

Jéssica Andressa de Oliveira Santos
IFSULDEMINAS - Campus Passos
jessicaasaantos.oliveira@gmail.com

Jussara Aparecida Teixeira
IFSULDEMINAS - Campus Passos
jussara.teixeira@ifsuldeminas.edu.br

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA CÁLCULO DE ELASTICIDADE NA MODELAGEM DE CALÇAS *fitness*

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo sobre a aplicação da porcentagem de elasticidade do tecido de malha na construção da modelagem de calças *fitness*, aspecto fundamental para o conforto e o desempenho do vestuário esportivo. Trata-se de um estudo experimental comparativo, cujo objetivo foi comparar dois métodos de cálculo da elasticidade em tecidos de malha, aplicados à modelagem de calças *fitness*, visando otimizar a vestibilidade e o conforto das peças. O procedimento metodológico incluiu a comparação entre os métodos de cálculo da elasticidade propostos por Mukai (2016) e Watkins (2011). Esses métodos foram aplicados a uma malha *suplex power* de poliamida (300 g/m², 90% poliamida e 10% elastano) para a construção dos moldes e protótipos de duas calças *fitness*, os quais foram avaliados por meio de provas de vestibilidade e análise ergonômica. Os resultados indicaram que o método de Mukai (2016) apresentou maior assertividade, proporcionando melhor ajuste e conforto, enquanto o método de Watkins (2011) resultou em peças excessivamente justas. Os experimentos validaram um método eficaz de aplicação da elasticidade, contribuindo significativamente para a melhoria da qualidade e da funcionalidade na modelagem de vestuário *fitness*.

Palavras-chave: Métodos comparativos; Cálculo de elasticidade; Tecido de malha; Modelagem.

Comparison of Methods for Calculating Elasticity in Fitness Pants Patternmaking

ABSTRACT

This article presents a study on the application of fabric stretch percentage in the construction of fitness pants patterns—a fundamental aspect for ensuring comfort and performance in sportswear. This is a comparative experimental study aimed at evaluating two methods for calculating elasticity in knit fabrics, applied specifically to the patternmaking of fitness pants, aiming to optimize garment fit and comfort. The methodological approach involved a

comparison between the elasticity calculation methods proposed by Mukai (2016) and Watkins (2011). These methods were applied to a suplex power polyamide knit fabric (300 g/m², 90% polyamide and 10% elastane) for the development of patterns and prototypes of two fitness pants models. The resulting garments were then evaluated through fitting sessions and ergonomic analysis. The results indicated that Mukai's method (2016) demonstrated greater accuracy, yielding better fit and comfort, whereas Watkins's method (2011) resulted in excessively tight garments. The experiments validated an effective method for applying elasticity calculations, contributing significantly to the enhancement of quality and functionality in fitness apparel patternmaking.

Keywords: Comparative methods; Elasticity calculation; Knit fabric; Pattern making.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por vestuário *fitness* evidencia a necessidade de peças que aliem desempenho estético, conforto e funcionalidade. No entanto, é comum que a modelagem dessas peças resulte em ajustes inadequados, como calças excessivamente justas ou largas e *tops* com posicionamento incorreto. Tais falhas comprometem não apenas a aparência da peça, mas também a *performance* do usuário, restringindo movimentos, dificultando a transpiração e, em casos mais graves, afetando a circulação sanguínea (Nascimento, 2014).

Um dos principais fatores que contribuem para esses problemas está na aplicação incorreta do percentual de elasticidade dos tecidos de malha no processo de modelagem. Esse fator influencia diretamente o caimento, a adaptabilidade ao corpo e o conforto durante o uso, sendo, portanto, um parâmetro fundamental para a construção de moldes mais precisos e funcionais.

Apesar de sua importância, o cálculo da elasticidade ainda é, muitas vezes, realizado de forma empírica ou com base em métodos pouco padronizados, o que pode comprometer os resultados na prática. Diante disso, torna-se relevante investigar quais métodos de cálculo da elasticidade oferecem maior precisão e aplicabilidade na modelagem de roupas destinadas à prática esportiva.

Com base nesse contexto, a presente pesquisa propôs a seguinte questão: Qual dos métodos para o cálculo da elasticidade, Mukai (2016) ou Watkins (2011), apresenta maior assertividade quando aplicado a tecidos de malha com elastano utilizados na modelagem de calças *fitness*?

Diante dessa problemática, o objetivo geral deste estudo foi comparar dois métodos de cálculo da elasticidade em tecidos de malha, aplicados à modelagem de calças *fitness*, visando otimizar a vestibilidade e o conforto das peças.

A metodologia adotada caracterizou-se como um estudo experimental de natureza comparativa. Os dois métodos de cálculo de elasticidade (Mukai, 2016, e Watkins, 2011) foram aplicados a uma malha *suplex power* de poliamida (300 g/m², 90% poliamida e 10% elastano).

A partir dos percentuais de elasticidade obtidos, foram desenvolvidos moldes e confeccionados protótipos de calças *fitness*. As peças foram então submetidas a provas de vestibilidade e análise ergonômica, com o intuito de avaliar o desempenho dos métodos na prática.

2 O VESTUÁRIO *FITNESS* E SUAS DEMANDAS

A crescente demanda por vestuário *fitness* reflete uma busca por melhor qualidade de vida e a integração da atividade física ao cotidiano. Este segmento da moda, que engloba o movimento *athleisure*, uma tendência que une peças esportivas e casuais para o dia a dia, exige roupas que aliem desempenho estético, conforto e funcionalidade (SEBRAE, 2019). No entanto, é comum que a modelagem dessas peças resulte em ajustes inadequados, como calças excessivamente justas ou largas e *tops* com posicionamento incorreto (Nascimento, 2014).

O uso de vestuário impróprio durante a prática de exercícios físicos pode comprometer a circulação sanguínea, restringir movimentos e dificultar a transpiração, afetando a *performance* do usuário (Nascimento, 2014). Nesse contexto, o conceito de *fitness* na moda esportiva está diretamente ligado à forma como a roupa se ajusta ao corpo, proporcionando liberdade de movimento e eficiência. Graças à tecnologia têxtil, o vestuário *fitness* tem incorporado tecidos tecnológicos, como o *dry-fit* e malhas de compressão, que oferecem secagem rápida, regulação térmica, proteção UV, e favorecem a circulação sanguínea e a redução da fadiga muscular (Antônio, 2013; SEBRAE, 2019).

