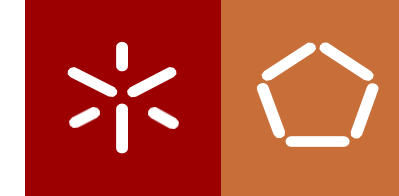




**Otimização do processo de tecelagem
em função das características dos fios e
dos parâmetros de construção do tecido**

Francisco Ricardo Oliveira Camões

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Francisco Ricardo Oliveira Camões

**Otimização do processo de tecelagem
em função das características dos fios e
dos parâmetros de construção do tecido**

Dissertação de Mestrado
Engenharia Têxtil – Materiais e Tecnologias Avançadas

Trabalho efetuado sob orientação da
Professora Doutora Ana Maria Rocha

Janeiro de 2025

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

[Esta é a mais restritiva das nossas seis licenças principais, só permitindo que outros façam download dos seus trabalhos e os partilhem desde que lhe sejam atribuídos a si os devidos créditos, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.]

Agradecimentos

À minha família, o meu mais profundo agradecimento. O apoio, a presença e o incentivo constante ao longo de todo este percurso foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui com confiança e foco. Ter o vosso suporte tornou este caminho mais leve, permitiu que eu me dedicasse plenamente aos estudos e que pudesse desfrutar deste bonito percurso sem qualquer tipo de preocupação.

À Beatriz Faria, deixo a minha gratidão por todos os momentos de apoio e amizade incondicional ao longo destes cinco anos. Foi um verdadeiro pilar no meu percurso académico e pessoal.

Aos meus amigos, obrigado pela presença e por compartilharem comigo esta fase tão importante. A vossa companhia tornou esta caminhada mais especial, dando-me momentos de alegria que certamente levarei comigo para a vida toda.

À empresa Polopiqué, o meu sincero agradecimento pela oportunidade de desenvolver este trabalho em parceria com uma equipa de profissionais dedicados, que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. A confiança que depositaram em mim ao me permitir iniciar minha carreira profissional na empresa foi essencial e espero honrar esta oportunidade que tanto me enriqueceu.

Ao Engenheiro Fernando Gomes, sou grato pela mentoria atenciosa, pelos sábios conselhos e por facilitar minha entrada na indústria têxtil. A sua orientação prática e generosa foi fundamental para meu desenvolvimento e amadurecimento como profissional.

Por fim, à professora Ana Maria Rocha, agradeço pela orientação, compreensão e pragmatismo durante todo o processo. A forma prática e clara com que acompanhou o meu trabalho foi uma verdadeira inspiração e é algo que certamente tentarei aplicar na minha própria vida e carreira.

A todos, o meu sincero obrigado. Cada um de vocês contribuiu de maneira especial para que esta etapa fosse concluída com sucesso.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Assinado por: Francisco Ricardo Oliveira Camões

Num. de Identificação: BI30172060

Data: 31-01-2025 12:49:27 +00:00



Francisco Camões

Resumo

Diante das exigências atuais do mercado, a eficiência e a qualidade são essenciais para a sustentabilidade das empresas. A falta de preparação e a incerteza sobre o desempenho dos produtos, aliadas à ausência de bases de dados confiáveis e conhecimento prático, dificultam a previsão de defeitos e de paragens na tecelagem, o que torna as tarefas de controlo de custos e de dar prazos e orçamentos, extremamente mais difícil.

De forma a atenuar este problema, é necessário prever o comportamento dos fios e tecidos, de forma a garantir a qualidade do produto final e a controlar custos operacionais e de mão de obra. Uma abordagem baseada nos parâmetros de construção do tecido e nas propriedades dos fios surge como uma estratégia para efetuar um controlo mais rigoroso do processo, bem como de efetuar previsões mais acertadas de determinados artigos. Com uma base de dados robusta, espera-se identificar os parâmetros ideais para cada artigo, prever a velocidade de tecelagem e estimar a ocorrência de quebras. As características dos fios incluem massa linear, tenacidade, alongamento, pilling e composição, enquanto os parâmetros de construção do tecido envolvem ponto de tecelagem, densidade dos fios à teia e à trama e o empuado. Já os parâmetros de afinação do tear incluem tensão, velocidade, posição de cruzamento e ângulo de cala.

Na etapa experimental, foram selecionados oito tecidos com diferentes parâmetros de construção e características dos fios. Ajustes nos parâmetros de afinação foram feitos até alcançar um desempenho aceitável, definido por uma média de uma paragem à teia e uma à trama para cada 100.000 passagens. Os dados coletados forneceram uma base sólida para inferências sobre as características dos fios e os parâmetros de construção, embora ainda insuficientes para conclusões definitivas.

O estudo foi considerado um sucesso, pois todos os artigos foram otimizados, e informações valiosas foram extraídas sobre relações existentes entre os parâmetros de construção e características dos fios nos parâmetros de afinação do tear, o que facilitará o desenvolvimento de novos produtos e cálculo de todo o tipo de custos dos mesmos. Este trabalho avança o entendimento e a previsão do desempenho têxtil no processo de tecelagem.

Palavras-chave: tecelagem, fios, eficiência, otimização, custos.

Abstract

Given the current market demands, efficiency and quality are essential for the sustainability of companies. The lack of preparation and uncertainty regarding product performance, coupled with the absence of reliable databases and practical knowledge, make it difficult to predict defects and downtime in weaving, which significantly complicates cost control and the setting of deadlines and budgets.

To mitigate this problem, it is necessary to predict the behavior of yarns and fabrics in order to ensure the quality of the final product and control operational and labor costs. An approach based on fabric construction parameters and yarn properties emerges as a strategy for stricter process control, as well as more accurate predictions for specific products. With a robust database, it is expected to identify the ideal parameters for each product, predict weaving speed, and estimate break occurrences. The yarn characteristics include linear density, tenacity, elongation, pilling, and composition, while fabric construction parameters involve weave pattern, yarn density in the warp and weft, and the pile. The loom adjustment parameters include tension, speed, crossing position, and shed angle.

In the experimental stage, eight fabrics with different construction parameters and yarn characteristics were selected. Adjustments to the loom settings were made until an acceptable performance level was reached, defined as an average of one stop in the warp and one stop in the weft for every 100,000 picks. The collected data provided a solid foundation for inferences about yarn characteristics and construction parameters, although it was still insufficient for definitive conclusions.

The study was considered a success, as all products were optimized, and valuable information was extracted regarding the relationships between construction parameters and yarn characteristics with loom adjustment parameters. This will facilitate the development of new products and the calculation of all associated costs. This work advances the understanding and prediction of textile performance in the weaving process.

Keywords: weaving, yarns, efficiency, optimisation, costs.

Índice

1.	Introdução	16
1.1.	Enquadramento e motivação	16
1.2.	Objetivos	17
1.3.	Metodologia	18
1.4.	A Empresa	19
2.	Estado da arte	21
2.1.	Caraterísticas e propriedades dos fios	21
2.1.1.	Resistência ao atrito	21
2.1.2.	Pilosidade	22
2.1.3	Resistência à tração	24
2.2	Parâmetros de construção de tecidos	25
2.2.1.	Padrão de Tecelagem	26
2.3.	Parâmetros de afinação no processo de tecelagem	27
2.3.1.	Tensão da teia	27
2.3.2.	Velocidade do tear	29
2.3.3.	Afinação da Cala	31
2.4.	Ciclo de Tecelagem	32
2.5.	Áreas do tear e as respetivas causas de paragem	34
3.	Desenvolvimento Experimental	38
3.1.	Materiais	40
3.1.1.	Artigo 1	41
3.1.2.	Artigo 2	42
3.1.3.	Artigo 3	43
3.1.4.	Artigo 4	45
3.1.5.	Artigo 5	46
3.1.6.	Artigo 6	47
3.1.7.	Artigo 7	49
3.1.8.	Artigo 8	51
3.2.	Métodos	52
3.2.1.	Tear	52
3.2.2.	Maquineta	55

4.	Análise e discussão de resultados	55
4.1.	Artigo 1	55
4.2.	Artigo 2	57
4.3.	Artigo 3	59
4.1.	Artigo 4	60
4.2.	Artigo 5	64
4.3.	Artigo 6	67
4.4.	Artigo 7	74
4.4.	Artigo 8	79
4.5.	Influência das propriedades no processo	83
4.5.1	Tenacidade em função do Ne.....	83
4.5.2.	Influência da massa linear na tensão ideal	84
4.5.3.	Influência da tenacidade na velocidade ideal	85
4.5.4.	Influência da massa linear na velocidade ideal	85
4.5.5.	Influência da pilosidade na velocidade ideal	86
4.5.6.	Influência da pilosidade na tensão ideal	86
4.5.7.	Influência do Alongamento	86
4.5.8.	Influência do ponto de tecelagem no intervalo de tensão ótimo e na posição de cruzamento.....	86
5.	Conclusão e perspectivas futuras.....	87
6.	Bibliografia.....	88

Índice de Figuras

Figura 1. Sede Polopiqué	20
Figura 2. Polopiqué tecidos.....	20
Figura 3. Influência da quantidade de encolante na teia na taxa de quebras.....	22
Figura 4. Pilosidade.....	23
Figura 5. Ilustração do pilling	24
Figura 6. (a) Alongamento de diferentes fibras em função da tenacidade das mesmas e (b) Alongamento e tenacidade de diferentes fibras.....	25
Figura 7. Permeabilidade do ar em função da densidade à teia e à trama e da massa linear do fio.....	26
Figura 8. Exemplo de um ciclo de tecelagem.....	33
Figura 9. Representação das diferentes zonas do tear	35
Figura 10. Posição da biela reguladora de tensão.....	53
Figura 11. Célula de carga.....	53
Figura 12. Posição alavanca	54
Figura 13. Altura peitoril.....	54
Figura 14. Distância cilindro porta fios.....	55
Figura 15. Tenacidade em função do Ne.....	84
Figura 16. Influência da massa linear na tensão ideal.....	84
Figura 17. Influência da tenacidade na velocidade ideal	85
Figura 18. Influência da massa linear na velocidade ideal	86

Índice de Tabelas

Tabela 1. Resumo da influência das características dos fios na tensão da teia	28
Tabela 2. Influência das características do fio na velocidade do tear	30
Tabela 3. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 1.....	35
Tabela 4. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 2.....	36
Tabela 5. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 3.....	36
Tabela 6. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 4.....	37
Tabela 7. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 5.....	37
Tabela 8. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 6.....	38
Tabela 9. Ficha técnica do artigo 1.....	41
Tabela 10. Ficha técnica do artigo 2	42
Tabela 11. Ficha técnica do artigo 3	43
Tabela 12. Ficha técnica do artigo 4	45
Tabela 13. Ficha técnica do artigo 5	46
Tabela 14. Ficha técnica do artigo 6	47
Tabela 15. Ficha técnica do artigo 7	49
Tabela 16. Ficha técnica do artigo 8	51
Tabela 17. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 1	56
Tabela 18. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 2	57
Tabela 19. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 3	59
Tabela 20. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 4	61
Tabela 21. Paragens do tear a 550 rpm para o artigo 4.....	61
Tabela 22. Paragens do tear a 450 rpm e uma posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 4	62
Tabela 23. Paragens do tear a 500 rpm e uma posição de cruzamento de 340 ° para o artigo 4	63
Tabela 24. Paragens do tear a 500 rpm e uma posição de cruzamento de 300 ° para o artigo 4	63
Tabela 25. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 5	64
Tabela 26. Paragens do tear numa posição de cruzamento 340 ° para o artigo 5	65
Tabela 27. Paragens do tear numa posição de cruzamento 300 ° para o artigo 5	66
Tabela 28. Paragens do tear numa velocidade de 550 rpm para o artigo 5.....	67
Tabela 29. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 6	68
Tabela 30. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° para o artigo 6	69
Tabela 31. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6.....	69
Tabela 32. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6.....	70
Tabela 33. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 22 ° para o artigo 6.....	71
Tabela 34. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6.....	71

Tabela 35. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6.....	72
Tabela 36. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6.....	73
Tabela 37. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6.....	73
Tabela 38. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 22 ° para o artigo 6.....	74
Tabela 39. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 7	74
Tabela 40. Alteração da tensão entre os mesmos teares para as mesmas configurações.....	75
Tabela 41. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7	76
Tabela 42. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° para o artigo 7	76
Tabela 43. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 7	77
Tabela 44. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7	77
Tabela 45. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 7	78
Tabela 46. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7	79
Tabela 47. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 8	79
Tabela 48. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 8	80
Tabela 49. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 310 ° para o artigo 8	81
Tabela 50. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 8	81
Tabela 51. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 8	82
Tabela 52. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 310 ° para o artigo 8	83

1. Introdução

A indústria têxtil é uma das mais antigas e dinâmicas do mundo, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento económico e social de várias regiões. Enquadrada nesta indústria, a tecelagem, processo que converte fios em tecidos, continua a ser essencial para a produção de uma ampla gama de produtos têxteis. Nos dias de hoje, a tecelagem enfrenta desafios significativos relacionados com a sustentabilidade, competitividade no mercado, controlo de custos e gestão de mão de obra.

O processo de tecelagem direta e indiretamente, consome grandes quantidades de água, energia e produtos químicos, além de gerar resíduos sólidos e poluição hídrica. A pressão por práticas mais sustentáveis vem tanto de regulamentos governamentais quanto da crescente conscientização dos consumidores, assim, otimizar o processo de tecelagem pode reduzir o consumo de recursos e minimizar os impactos ambientais, contribuindo para uma indústria mais sustentável.

Além da sustentabilidade, a competitividade no mercado têxtil global é outro desafio crucial. A liberalização do comércio e a globalização criaram um ambiente onde empresas de diferentes partes do mundo competem intensamente. A capacidade de oferecer produtos de alta qualidade a preços competitivos é essencial para a sobrevivência e o sucesso das empresas têxteis, sendo que a otimização do processo de tecelagem pode desempenhar um papel vital nesse contexto, permitindo que as empresas reduzam custos, melhorem a qualidade dos produtos e respondam mais rapidamente à procura do mercado.

Os custos de produção na tecelagem são influenciados por uma variedade de fatores, incluindo o custo das matérias-primas, energia, manutenção de máquinas e mão de obra. A adoção de tecnologias avançadas e a otimização dos processos podem diminuir a dependência de mão de obra intensiva, melhorando a eficiência e reduzindo os custos. A otimização do processo de tecelagem, portanto, não só aumenta a produtividade, mas também torna a produção mais económica.

1.1. Enquadramento e motivação

A competição global e a crescente procura por tecidos diferenciadores ou de elevado desempenho a preços reduzidos exigem que os fabricantes têxteis melhorem continuamente seus

processos. Este contexto cria uma necessidade urgente de otimizar o processo de tecelagem, não apenas para melhorar a qualidade e a eficiência, mas também para garantir a sustentabilidade e a competitividade no mercado.

A análise detalhada das características dos fios, como tenacidade, alongamento, atrito, massa linear e a composição, é essencial para entender como esses materiais interagem com os parâmetros do tecido durante o processo de tecelagem. Esses parâmetros incluem a densidade dos fios, o tipo de ligamento (tafetá, sarja, cetim, etc.), sendo essencial entender como estes influenciam alguns parâmetros do tear como a tensão a velocidade e os parâmetros de afinação da cala.

A motivação para este estudo surge da necessidade de desenvolver métodos mais eficientes e precisos para a otimização do processo de tecelagem. Com a crescente demanda por sustentabilidade, é imperativo que as técnicas de produção sejam aprimoradas para minimizar o impacto ambiental, além disso, a otimização do processo de tecelagem pode ajudar as empresas a reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade, fatores cruciais para competir eficazmente no mercado global.

Outro aspecto motivador é a transformação da força de trabalho na indústria têxtil. A introdução de tecnologias avançadas de automação e digitalização requer trabalhadores mais qualificados e treinados, capazes de operar e manter equipamentos sofisticados. A otimização dos processos pode não apenas aumentar a eficiência, mas também melhorar as condições de trabalho, tornando o ambiente de produção mais seguro e menos exigente fisicamente.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste projeto de dissertação é a otimização do processo de tecelagem, considerando os parâmetros do fio e a construção do tecido. O estudo procura identificar e analisar as variáveis críticas que influenciam a qualidade e a eficiência do processo de tecelagem, proporcionando uma base sólida para melhorias práticas na produção têxtil. Para alcançar esse objetivo, pretende-se caracterizar detalhadamente os parâmetros do fio, analisando propriedades como atrito, tenacidade, alongamento, massa linear e pilosidade e avaliar o impacto dessas características no desempenho do processo de tecelagem, além disso, pretende-se estudar a construção do tecido, investigando diferentes debuxos e examinando como a densidade dos fios afetam os parâmetros de afinação do tear e consequentemente o rendimento do processo.

