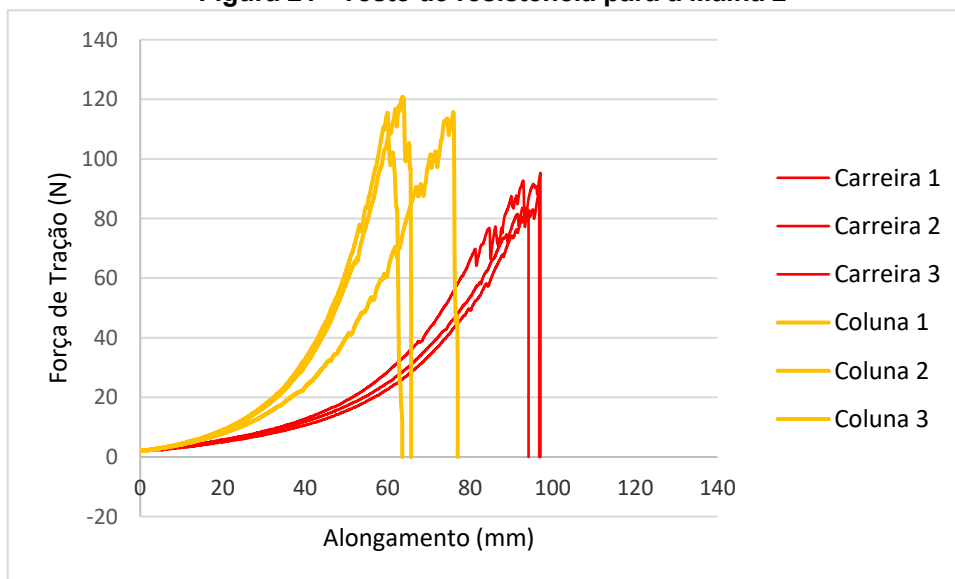
Os testes de tração foram realizados com a utilização do dinamômetro modelo WDW300-E (Time Group), utilizando célula de carga com capacidade de 500 kgf, com velocidade de teste de 200 mm/min e medidas de força a cada 0,5N, testes realizados com a adaptação da NBR ISO 13934-1. Neste teste de tração, são apresentados os resultados de Força de tração (N) e os resultados de alongamento até a ruptura das malhas. Os resultados estão apresentados nas Figuras 20, 21 e 22 e nas Tabelas 11 e 12.

Figura 20 - Teste de resistência para a Malha 1

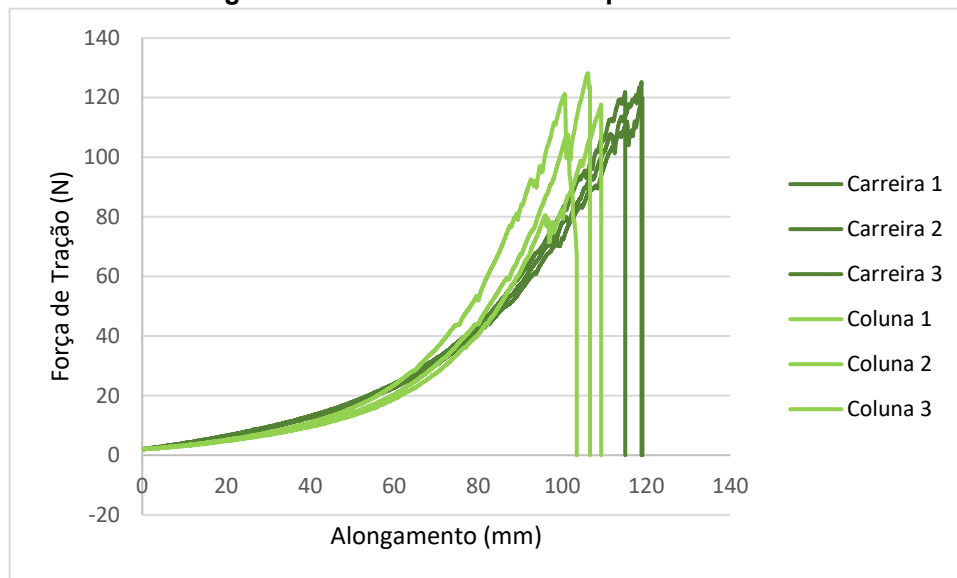


Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 21 - Teste de resistência para a Malha 2