Além dos avanços tecnológicos, a modelagem de roupas *fitness* transcende o aspecto estético, sendo desenvolvida com foco na liberdade de movimento, na redução de atritos e na otimização da aerodinâmica, especialmente em esportes de resistência. Uma modelagem bem elaborada possibilita a inserção de detalhes funcionais, como bolsos estratégicos, alças ajustáveis e zonas com tecidos mais respiráveis, evidenciando o cuidado com cada detalhe do *design* e contribuindo para a *performance* e o conforto do usuário (Nascimento, 2014).

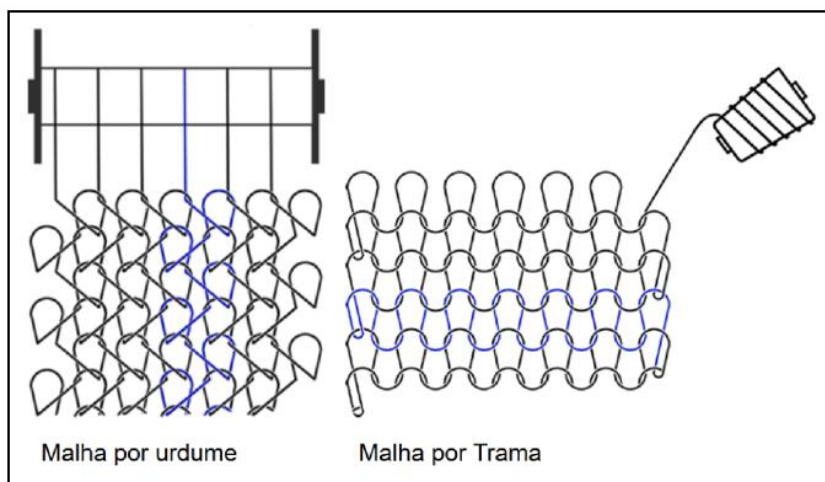
A elasticidade dos tecidos, em especial, emerge como um componente fundamental para a funcionalidade e estética dessas peças, sendo um dos fatores que mais interfere no processo de modelagem.

2.1 Malhas: características e propriedades

Pode-se dizer que a elasticidade de um tecido está relacionada à capacidade de alterar suas dimensões quando tensionado e de retornar ao seu formato original quando a tensão é retirada (Lobo, Limeira e Marques, 2014). Dentre os elementos que mais interferem na

elasticidade têxtil, o tipo de armação é o principal. Para Udale (2009), os tecidos de malha são basicamente fabricados por laçadas interligadas ao longo de sua urdidura (colunas) ou trama (carreiras), proporcionando uma qualidade elástica ao tecido. (Figura 1).

Figura 1 – Tipos de malhas



Fonte: www.ns.com.br

As malhas por urdume são constituídas por múltiplos fios que se entrelaçam na direção vertical, exigindo um fio para cada coluna e o uso de máquinas específicas, como os teares *Kettenshull* e *Raschel*. Esse método de formação gera tecidos com menor elasticidade, porém com maior resistência e estabilidade dimensional, o que dificulta o desmanche da estrutura (SENAI, 2015).

Por sua vez, as malhas por trama são formadas por laçadas horizontais geradas por um único fio contínuo, percorrendo sucessivamente o sentido do curso. Essa construção confere ao tecido elevada elasticidade lateral, o que o torna ideal para peças que exigem conforto e ajuste ao corpo. Este tipo de malha pode ser construído em teares circulares e retilíneos, e sua largura é determinada pelo número de agulhas. Assim, a malha por trama pode ser “desmalhável” (desfeita) e sua estabilidade dimensional não é exata (SENAI, 2015). Todos esses fatores fazem com que a malha por trama seja mais elástica quando comparada às malhas por urdume; no entanto, de modo geral, todas as malhas têm maior elasticidade quando tensionadas no sentido horizontal, ou seja no sentido da trama.

Outro fator que interfere na elasticidade da malha está relacionado ao tipo de fio utilizado. Para Lobo, Limeira e Marques (2014), o fio de malha precisa ter maior uniformidade para evitar variações, menor torção para elevar a flexibilidade e a elasticidade, e menor resistência quando comparado aos fios destinados aos tecidos planos, pois seu processo de tecelagem passa por menor atrito.

Além disso, a composição do tecido de malha também impacta sua elasticidade. A depender do tipo de fibra, a malha assume características diferentes: mais maleável, elástica

ou mais rígida; mais fresca ou mais quente etc. Atualmente, porém, o elastano (LYCRA®) é a fibra que mais contribui para o fator elasticidade que temos no mercado. Sua aplicação, mesmo que em porcentagens pequenas, consegue alterar significativamente a estrutura de quaisquer tecidos, sejam eles planos ou malhas (SENAI, 2015).

Outra característica tão importante quanto as demais estão vinculadas ao tipo de ligamento ou estrutura de cada malha. As malhas são formadas por um conjunto de agulhas que podem ser ajustadas em apenas um lado do tear (monofratura) ou em ambos os lados (dupla fratura). As malhas construídas pela monofratura, conhecidas como meia malha, são instáveis e apresentam diferenças no direito e avesso do tecido. Já as malhas feitas na dupla fratura possuem maior estabilidade, e o direito e o avesso do tecido apresentam a mesma característica (Lobo, Limeira e Marques, 2014).

Assim, diferente dos tecidos planos, que são rígidos devido ao seu entrelaçamento por dois fios (trama e urdume) na perpendicular, os tecidos de malha se destaca por acompanhar com facilidade os contornos corporais em função da sua formação por laçadas, que promovem alongamento, elasticidade, maleabilidade e flexibilidade, favorecendo a liberdade de movimentos e melhorando seu desempenho físico, sobretudo durante a prática esportiva. Além disso, a porosidade gerada entre os elos das laçadas propicia à malha maior respirabilidade e oferece ao usuário uma sensação térmica mais agradável, um melhor caimento natural e menor propensão ao amarrotamento (Udale, 2009).

Por todas estas características, a malha vem sendo muito utilizada para diversos segmentos da indústria da moda, sobretudo para roupas de uso diário e roupas funcionais voltadas a atividades *fitness*. Sendo assim, a malha por trama com a presença de elastano pode ser a mais indicada para desenvolver produtos para moda *fitness*, uma vez que estes produtos precisam ter boa compressão, elasticidade, conforto e resistência ao atrito (Barra, 2023).