Outro objetivo crucial é desenvolver modelos que relacionem os parâmetros do fio e da construção do tecido com os resultados do processo de tecelagem e utilizar esses modelos para prever e melhorar a eficiência e a qualidade da produção. Com base nos resultados obtidos, a dissertação visa também propor melhores práticas e recomendações para a indústria têxtil. Essas recomendações incluirão a seleção de fios e parâmetros de construção de tecidos que maximizem a eficiência e a qualidade do processo de tecelagem.

Ao final do estudo, espera-se que os resultados contribuam significativamente para a melhoria dos processos de tecelagem, oferecendo soluções práticas e inovadoras para os desafios enfrentados pela indústria têxtil.

1.3. Metodologia

A metodologia de trabalho engloba várias etapas, visando a otimização do processo de tecelagem em função dos parâmetros do fio e os parâmetros de construção do tecido.

Inicialmente, será realizada uma revisão bibliográfica abrangente da literatura existente sobre as características dos fios, a construção dos tecidos e os processos de tecelagem. Esse levantamento permitirá identificar estudos anteriores relevantes, técnicas de otimização aplicadas e lacunas de conhecimento que esta tese pretende abordar.

Será feita a caracterização dos fios, após selecionados os artigos a serem estudados, os fios serão submetidos a testes laboratoriais para medir suas propriedades, utilizando equipamentos padrão da indústria têxtil. Os resultados serão documentados e analisados, estabelecendo uma base de dados das características dos fios presentes em cada artigo.

O estudo da construção do tecido será a próxima etapa, após a escolha do artigo, será avaliado o padrão de tecelagem presente no tecido, bem como a contextura à teia e à trama.

Após essas etapas, será realizada a validação experimental das otimizações propostas. As combinações ótimas de parâmetros identificadas serão implementadas em um ambiente de produção real. O processo de tecelagem será monitorado, e dados de desempenho e qualidade do tecido produzidas serão coletados. Todo o estudo será feito em ambiente industrial e com encomendas reais.

Por fim, a análise e discussão dos resultados serão conduzidas, analisando os dados coletados durante a validação experimental para avaliar o impacto das otimizações

implementadas. As implicações dos resultados serão discutidas em termos de melhorias na eficiência produtiva e na qualidade dos tecidos. Possíveis limitações do estudo serão identificadas.

Com base nos resultados obtidos, serão elaboradas melhores práticas e recomendações para a otimização do processo de tecelagem. Essas recomendações incluirão o ajuste de alguns parâmetros do tear, nomeadamente a tensão da teia, a velocidade do tear e a afinação da cala em função das características do fio e dos parâmetros de construção do tecido, de forma a obter aquilo que se pretende, seja rapidez de produção, seja a melhor qualidade possível ou um determinado equilíbrio entre os dois.

1.4. A Empresa

O projeto de mestrado foi realizado numa empresa filial do grupo Polopiqué - Polopiqué Tecidos.

Fundado por Luís e Filipa Guimarães, o grupo Polopiqué nasceu em 1996 com o intuito de produzir e comercializar diversos produtos de vestuário. Ocupando um espaço territorial em três diferentes concelhos: Guimarães, Santo Tirso e Vizela, este grupo vertical, que produz desde fio até à peça de vestuário acabada, conta com, aproximadamente, 800 funcionários, ocupando uma área total de, aproximadamente 70.000 m^2 .

Classificado, pela *London Stock Exchange*, como uma das PME mais inspiradoras da Europa, exporta para mais de quarenta países e já foi galardoado com vários prémios, como por exemplo, Maior Crescimento de Exportações pelo Centro de Inteligência Têxtil (Cenit) e pela Associação Nacional das Indústrias de Vestuário e Confeção (Anivec).

Detém ainda uma série de certificados que garantem o cumprimento de todas as normas ambientais e de qualidade, como a certificação GOTS – *Global Organic Textile Standard*, sendo também membro da *Better Cotton Initiative*, uma fundação de agricultores que se preocupam com a preservação dos solos e, ao mesmo tempo, com a qualidade do algodão.

A otimização das operações e a oferta de uma melhoria contínua das condições de trabalho, mantendo a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental e social, são os parâmetros que suportam a missão do grupo Polopiqué.

Atualmente, o grupo encontra-se subdivido em cinco filiais que trabalham em conjunto:

- A SGPS (Sociedade Gestora de Participações Sociais) - empresa-mãe deste grupo, responsável pela gestão e controlo de todas as filiais (Figura 1),
- A Polopiqué Comércio- desenvolvimento e comércio de peças de vestuário, incluindo o desenvolvimento de produto, a fição, o departamento comercial, o planeamento, a logística, o controlo de qualidade de peça acabada e o departamento de inovação;
- A Polopiqué Acabamentos- composta pela tinturaria e acabamento de malhas e tecidos bem como os laboratórios de controlo de qualidade de peças a cru e tingidas;
- A Polopiqué Tecidos- produção de tecidos, tingimento de fio e tricotagem de malhas;
- A CottonSmile- inclui a confeção, a revista de peças, bem como a embalagem.



Figura 1. Sede Polopiqué

Como referido, o presente projeto foi realizado na empresa do grupo Polopiqué Tecidos, especificamente no sector de produção de tecidos- secção de tecelagem, que dispõe de 109 teares.



Figura 2. Polopiqué tecidos

2. Estado da arte

A otimização do processo de tecelagem pressupõe a análise dos principais fatores influenciadores da sua eficiência e, simultaneamente, da qualidade dos tecidos produzidos. Nos próximos subcapítulos serão apresentados os principais resultados de estudos publicados neste domínio, tendo-se adotado a seguinte classificação dos fatores: características e propriedades dos fios, parâmetros de construção dos tecidos, parâmetros do processo.

2.1. Características e propriedades dos fios

Os fios são a matéria-prima na fabricação de tecidos, pelo que as suas características e propriedades são determinantes das propriedades dos tecidos produzidos e constituem fatores relevantes a considerar na otimização do processo de tecelagem. De entre elas, salientam-se as propriedades relacionadas com a geometria da superfície, tais como o atrito e a pilosidade e com o seu comportamento à tração, tais como, a tenacidade e o alongamento ou a extensão.

2.1.1. Resistência ao atrito

O atrito do fio é a medida da sua resistência ao movimento ao deslizar sobre um outro fio ou sobre uma superfície metálica ou cerâmica. Esta resistência ao atrito ou coeficiente de atrito é afetado por parâmetros de superfície e estruturais do fio, que incluem entre outros, composição, torção, massa linear do fio e método de fiação. A adição de produtos de acabamento, tais como lubrificantes e amaciadores e a aplicação de tratamentos, tais como encolagem e mercerização influenciam o atrito dos fios, uma vez que afetam as suas propriedades de superfície.

Na tecelagem, a adição de parafinas ou ceras – parafinação - é um processo comum para reduzir o atrito dos fios de trama durante a tecelagem. Este tratamento cria uma camada protetora e lubrificante na superfície dos fios, o que significa que apresentam menor resistência ao movimento, resultando em menos desgaste dos fios durante a tecelagem e das partes do tear que entram em contato com eles. A redução do atrito também proporciona uma inserção de trama mais precisa e consistente, contribuindo para uma estrutura de tecido mais uniforme e de alta qualidade. Fios de trama com menor atrito são menos propensos a quebras durante o processo de tecelagem, aumentando o rendimento e reduzindo os custos associados à interrupção da produção. Além disso, a parafinação permite que os fios de trama sejam inseridos a velocidades mais altas. Contudo, a aplicação de parafina, quando excessiva, pode causar problemas, uma vez que pode alterar as propriedades do tecido, como a sua capacidade de absorção, afetando, por exemplo, a uniformidade da cor no tingimento.

Relativamente aos fios de teia, a redução do atrito é essencialmente promovida pela aplicação de um tratamento - encolagem – que simultaneamente visa aumentar a resistência dos fios às solicitações mecânicas promovidas pelo movimento no tear.

A quantidade de encolante aplicada nos fios de teia influencia significativamente o atrito entre os fios durante o processo de tecelagem. Uma quantidade excessiva, aumenta a fricção entre os fios, provocando um desgaste maior dos fios e dos componentes do tear, e pode dificultar o processo de tecelagem, aumentando, por exemplo, a taxa de quebras (Figura 3). Por outro lado, uma quantidade insuficiente de encolante pode aumentar a suscetibilidade dos fios a deformações e emaranhamentos, conduzindo igualmente a uma redução da eficiência e qualidade da tecelagem. Portanto, é essencial controlar precisamente a quantidade de encolante para otimizar a fricção entre os fios e garantir um processo de tecelagem eficiente e de alta qualidade.

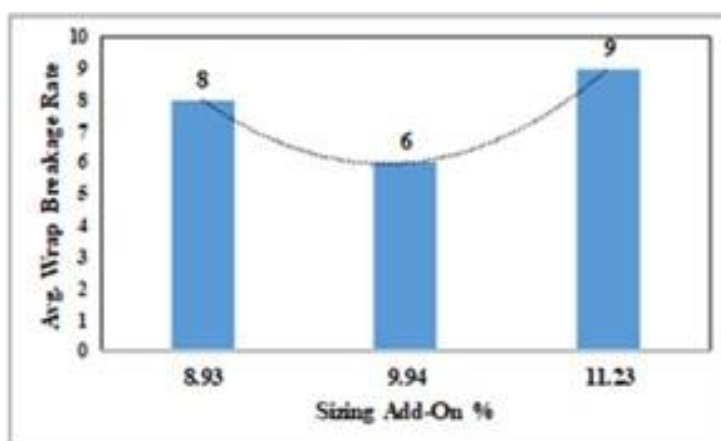


Figura 3. Influência da quantidade de encolante na teia na taxa de quebras

(Fonte: (Jahangir & Hossain, 2023))

Encontrar valores ótimos de coeficiente de atrito é importante para garantir uma produção têxtil eficaz e de alta qualidade. Estes valores podem variar dependendo das especificações do tecido a ser produzido, das condições do processo de tecelagem e das características dos fios. Na tecelagem, é necessário que o coeficiente de atrito do fio seja o suficiente para evitar deslizamentos durante a inserção da trama, por exemplo, o que pode resultar em falhas na inserção, e não provocar quebras frequentes dos fios durante o processo (Wang et al., 2023).

2.1.2. Pilosidade

A pilosidade de um fio refere-se à presença de fibras soltas ou pequenas proeminências na superfície do fio, que podem surgir devido a diversos fatores, incluindo as características das

fibras, o processo de fiação e as condições de processamento. A pilosidade pode ser quase

imperceptível até visivelmente evidente (Figura 4) e a sua presença pode ter implicações significativas no processo de tecelagem (*Textile Testing: Pilling Test of Fabric | Textile Study Center, n.d.*)

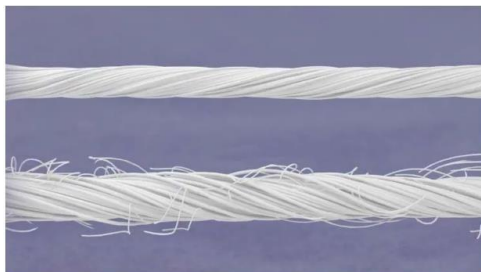


Figura 4. Pilosidade

(Fonte: (*All about Yarn Hairiness - Testex, n.d.*))

A presença de fibras soltas pode interferir na inserção dos fios de trama, pode comprometer a eficácia do mecanismo de paragem do tear e pode conduzir a quebras de fios, comprometendo a eficiência do processo e resultando em um tecido final de qualidade inferior. Além disso, a pilosidade excessiva pode afetar a uniformidade e o aspeto do tecido, tornando-o áspero ao toque e mais suscetível à formação de borboto ao longo do tempo (Figura 5) (*Textile Testing: Pilling Test of Fabric | Textile Study Center, n.d.*).

São vários os métodos usados para avaliar a pilosidade dos fios:

Análise de Imagem: Captura imagens da superfície do fio para quantificar e analisar a pilosidade em termos de comprimento e densidade das fibras. Oferece alta precisão para dados detalhados.

Medidor de Pilosidade Digital: Utiliza dispositivos como o Uster Hairiness Meter para medir projecções de fibras ao longo do fio, fornecendo um índice de pilosidade rapidamente. Ideal para controle de qualidade.

Análise por Laser: Usa dispersão de luz de um feixe de laser para detectar fibras superficiais. Método preciso, com alta aplicabilidade em pesquisas, sem danificar o fio.

Análise por Contato: Fios passam por sensores ou superfícies sensíveis que medem a resistência causada pelas fibras. Útil para estimativas rápidas, embora possa alterar o fio.

Avaliação Visual e Manual: Avaliadores experientes observam e classificam o fio sob amplificação visual. É subjetivo, mas adequado para caracterizações qualitativas.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): Gera imagens de alta resolução para estudos detalhados da superfície e morfologia das fibras. Usado em pesquisas avançadas devido ao custo elevado

Os Valores do índice de pilosidade (*H-Index*) de diferentes fios (composição, massa linear, tipo de fição) são disponibilizados em tabelas e são indicativos da qualidade dos fios. Estes valores são baseados em estatísticas e regularmente atualizados (*Uster Statistics*).

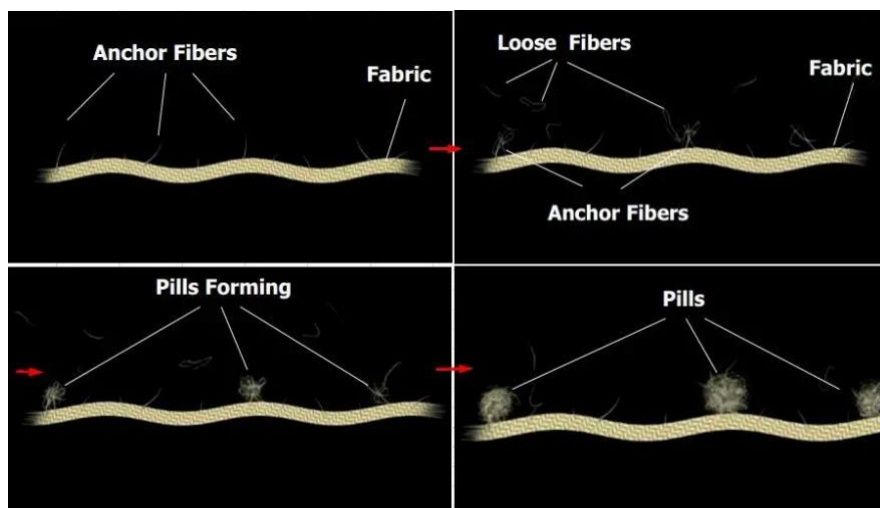


Figura 5. Ilustração do pilling

(Fonte: (Textile Testing: Pilling Test of Fabric | Textile Study Center, n.d.))

2.1.3 Tenacidade

A medida carga de rutura de um fio sob tração é comumente expressa pela tenacidade, que relaciona a força de rutura do fio com a sua massa por unidade de comprimento ou massa linear (equação 1) (Patti & Acierno, 2023; Avanci De Souza, n.d.).

$$Tenacidade \ (cN \ tex^{-1}) = \frac{Força \ de \ rutura \ (cN)}{Massa \ linear \ (tex)} \quad (1)$$

A tenacidade do fio é um indicador importante da sua capacidade de suportar as tensões a que está sujeito durante o processo de tecelagem e depende em grande medida da tenacidade das fibras (Figura 6).

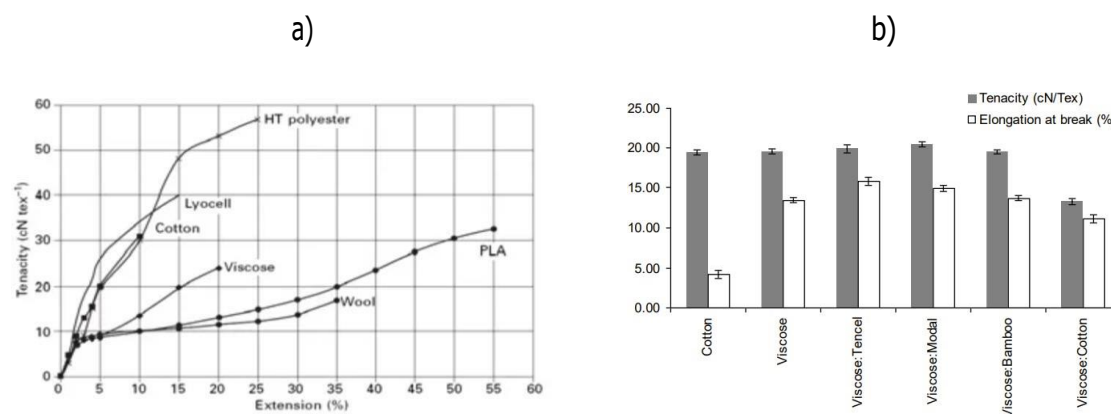


Figura 6. (a) Alongamento de diferentes fibras em função da tenacidade das mesmas e (b) Alongamento e tenacidade de diferentes fibras

(Fontes: (Basit et al., 2018; Development of Cotton-Rich/Poly Fibre Blended Yarns - Fibre2Fashion, n.d.))