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 22 - Teste de resistência para a Malha 3

Fonte: Autoria própria (2022)

Observando os gráficos das Malhas 1, 2 e 3 (Figuras 20, 21 e 22) é possível perceber que a força de tração necessária para a ruptura das malhas no sentido das carreiras aumenta conforme o aumento do título do elastano. Segundo Eryuruk e Kalaoglu (2016), o aumento da proporção de elastano em um tecido de malha aumenta a resistência à ruptura, o que pode justificar o caráter crescente das forças de tração das Malhas 1, 2 e 3 demonstrados também na Tabela 12 e na Figura 23.

Sitotaw e Adamu (2017) citam que o alongamento à ruptura e a força de tração são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior for o alongamento, menor é a força de tração, e, quanto menor o alongamento maior a força de tração necessária para a ruptura das malhas, isso é facilmente notado nos gráficos apresentados nas Figuras 20, 21 e 22.

De modo geral o alongamento das amostras das Malhas 1, 2 e 3 são crescentes de acordo com o aumento da porcentagem de elastano e de acordo com Sadek *et al.* (2012) quanto maior a porcentagem de elastano maior o alongamento à ruptura em malhas Jersey com elastano.

Observando os gráficos dos testes de força de tração e alongamento na carreira (Tabela 12 e Figura 23) e nas colunas (Tabela 13 e Figura 24) é possível observar que algumas amostras estão com uma variação na força de tração e alongamento à ruptura em relação à média.

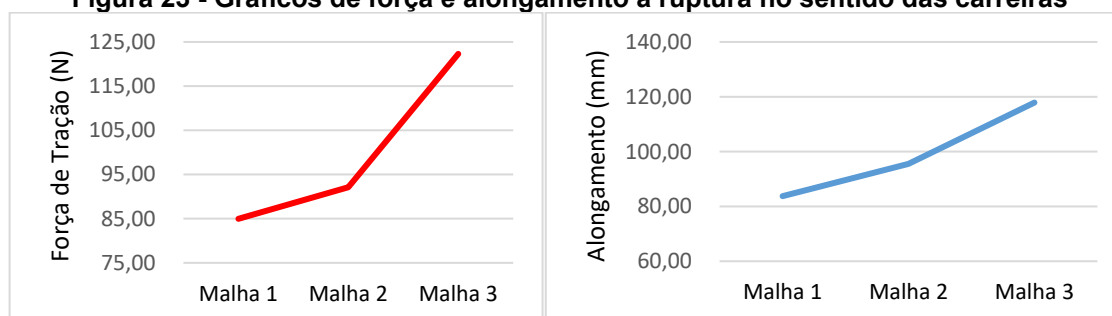
Isso pode ser ocasionado por características inerentes às amostras coletadas e também em relação ao fio de algodão, que possui em sua estrutura irregularidades como pontos finos, pontos grossos, e, que podem deixar alguns pontos mais fracos na estrutura da malha, causando estas variações.

Tabela 12 - Força de tração e alongamento à ruptura no sentido das carreiras

| Amostra | Malha 1 | | Malha 2 | | Malha 3 | |
|--------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) |
| 1 | 86 | 82,4 | 88,3 | 96,6 | 125,2 | 118,88 |
| 2 | 84,6 | 83,56 | 92,7 | 92,9 | 119,9 | 119,8 |
| 3 | 84,3 | 85,29 | 95,3 | 97,04 | 121,8 | 114,99 |
| Média | 84,97 | 83,75 | 92,10 | 95,51 | 122,30 | 117,89 |
| σ | 0,91 | 1,45 | 3,54 | 2,27 | 2,69 | 2,55 |
| CV% | 1,07 | 1,74 | 3,84 | 2,38 | 2,20 | 2,17 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 23 - Gráficos de força e alongamento à ruptura no sentido das carreiras