Para Romani (2016), a importância do controle da tensão do fio de elastano durante o processo produtivo pode garantir a qualidade e a *performance* dos tecidos. O autor observa que “o monitoramento da tensão do elastano resulta em tecidos com maior força de recuperação e melhor desempenho elástico, mantendo a gramatura dentro das especificações desejadas” (Romani, 2016, p. 112). Isso possibilita maior regularidade produtiva e peças mais eficazes para o uso de atividades físicas e práticas esportivas, onde a força elástica torna-se um fator essencial para a funcionalidade e a estética do vestuário esportivo.

Dentre as malhas mais utilizadas no segmento de moda *fitness* estão: o *cirré*, malha *light*, *dry sport*, *dry aero*, *lycra suplex*, *lycra emana*, malha *prada*, *spandex*, *suplex*, *lenatex*, *cotton* e *fluidly* (Mukai, 2016). Dentre estas, destaca-se a malha *Suplex power* de poliamida.

Segundo Barra (2023), o processo de tricotagem da malha *suplex* pode ocorrer por meio do processo de trama em tear circular. Sua composição tanto pode ser pela combinação

das fibras de poliéster e elastano quanto de poliamida e elastano. O *suplex* de poliéster possui um toque mais áspero e texturizado quando comparado ao *suplex* de poliamida. Contudo, ambas se alongam em todas as direções em função da alta porcentagem da fibra de elastano, que confere ao tecido maior elasticidade, conforto e liberdade aos movimentos. A malha não amassa, permite a circulação de ar, mantém a pele seca durante a prática de exercícios físicos, não desbota e seca rapidamente.

2.2 Elasticidade têxtil na modelagem

De modo sucinto, o grau de elasticidade de um tecido de malha pode variar conforme o tipo de fibra, o tipo de torção do fio e o tipo de trama aplicada na produção da malha. Em outras palavras, a gramatura e a densidade de uma malha podem interferir diretamente em sua elasticidade, ou seja, quanto mais densa e com uma gramatura maior, menor será a elasticidade de um tecido de malha e vice-versa.

Contudo, como visto, a principal característica da malha está atrelada ao seu processo de formação em laçadas que escorregam umas por dentro das outras quando sob tensão e retornam à posição inicial quando a tensão é retirada. Cabe acrescentar que a elasticidade da malha pode ser consideravelmente elevada com a inserção da fibra de elastano e que esta elasticidade interfere diretamente na sua estabilidade dimensional. Assim, ao ser condicionada para manter a mesma estabilidade dimensional e em seguida enrolada em rolos, a malha permanece tensionada até ser desenrolada para uso. Por isso, antes de submeter a malha ao processo de corte, é necessário desenrolá-la para retirar a tensão aplicada e deixá-la em repouso por pelo menos 24 horas para que as laçadas retornem ao seu estado original (Lobo, Limeira e Marques, 2014).

Dito isso, o passo seguinte refere-se ao cálculo da elasticidade do tecido, que deve ser realizada após o seu tempo de descanso. Como visto, a elasticidade de um tecido está relacionada à sua capacidade de estiramento, quando tensionado, e à sua capacidade de regressar ao seu estado original, quando a tensão é retirada. Para Mukai (2016), o grau de elasticidade da malha, na largura e comprimento, precisa ser conhecido para que sua porcentagem de elasticidade seja aplicada na redução das bases de modelagem.

Esse cálculo da porcentagem visa ajustar o molde ao comportamento do tecido, assegurando uma vestibilidade eficiente, sem excesso de tecido ou compressão exagerada. A falta desse cuidado pode comprometer tanto a funcionalidade da peça quanto a sua durabilidade, além de impactar negativamente na estética e na experiência do usuário. Assim, ao mesmo tempo que a modelagem de tecidos de malha tende a ser mais simples, por não exigir recortes e pences para ajustar o tecido ao corpo, é necessário o conhecimento técnico

para calcular corretamente a elasticidade da malha e aplicá-la à modelagem, para que a peça tenha um caimento adequado ao corpo.

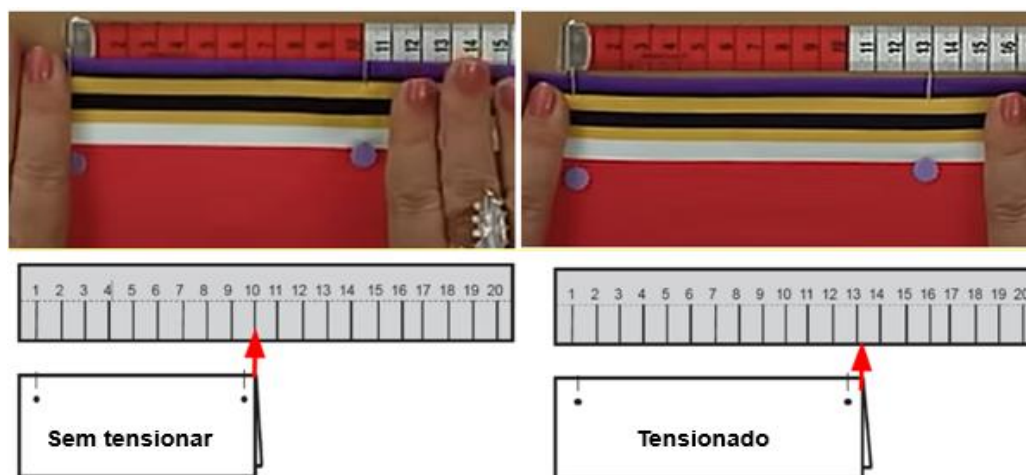
Dessa forma, este estudo se ateve em conhecer e aplicar dois tipos de métodos voltados ao cálculo de elasticidade da malha para identificar aquele que melhor se adapta ao cálculo para malhas *fitness*, mais detidamente *suplex* de poliamida.

2.2.1 Métodos de cálculo da elasticidade: Mukai (2016)

De acordo com Mukai (2016), para o cálculo da elasticidade de malhas, faz-se necessário: uma amostra de tecido de 15 cm de largura por 20 cm de comprimento; uma fita métrica e alfinetes de costura.

Primeiramente, a amostra de tecido deve ser cortada nas medidas sugeridas. Uma fita métrica deve ser presa a uma base plana com fita adesiva transparente. O tecido deve ser dobrado no sentido de seu comprimento em partes iguais. Insere-se um alfinete no tecido dobrado a uma distância de 2,5 cm da margem esquerda do tecido e próxima da dobra. Posicione o alfinete no marco zero da fita métrica e insira outro alfinete no marco de 10 cm da fita métrica, próximo à dobra do tecido (Figura 2 a esquerda).