Fios com baixa tenacidade correm o risco de rutura, resultando em interrupções na produção e redução da eficiência do processo (Kolte, 2017).

O alongamento verificado no ponto de rutura, em percentagem do comprimento inicial do fio, é designado extensão. A extensão é uma medida da da deformação que o fio suporta antes da rutura.

O conhecimento da tenacidade e extensão dos fios permite ajustar adequadamente os parâmetros/variáveis do processo, de forma a garantir a qualidade e a eficiência da tecelagem.

2.2 Parâmetros de construção de tecidos

Os parâmetros de construção de tecidos, como a contextura à teia, a contextura à trama e o debuxo têm um impacto direto na complexidade do processo de tecelagem.

A contextura do tecido, expressa como o número de fios por unidade de comprimento (geralmente fios por centímetro ou polegada), podem envolver ajustes do tear, na seleção dos tipos de fios e na concentração de goma a utilizar (Ruhul Amin et al., 2011). Tecidos com uma contextura mais densa, por exemplo, exigem ajustes mais precisos na tensão dos fios.

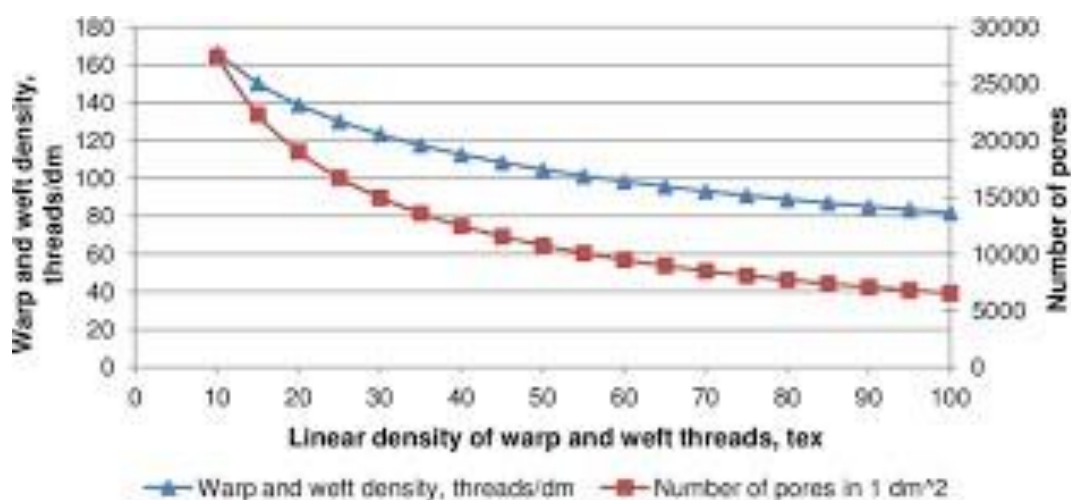


Figura 7. Permeabilidade do ar em função da densidade à teia e à trama e da massa linear do fio

(Fonte: (Angelova et al., 2012))

2.2.1. Padrão de Tecelagem

O debuxo, também conhecido como padrão de tecelagem, é um elemento fundamental na produção de tecidos, exercendo influência direta sobre diversas características do produto final. Seja em tecidos como tafetá, sarja ou cetim, cada padrão de tecelagem confere ao tecido suas próprias características únicas, afetando tanto o toque quanto o aspecto visual, além das propriedades físicas do material.

No que se refere ao toque, o debuxo desempenha um papel crucial na sensação tátil do tecido. Por exemplo, tecidos com debuxo em cetim tendem a apresentar uma superfície lisa e sedosa, conferindo uma sensação de luxo ao toque. Em contraste, os tecidos com debuxo em sarja podem proporcionar uma textura suave e encorpada, graças ao seu padrão diagonal distintivo. Já o debuxo em tafetá tende a resultar em um toque mais rígido e estruturado, devido à sua disposição plana e simples dos fios (Kumar & Hu, 2017).

Em relação ao aspecto visual, o debuxo influencia diretamente a aparência do tecido. Tecidos com debuxo em cetim destacam-se pelo brilho característico e pela aparência luxuosa proporcionada por sua superfície lisa e refletiva. Por sua vez, tecidos com debuxo em sarja apresentam um padrão diagonal distintivo, que adiciona interesse visual e textura ao tecido. Já o debuxo em tafetá resulta em uma superfície plana e sem textura perceptível, conferindo ao tecido uma estética elegante e clássica (Kumar & Hu, 2017).

Além do toque e do aspeto visual, o debuxo também impacta uma série de propriedades físicas do tecido, incluindo sua resistência, durabilidade e drapagem. Tecidos com debuxo em sarja, por exemplo, tendem a ser mais resistentes ao rasgo devido à disposição diagonal dos fios. Em contrapartida, tecidos com debuxo em cetim podem ser mais propensos a vincos, devido à sua superfície lisa e brilhante. Já o debuxo em tafetá pode proporcionar uma estrutura rígida e estável, adequada para aplicações que demandam volume e forma definida (Baber et al., 2001).

2.3. Parâmetros de afinação no processo de tecelagem

2.3.1. Tensão da teia

2.3.1.1. Importância da Tensão de Teia Otimizada na eficiência do Processo de Tecelagem

A tensão de teia desempenha um papel crítico na garantia da qualidade do tecido produzido. Quando a tensão é inadequada, podem ocorrer problemas como enrugamento, distorção do padrão e desalinhamento dos fios, afetando diretamente a aparência e a integridade estrutural do tecido (Gloy et al., 2015).

A tensão da teia adequada contribui para a maximização da produtividade da linha de produção têxtil. Quando a tensão é otimizada, os fios são alimentados de forma suave e consistente, minimizando o risco de quebras de fios e interrupções no processo de tecelagem. Isso resulta em ciclos de produção mais rápidos e em uma capacidade de produção geralmente aumentada. Uma tensão demasiado baixa, pode provocar problemas como a queda das lamelas, ou um contacto com a inserção da trama que pode provocar a rutura dos fios da teia e a quebra de material do tear e uma tensão demasiado alta pode provocar, de igual forma, a rutura dos fios de teia quebrando significativamente a produção (SS, 2019).

Uma tensão de teia inadequada pode resultar em desperdícios significativos de matéria-prima devido a tecidos defeituosos que precisam ser descartados ou retrabalhados. Ao otimizar a tensão da teia, os fabricantes podem reduzir os custos associados ao desperdício de matéria-prima, aumentando assim a eficiência geral do processo de produção têxtil (Gloy et al., 2015).

2.3.1.2. Influência das características dos fios na tensão da teia

Na tabela seguinte resume-se a influência das propriedades do fio na tensão ideal de teia.

Tabela 1. Resumo da influência das características dos fios na tensão da teia

Propriedade do fio	Influência na tensão da teia	Referência
Alongamento	Fios com alto alongamento tendem a esticar mais sob tensão, podendo causar distorção do padrão e desalinhamento dos fios. É recomendável aumentar a tensão da teia ao trabalhar com esses fios para compensar o estiramento adicional.	(Kolte, 2017b)
Tenacidade	Fios com alta tenacidade são mais resistentes a quebras e podem suportar níveis mais elevados de tensão. Para fios com menor tenacidade, é necessário ter mais atenção e, possivelmente, reduzir a tensão da teia.	(Stjepanović et al., n.d.)
Pilosidade	Fios com maior pilosidade podem exigir uma tensão da teia ligeiramente mais baixa para facilitar a passagem suave dos fios pelo sistema de tecelagem e evitar quebras. Fios menos peludos podem tolerar uma tensão da teia mais alta para garantir aderência adequada.	(Wang et al., 2023)
Massa Linear	Fios com maior massa linear (mais pesados) requerem maior tensão para manter a teia estável e funcional, evitando que a mesma afrouxe.	(Hari, 2012)

Quantidade de encolate	- A quantidade de encolante pode influenciar a rigidez, fricção e comportamento dos fios sob tensão. Quantidade excessiva pode aumentar a fricção e exigir uma tensão mais baixa; quantidade adequada pode suportar uma tensão mais elevada; quantidade insuficiente pode causar deformações e enrugamentos, exigindo tensão mais baixa.	(Jahangir & Hossain, 2023)
-------------------------------	--	----------------------------

2.3.2. Velocidade do tear

2.3.2.1. Importância de uma velocidade adequada no processo de tecelagem

A velocidade do tear desempenha um papel crucial no processo de tecelagem, influenciando tanto a eficiência da produção quanto a qualidade do tecido final. A velocidade do tear está diretamente relacionada à eficiência da produção têxtil, pois determina a taxa na qual os fios são entrelaçados para formar o tecido. Uma velocidade mais alta do tear permite uma produção mais rápida de tecidos, resultando em uma maior produtividade da linha de produção (SS, 2019).

Este parâmetro também pode influenciar a qualidade do tecido final. Uma velocidade muito alta pode aumentar o stresse nos fios, levando a problemas como quebras de fios, desalinhamento dos fios, deformações no tecido e defeitos como trama partida, por outro lado, uma velocidade muito baixa pode resultar em tecidos com padrões irregulares, textura inconsistente e deformações no tecido (SS, 2019).

A velocidade do tear também afeta o desempenho e a vida útil do equipamento. Velocidades muito altas podem aumentar o desgaste dos componentes do tear e exigir manutenção mais frequente, enquanto velocidades muito baixas podem resultar em subutilização do equipamento (*Maintenance of Weaving Machine in Textile Industry - Textile Learner*, n.d.).

Tabela 2. Influência das características do fio na velocidade do tear

Propriedade do fio/Parâmetros de construção do tecido	Influência na velocidade do tear	Referências
Alongamento	Fios com alto alongamento podem exigir velocidades de tear mais baixas para minimizar estiramento excessivo e risco de desalinhamento e deformações no tecido final.	(Kolte, 2017b)
Tenacidade	Fios com alta tenacidade podem suportar velocidades de tear mais elevadas sem quebrar, mas é importante não exceder limites que comprometam a integridade dos fios e a qualidade do tecido final.	(Stjepanović et al., n.d.)
Pilosidade	Fios com maior pilosidade, aumentam a fricção e podem requerer redução na velocidade de tecelagem para minimizar quebras. Fios menos peludos permitem velocidades mais altas devido à passagem mais suave pelos dispositivos do tear.	(Hossain et al., 2021)
Massa Linear	Fios mais pesados por unidade de comprimento, podem exigir velocidades de tear mais baixas para garantir distribuição uniforme e evitar desalinhamento e quebras devido ao stress adicional no tear.	(Hari, 2012)
Atrito	Fios com alto coeficiente de atrito podem exigir velocidades de tear mais baixas para minimizar desgaste excessivo e calor gerado, evitando danos no tear e no tecido, e aumento da pilosidade dos fios e rupturas.	(Wang et al., 2023)
Padrão de Tecelagem	Tecidos com debuxos mais simples podem ser tecidos a velocidades mais altas. Tecidos com debuxos complexos, como jacquards, podem exigir velocidades mais baixas para garantir precisão e menor número de paragens.	(Ruhul Amin et al., 2011b)
Contextura	Tecidos com contexturas mais elevadas podem exigir velocidades mais baixas para garantir distribuição uniforme dos fios e evitar quebras e deformações. Velocidades altas podem causar encavalgamento dos fios e defeitos em contexturas altas.	(Ruhul Amin et al., 2011b)

Existem alguns fatores, que logo à partida poderão condicionar a velocidade do tear, entre eles, o estado do material e o tipo de tecido a produzir, tendo teares em que estejam a ser utilizados pentes que não estejam nas melhores condições, a velocidade terá de ser ajustada.

2.3.3. Afinação da Cala

A abertura da cala é o processo pelo qual os fios da teia são separados em dois grupos distintos para criar um espaço ou "cala" por onde o fio de trama será inserido. Este processo é fundamental para a formação do tecido.

Inicialmente, os fios da teia são esticados e mantidos paralelos no tear. Cada um desses fios passa por uma malha que está ligada a um liço (teares de liços). Esses quadros de liços podem se mover para cima e para baixo. Durante a abertura da cala, os quadros de liços são movidos de acordo com um padrão específico de tecelagem que é determinado pelo debuxo do tecido. Quando um liço é levantado, ele eleva certos fios da teia, enquanto os outros fios, que estão presos a outros liços que não se movem ou que baixam ainda mais a sua posição. Este movimento cria uma separação entre os dois grupos de fios da teia, ou seja, os liços que sobem, que corresponde aos "picas" do desenho e os liços que descem que correspondem aos "deixa" do debuxo.

Essa separação forma a cala, um espaço aberto entre os fios de teia, através do qual o fio de trama será passado, a forma como estes fios são passados depende do mecanismo do tear, podendo ser pinças, jato de ar, água, entre outros. Após a inserção do fio de trama, o pente do tear empurra a trama contra os fios de trama anteriores, compactando-os e formando o tecido.

A abertura de cala ideal é aquela que está aberta apenas o suficiente para que as pinças passem sem cortar os fios de teia, fazendo com que os fios de teia não estejam sujeitos a tensões desnecessárias, e tornando o movimento dos liços o menor possível, sendo assim possível atingir velocidades superiores ("Advanced Weaving Technology," 2022).

Podemos controlar a abertura da cala através do ângulo da cala, sendo que este refere-se ao ângulo formado entre as duas folhas de teia, é alterado através das lâminas da maquina, que são ajustadas para definir a altura máxima e mínima dos fios de urdume durante o movimento dos liços e deve variar com vários fatores: o perfil de pente (se for um perfil alto não é possível ter um ângulo elevado, caso contrário os fios poderão tocar no pente e produzir quebras ou defeitos) e o mecanismo de inserção de trama (caso seja pinças, por exemplo, é necessário ter um ângulo suficientemente alto para que as pinças não danifiquem os fios) (Minimization of Yarn Breakage Rate in Looming Process Using Parameter Optimization Techniques Muluken Abebe Tiruneh, n.d.).

A posição de cruzamento refere-se ao momento crucial na tecelagem em que os fios de teia que sobem cruzam com aqueles que descem, resultando no fechamento da cala que permite segurar a trama. Esse fechamento pode ser total ou parcial, dependendo do tipo de ponto de tecelagem e do mecanismo de formação de cala, que está diretamente ligado ao tipo de tear e mecanismo de movimentação dos fios de teia, podendo ser maquinas, jacquard ou excêntricos. No caso específico do tafetá, ocorre sempre um fechamento total, onde todos os liços, no caso dos teares que utilizam liços, se alinham na mesma posição no momento do cruzamento. Este aspecto, frequentemente subestimado, possui uma importância fundamental no processo de tecelagem, podendo, quando bem controlado, ajudar a evitar inúmeros defeitos no tecido.

Quando a posição de cruzamento ocorre mais tarde, a trama permanece mais solta durante esse momento, proporcionando uma maior margem de ajuste e resultando em menor pressão sobre os fios de teia. Embora isso possa facilitar ajustes, também aumenta a probabilidade de defeitos como pontas e linhas soltas. Este ajuste tardio não é recomendado para tramas com elevado alongamento, pois quando a trama é libertada, ainda não estará completamente presa, fazendo com que o fio escape e produza defeitos. Por outro lado, um cruzamento que ocorre mais cedo apresenta características opostas. A trama é presa mais rapidamente, o que pode criar linhas soltas em tramas com pouco alongamento, além disso, este ajuste não é adequado para fios de teia muito sensíveis.

Cada tipo de tear, com seus diversos mecanismos de inserção de trama e abertura de cala, possui uma afinação ótima específica para diferentes tipos de artigos. É fundamental ter uma compreensão profunda dessas noções para otimizar o processo de tecelagem. Ajustes precisos na posição de cruzamento, podem melhorar significativamente a qualidade do tecido produzido, minimizando defeitos.

2.4. Ciclo de Tecelagem

O ciclo de tecelagem é um processo repetitivo e coordenado em um tear, fundamental para a fabricação de tecidos. Cada ciclo consiste em uma série de operações que se repetem de forma precisa para entrelaçar fios de teia e trama, formando uma estrutura de tecido consistente. Normalmente, este ciclo é descrito em 360 graus, onde cada grau corresponde a um movimento ou ação específica do tear. Essa abordagem de 360 graus facilita a compreensão e a sincronização das diferentes etapas do processo, garantindo a precisão necessária para o processo produtivo.