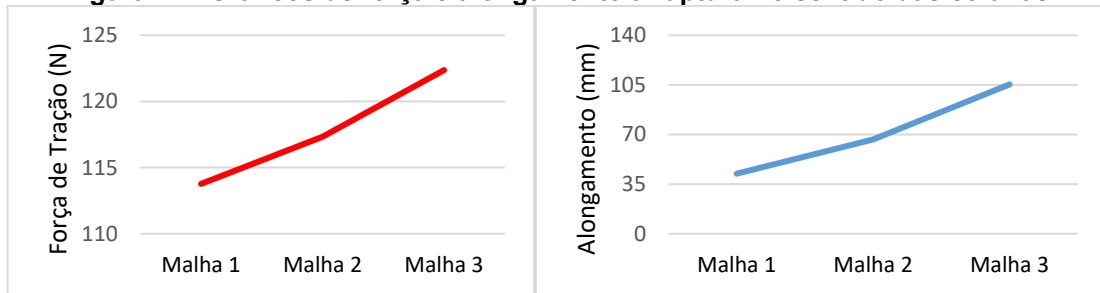
Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 13 - Força de tração e alongamento à ruptura no sentido das colunas

| Amostra | Malha 1 | | Malha 2 | | Malha 3 | |
|--------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) | Força de Tração (N) | Alongamento (mm) |
| 1 | 118,2 | 44,26 | 115,5 | 59,97 | 117,7 | 109,27 |
| 2 | 115,4 | 41,75 | 120,8 | 63,67 | 121,2 | 100,58 |
| 3 | 107,7 | 41,06 | 115,7 | 75,95 | 128,2 | 106,17 |
| Média | 113,77 | 42,36 | 117,33 | 66,53 | 122,37 | 105,34 |
| σ | 5,44 | 1,68 | 3,00 | 8,37 | 5,35 | 4,40 |
| CV% | 4,78 | 3,98 | 2,56 | 12,57 | 4,37 | 4,18 |

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 24 - Gráficos de força e alongamento à ruptura no sentido das colunas

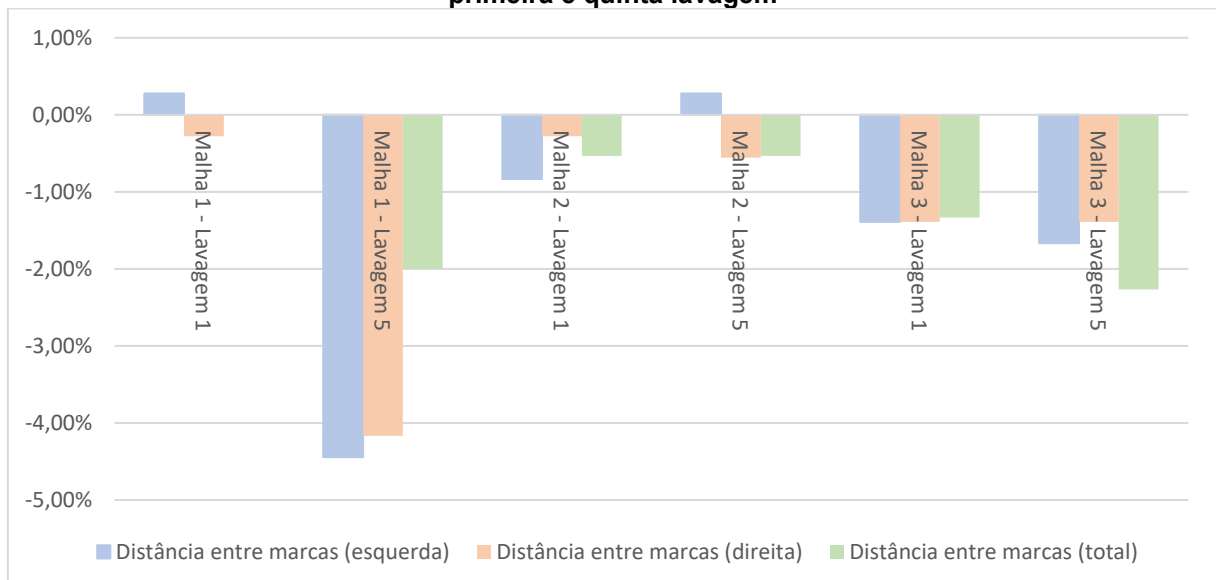


Fonte: Autoria própria (2022)