Figura 2 – Como mensurar a elasticidade no método Mukai



Fonte: Adaptado de Mukai (2016; 2022)

Em seguida, com a mão esquerda, o tecido deve ser segurado firmemente junto com o alfinete da margem esquerda sob a base onde foi presa a fita métrica na marcação zero, e com a mão direita, a outra extremidade do tecido deve ser puxada (esticada) onde está posicionado o alfinete no ponto 10 cm. Esse estiramento deve ocorrer sem que o tecido sofra deformação. Marque o quanto o tecido pode ser esticado e faça o cálculo da diferença de medida entre a posição de 10 cm e a nova posição alcançada após a malha ser esticada (Figura 2 a direita). O resultado encontrado deve ser submetido ao cálculo de elasticidade pela seguinte fórmula:

$$a) \text{ Grau de elasticidade} = \text{Tecido Tensionado} - \text{Tecido sem tensionar}$$

A diferença em centímetros é convertida em porcentagem. No exemplo (Figura 2), a diferença foi de três centímetros, o que representa 30% de elasticidade.

2.2.2 Métodos de Cálculo da Elasticidade: Watkins (2011)

Para Watkins (2011, *apud* Percebom *et al.*, 2021), os métodos utilizados para calcular a elasticidade da malha podem ser falhos e resultar em valores distintos, pois, na maioria dos casos, dependem da intensidade da força aplicada para tensionar a malha até seu ponto de deformação. Além disso, a interpretação do grau de deformação também pode interferir significativamente na porcentagem de redução a ser aplicada à malha. Em função disso, Watkins (2011) propôs o “método de teste de carga quadrangular”, desenvolvido com o objetivo de determinar o grau de elasticidade de malhas de trama e urdume, de forma a orientar adequadamente a redução de moldes para peças justas ao corpo.

O método de cálculo da elasticidade proposto por Watkins (2011) consiste em um teste simples, que utiliza uma carga-padrão sobre amostras de malha com marcações de referência, permitindo obter o grau de elasticidade do tecido em diferentes direções.

Este método foi descrito e utilizado por Percebom *et al.* (2021), que detalham os passos para sua execução. O Quadro 1 apresenta os materiais e as etapas do método de Watkins (2011) descrito por Percebom *et al.* (2021).

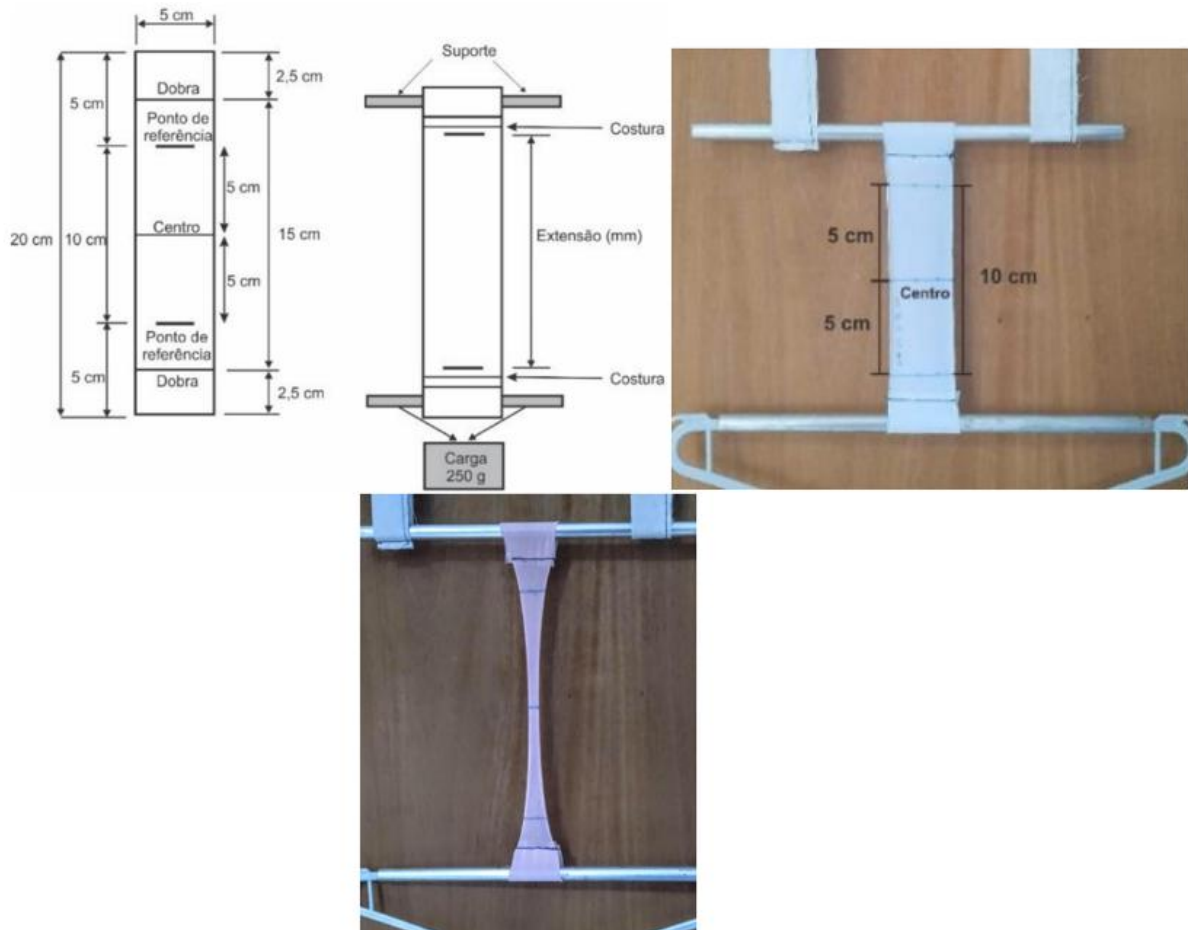
Quadro 1 - Materiais e etapas do teste de elasticidade por carga quadrangular de Watkins (2011)

Materiais/etapas	Descrição
Materiais necessários	- Régua milimetrada ou paquímetro - Marcador permanente - Linha e agulha - Tesoura - Amostras de malha a serem testadas - Suporte para suspensão da amostra (cabide ou estrutura rígida) - Massa-padrão de 250 gramas - Prendedores ou ganchos para fixação da amostra e da carga
1. Corte das amostras	Recortar 4 amostras retangular de 20 cm (comprimento) x 5 cm (largura), com o lado maior alinhado à direção da malha a ser testada: trama, urdume, viés 45° e viés 135°.
2. Marcação do quadrado de teste	Marcar a partir do centro da amostra um retângulo com 5 cm para cada lado com linhas visíveis, que servirá de referência para medir deformação (alongamento)
3. Aplicação da carga	Suspender verticalmente a amostra e fixar uma massa de 250 gramas na extremidade inferior do quadrado, promovendo o alongamento.
4. Medição do alongamento	Após estabilização, aproximadamente um minuto, medir o comprimento final do lado da marcação na direção do esforço, com régua ou paquímetro. Registrar o valor em milímetros (mm).