A abertura da cala é o primeiro passo no ciclo de tecelagem. Com a cala aberta, o próximo passo é a inserção do fio de trama. Após a inserção do fio de trama, o pente do tear entra em ação. O pente é movido para frente, batendo o fio de trama recém-inserido contra o tecido já formado. Após a batida da trama, os quadros de liços reposicionam-se para preparar a próxima abertura da cala. Este movimento de reposicionamento é crucial para manter o padrão de tecelagem desejado. Finalmente, o tecido recém-formado é enrolado no rolo de tecido, enquanto os fios de teia são desenrolados do rolo de teia. Este avanço contínuo mantém a tensão adequada nos fios de teia e garante que o processo de tecelagem possa continuar sem interrupções. O avanço do tecido é coordenado com as outras etapas do ciclo para garantir uma produção contínua e eficiente.

A essência do ciclo de tecelagem está na repetição coordenada dessas operações. Cada ciclo deve ser perfeitamente sincronizado com o anterior para garantir que o tecido resultante seja uniforme e de alta qualidade. A precisão no tempo e na execução de cada etapa é fundamental para a consistência do tecido.

O ciclo de tecelagem não é algo fixo, diferentes teares podem ter ciclos diferentes e dentro dos próprios tear, podemos modificar o ciclo em função de alguns objetivos pretendidos.

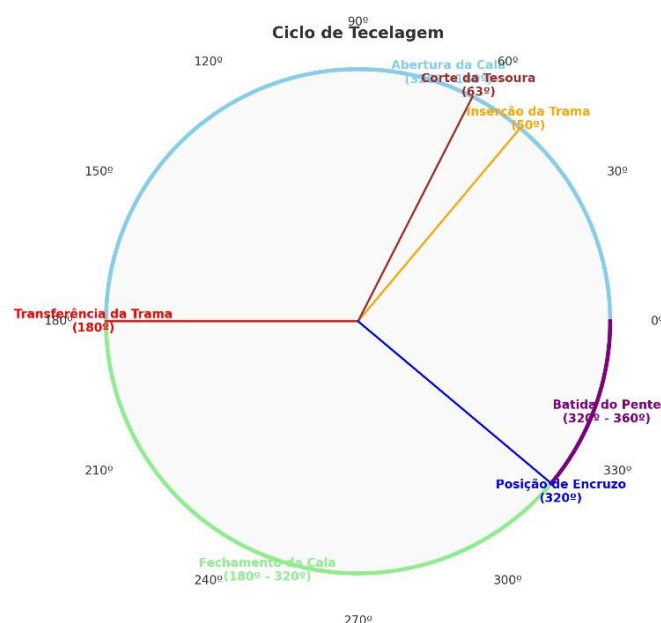


Figura 8. Exemplo de um ciclo de tecelagem

Aqui está o diagrama do exemplo de um ciclo de tecelagem:

1. Abertura da Cala (320 ° a 180 °): Representada em azul-claro.
2. Fechamento da Cala (180 ° a 320 °): Representada em verde-claro.
3. Seleção da Trama (50 °): Representada em laranja.
4. Corte da Tesoura (63 °): Representada em marrom.
5. Transferência da Trama (180 °): Representada em vermelho.
6. Batida do Pente (320 ° a 360 °): Representada em roxo.
7. Posição de Cruzamento (320 °): Representada em azul

2.5. Áreas do tear e as respectivas causas de paragem

O fator que é manifestamente mais influente no número de paragens à teia é a qualidade do fio e da engomagem, no caso de ser engomada, no entanto, a partir do momento em que esse processo está realizado, pouco ou nada é possível fazer em relação a esse fator. É possível através da análise das quebras e das zonas onde aconteceram as mesmas, teorizar com algum fundamento a razão por de trás das mesmas e efetuar algumas alterações de forma a reduzir a incidência das quebras.

De forma a se simplificar a compreensão, as zonas do tear serão divididas em 6, a primeira é entre o cilindro porta fios e as lamelas, a segunda é a zona das lamelas, a terceira é entre as lamelas e os liços, a quarta é a zona dos liços, a quinta é entre os liços e o pente e a sexta é entre o pente e o tecido.

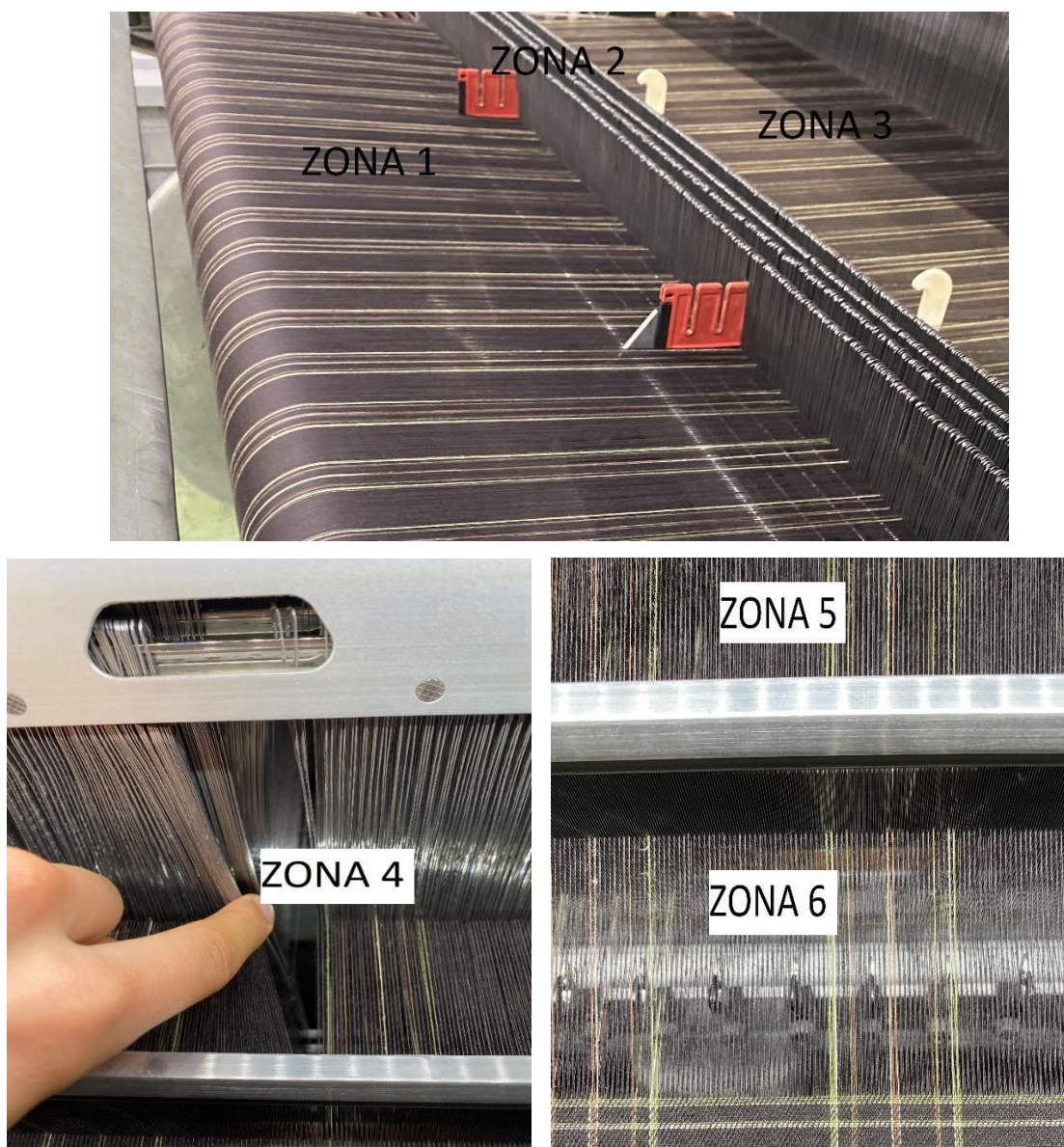


Figura 9. Representação das diferentes zonas do tear

Zona 1

Tabela 3. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 1

Causa provável	Medidas Corretivas
Fios de teia Cruzados	Descruzar os fios de teia
	Voltar a remeter ou a amarrar a teia
Qualidade do fio de teia é insuficiente	Adaptar a aplicação de goma
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia

Alguns fios de teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios com a mesma tensão

Zona 2

Tabela 4. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 2

Causa provável	Medidas Corretivas
Fios de teia Cruzados	Descruzar os fios de teia
	Voltar a remeter ou a amarrar a teia
Qualidade do fio de teia é insuficiente	Adaptar a aplicação de goma
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia
Alguns fios de teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios com a mesma tensão
Lamelas do sensor de teia danificadas	Substituir as células danificadas
Lamelas do sensor de teia muito próximas	Aumentar o espaçamento entre as lamelas
	Aumentar o número de serrotes se necessário
Fios cruzados no sensor de teia	Atar um novo fio

Zona 3

Tabela 5. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 3

Causa provável	Medidas Corretivas
Fios de teia Cruzados	Descruzar os fios de teia
	Voltar a remeter ou a amarrar a teia
Qualidade do fio de teia é insuficiente	Adaptar a aplicação de goma
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia
Alguns fios de teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios com a mesma tensão

Zona 4

Tabela 6. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 4

Causa provável	Medidas corretivas
Liços danificados	Substituir os liços danificados
Cala posterior muito curta	Colocar o sensor de teia mais atrás
Muita acumulação de tecido diante do pente	Elevar ou baixar o cilindro portafios (em função do ponto de tecelagem); Aumentar a tensão da teia; Adiantar a posição de cruzamento; Utilizar o tempereiro de largura total.
Cala muito grande	Corrigir os ajustes da cala
Cilindro portafios oscila muito	Aumentar o número de bobines ativas no cilindro porta-fios
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia
Alguns fios da teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios de teia com a mesma tensão

Zona 5

Tabela 7. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 5

Causa provável	Medidas corretivas
Qualidade do fio de teia insuficiente	Adaptar a aplicação de goma
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia
Alguns fios de teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios de teia com a mesma tensão
Cilindro portafios muito alto/baixo	Subir/Baixar o cilindro portafios até que as calas superiores e inferiores estejam igualmente tensionadas.
Cala muito grande/pequena	Ajustar a cala corretamente

Posição de Cala fechada muito cedo/muito tarde	Adaptar a posição de cala fechada ao artigo
Fios de teia pegajosos	Aumentar a tensão da teia
	Encurtar a cala posterior

Zona 6

Tabela 8. Causas prováveis e medidas corretivas para a zona 6

Causa provável	Medidas corretivas
Qualidade do fio de teia insuficiente	Adaptar a aplicação de goma
Tensão da teia muito alta	Reduzir a tensão da teia
Alguns fios de teia sem tensão	Aumentar a tensão da teia
	Regular todos os fios de teia com a mesma tensão
Cilindro portafios muito alto/baixo	Subir/Baixar o cilindro portafios até que as calas superiores e inferiores estejam igualmente tensionadas.
Cala muito grande/pequena	Ajustar a cala corretamente
Posição de Cala fechada muito cedo/muito tarde	Adaptar a posição de cala fechada ao artigo
Fios de teia pegajosos	Aumentar a tensão da teia
	Encurtar a cala posterior
Pente danificado	Consertar o pente
Cabeça da pinça danificada	Polir a cabeça da pinça
	Se necessário trocar a cabeça da pinça

3. Desenvolvimento Experimental

Neste estudo, foram utilizados diferentes fios, selecionados com variações nas suas principais propriedades: massa linear, tenacidade, alongamento, atrito e pilosidade, além disso, foram considerados os parâmetros de construção do tecido, como a contextura à teia e à trama eo padrão de tecelagem, de forma a avaliar como essas variáveis influenciam o processo de tecelagem. Os tecidos foram previamente selecionados, garantindo uma amostragem

representativa das variações comum. Para assegurar a uniformidade, foi garantido que, para o mesmo artigo, os fios faziam parte do mesmo lote de fiação.

O tear Itema R9500 foi configurado para acomodar as diferentes características dos fios e dos tecidos selecionados. Três parâmetros principais do tear foram ajustados: a tensão da teia, a velocidade do tear e a afinação da cala. A tensão da teia foi ajustada para diferentes níveis, a fim de observar a quantidade de ruturas à teia e à trama e o impacto na qualidade do tecido. A velocidade do tear foi variada para avaliar a influência na eficiência da produção e na integridade dos fios. A afinação da cala foi ajustada para otimizar a inserção do fio e minimizar defeitos notecido, melhorando desta forma o rendimento do tear.

A preparação para a tecelagem incluiu a montagem adequada das teias no tear, garantindo que cada conjunto de fios fosse testado sob condições controladas e reproduzíveis. Considerando que os primeiros metros após a montagem da teia são mais propícios a quebras, esses metros iniciais não foram considerados na análise. O processo de tecelagem foi conduzido em séries de testes, cada uma focada em um conjunto específico de afinações do tear. Durante o processo, dois indicadores principais foram monitorados: a taxa de ruturas, o tipo de ruturas e a qualidade do tecido, avaliada visualmente pela quantidade e pelo tipo de defeitos produzidos. Todo o tipo de paragens que não estavam diretamente ligadas às alterações efetuadas, como o defeito de peças que afetam o rendimento do tear, assim como o tipo de defeito, não foram tidos em conta para efeitos de estudo.

Os dados recolhidos durante o processo de tecelagem foram analisados para identificar a relação entre os parâmetros dos fios, as respetivas afinações do tear e a eficiência do processo. A taxa de ruturas por 100000 passagens foi usada como uma medida quantitativa da frequência de ruturas dos fios durante a tecelagem, enquanto a qualidade do tecido foi avaliada visualmente pela quantidade e tipo de defeitos presentes no tecido final. Os resultados foram comparados entre si para tentar encontrar a correlação entre os três fatores. Assume-se como valores acetáveis um total de 1 paragem à teia e 1 paragem à trama por cada 100000 passagens, sendo estes os valores que se procurou atingir, até se assumir que o processo estava devidamente otimizado.

Para a realização deste trabalho, foi necessário dispor de um elevado número de teares. Foi selecionado um artigo com exatamente as mesmas condições de produção, ou seja, o mesmo lote de fio, a mesma partida de tingimento e a mesma percentagem de goma, repartido por várias teias. Isso permite partir de uma base em que qualquer alteração efetuada permita tirar uma

conclusão lógica que não tenha relação com processos anteriores. Serão utilizados sempre os mesmos tipos de tear, e todas as alterações serão feitas singularmente para obter um conjunto de dados estatisticamente significativo.

Numa fase inicial, com base nas propriedades dos fios a utilizar, as tensões serão alteradas em vários teares, desde um valor elevado que o tecido consegue suportar até um valor mais reduzido para aquele tipo de teia, tentando sempre não pôr em causa a produtividade. Será produzido um número considerável de metros de tecido nessas condições e depois analisado o rendimento do tear, considerando apenas as paragens devido a quebras de teia e trama. Os restantes parâmetros serão os pré-definidos.

Com uma base fundamentada para a tensão da teia, o mesmo estudo será realizado para o ângulo de abertura da cala e para a posição de cruzamento, fazendo várias tentativas com diferentes afinações e tensões para encontrar as melhores combinações e perceber se há alguma relação direta entre esses fatores. Será necessário verificar se a tensão "ótima" obtida se enquadra com as afinações "ótimas". Caso contrário, o processo será repetido com outras tensões para encontrar a relação mais vantajosa em termos produtivos. Encontrada a melhor relação entre esses fatores, será analisada a velocidade a que o tear pode funcionar, ajustando teares a diferentes velocidades e verificando qual produziu mais metros no mesmo espaço de tempo. Neste aspeto, deve-se considerar também o número de defeitos produzidos, partindo do princípio de que o tear em boas condições sem interrupções, produz pouquíssimos defeitos.

Este processo será repetido várias vezes, para vários tecidos com diferentes parâmetros de construção e fios. No final, será feita uma relação, utilizando uma grande amostra de dados, entre as características dos fios, os parâmetros de afinação, acima mencionados e os parâmetros de construção do tecido.

3.1. Materiais

Nos subcapítulos seguintes serão apresentados os tecidos a serem estudados bem como as suas características.