4.7 Alterações Dimensionais

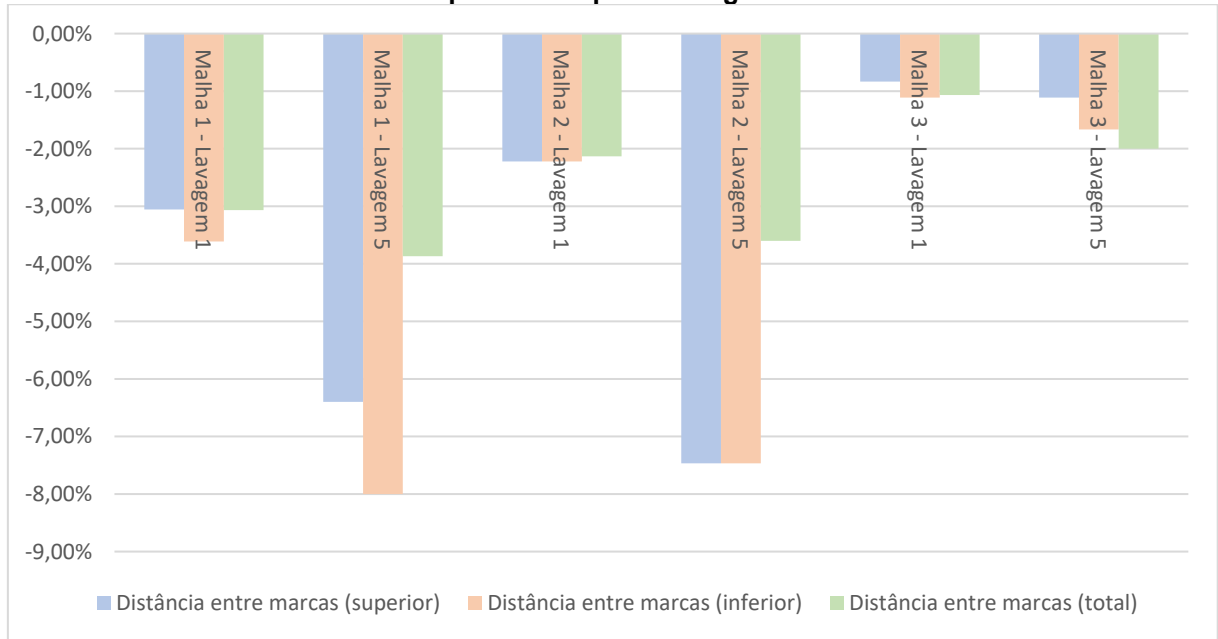
As alterações dimensionais das Malhas 1, 2 e 3 foram calculadas através da Metodologia da NBR 10320:1988 e seus resultados estão expressos nas Figuras 25 e 26, que mostram um gráfico para a alteração dimensional após a primeira e quinta lavagem no sentido das carreiras e no sentido das colunas.

Figura 25 - Alteração dimensional das Malhas 1, 2 e 3 no sentido das carreiras depois da primeira e quinta lavagem



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 26 - Alteração dimensional das Malhas 1, 2 e 3 no sentido das colunas depois da primeira e quinta lavagem



Fonte: Autoria própria (2022)

No estudo feito por Eryuruk e Kalaoglu (2016), os tecidos de malha Jersey com diferentes porcentagens de elastano foram analisados e para o tecido de menor quantidade de elastano a alteração dimensional é maior e para o tecido com maior porcentagem de elastano a alteração dimensional é menor. Essa tendência pode ser observada após a quinta lavagem como demonstrado nas Figuras 25 e 26, entretanto no sentido das carreiras a malha 2 apresenta uma menor alteração dimensional que as Malhas 1 e 3.

A quantidade de elastano também influencia no enrolamento das malhas, sendo que uma maior quantidade de elastano provoca um menor enrolamento nas bordas ou orelas da mesma (ERYURUK e KALAOGLU, 2016). Isso pode ser observado nas Figuras 27, 28 e 29, que representam as malhas 1, 2 e 3 antes do processo de lavagem e secagem, após o primeiro ensaio e após o quinto ensaio.

Figura 27 - Malhas 1, 2 e 3 antes do processo de lavagem



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 28 - Malhas 1, 2 e 3 após a primeira lavagem e secagem



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 29 - Malhas 1, 2 e 3 após a quinta lavagem e secagem



Fonte: Autoria própria (2022)

5 CONCLUSÃO

A partir dos estudos e testes realizados foi possível concluir que existe uma relação entre o título do elastano da malha de trama Jersey e todas as propriedades estudadas, bem como uma correlação entre elas.