Fonte: Adaptado de Percebom *et al* (2021)

O processo deve ser repetido para cada direção das amostras (trama, urdume, viés 45° e viés 135°). Para melhor compreensão do procedimento, a Figura 3 ilustra a aplicação prática do teste de elasticidade da malha, conforme descrito no método de Watkins (2011) e apresentado no Quadro 1.

Figura 3 – Aplicação do teste de elasticidade de Watkins (2011)



Fonte: Percebom *et al.* (2021, p. 262, 256, 274)

Após a medição em milímetros do alongamento da malha, realiza-se o cálculo do grau de elasticidade, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Grau de elasticidade (\%)} = \left(\frac{\text{comprimento final (mm)} - 100}{100} \right) \times 100$$

Este cálculo indica o percentual de elasticidade da malha em cada direção testada. O procedimento deve ser repetido para todas as direções: trama, urdume, viés 45° e viés 135°.

Este método permite comparar a elasticidade das malhas em diferentes orientações e utilizar esses valores no desenvolvimento de moldes ajustados. É importante ressaltar que Watkins (2011) não define um padrão obrigatório para a direção do molde, permitindo que o posicionamento na malha seja adaptado conforme os resultados obtidos no teste.

Apesar da simplicidade, é recomendável considerar o impacto da largura da amostra no resultado final. Como observado por Percebom *et al.* (2021), amostras muito estreitas (5 cm) podem superestimar a elasticidade, especialmente em tecidos mais leves. Por isso, variações no tamanho da amostra devem ser testadas conforme o objetivo da pesquisa.

2.3 Modelagem do vestuário em malha

A modelagem é uma etapa primordial na cadeia produtiva do vestuário, funcionando como a ponte que transforma o desenho técnico em moldes, possibilitando a construção tridimensional da peça. Para Fraga (2012), a modelagem consiste na representação gráfica do desenho técnico por meio de diagramas baseados em medidas corporais de altura e circunferência, sempre considerando os fatores antropométricos e ergonômicos do corpo humano. Grave (2004) complementa, enfatizando que a modelagem deve ir além das medidas, considerando também as atitudes e os movimentos dos músculos e articulações do usuário para alcançar um resultado ergonômico. Uma modelagem incorreta pode, inclusive, causar desconforto e problemas de saúde.

A modelagem do vestuário, portanto, exige um conjunto amplo de conhecimentos interdisciplinares, incluindo a compreensão dos materiais têxteis, seu caimento, além de noções de matemática, geometria e proporção. A modelagem plana, por exemplo, é adaptada ao tipo de tecido: enquanto para tecidos planos são utilizados recortes, pregas, fendas ou pences para ajuste e mobilidade (Fraga, 2012), na modelagem para tecidos de malha, a elasticidade natural do material é o principal recurso de ajuste, exigindo menos elementos estruturais.

Dentre as técnicas de modelagem, destacam-se a modelagem plana e a *moulage*. A modelagem plana, que gera diagramas bidimensionais a partir de medidas corporais, é amplamente utilizada para criar a estrutura tridimensional da peça (Sabrá, 2014). Já a *moulage*, ou modelagem tridimensional, consiste em moldar o tecido diretamente sobre um manequim ou corpo, permitindo uma visualização imediata do volume e caimento, sendo preferida em alta costura e criações autorais.

Para a construção de modelagens em tecidos de malha, além da tabela de medidas (padronizada ou sob medida), é fundamental o domínio técnico sobre a malha específica. Como esses tecidos dispensam recortes, pences e pregas para o ajuste ao corpo, a precisão reside na redução proporcional do molde baseada na elasticidade do material. O objetivo é atingir o ponto de compressão adequado, sem ultrapassar o limite de deformação da malha ou causar desconforto. As observações de Grave (2004) tornam-se ainda mais relevantes na modelagem de roupas *fitness*, onde o ajuste da peça deve equilibrar conforto estético e ergonômico, especialmente durante movimentos intensos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo caracterizou-se como uma pesquisa experimental de natureza aplicada. O objetivo principal foi comparar dois métodos de cálculo da elasticidade em tecidos de malha, aplicados à modelagem de calças *fitness*, visando otimizar a vestibilidade e o conforto das peças.

Para embasar a pesquisa, consultou-se a literatura especializada, abrangendo conceitos fundamentais sobre a construção de malhas, suas propriedades e os fatores que influenciam a elasticidade têxtil. Para o foco central do estudo, exploraram-se os métodos de cálculo de elasticidade propostos por Watkins (2011, *apud* Percebom, *et al.* 2021) e Mukai (2016). A modelagem das peças foi desenvolvida com base em método de modelagem de Duarte (2013).

A pesquisa utilizou amostras de malha *suplex* de poliamida com gramatura aproximada de 300 g/m². Os testes de elasticidade nessa malha foram realizados aplicando-se ambos os métodos de Watkins (2011, *apud* Percebom, *et al.* 2021) e Mukai (2016). Os valores de elasticidade obtidos para cada método foram registrados e organizados em planilhas para posterior aplicação na modelagem.

Com base nos dados coletados, foram desenvolvidas duas modelagens de calça *legging* sob medida, utilizando o método de modelagem para malhas de Duarte (2013). Em uma das modelagens, aplicou-se o grau de elasticidade encontrado pelo método de Watkins (2011, *apud* Percebom, *et al.* 2021) para a redução das medidas. Na outra modelagem, aplicou-se o grau de elasticidade obtido pelo método de Mukai (2016).