3.1.1. Artigo 1

Tabela 9. Ficha técnica do artigo 1

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Tafetá
Contextura à teia	39,38 fios/cm
Contextura à trama	26 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	36/01 penteado orgânico (34,2)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	312,4
Pilosidade	2,2
Alongamento	3,5
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	36/01 Penteado orgânico (36,5)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	283,9
Pilosidade	3,7
Alongamento	4,8
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	



3.1.2. Artigo 2

Tabela 10. Ficha técnica do artigo 2

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Sarja Espinha 2x2
Contextura à teia	39,38 fios/cm
Contextura à trama	26 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	36/01 penteado orgânico (34,2)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	312,4
Pilosidade	2,2
Alongamento	3,7
Composição	100% Algodão

Fios de Trama	
Título	36/01 Penteado orgânico (36,5)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	283,9
Pilosidade	3,7
Alongamento	4,8
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	
	

3.1.3. Artigo 3

Tabela 11. Ficha técnica do artigo 3

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Sarja 2x2
Contextura à teia	21,26 fios/cm
Contextura à trama	20 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão

Fios Teia	
Título	12/01 Cardado Orgânico (11,1)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	874,3
Pilosidade	4,5
Alongamento	3,1
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	12/01 Cardado Orgânico (12,6)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	782,0
Pilosidade	6,9
Alongamento	6,6
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	
	

3.1.4. Artigo 4

Tabela 12. Ficha técnica do artigo 4

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Tafetá
Contextura à teia	54,34 fios/cm
Contextura à trama	40 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	100/02 Penteado (99,8/2)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	228,9
Pilosidade	2.4
Alongamento	4.5
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	50/01 Penteado (49,3)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	224,0
Atrito	
Pilosidade	3.0
Alongamento	5.3
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	



3.1.5. Artigo 5

Tabela 13. Ficha técnica do artigo 5

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Sarja 2x2
Contextura à teia	33,06 fios/cm
Contextura à trama	27 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	80% Algodão 20% Lã
Fios Teia	
Título	30/01 Penteado (28,7)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	291,6
Pilosidade	4,3
Alongamento	2,9
Composição	80% Algodão 20% Lã

Fios de Trama	
Título	30/01 Penteado (29,8)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	259,7
Pilosidade	6.2
Alongamento	4.8
Composição	80% Algodão 20% Lã
Visualização do tecido	
	

3.1.6. Artigo 6

Tabela 14. Ficha técnica do artigo 6

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Tafetá
Contextura à teia	66,14 fios/cm

Contextura à trama	42 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	70/01 Penteado (68,5)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	199,8
Pilosidade	1.9
Alongamento	3.4
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	70/01 Penteado (70,6)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	183,2
Pilosidade	2.6
Alongamento	5.7
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	



3.1.7. Artigo 7

Tabela 15. Ficha técnica do artigo 7

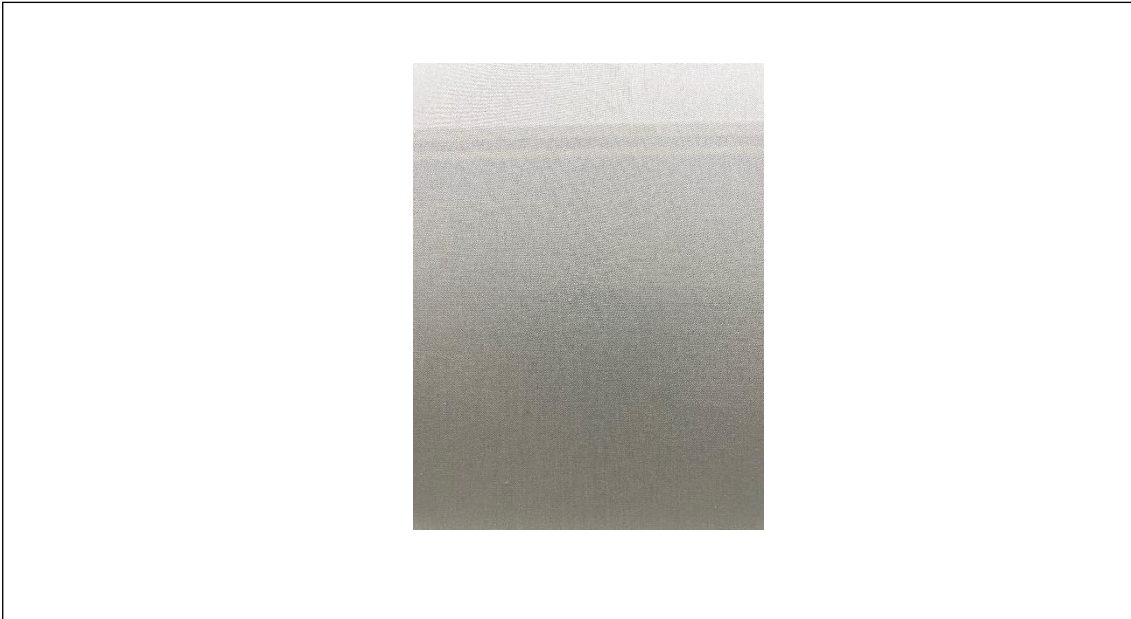
Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Tafetá
Contextura à teia	54,34 fios/cm
Contextura à trama	27 fios/cm
Empuado	2 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	50/01 Orgânico Penteado (49,1)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	231,7
Pilosidade	2.1

Alongamento	3.5
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	50/01 Orgânico Penteado (50,3)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	220,7
Pilosidade	3.1
Alongamento	6.3
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	
	

3.1.8. Artigo 8

Tabela 16. Ficha técnica do artigo 8

Item	Especificação
Ponto de Tecelagem	Sarja 3x1
Contextura à teia	70,85 fios/cm
Contextura à trama	42 fios/cm
Empuado	4 fios/pua
Composição	100% Algodão
Fios Teia	
Título	50/01 Orgânico Penteado (49,1)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	231,7
Pilosidade	2,1
Alongamento	3,5
Composição	100% Algodão
Fios de Trama	
Título	50/01 Orgânico Penteado (50,3)
Torção	Z
Tenacidade (cN)	220,7
Pilosidade	3.1
Alongamento	6.3
Composição	100% Algodão
Visualização do tecido	



3.2. Métodos

3.2.1. Tear

Para o seguinte trabalho foram utilizados teares Itema do tipo R9500, trata-se de um tear com pinças negativas flexíveis, os selecionados para o trabalho são de órgão simples, possuem uma largura standard de 1,90 m, e são alimentados por órgãos de teia de 800 mm. A rotação máxima, dita pelo fabricante anda na ordem das 710 rpm, não sendo aconselhado a utilização prolongada da máquina a velocidades acima das 620 rpm. É possível acoplar até 20 liços.

Existem alguns parâmetros de afinação que influenciam diretamente a forma como a tensão é distribuída pela teia, de forma a haver condições equivalentes para todos os artigos, foram estabelecidas condições neutras e abrangentes para os diversos tipos de teias e artigos. Os teares Itema são equipados por um desbobinador de teia eletrónico com um cilindro porta fios, ligado à tensão da mola, esta tensão é influenciada diretamente pelo número de bobines ativas (que podemos verificar na Figura 10) que para efeitos de estudo será sempre 3. A posição da biela também pode variar entre X e Y, sendo a X mais apropriada para artigos considerados “leves”, será a utilizada para objeto de estudo.

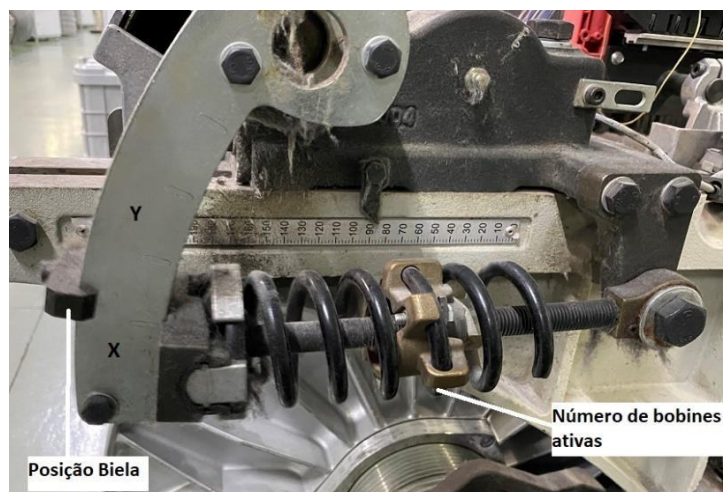


Figura 10. Posição da biela reguladora de tensão

A unidade eletrónica controla o desbobinador de acordo com os sinais captados pela célula de carga (que pode ser vista na figura 11) que lê a flexão da mesma, este sinal depende da força que as pontas de teia transmitem ao cilindro porta fios.

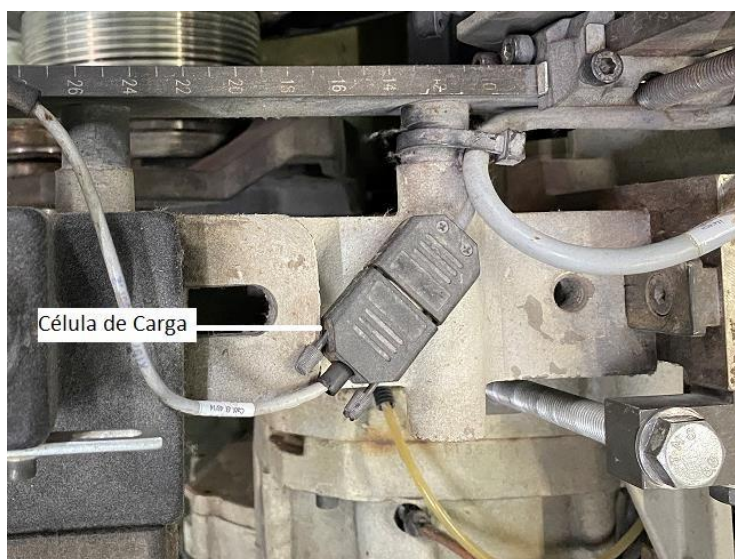


Figura 11. Célula de carga

O cilindro Portafios tem um mecanismo de retorno variável que se regula nos vários momentos de tensão de teia, este mecanismo consiste na Biela que podemos observar na figura 12, existem duas posições possíveis, sendo mais uma vez a X, mais apropriada para artigos leves, sendo por isso a utilizada para objeto de estudo.



Figura 12. Posição alavanca

A altura do peitoril, que pode ser vista na figura 13, utilizada foi 0.

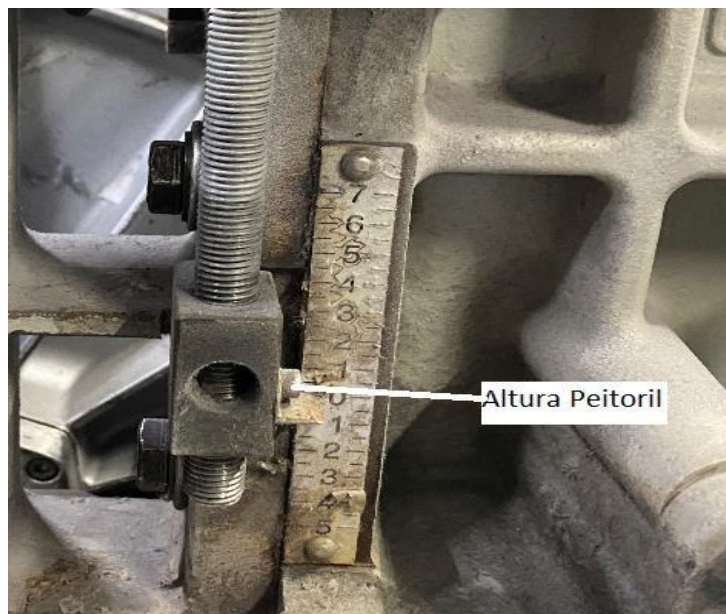


Figura 13. Altura peitoril

A distância do cilindro porta fios foi ajustada para 90 cm.

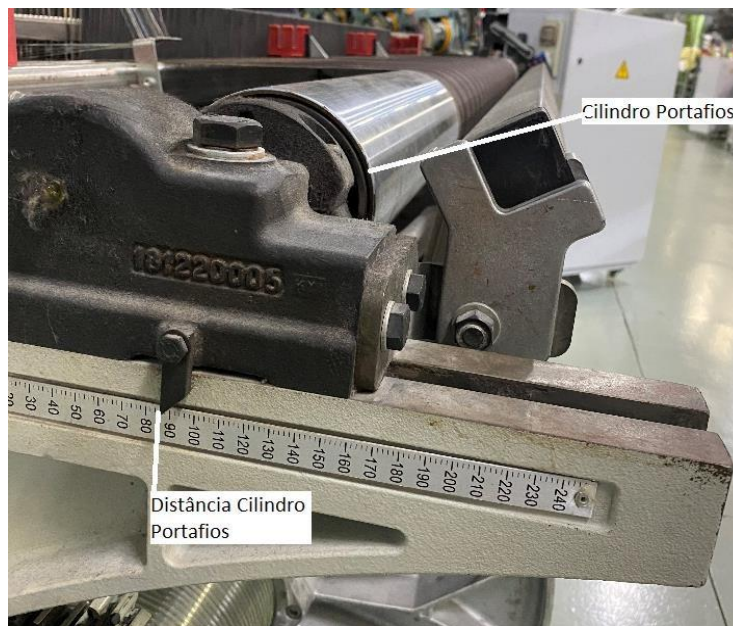


Figura 14. Distância cilindro porta fios

3.2.2. Maquineta

As maquinetas utilizadas são da Marca Staubli, modelo 3020, trata-se de maquinetas do tipo positivo com controlo eletrónico funcionando segundo o princípio rotativo STAUBLI, para fazer subir um liço é preciso alimentar a bobine correspondente do bloco de eletroímãs. Estas maquinetas permitem um intervalo compreendido entre os 22° e os 28°, no que toca ao ângulo de formação da cala.

4. Análise e discussão de resultados

4.1. Artigo 1

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 6 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 50 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido. Entre os problemas observados, destacaram-se as sombras e as rareiras, que comprometem a qualidade do tecido, além disso, verificou-se uma tendência acentuada para o rasgo do tecido sob essas condições de

alta tensão. Devido à experiência a lidar com este tipo do tecido, foi colocado o tear logo à velocidade máxima do tear em condições normais. Todos os teares produziram cerca 200 metros de tecido (520000 passagens) nas respectivas condições.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 1 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 17. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 1

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)
		Teia	Trama	
70	23	8,4	6,0	620
69	20	0,8	0,3	620
67	17	6,1	0	620
66	22	5,0	5,8	620
65	21	1,4	0	620
64	21	0,6	1,0	620
63	18	0,3	0,0	620
62	19	1,0	0,3	620
61	16	6,5	4,3	620
70	21	1,1	0,2	620
67	18	0,7	0,4	620
66	20	0,5	0,5	620
61	19	0,0	0,7	620

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores ótimos de tensão para os primeiros 10 teares situavam-se entre 18 e 21 cN. Não foram observadas diferenças significativas entre os teares dentro desse intervalo, indicando uma consistência nos resultados. Para eliminar qualquer possibilidade de erro ou variabilidade associada a outros fatores, foi decidido realocar os teares que apresentaram um número superior de paragens para as condições de tensão que obtiveram os melhores resultados nos demais teares.

Ao ajustar a tensão desses teares problemáticos para o intervalo de 18 a 21 cN, observou-se uma diminuição drástica no número de paragens. Este resultado confirma que as paragens excessivas estavam diretamente relacionadas à tensão aplicada. Dessa forma, é possível concluir que a tensão ideal para este tipo de artigo, considerando as características dos fios e os parâmetros de construção do tecido, situa-se entre 18 e 21 cN.

Adicionalmente, observou-se que, nos teares Itema, devido ao reduzido número de paragens quando operados dentro do intervalo de tensão ideal, a velocidade de operação pode ser mantida no seu valor máximo. Reduzir a velocidade não se mostrou necessário, dado que a eficiência e a qualidade do tecido não foram comprometidas em qualquer instância.

4.2. Artigo 2

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 6 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 45 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido. Verifica-se uma diferença relativamente ao artigo em tafetá, sendo possível, neste desenho, colocar tensões superiores.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 2 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 18. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 2

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)
		Teia	Trama	
90	18	1,3	1,0	620
89	20	0,7	1,0	620
88	26	1,8	5,4	620
87	19	0,0	0,3	620
86	22	0,3	0,3	620
83	30	2,8	1,3	620
28	28	1,4	4,7	620
66	25	0,6	0,3	620

61	16	2,3	3,5	620
70	21	1,1	0,2	620
88	20	0,5	4,3	620
28	22	0,5	3,8	620
61	21	0,0	0,6	620
66	26	2,1	0,5	620
87	27	1,9	0,9	620

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores ótimos de tensão para os primeiros 10 teares situavam-se entre 18 e 25 cN. Não foram observadas diferenças significativas entre os teares dentro desse intervalo, indicando uma consistência nos resultados. Verificou-se, no entanto um número elevado de paragens à trama em alguns dos teares, para eliminar qualquer possibilidade de erro ou variabilidade associada a outros fatores, foi decidido realocar esses teares que apresentaram um número superior de paragens para as condições de tensão que obtiveram os melhores resultados nos demais teares.