Analisando os resultados dos testes percebemos que a porcentagem de elastano influencia nas três variáveis das malhas de trama investigadas, largura do tecido, gramatura e densidade:

1. A largura do tecido de malha Jersey é menor quanto maior o título do elastano;
2. A gramatura aumentou com o aumento da proporção de elastano nas malhas;
3. A densidade também aumenta de acordo com o aumento do título, tendo um aumento mais acentuado no sentido das carreiras do que das colunas;

Também foi possível concluir que a influência do elastano nas demais propriedades:

4. O aumento do título do elastano na estrutura da malha Jersey aumenta sua estabilidade dimensional diminuindo o enrolamento nas bordas das malhas com maior porcentagem de elastano;
5. A elasticidade e alongamento aumentam quando a proporção de elastano na malha de trama é maior, porém em relação ao alongamento, para um elastano de título de 70 Den é necessária uma maior carga para conseguir alongamentos significativos;
6. A resistência a ruptura e o alongamento a ruptura também aumentaram em relação ao aumento nos títulos dos fios da malha Jersey, com um maior alongamento no sentido das carreiras e uma maior força de ruptura no sentido das colunas;
7. A estabilidade dimensional se provou maior nos tecidos de malha Jersey com maior porcentagem de elastano visualmente após a primeira lavagem e secagem e visualmente e experimentalmente após o quinto ensaio.

Entre as amostras analisadas a Malha 1 tem a maior largura de tecido e a maior alteração dimensional, a Malha 2 apresentou o maior alongamento e uma alteração dimensional menor no sentido das carreiras e a Malha 3 obteve os melhores resultados para estabilidade dimensional, resistência e a alongamento à ruptura e elasticidade mostrando que o aumento do título do elastano pode melhorar essas propriedades do tecido. Assim, podemos concluir que o aumento do título do elastano

na malha de trama de algodão aumenta a estabilidade dimensional do tecido e influencia as demais propriedades, ampliando os valores de gramatura, densidade, resistência à ruptura, alongamento à ruptura, alongamento percentual e elasticidade do tecido de malha Jersey.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Relatório de acompanhamento setorial têxtil e confecção**. Volume I. ABDI e Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Unicamp, 2008.

ALVARENGA, L. G. S. **Eficiência da seleção para qualidade da fibra no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás - Escola de Agronomia - Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Goiânia, 2018.

AMARAL, L.; JAIGOBIND, A. G. A; JAISINGH, S. **Confecção de tecidos em malha**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Cartilha de costurabilidade, uso e conservação de tecidos para decoração**. 2 ed., Comitê de Tecidos para Decoração da ABIT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. ABIT e CNI, Brasília, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10320**: materiais têxteis – determinação das alterações dimensionais de tecidos planos e malhas – lavagem em máquina doméstica automática – método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10591**: materiais têxteis – determinação da gramatura de superfícies têxteis. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12060**: materiais têxteis – determinação do número de carreiras/cursos e colunas em tecidos de malha. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12744**: fibras têxteis. Rio de Janeiro: ABNT, 1993a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12960**: tecido de malha – determinação da elasticidade e alongamento. Rio de Janeiro: ABNT, 1993b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13460**: tecido de malha por trama – determinação da estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 13934-1**: têxteis – propriedades de tração de tecidos parte 1: determinação da força máxima e

alongamento à força máxima utilizando o método de tira. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BACHELIER, B.; GOURLOT, J. **A fibra de algodão: origem, estrutura, composição e caracterização**. AMPA – IMAmt, 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/85635604-A-fibra-de-algodao-parte-2.html>. Acesso em: 27 jul. 2021.

BEZERRA, F. D. **Análise retrospectiva e prospectiva do setor têxtil no Brasil e no Nordeste**. Informe Técnico do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, Fortaleza, 2014.

CAMARGOS, T. **Malha para uniforme: o que você precisa saber para escolher a melhor para sua marca**. W3 Uniformes Corporativos, 2020. Disponível em: <https://w3uniformes.com.br/malha-para-uniforme/>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CHEREM, L. F. C. **Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha de algodão**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CONMETRO (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior). **Resolução nº 02, de 06 de maio de 2008**. Conselho Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO, 2008.