Ambos os protótipos foram confeccionados e submetidos a uma análise de vestibilidade e ergonômica. Essa avaliação foi conduzida pela própria autora, que atuou como participante-teste. O detalhamento dos critérios de análise, o procedimento de avaliação e a forma de registro dos dados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Detalhamento da análise de vestibilidade e ergonômica dos protótipos

Aspecto da Análise	Critérios Avaliados
Estética da peça	Observação do caimento geral da peça, conformidade ao corpo, e presença de transparência indesejada durante os movimentos.
Liberdade de movimento	Avaliação de qualquer restrição ou fluidez de movimentos percebida em diferentes amplitudes de movimento, especialmente nas pernas e quadris.
Comportamento do cós	Análise da estabilidade do cós (se rolava para baixo ou descia) durante a execução de movimentos dinâmicos como abaixar e levantar.
Nível de compressão ou folga	Identificação de pontos de compressão excessiva (causando desconforto ou restrição) ou de folga indesejada (prejudicando o ajuste ou caimento).

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Observa-se que para todos os aspectos da análise a própria autora (participante-teste) vestiu cada protótipo e realizou movimentos como agachamentos, alongamentos das pernas (frente/atrás), e inclinações do tronco para simular atividades físicas e movimentos reais.

Os dados foram registrados por meio de observações diretas realizadas pela própria autora durante a prova dos protótipos, considerando aspectos visuais e sensoriais relacionados à vestibilidade, liberdade de movimento e comportamento do tecido em uso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados dos ensaios de elasticidade e da avaliação de vestibilidade e ergonomia dos protótipos de calça *legging* revelou importantes *insights* sobre a aplicação dos métodos de Watkins (2011, *apud* Percebom *et al.*, 2021) e Mukai (2016) na modelagem de malhas para *fitness*. A eficácia de cada método foi comparada, e a adequação da metodologia de modelagem de Duarte (2013) foi também avaliada nesse contexto.

4.1 Análise comparativa dos métodos de elasticidade

Conhecer os percentuais de elasticidade dos tecidos de malha é um fator essencial para a construção precisa da modelagem de vestimentas em malha, sendo influenciada por diversos fatores como o tipo de construção, percentual de elastano, gramatura, largura da amostra e intensidade do tensionamento (Lobo, Limeira e Marques, 2014; SENAI, 2015; Udale, 2009). Para esta pesquisa, foram empregadas duas metodologias distintas: a de Mukai (2016), que utiliza tensionamento manual, e a de Watkins (2011, *apud* Percebom *et al.*, 2021), baseada em estiramento com peso padronizado. Ambas apresentam vantagens e limitações inerentes.

No método de Mukai (2016), o cálculo da elasticidade é indicado principalmente no sentido da largura da malha, ou seja, nas carreiras, e a aplicação de força durante o tensionamento é subjetiva. Essa subjetividade, embora orientada pela observação da reação do tecido, pode levar a variações na interpretação e aplicação da força por diferentes indivíduos, impactando a reprodutibilidade dos resultados. É importante notar que, para os testes baseados no método de Mukai (2016), os cálculos se restringem ao sentido das carreiras da malha, ou seja, na elasticidade horizontal, o que foi considerado neste estudo como relevante para a vestibilidade de peças justas como a *legging*.

Por outro lado, Watkins (2011, *apud* Percebom *et al.*, 2021) já havia apontado que o tamanho da amostra de tecido pode influenciar diretamente o grau de elasticidade. Esse método requer uma compreensão mais precisa da relação entre gramatura do tecido, largura da amostra e peso aplicado para um tensionamento adequado.

No presente estudo, os testes foram realizados apenas nos sentidos das colunas e das carreiras, não incluindo os ângulos de 45° e 135°. Por isso, foram utilizadas apenas duas amostras de tecido, e não quatro, como sugerido por Watkins. Essa escolha baseou-se na premissa de que a elasticidade diagonal tem menor impacto na redução de medidas e no caimento de calças *legging* feitas com malhas de alta compressão, onde o comportamento predominante ocorre nos sentidos horizontal e vertical. Além disso, considerou-se a necessidade de otimizar os testes de acordo com os objetivos específicos do estudo.

Vale destacar que o estudo de Percebom *et al.* (2021) não aprofunda a relação entre gramatura, largura do tecido e o peso ideal para estiramento, o que limita a aplicação prática do método proposto.

Para os ensaios, foi utilizada a malha *Suplex power*, composta por 90% de poliamida e 10% de elastano, com gramatura aproximada de 300 g/m². Essa escolha se deu por suas características essenciais para o vestuário *fitness*, como compressão, opacidade, conforto e desempenho ergonômico. Os resultados dos testes de elasticidade, conforme os métodos aplicados, são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultado do percentual de elasticidade das amostras de malha *Suplex power*

Método	Composição	Gramatura	Trama	Urdume
Watkins (2011)	90% de poliamida, 10% elastano	300g/m ²	80%	85%
Mukai (2016)	90% de poliamida, 10% elastano	300g/m ²	10%	0%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Conforme o Quadro 3, o método de Watkins (2011) resultou em percentuais de alongamento significativamente maiores (80% na trama e 85% no urdume) em comparação ao método de Mukai (2016), que indicou 10% na trama e 0% no urdume. Essa diferença substancial nas medidas de elasticidade teve um impacto direto na etapa de modelagem.

Para a construção dos protótipos, foram tiradas as medidas necessárias de altura e circunferência de um corpo feminino. Nessas medidas, foram subtraídos os fatores de elasticidade conforme orientações de Watkins (2011) e Mukai (2016), resultando nas medidas para modelagem apresentadas no Quadro 4.