Ao ajustar a tensão desses teares problemáticos para o intervalo de 20 a 22 CN, observou-se, nos teares 88 e 28, continuou a haver uma quantidade elevada de paragens à trama, o que indica que o problema poderia advir do tear e não da tensão. Tal não aconteceu no tear 61, em que ao ajustar a tensão, o número de paragens à trama diminuiu, o que indica que o problema poderia estar ligado à tensão da teia. De forma a comprovar os valores foram colocados os teares 66 e 87 com valores de tensão de 26 cN e 27 cN respectivamente e verificou-se que o número de paragens à teia aumentou, comprovando assim os valores ótimos.

É possível assim concluir, que a alteração do ponto de tecelagem, faz oscilar os valores ótimos de tensão de teia, não havendo grandes diferenças no número de paragens quando operados nos valores ideais, existe uma margem maior na tensão ideal e não se reflete num incremento tão desproporcional, quando operados numa faixa diferente em comparação com o ponto tafetá.

Adicionalmente, observou-se que, nos teares Itema, devido ao reduzido número de paragens quando operados dentro do intervalo de tensão ideal, a velocidade de operação pode ser mantida no seu valor máximo. Reduzir a velocidade não se mostrou necessário, dado que a eficiência e a qualidade do tecido não foram comprometidas em qualquer instância.

4.3. Artigo 3

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 5 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 60 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido. Entre os problemas observados, destacaram-se as sombras e as rareiras, que comprometeram a qualidade do tecido, além disso, verificou-se uma tendência acentuada para o rasgo do tecido sob essas condições de alta tensão. Devido à experiência a lidar com este tipo do tecido, foi colocado o tear a 580 rpm como ponto de partida, sendo que este tipo de artigo apresenta uma elevada quantidade de paragens à trama quando colocados a velocidades superiores, o que iria afetar a produção. Todos os teares produziram cerca 200 metros de tecido (400000 passagens) nas respectivas condições.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 3 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 19. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 3

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)
		Teia	Trama	
19	25	6,3	12,6	580
23	35	4,5	3,0	580
25	27	0,8	4,1	580
27	30	0,5	0,4	580
29	32	1,1	2,0	580
19	31	0,5	1,3	580
23	30	0,8	1,4	580
27	30	0	0	550
19	25	3,5	6,9	550
23	35	3,2	3,5	550
25	27	1,2	2,5	550
29	32	0,7	0,9	550

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores ótimos de tensão para os primeiros 5 teares situavam-se entre 30 e 32 cN. Não foram observadas diferenças significativas entre os teares dentro desse intervalo, indicando uma consistência nos resultados. Para eliminar qualquer possibilidade de erro ou variabilidade associada a outros fatores, foi decidido realocar os teares que apresentaram um número superior de paragens para as condições de tensão que obtiveram os melhores resultados nos demais teares.

Ao ajustar a tensão desses teares problemáticos para o intervalo de 30 a 32 cN, observou-se uma diminuição considerável no número de paragens. Este resultado confirma que as paragens excessivas estavam diretamente relacionadas à tensão aplicada. Dessa forma, é possível concluir que a tensão ideal para este tipo de artigo, considerando as características dos fios e os parâmetros de construção do tecido, situa-se entre 30 e 32 cN.

Adicionalmente, observou-se que, nos teares Itema, devido ao reduzido número de paragens quando operados dentro do intervalo de tensão ideal, a velocidade de operação pode ser mantida nas 580 rpm. Reduzir a velocidade efetivamente reduziu o número de paragens, mas sendo que o tempo médio de paragem é de 2 minutos, em termos produtivos, não faz sentido reduzir a velocidade. No que toca à qualidade do tecido produzido, as paragens não estiveram ligadas a defeitos significativos.

4.1. Artigo 4

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 8 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 36 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido. Entre os problemas observados, destacaram-se as sombras e as rareiras, que comprometem a qualidade do tecido, além disso, verificou-se uma tendência acentuada para o rasgo do tecido sob essas condições de alta tensão. Todos os teares produziram cerca 200 metros de tecido (800000 passagens) nas respectivas condições.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 4 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 20. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 4

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 50000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	13	1,9	0,6	500	320
26	14	1,9	1,5	500	320
52	16	4,2	3,3	500	320
86	12	2,7	0,9	500	320
12	18	6,3	3,5	500	320
52	14	1,1	2,0	500	320
12	13	1,9	0,3	500	320

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores ótimos de tensão para os primeiros 5 teares situavam-se entre 13 e 14 cN. Não foram observadas diferenças significativas entre os teares dentro desse intervalo, indicando uma consistência nos resultados. Para eliminar qualquer possibilidade de erro ou variabilidade associada a outros fatores, foi decidido realocar os teares que apresentaram um número superior de paragens para as condições de tensão que obtiveram os melhores resultados nos demais teares.

Ao ajustar a tensão desses teares para o intervalo de 13 a 14 cN, observou-se, mais uma vez, uma diminuição considerável no número de paragens. Este resultado confirma que as paragens excessivas estavam diretamente relacionadas à tensão aplicada. Dessa forma, é possível concluir que a tensão ideal para este tipo de artigo, considerando as características dos fios e os parâmetros de construção do tecido, situa-se entre 13 e 14 cN.

Tabela 21. Paragens do tear a 550 rpm para o artigo 4

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	14	6,0	4,2	550	320
26	16	9,3	5,5	550	320
52	12	7,5	3,1	550	320

86	18	6,4	8,8	550	320
12	13	4,2	5,5	550	320

Após a identificação das tensões ótimas em 500 rpm e a confirmação de que os resultados obtidos estavam diretamente relacionados às tensões, a velocidade do tear foi ajustada para 550 rpm. Os teares que apresentaram os melhores resultados continuaram a ser aqueles cujos valores de tensão estavam compreendidos entre 12 e 14 cN, contudo, observou-se um aumento considerável no número de paragens do tear, o que, nesse contexto, impactou negativamente a qualidade do tecido produzido.

Tabela 22. Paragens do tear a 450 rpm e uma posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 4

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	14	1,0	1,0	450	320
26	16	3,0	3,4	450	320
52	12	2,3	0,7	450	320
86	18	5,2	2,1	450	320
12	13	2,1	0,5	450	320

O mesmo procedimento foi realizado com a velocidade do tear ajustada para 450 rpm. Verificou-se novamente que o intervalo ótimo de tensões se situou entre 13 e 14 cN. Observou-se uma ligeira diminuição na quantidade de paragens em comparação com os valores obtidos a 500 rpm, com um aumento marginal em 13 cN, no entanto, essa redução no número de paragens não justificou a diminuição da produção resultante da redução de 50 rpm na velocidade do tear. Além disso, não foram identificadas diferenças consideráveis na qualidade do tecido produzido, não justificando assim, a colocação do tear a 450 rpm.

Tabela 23. Paragens do tear a 500 rpm e uma posição de cruzamento de 340 ° para o artigo 4

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	14	1,3	0,6	500	340
26	16	1,0	1,1	500	340
52	12	4,0	3,1	500	340
86	18	3,5	2,0	500	340
12	13	5,3	2,7	500	340

Após a identificação da velocidade ideal para este tipo de artigo, procedeu-se à alteração da posição de cruzamento. Inicialmente, esta foi ajustada para 340°, resultando em uma mudança nos valores ótimos de tensão, que passaram a situar-se entre 14 e 16 cN. Esta alteração pode ser justificada pelo facto de a cala estar menos aberta no momento da batida do pente, o que reduz o stress sobre os fios nesse momento, permitindo que eles suportem maior tensão durante o restante ciclo. As combinações possíveis dentro desses parâmetros foram aquelas que apresentaram um menor número de quebras, vale a pena ressaltar que o ajuste da posição de cruzamento é realizado pelo tear e, portanto, não tem qualquer influência na produtividade, no que toca à modificação da mesma.

Tabela 24. Paragens do tear a 500 rpm e uma posição de cruzamento de 300 ° para o artigo 4

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	14	6,7	1,1	500	300
26	16	5,1	1,0	500	300
52	12	8,1	1,7	500	300
86	18	4,3	1,5	500	300
12	13	7,1	1,8	500	300

Por fim, a posição de cruzamento foi ajustada para 300°, o que resultou em um elevado número de paragens à teia. Isso ocorreu, possivelmente porque a cala estava excessivamente

fechada no momento de saída das pinças, causando um contato intenso entre estas e os fios de teia. Como esses fios possuíam uma tenacidade relativamente baixa, houve uma quebra frequente dos mesmos. Observou-se que os fios com maior tensão apresentaram melhores resultados, possivelmente devido ao fato de que, estando mais esticados, os fios de teia exibiram uma menor curvatura e, conseqüentemente, uma menor zona de contato com as pinças.

4.2. Artigo 5

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 5 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 40 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 5 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 25. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 5

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
51	15	4,6	1,3	620	320	22
54	17	2,6	0,6	620	320	22
85	19	2,3	1,0	620	320	22
62	21	2,4	0,8	620	320	22
63	23	3,2	1,2	620	320	22
45	25	4,5	1,1	620	320	22
32	27	5,3	1,6	620	320	22

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores ótimos de tensão para os primeiros 7 teares situavam-se entre 17 e 21 cN. Não foram observadas diferenças significativas entre os teares dentro desse intervalo, indicando uma consistência nos resultados. Verifica-se uma proporcionalidade quase direta, havendo um aumento constante de defeitos à medida que nos desviamos desses valores.

Tabela 26. Paragens do tear numa posição de cruzamento 340 ° para o artigo 5

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
51	15	3,5	2,1	620	340	22
54	17	2,1	1,9	620	340	22
85	19	2,3	2,3	620	340	22
62	21	2,7	3,4	620	340	22
63	23	2,6	3,1	620	340	22
45	25	2,1	2,4	620	340	22
32	27	3,1	2,6	620	340	22

Procedeu-se à alteração da posição de cruzamento. Inicialmente, esta foi ajustada para 340°, resultando em um aumento do intervalo nos valores ótimos de tensão, que passaram a situar-se entre 17 e 25 cN. Esta alteração pode ser justificada pelo fato de a cala estar menos aberta no momento da batida do pente, o que reduz o stress sobre os fios nesse momento, permitindo que eles suportem maior tensão durante o restante ciclo. O facto de haver menos contacto das pinças com os fios da teia, também pode ter alguma influência. Verificou-se, no entanto, que apesar do intervalo para os valores ótimos terem aumentado, o número de paragens à trama também aumentou, apesar de este aumentado não se ter refletido em defeitos no tecido, resultou numa perda mais acentuada de produção.

Tabela 27. Paragens do tear numa posição de cruzamento 300 ° para o artigo 5

Tear	Tensão (cN)	Passagens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
51	15	6,3	4,2	620	300	22
54	17	4,9	5,1	620	300	22°
85	19	5,4	3,9	620	300	22
62	21	3,7	3,8	620	300	22
63	23	3,9	4,2	620	300	22
45	25	3,2	4,1	620	300	22
32	27	4,3	4,7	620	300	22

Procedeu-se novamente à alteração da posição de cruzamento, esta foi ajustada para 300°, resultando em um aumento do número de paragens à teia e à trama. Verificou-se que os valores ótmios nesta configuração passaram a situar-se entre 21 e 25 cN, notando-se assim, um aumento considerável na tensão ideal. Este aumento pode ser justificado pelo fato de os fios ao terem mais tensão, estão mais esticados, ou seja, o contacto com as pinças será menor, o que pode se refletir em menos quebras, quando comparado com situações em que haja uma tensão inferior.

Tabela 28. Paragens do tear numa velocidade de 550 rpm para o artigo 5

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
51	19	0,8	0,7	550	320	22
54	21	0,7	0,4	550	320	22
85	19	0,6	2,6	550	340	22
62	23	0,4	2,3	550	340	22
63	25	1,2	2,6	550	340	22
45	21	2,9	3,5	550	300	22
32	25	2,9	3,2	550	300	22

A velocidade foi reduzida, para os valores ótimos de tensão, nas diferentes configurações, verificou-se uma diminuição notável das quebras, em todas as situações. As configurações com a posição de cruzamento a 320° foram aquelas que permitiram melhores valores, quer à teia quer à trama, obtendo valores excelentes, a posição de cruzamento a 340° com valores de tensões de 19 cN e 23 cN também obteve valores ótimos de paragens à teia, mas não à trama, não sendo, por isso, uma escolha viável. A posição de cruzamento a 300°, foi aquela que obteve piores valores, quer à teia, quer à trama.

4.3. Artigo 6

Durante a fase experimental, foram realizadas diversas experiências para determinar os intervalos de tensão aceitáveis para a tecelagem. Observou-se que, ao aplicar uma tensão inferior a 8 cN, a teia apresentava um afrouxamento excessivo. Esse afrouxamento resultava no contato das lamelas com as serras, provocando a paralisação do tear. Por outro lado, ao aplicar tensões superiores a 38 cN, notou-se a recorrência de defeitos significativos no tecido. Entre os problemas observados, destacaram-se as sombras e as rareiras, que comprometem a qualidade do tecido, além disso, verificou-se uma tendência acentuada para o rasgo do tecido sob essas condições de alta tensão. Devido ao facto de ser uma encomenda em que era exigido uma maior qualidade, as condições iniciais foram de uma velocidade reduzida, ou seja, 350 rpm e o número de metros

produzidos, não foi igual para todas as condições, sempre que se verificou um número elevado de defeitos no tecido os parâmetros eram alterados e era depois feita a respetiva conversão.

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 6 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 29. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	10,6	0,0	350	320	22
72	16	7,7	0,9	350	320	22
73	15	5,7	0,0	350	320	22
75	11	8,1	6,1	350	320	22
76	13	3,7	0,9	350	320	22
77	12	8,0	6,4	350	320	22
78	14	1,8	2,4	350	320	22
71	14	2,1	0,0	350	320	22
72	14	1,5	0,4	350	320°	22°
75	13	2,6	5,3	350	320°	22°
77	13	3,1	7,2	350	320°	22°

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os teares que apresentaram uma menor quantidade de quebras, correspondiam àqueles que compreendiam uma tensão situada entre os 13 e os 14 cN. Para eliminar qualquer possibilidade de erro ou variabilidade associada a outros fatores, foi decidido realocar os teares que apresentaram um número superior de paragens para as condições de tensão que obtiveram os melhores resultados nos demais teares. Verificou-se uma diminuição no número de paragens à teia, no entanto, no tear 75 e 77, o número de paragens à trama permaneceu elevado, verificou-se, depois que o problema era de facto do tear e foi imediatamente corrigido.

Tabela 30. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	7,5	1,4	350	340	22
72	16	3,4	1,6	350	340	22
73	15	0,7	0,9	350	340	22
75	11	5,3	2,1	350	340	22
76	13	2,1	0,7	350	340	22
77	12	4,1	1,3	350	340	22
78	14	0,0	1,3	350	340	22

Após a identificação dos valores de tensão ótimos para uma posição de cruzamento a 320°, foi efetuado o mesmo processo para uma posição de cruzamento a 340°. Verificou-se que os valores ótimos passaram a estar compreendidos entre os 13 e os 15 cN, notando-se uma ligeira melhoria no número de paragens quando comparado com a posição de cruzamento a 320°. Esta alteração pode ser justificada pela redução do stress provocado pelas pinças, que ocorre quando a posição de cruzamento é colocada mais tarde. Verificou-se também que apesar da melhoria nas paragens à teia, não foi possível, de uma forma geral, ter valores tão bons no número de paragens à trama, não deixando por isso, de serem valores satisfatórios.

Tabela 31. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	14	3,6	1,7	350	340	24
71	16	5,4	2,3	350	340	24
71	15	4,5	2,3	350	340	24
72	11	4,1	1,8	350	340	24

72	13	2,8	1,3	350	340	24
72	12	3,7	1,5	350	340	24

De forma a se perceber de que forma o ângulo da cala influenciava o número de quebras nas diferentes posições de cruzamento e para se perceber qual seria o ângulo ideal para as diferentes configurações, foi alterado o ângulo em 4 teares, dois deles, foram colocados com um ângulo de 24° e outros dois num ângulo de 28°. O processo de alteração é algo moroso e têm influência no processo produtivo, podendo ainda, não sendo bem executado, originar defeitos ou avarias.