ERYURUK, S. H.; KALAOGLU, F. **Analysis of the performance properties of knitted fabrics containing elastane**. International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 28 Issue: 4, pp.463-479, <https://doi.org/10.1108/IJCST-10-2015-0120>, 2016.

FUZIWARA, M. **Cálculo técnico têxtil**. s. d. Disponível em: <http://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Apostila-de-C%C3%A1lculo-T%C3%A9cnico-T%C3%AAtil-Marco-Fuziwar.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

KUASNE, A. **Curso têxtil em malharia e confecção 2º módulo – fibras têxteis**. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Centro Federal De Educação Tecnológica de Santa Catarina – CEFET – SC, Araranguá, 2008.

LOBO, R. N.; LIMEIRA, E. T. N. P.; MARQUES, R. N. **Fundamentos da tecnologia têxtil - da concepção da fibra ao processo de estamparia**. 1 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

MACEDO, A. M. K. S. **Apostila de análise de malhas (ANM)**. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica - Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, s. d.

NAVARRO, M. S. **Análise de ensaios de lavagens em tecidos de poliéster com diferentes concentrações de sabão de uso doméstico**. Tese (Doutorado em

Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade De Engenharia Química, Campinas, 2007.

PEREIRA, G. S. **Materiais e processos têxteis**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, 2009.

PÉREZ, J. B. **Manufacturing processes in the textile industry. Expert systems for fabrics production**. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, Regular Issue, Vol. 6 N. 1, pg. 41-50, eISSN: 2255-2863 DOI: <http://dx.doi.org/10.14201/ADCAIJ2017614150>, 2017.

ROMANI, M. **A influência da tensão do elastano durante o processo produtivo nas propriedades elásticas dos tecidos com elastano para fitness**. Dissertação (Pós-Graduação em Têxtil e Moda) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SADEK R.; EL-HOSSINI A. M.; ELDEEB A. S.; YASSEN A. A. **Effect of lycra extension percent on single jersey knitted fabric properties**. Mansoura University, Textile Engineering Department, Mansoura, Egito, 2012.

SANCHES, R. A. **Procedimento para o desenvolvimento de tecidos de malha a partir de planejamento de experimentos**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Unicamp - Comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2006.

SAYED, A. **Properties of spandex fabrics**. Site Textile Apex – A guide to Textile and Clothing. Disponível em: <https://textileapex.blogspot.com/2015/06/properties-of-spandex-fabrics.html>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SCHAEFER, M. F.; OLIVEIRA, R. **Alteração dimensional da malharia circular**. Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE, Brusque, 2010.

SEDUC-CE (Secretaria da Educação do Governo do Estado do Ceará). **Modelagem em malha**. Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP - Ensino Médio Integrado à Educação Profissional - Curso Técnico em Vestuário, SEDUC-CE, s.d.(a).

SEDUC-CE (Secretaria da Educação do Governo do Estado do Ceará). **Tecidos e fibras**. Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP - Ensino Médio Integrado à Educação Profissional - Curso Técnico em Modelagem do Vestuário, SEDUC-CE, s.d.(b).

SENAI MIX DESIGN. **Manual técnico têxtil e vestuário #01 fibras têxteis**. Editora SENAI-SP, São Paulo, 2014.

SENAI MIX DESIGN. **Manual técnico têxtil e vestuário #02 fios têxteis**. Editora SENAI-SP, São Paulo, 2015a.

SENAI MIX DESIGN. **Manual técnico têxtil e vestuário #03 malharia**. Editora SENAI-SP, São Paulo, 2015b.

SITOTAW, D. B. **An investigation on the dependency of bursting strength of knitted fabrics on knit structures**. ISSN: 2169-0316 Industrial Engineering & Management 6: 221. doi:10.4172/2169-0316.1000221, 2007.

SITOTAW, D. B.; ADAMU B. F. **Tensile properties of single Jersey and 1x1 rib knitted fabrics made from 100% cotton and cotton/lycra yarns**. Textile Engineering Department, Bahir Dar University, Ethiopian Institute of Textile and Fashion Technology (EiTEX), Bahir Dar, Etiópia, 2017.

STEIN, V. **Índice de proporcionalidade de cobertura: um fator para previsibilidade das características da qualidade nos tecidos de malha**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2013.

VASCONCELOS, F. B. **Influência dos parâmetros de regulação de máquina nas características físicas de malhas de poliamida/elastano**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.