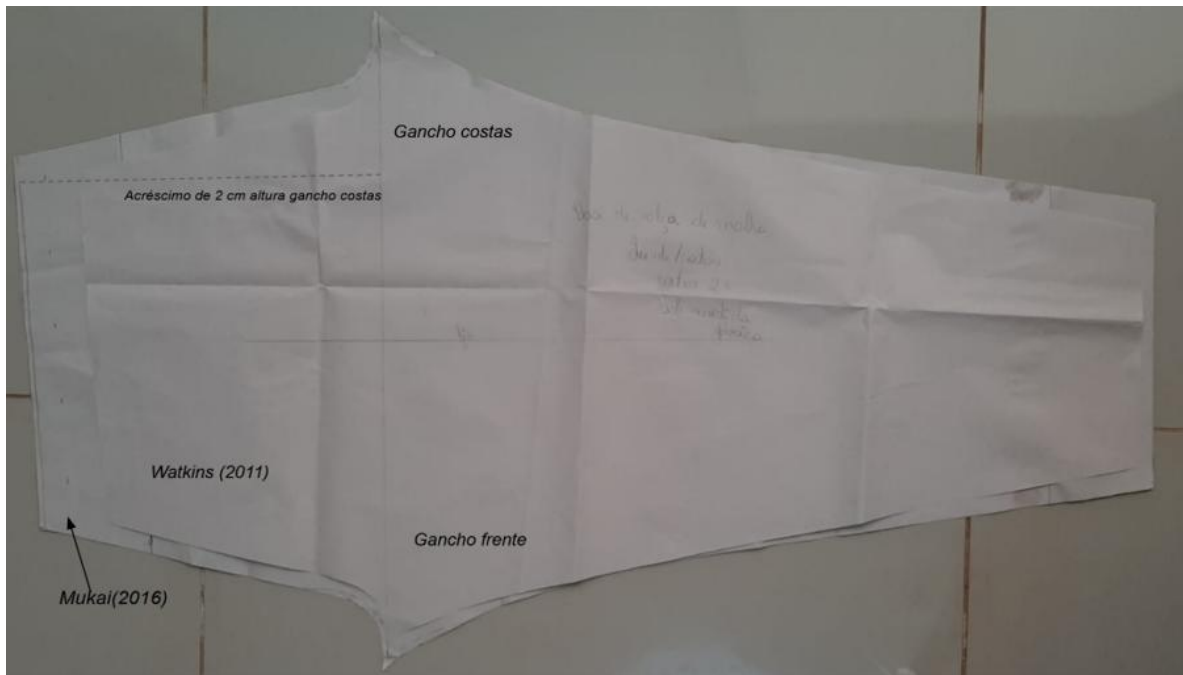
Quadro 4 – Medidas de um corpo feminino com redução da porcentagem de elasticidade da malha

Medida	Medida sem redução (cm)	Método Mukai (90% trama) (cm)	Método Watkins (80% trama / 85% urdume) (cm)
Comprimento total	80	80	74
Altura do quadril	21	21	16,8
Altura do gancho	26	26	20,8
Altura do joelho	25	25	25
Contorno da cintura	72,5	65,25	61,6
Contorno do quadril	99	89,1	84,1
Contorno do tornozelo	22	19,8	18,7

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Os valores calculados no Quadro 4 foram a base para a construção das modelagens da calça de malha, utilizando a metodologia de Duarte (2013). Os traçados dos moldes bases resultantes, sobrepostos na Figura 4, demonstram a diferença proporcional entre as bases desenvolvidas, evidenciando o maior grau de redução do molde ao aplicar o método de Watkins (2011) em comparação com o método de Mukai (2016).

Figura 4 – Sobreposição dos moldes bases das calças para análise



Fonte: Acervo da autora (2025)

4.2 Avaliação de vestibilidade e ergonomia dos protótipos

O protótipo da calça *legging* confeccionado com as reduções de elasticidade calculadas pelo método de Watkins (2011) apresentou um ajuste corporal excessivamente justo. Esse ajuste provocou o estiramento das laçadas do tecido, resultando em um leve brilho e transparência indesejada, que deixava em evidência as linhas de contorno do corpo e das peças íntimas da participante-teste, sobretudo durante a movimentação (Figura 5). Isso se alinha às observações de Watkins (2011) e Percebom (2021) sobre a interferência da gramatura, percentual de elastano e largura da amostra nos resultados de elasticidade. Portanto, para a malha *Suplex power* de 90% poliamida e 10% elastano, com gramatura de 300g/m² e submetida a um peso de estiramento de 250g, a metodologia de Watkins (2011) demonstrou-se ineficiente em proporcionar um grau de elasticidade adequado para a aplicação na modelagem, comprometendo a vestibilidade e a descrição da peça.

Figura 5 – Protótipo com reduções de elasticidade calculado pelo método de Watkins (2011)



Fonte: Acervo da autora (2025)

Em contraste, o protótipo da calça *legging* desenvolvido com as reduções de elasticidade baseadas na metodologia de Mukai (2016), com percentuais de redução menores e mais proporcionais, resultou em uma peça com maior conforto e sem estiramento excessivo das laçadas. Esse ajuste contribuiu para um caimento adequado e sem marcações

indesejadas. Na avaliação da participante-teste, a calça proporcionou um bom ajuste ao corpo e favoreceu a liberdade de movimento durante as atividades (Figura 6). Este resultado está em conformidade com as premissas de conforto e funcionalidade em vestuário *fitness* discutidas por autores como: Grave (2004), Montemezzo (2003), Sebrae (2014) e Nascimento (2014).

Figura 6 – Protótipo com reduções de elasticidade calculado pelo método de Mukai (2016)



Fonte: Acervo da autora (2025).

A metodologia de Mukai (2016), que emprega o estiramento do tecido de malha sobre uma fita métrica (conforme ilustrado na Figura 2), mostrou-se mais eficaz para o cálculo do grau de elasticidade da malha *Suplex power* de 90% poliamida e 10% elastano (300 g/m²). Os percentuais de redução moderados obtidos por este método garantiram folgas de conforto apropriadas na peça, evidenciando um equilíbrio adequado entre ajuste e usabilidade, sendo considerada a mais apropriada para aplicação prática no desenvolvimento de modelagens voltadas para tecidos de malha.

4.3 Análise do método de modelagem de Duarte (2013)

Com relação ao método de modelagem adotado, proposto por Duarte (2013), observou-se, ao longo do processo de construção, uma sensação de irregularidade na linha do gancho, especificamente no gancho dianteiro, que aparentava ser maior em comparação ao gancho traseiro. Essa percepção sugere que a estrutura da base de calça desenvolvida por Duarte (2013) pode demandar a prototipagem prévia para avaliação e ajustes, a fim de garantir melhor adaptação ao corpo, especialmente quando aplicada a tecidos de malha.

O método de Duarte (2013) aplica as mesmas medidas de base para as partes dianteira e traseira da peça, acrescentando apenas dois centímetros na linha vertical do centro das costas. No entanto, anatomicamente, a região dos glúteos demanda uma extensão maior no gancho traseiro, a fim de acomodar adequadamente o volume dessa área. Embora a elasticidade da malha contribua para certa adaptação ao corpo, ela não supre totalmente as diferenças morfológicas quando a modelagem não considera adequadamente essas variações. Dessa forma, a modelagem proposta por Duarte (2013) pode resultar em ajustes inadequados na parte posterior da calça, especialmente em peças com alta exigência de vestibilidade, como as calças *fitness*.