Os dois teares, foram consecutivamente colocados com 6 tensões distintas, notou-se, claramente um aumento generalizado no número de paragens, isto pode ser justificado, pelo facto de como o ângulo é superior, os fios estão sujeitos a uma maior tensão, fazendo um movimento maior, o que pode provocar mais atrito entre os próprios fios.

Tabela 32. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 340 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
73	14	11,4	2,3	350	340	28
73	16	15,7	1,4	350	340	28
73	15	10,4	1,3	350	340	28
75	11	9,3	2,1	350	340	28
75	13	17,4	1,5	350	340	28
75	12	15,3	2,8	350	340	28

O procedimento foi o mesmo, sendo desta vez o ângulo da cala, 28°, verificou-se que as conclusões retiradas para o ângulo de 24° são as mesmas, notando-se, no entanto, um agravamento bastante superior no número de paragens. É possível assim concluir, que na posição de cruzamento a 340°, não há qualquer benefício em aumentar o ângulo da cala.

Tabela 33. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 22 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	20,3	3,2	350	300	22
72	16	25,4	4,1	350	300	22
73	15	16,4	2,9	350	300	22
75	11	28,7	3,7	350	300	22
76	13	16,9	3,5	350	300	22
77	12	26,3	4,3	350	300	22
78	14	13,6	4,8	350	300	22

Após a identificação dos valores de tensão ótimos para uma posição de cruzamento a 320° e a 340°, foi efetuado o mesmo processo para a posição de cruzamento a 300°. Verificou-se que os valores de tensão que correspondiam a um número menor de paragens estavam compreendidos entre os 13 e os 15 cN, notando-se um enorme aumento quando comparado com as outras posições de cruzamento. Esta alteração pode ser justificada pelo aumento do stress provocado pelas pinças nos fios da teia, que ocorre quando a posição de cruzamento é colocada mais cedo. Verificou-se também um ligeiro agravamento no número de paragens à trama, que podem ser justificadas pelo facto de ela ser presa mais cedo.

Tabela 34. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	14,2	1,9	350	300	24
71	16	19,1	4,1	350	300	24
71	15	10,7	4,5	350	300	24
72	14	10,1	3,9	350	300	24

72	13	11,8	4,7	350	300	24
72	12	18,4	3,1	350	300	24

Foi efetuado o mesmo procedimento para o ângulo da cala, que na posição de cruzamento de 340°, verificou-se que o aumento do ângulo da cala, representou uma melhoria no número de paragens à teia, que pode ser justificado, pelo facto, de como o ângulo é superior, o contacto das pinças com os fios de teia é menor, verificou-se também, que não houve diferenças assinaláveis no que toca ao número de paragens à trama.

Tabela 35. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
73	17	7,1	2,4	350	300	28
73	16	6,3	3,2	350	300	28
73	15	4,8	3,7	350	300	28
75	14	3,4	2,4	350	300	28
75	13	6,9	1,8	350	300	28
75	12	10,3	4,3	350	300	28

O ângulo da cala foi aumentado para 28°, verificou-se, novamente uma melhoria generalizada em comparação com os outros ângulos, obtendo-se valores mais aceitáveis, verificou-se, novamente que o menor número de paragens à teia e à trama estavam compreendidos entre 13 e 15 cN. É possível concluir, que para este tipo de artigo, não faz qualquer sentido colocar a posição de cruzamento a 300°, quer pelo número de paragens à teia, quer pelo número de paragens à trama.

Tabela 36. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 24 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	3,3	1,5	350	320	24
71	16	2,1	1,1	35	320	24
71	15	1,0	0,8	350	320	24
72	14	0,3	0,7	350	320	24
72	13	0,0	1,2	350	320	24
72	12	1,3	1,5	350	320	24

Verificou-se nas condições referidas uma diminuição considerável no número de paragens, obtendo-se com esta configuração os melhores valores, verificou-se, novamente que o menor número de paragens à teia e à trama estavam ligados ao intervalo de tensão compreendido entre 13 e 15 cN, comprovando-se assim que para este tipo de artigo é o intervalo crítico de tensão, ou seja, é aquele que permite obter um melhor desempenho.

Tabela 37. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 28 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	17	3,9	0,9	350	320	28
71	16	3,1	1,7	350	320	28
71	15	2,3	2,3	350	320	28
72	14	1,5	0,8	350	320	28
72	13	1,3	0,6	350	320	28
72	12	1,9	1,5	350	320	28

O ângulo da cala foi modificado, passando para 28°, verificou-se novamente, que o menor número de paragens estava relacionado com o intervalo de tensão compreendido entre 13 e 15 cN, notando-se um aumento no número de paragens à teia, quando comparado com o ângulo de 24°.

Tabela 38. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 320 ° e num ângulo de cala de 22 ° para o artigo 6

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de Cruzamento (°)	Ângulo da cala (°)
		Teia	Trama			
71	13	7,3	1,4	400	320	22
72	14	5,3	2,1	400	320	22
72	15	5,7	1,9	40	320	22
75	13	3,6	1,7	400	340	22
76	14	6,3	2,3	400	340	22
77	15	4,6	0,8	400	340	22

De forma a se perceber se era possível, tecer este artigo a velocidades superiores, sem afetar a qualidade do mesmo, foram colocadas as configurações que permitiram obter um número menor de paragens à teia e à trama a 350 rpm, a 400 rpm. Verificou-se um aumento considerável no número de paragens à teia, provocado, possivelmente, pelo aumento do stress nos fios relacionado com o aumento da velocidade.

4.4. Artigo 7

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 7 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 39. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	15	5,4	1,3	550	320
57	16	4,3	0,9	550	320

58	18	3,2	0,3	550	320
80	20	3,7	1,0	550	320
81	21	5,8	0,3	550	320
82	17	1,5	0,9	550	320
83	19	1,7	0,0	550	320

No decorrer dos testes realizados, verificou-se que os valores de tensão que representavam um menor número de paragens, nos primeiros 7 teares situavam-se entre 17 e 19 cN. Verificou-se alguma inconsistência nos resultados, como tal, foram alteradas as tensões nos respetivos teares de forma a tentar eliminar qualquer fator externo, que poderia estar ligado com a qualidade da urdissagem ou da encolagem.

Tabela 40. Alteração da tensão entre os mesmos teares para as mesmas configurações

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	21	4,8	1,7	550	320
57	22	4,3	1,6	550	320
58	18	2,2	1,1	550	320
80	19	1,8	1,8	550	320
81	17	1,9	1,3	550	320
82	20	1,5	0,9	550	320
83	15	5,3	2,1	550	320

Observou-se, mais uma vez alguma inconsistência nos resultados, estando, no entanto, o menor número de paragens, associado ao intervalo de tensão de 17 a 20 cN, devido a estas oscilações e devido ao facto de o número de paragens ser maior que o esperado, considera-se que não foram atingidas as condições esperadas, como tal seria necessário efetuar alterações.

Tabela 41. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
84	16	4,1	1,4	550	330
85	17	3,1	1,9	550	330
86	21	4,4	0,0	550	330
87	18	0,7	0,7	550	330
88	20	2,7	0,8	550	330
90	19	0,9	0,3	550	330

A posição de cruzamento foi alterada para 330°, verificou-se, imediatamente, uma melhoria considerável e uma consistência maior nos resultados, nas condições de 18 e 19 cN, verificou-se um número reduzido de paragens à teia e à trama que condiz com um processo de tecelagem otimizado. Os valores superiores e inferiores a esse intervalo de tensão, apresentam valores demasiado altos, principalmente nas paragens à teia.

Tabela 42. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 300 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
84	16	6,3	2,5	550	300
85	17	5,7	3,6	550	300
86	21	6,9	2,5	550	300
87	18	4,4	2,1	550	300
88	20	4,2	3,7	550	300
90	19	3,3	2,5	550	300

Mantendo as condições de tensão nos respetivos teares, alteramos a posição de cruzamento para 300°, verificou-se imediatamente um incremento no número de paragens à teia e à trama em todos os teares, as tensões que corresponderam ao menor número de paragens

foram de 19, 20 e 18 cN, respetivamente. Mais uma vez, verifica-se que esta posição de cruzamento é algo específica e não deverá ser utilizada na maior parte dos artigos.

Tabela 43. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	15	8,5	1,7	600	320
57	16	6,2	0,6	600	320
58	18	2,1	1,6	600	320
80	20	5,1	1,3	600	320
81	21	6,8	1,1	600	320
82	17	3,1	1,2	600	320
83	19	2,6	1,9	600	320

De forma a se perceber se seria viável aumentar a velocidade neste tipo de encomenda e após ser descartada a posição de cruzamento a 300°, a velocidade foi aumentada, para as mesmas condições de tensão, nas posições de cruzamento de 320° e 340°. Verificou-se, como seria expectável, que para a posição de cruzamento a 320° a 600 rpm, os valores obtidos não eram satisfatórios, houve um aumento no número de paragens provocado, possivelmente pelo aumento do stress, provocado pelo aumento de velocidade. Verificou-se uma consistência nos valores ótimos de tensão, estando estes, entre os 17 cN e os 19 cN.

Tabela 44. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
84	16	6,1	1,9	600	330
85	17	3,1	2,3	600	330
86	21	5,3	1,8	600	330
87	18	2,3	1,7	600	330

88	20	1,9	1,8	600	330
90	19	1,5	2,3	600	330

Foi realizado exatamente o mesmo procedimento para a posição de cruzamento a 330°, verificou-se, mais uma vez, uma melhoria relativamente aos valores obtidos a 320°, coincidindo assim com o que se verificou a 550 rpm, os valores ótimos de tensão também se mantiveram constantes, no entanto, o número de paragens à teia e à trama, também aumentou. Não sendo um número elevado, poderia se utilizar esta configuração, não cumprindo, no entanto, os objetivos pretendidos.

Tabela 45. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
23	15	3,6	1,1	500	320
57	16	3,3	0,9	500	320
58	18	0,7	0,6	500	320
80	20	2,1	1,1	500	320
81	21	3,7	1,3	500	320
82	17	1,5	1,3	500	320
83	19	0,3	0,0	500	320°

De forma a se ter mais dados para analisar, foi reduzida a velocidade do tear, colocou-se nas 500 rpm na posição de cruzamento de 320°, verificou-se uma melhoria significativa nos valores, atingindo os valores pretendidos em 18 cN e em 19 cN, verificou-se também que em 17 cN, os valores obtidos, não andam longe do pretendido. Apesar de a redução da velocidade do tear, significar uma redução da produção, esta configuração poderá ser interessante em situações em que haja mais defeitos relacionados à trama na posição de 330°, não fazendo neste artigo sentido, pois a posição de cruzamento a 330°, dá-nos garantias de poucas quebras a uma velocidade superior.

Tabela 46. Paragens do tear numa velocidade de 600 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 7

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
84	16	2,7	1,7	500	330
85	17	2,1	1,6	500	330
86	21	2,3	1,0	500	330
87	18	0,5	0,7	500	330
88	20	0,9	0,8	500	330
90	19	0,0	0,8	500	330

De forma a realizar a análise final a este artigo e comprovar os resultados obtidos até então, baixou-se a velocidade, na posição de cruzamento a 330°, houve uma redução generalizada no número de paragens, sendo os valores ótimos de tensão os mesmos. Conseguimos em 3 configurações diferentes, atingir os objetivos pretendidos, no entanto, a não ser que se exija uma qualidade fora do padrão, não haverá necessidade, de baixar a velocidade nas condições propostas.

4.4. Artigo 8

Os resultados obtidos no que diz respeito às paragens do tear para o artigo 8 encontram-se representados na tabela seguinte.

Tabela 47. Paragens do tear nas diferentes configurações para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	4,9	2,1	550	320
3	14	6,2	0,4	550	320
19	16	2,1	1,2	550	320
21	18	2,7	2,3	550	320
26	17	1,9	1,6	550	320

27	19	2,5	0,9	550	320
28	21	4,7	1,2	550	320
730	25	6,1	0,2	550	320

Na implementação deste artigo, optou-se, numa fase inicial, pela colocação da posição de cruzamento a 320° e a rotação a 550 rpm. Verificou-se que os valores de tensão que correspondiam ao menor número de paragens, estavam compreendidos entre os 16 e os 19 cN.

Observou-se que não foi possível, nas configurações definidas, obter valores satisfatórios no número de paragens, sendo que cada vez que o tear parava, verifica-se a existência de defeitos como sombras e rareiras, afetando significativamente a qualidade do tecido.

Tabela 48. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	2,9	0,7	550	330
3	14	5,1	1,2	550	330
19	16	2,4	0,7	550	330
21	18	1,8	2,1	550	330
26	17	2,6	1,3	550	330
27	19	2,3	3,4	550	330
28	21	3,3	1,6	550	330
30	25	7,3	0,7	550	330

A posição de cruzamento foi alterada para 330° e verificou-se que os valores de tensão que correspondiam ao menor número de paragens, estavam compreendidos entre os 15 e os 19 cN, não se verificando, diferenças significativas no número de paragens, quando comprado como posição de cruzamento a 320°, verificando-se apenas, uma maior tolerância relativa às oscilações de tensão. Continuou-se a verificar a presença de sombras e rareiras que afetava a qualidade do tecido produzido.

Tabela 49. Paragens do tear numa posição de cruzamento de 310 ° para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	4,1	1,3	550	310
3	14	4,5	0,8	550	310
19	16	1,7	0,6	550	310
21	18	1,6	1,3	550	310
26	17	2,0	2,1	550	310
27	19	1,3	1,8	550	310
28	21	1,9	0,9	550	310
30	25	5,7	1,9	550	310

A posição de cruzamento foi alterada para 310° e verificou-se que os valores de tensão que correspondiam ao menor número de paragens, estavam compreendidos entre os 16 e os 21 cN, verificando-se, diferenças significativas no número de paragens, havendo uma diminuição considerável no número das mesmas quando comprado com as posições de cruzamento anteriores, verificou-se, também uma maior tolerância relativa a tensões superiores. Os resultados obtidos relativamente ao número de paragens, sendo algo satisfatórios, não seriam suficientes devido à qualidade do tecido produzido, uma vez que, cada paragem do tear significava um defeito notório, nomeadamente, sombras ou rareiras.

Tabela 50. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 320 ° para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	2,9	1,4	500	320
3	14	3,1	0,4	500	320
19	16	1,4	0,0	500	320
21	18	0,8	2,5	500	320
26	17	0,6	0,4	500	320

27	19	2,3	4,9	500	320
28	21	3,3	1,5	500	320
30	25	9,3	0,8	500	320

Após se verificar a ineficácia em obter os resultados pretendidos a 550 rpm, optou-se pela redução da velocidade, colocou-se o tear em 500 rpm, numa posição de cruzamento a 320°, verificou-se os valores de tensão que correspondiam ao menor número de paragens, estavam compreendidos entre os 16 e os 18 cN, notando-se uma diferença considerável, a 19 cN, verificou-se, nas tensões acima mencionadas a obtenção de valores satisfatórios relativamente ao número de paragens, continuando-se a observar, no entanto, a presença de sombras e rareiras.

Tabela 51. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 330 ° para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	3,3	0,7	500	330
3	14	3,8	1,3	500	330
19	16	1,6	1,1	500	330
21	18	0,5	1,4	500	330
26	17	0,8	0,9	500	330
27	19	2,1	1,2	500	330
28	21	3,3	1,5	500	330
30	25	7,9	1,0	500	330

A posição de cruzamento foi alterada para 330° e verificou-se uma diminuição no número de paragens à trama, não tendo, desta feita, mais nenhuma diferença a apontar.

Tabela 52. Paragens do tear numa velocidade de 500 rpm e numa posição de cruzamento de 310 ° para o artigo 8

Tear	Tensão (cN)	Paragens por 100000 Passagens		Velocidade (rpm)	Posição de cruzamento (°)
		Teia	Trama		
2	15	3,1	1,9	500	310
3	20	0,8	1,1	500	310
19	16	1,2	0,7	500	310
21	18	0,3	0,9	500	310
26	17	0,5	1,4	500	310
27	19	0,0	0,5	500	310
28	21	2,1	1,2	500	310
30	25	6,4	2,4	500	310

A posição de cruzamento foi alterada para 310° e tal como a 550 rpm, verificou-se uma melhoria no número de paragens, os valores de tensão que correspondiam ao menor número de paragens, estavam compreendidos entre os 17 e os 19 cN, verificando-se nesta configuração, os melhores valores obtidos até então, atingindo-se a configuração ótima. Continuou-se a verificar o aparecimento de sombras e rareiras, apesar de em menor quantidade, continuavam a comprometer a qualidade do tecido produzido.