No presente estudo, os métodos de redução de elasticidade de Mukai (2016) e Watkins (2011) foram aplicados simultaneamente, ambos considerando intensamente a elasticidade horizontal (no sentido da trama). No caso do protótipo elaborado com a redução proposta por Watkins (2011), observou-se uma compressão excessiva, acompanhada de transparência indesejada, conforme relato da participante-teste. Esses efeitos foram potencializados pelo uso da base de modelagem de Duarte (2013), que aplica apenas dois centímetros adicionais na linha vertical do centro das costas, resultando em um gancho traseiro mais curto do que o ideal para acomodar o volume dos glúteos. Assim, a combinação de uma base de modelagem com pouca diferenciação entre frente e costas e uma redução acentuada da elasticidade comprometeu significativamente a vestibilidade e o conforto da peça, o que se torna ainda mais problemático em mulheres com maior projeção corporal nessa região.

Diante das observações feitas, percebe-se que a combinação do método de Watkins (2011) com a modelagem proposta por Duarte (2013) tende a gerar resultados menos satisfatórios na confecção de peças em malha, sobretudo calças *fitness*, que demandam simultaneamente desempenho funcional e descrição visual. Nessas situações, o método de Mukai (2016) revelou-se uma alternativa mais equilibrada, favorecendo a vestibilidade e o conforto sem comprometer a estética da peça.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo comparar dois métodos de cálculo da elasticidade em tecidos de malha, aplicados à modelagem de calças *fitness*, com o intuito de otimizar a vestibilidade e o conforto das peças. A análise comparativa entre os protótipos permitiu avaliar os efeitos da aplicação dos métodos de Mukai (2016) e Watkins (2011), destacando a importância da escolha criteriosa da porcentagem de redução com base no comportamento específico da malha utilizada. Os resultados obtidos validaram a eficácia do método de Mukai (2016), especialmente em tecidos com alta elasticidade, como o suplex power, e indicaram que sua aplicação também pode ser viável em outros tipos de malha, desde que respeitados os percentuais adequados de redução.

Os resultados indicaram que a aplicação correta da folga, considerando as propriedades particulares da malha, contribui significativamente para a melhoria da vestibilidade e do conforto das peças. Nesse contexto, o método proposto por Mukai (2016) mostrou-se viável e adaptável, favorecendo níveis mais satisfatórios de ajuste ao corpo, liberdade de movimento e desempenho funcional. O estudo, portanto, colabora para o aperfeiçoamento técnico da modelagem voltada ao vestuário esportivo, reforçando a importância de considerar as características têxteis no desenvolvimento de modelagens ergonômicas e funcionais.

Por apresentar elevado grau de elasticidade, a malha pode gerar instabilidade dimensional, o que compromete a precisão da modelagem. Tal condição reforça a necessidade da construção de protótipos e da realização de experimentações que permitam mensurar o grau real de elasticidade do material, etapa fundamental para garantir um ajuste adequado e uma vestibilidade eficaz. As conclusões aqui apresentadas contribuem para o avanço técnico na modelagem aplicada a tecidos elásticos, oferecendo subsídios relevantes para o desenvolvimento de bases e modelagens mais assertivas e compatíveis com as exigências do vestuário *fitness*.

A técnica de estiramento para a redução proporcional da malha demonstrou eficácia na etapa experimental dos protótipos, respaldada pelos resultados obtidos. Para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar os testes com diferentes tipos de malha e perfis corporais

diversos, a fim de validar e expandir a aplicabilidade do método proposto em contextos variados da modelagem contemporânea.

REFERÊNCIAS

BARRA, Raphael. **Seu guia de tecidos**: tudo que você precisa saber de forma simples e prática. Barbacena: 104 tecidos, 2023.

DUARTE, Sônia; SAGGESE, Sylvia. **Modelagem industrial brasileira**. Rio de Janeiro: Duarte, 2013)

FRAGA, Denis Geraldo Fortunato. **O pulo do gato**: modelagem industrial feminina. Minas Gerais: Fraga, 2012.

GRAVE, Maria de Fátima. **A modelagem sob a ótica da ergonomia**. São Paulo: Zennex Publishing, 2004.

LOBO, Renato Nogueiro; LIMEIRA, Erika Thalita Navas Pires; MARQUES, Rosiane do Nascimento. **Fundamentos da tecnologia têxtil**: da concepção da fibra ao processo de estamparia. São Paulo: Érica, 2014.

MONTEMEZZO, M. C. de F. S. **Diretrizes metodológicas para o projeto de produtos de moda no âmbito acadêmico**. 2003. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/97020>. Acesso em: 03 abril. 2025.

MUKAI, Marlene Aparecida de Souza. **Modelagem Prática**: especial malhas. Santos: Mukai, 2016.

MUKAI, Marlene Aparecida de Souza. **Diy – Como calcular elasticidade da malha – aula 360**. 14 de abr. de 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=RIfY_Fok2p0 Acesso em: 10 jun. 2025.

NASCIMENTO, Jaqueline Lovato do. **O vestuário fitness para mulheres com sobrepeso como motivador à prática de exercícios físicos**. 2014. 144 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Design de Moda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Apucarana, 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5755/2/AP_CODEM_2013_2_2.pdf. Acesso em: 30 fev. 2025.

PERCEBOM, Julia Maria *et al.* **Estudo e análise do método de redução de moldes para vestuário em malha de Penelope Watkins**. Modapalavra E-Periódico, [S.L.], v. 14, n. 34, p. 247-283, 30 set. 2021.

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

SABRÁ, Flávio. **Modelagem**: tecnologia em produção do vestuário. 2.ed. Rio de Janeiro: SENAI CETIQT; São Paulo: Estação das letras e cores, 2014.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Malharia**. São Paulo: SENAI-SP, 2015. 176 p.

SEBRAE. **Como montar uma confecção de roupas esportivas**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-umaconfeccao-de-roupas-esportivas,cf287a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 26 abr. 2016.

UDALE, Jenny. **Fundamentos do design de moda**: tecidos e moda. Porto Alegre: Bookman, 2009.176p.

WATKINS, Penélope. **Designing with stretch fabrics**. Indian Journal of Fibre and Textile Research, v. 36, p. 366-379, 2011.