4.5. Influência das propriedades no processo

4.5.1 Tenacidade em função do Ne

Conseguimos verificar, tal como é aceite cientificamente, que há uma relação de proporcionalidade, quase direta entre o Ne e a tenacidade do fio, o aumento do número de fibras por secção está diretamente ligado ao aumento da tenacidade, verifica-se que tal não acontece no Ne 30, uma vez que se trata de uma mistura de algodão com lã e a fibra de algodão é teoricamentemais resistente. Conseguimos verificar também, que os fios engomados apresentam uma tenacidade ligeiramente superior.

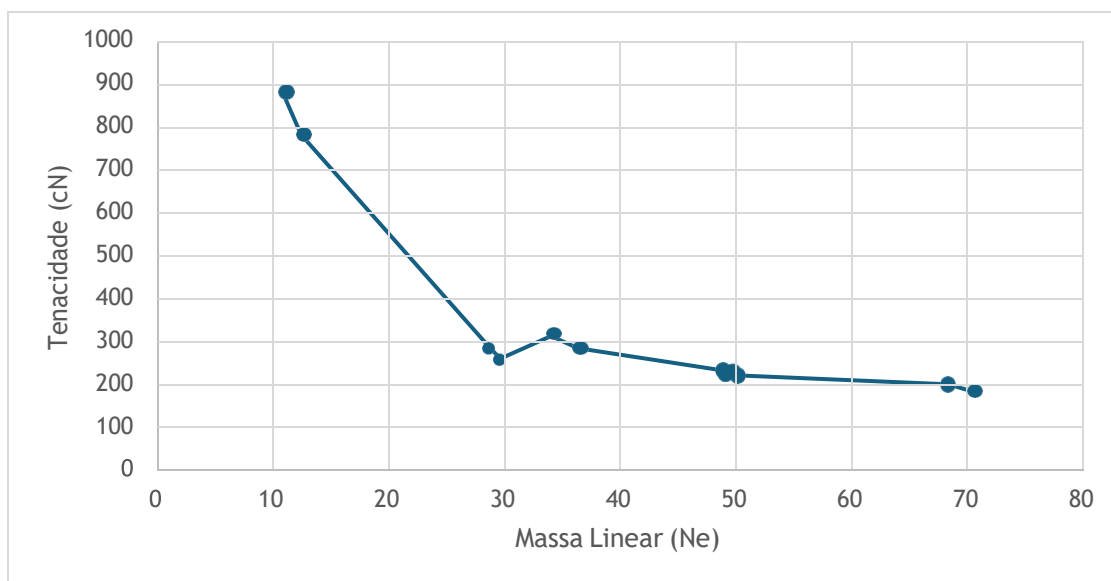


Figura 15. Tenacidade em função do Ne

4.5.2. Influência da massa linear na tensão ideal

Verifica-se, que existe uma relação entre a tenacidade e a tensão ideal, havendo uma proporcionalidade direta entre as duas, à medida que a massa linear do fio aumenta, a tensão de teia ideal também aumenta, isto vai de acordo com a teoria, porque uma vez que o fio por unidade de medida é mais pesado, a força necessária a aplicar para o manter esticado também aumenta. Verifica-se que as variações existentes, estão ligadas maioritariamente ao ponto de tecelagem.

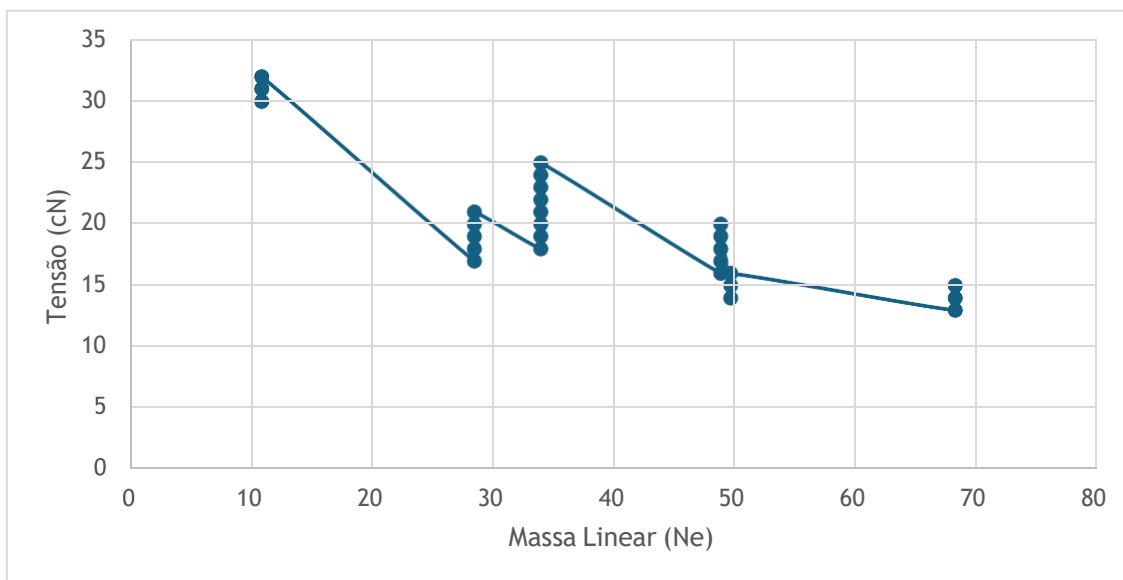


Figura 16. Influência da massa linear na tensão ideal

4.5.3. Influência da tenacidade na velocidade ideal

O incremento da velocidade provoca um aumento no stress nos fios de teia e de trama, verifica-se que existe uma relação entre os dois, não sendo, no entanto, muito linear. A única conclusão possível de retirar é que existe alguma dificuldade em tecer a altas velocidades fios com resistência inferior a 230 cN e que a partir desses valores a tenacidade já não tem influência direta na velocidade ideal.

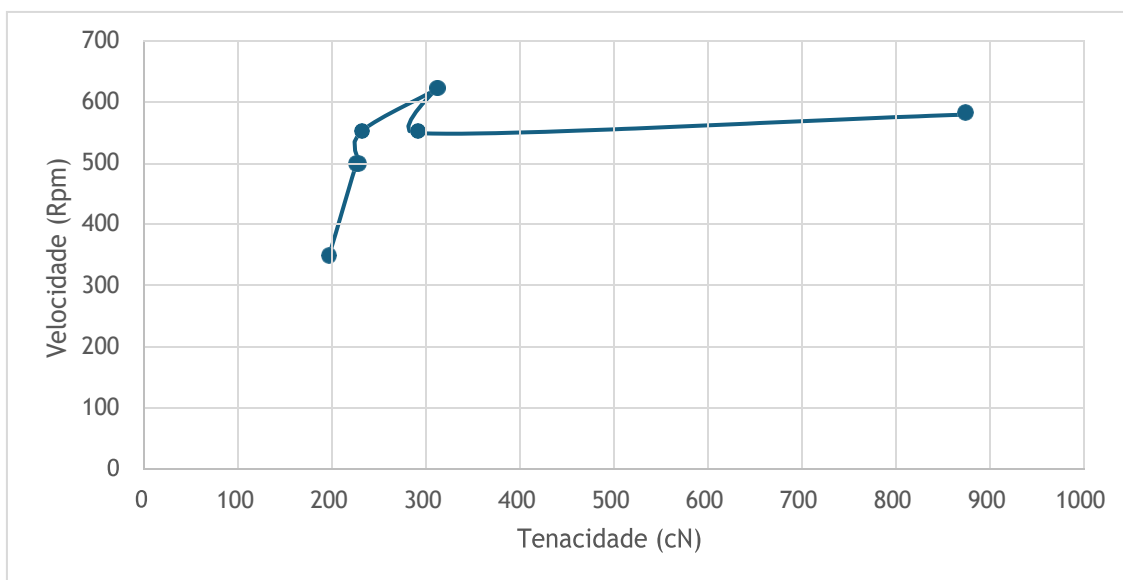


Figura 17. Influência da tenacidade na velocidade ideal

4.5.4. Influência da massa linear na velocidade ideal

Verifica-se alguma dificuldade em tecer a altas velocidades em massas lineares mais altas, principalmente por causa da trama, a energia necessária para puxar a trama é superior e pelo menos nos equipamentos utilizados verificou-se bastantes dificuldades. Teoriza-se que nos equipamentos utilizados, não é possível tecer com 620 rpm, fios com um Ne inferior a 18. Verifica-se que à medida que a massa linear diminui a velocidade também, estando, no entanto, isto ligado à tenacidade do fio e não às dificuldades do tear como se verifica em fios com massas lineares mais altas. Não tendo um Ne inferior a 18 e uma tenacidade inferior a 230 cN, não descartamos a possibilidade de utilizar a velocidade máxima.

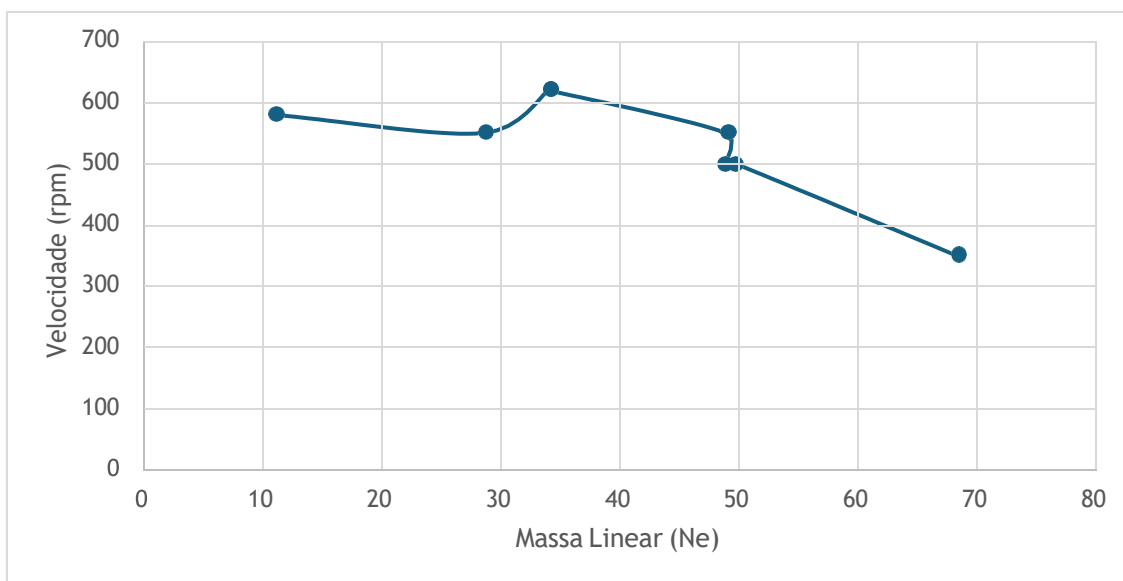


Figura 18. Influência da massa linear na velocidade ideal

4.5.5. Influência da pilosidade na velocidade ideal

Tendo em conta todos os dados, não foi possível estabelecer qualquer relação objetiva entre a pilosidade e a velocidade ideal

4.5.6. Influência da pilosidade na tensão ideal

Tendo em conta todos os dados, não foi possível estabelecer qualquer relação objetiva entre a pilosidade e a velocidade ideal

4.5.7. Influência do Alongamento

Não existindo diferenças de ordem maior entre os fios utilizados, no que ao alongamento diz respeito, não é possível retirar qualquer tipo de conclusão.

4.5.8. Influência do ponto de tecelagem no intervalo de tensão ótimo e na posição de cruzamento

É possível verificar, assim como sugere a teoria, que o ponto de tecelagem tafetá, tem intervalo de tensão ótima mais reduzido que os restantes pontos de tecelagem, os numerosos cruzamentos fazem com que haja uma menor margem de manobra no que à tensão diz respeito, devendo os fios estar esticados mesmo na medida certa para ser possível ter um processo de tecelagem eficiente. No que toca à posição de cruzamento, verifica-se que na maioria dos casos, um ângulo de 320° é o indicado, mas nota-se uma tendência em artigos com ponto tafetá, com contexturas e velocidades relativamente altas, um melhor aproveitamento em posições de

cruzamento mais altas, nomeadamente 330°, enquanto em artigos sarja com texturas altas, verifica-se uma tendência para haver melhor aproveitamento com posições de cruzamento mais baixas, nomeadamente 310°.

5. Conclusão e perspectivas futuras

A partir da análise conduzida, conclui-se que a otimização dos processos de tecelagem é um fator estratégico para garantir tanto a eficiência quanto a qualidade dos produtos têxteis, atendendo às exigências de um mercado cada vez mais competitivo. A abordagem baseada na análise das características dos fios e dos parâmetros de construção do tecido demonstrou ser eficaz para alcançar uma afinação mais precisa do tear, resultando na redução de defeitos e de paragens no processo.

O estudo revelou que a criação de uma base de dados sólida sobre os parâmetros de construção e características dos fios é crucial para a previsão de desempenho e para o ajuste fino do processo de tecelagem. Embora o volume de dados obtido ainda não permita uma análise estatisticamente conclusiva, os resultados obtidos com os oito tecidos testados apontam um caminho promissor. A partir dos ajustes de afinação realizados, foi possível alcançar um desempenho satisfatório, com uma média de paragens reduzida, demonstrando que é viável prever e controlar o comportamento dos materiais na tecelagem. O conjunto de dados retirados, também permitiu retirar diversas conclusões que vão de encontro com o estado da arte e que permitem definir alguns parâmetros de afinação em função das características dos fios e dos parâmetros de construção do tecido.

O objetivo futuro é ampliar essa otimização para um número maior de tecidos, visando acumular informações suficientes para calcular, de forma confiável, o tempo necessário para a produção de cada tipo de tecido. Com essa base robusta, espera-se, ainda, configurar o tear desde o início com os parâmetros ideais para cada artigo, evitando quebras desnecessárias que impactam negativamente a qualidade e aumentam o tempo de produção. Em resumo, o trabalho realizado representa um avanço relevante para a empresa, proporcionando uma fundamentação prática e teórica para o desenvolvimento de produtos de qualidade superior e para a implementação de processos mais eficientes e sustentáveis.

6. Bibliografia

- Advanced Weaving Technology. (2022). In *Advanced Weaving Technology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91515-5>
- All about Yarn Hairiness - Testex. (n.d.). Retrieved October 29, 2024, from <https://www.testextextile.com/all-about-yarn-hairiness/>
- Angelova, R. A., Radostina, A., & Angelova, A. (2012). *Air Permeability of Woven Structures: Influence of the Mesostructure*. <https://www.researchgate.net/publication/261874863>
- Avanci De Souza, F. (n.d.). *Universidade do Minho Escola de Engenharia*.
- Baber, C., Wing, A. M., Moody, W., Morgan, R., Dillon, P., & Wing, A. (2001). *Factors underlying fabric perception*. <https://www.researchgate.net/publication/229027048>
- Basit, A., Latif, W., Baig, S. A., Rehman, A., Hashim, M., & Zia Ur Rehman, M. (2018). The mechanical and comfort properties of viscose with cotton and regenerated fibers blended woven fabrics. *Medziagotyra*, 24(2), 230–235. <https://doi.org/10.5755/j01.ms.24.2.18260>
- Development of cotton-rich/poly fibre blended yarns - Fibre2Fashion. (n.d.). Retrieved October 30, 2024, from <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7913/development-of-cotton-rich-poly-lactic-acid-fibre-blended-yarns>
- Gloy, Y. S., Sandjaja, F., & Gries, T. (2015). Model based self-optimization of the weaving process. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 9, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.01.001>
- Hari, P. K. (2012). Types and properties of fibres and yarns used in weaving. In *Woven Textiles: Principles, Technologies and Applications* (pp. 3–34). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1533/9780857095589.1.3>
- Hossain, Md. S., Islam, MD. M., Dey, S. C., & Hasan, N. (2021). An approach to improve the pilling resistance properties of three thread polyester cotton blended fleece fabric. *Heliyon*, 7(4), e06921. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06921>
- Jahangir, D., & Hossain, M. S. (2023). Analysis of the Effect of Sizing Add-on% and Sizing Process Parameters on the Average Warp Breakage Rate for 30Ne 100% Cotton Warp Yarn. *Journal of Engineering Science*, 13(2), 111–115. <https://doi.org/10.3329/jes.v13i2.63731>
- Kolte, P. P. (2017a). Effect of Twist on Yarn Properties. In *International Journal on Textile Engineering and Processes* (Vol. 3, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/318393961>
- Kolte, P. P. (2017b). Effect of Twist on Yarn Properties. In *International Journal on Textile Engineering and Processes* (Vol. 3, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/318393961>
- Kumar, B., & Hu, J. (2017). Woven fabric structures and properties. In *Engineering of High-Performance Textiles* (pp. 133–151). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00004-4>

- Maintenance of Weaving Machine in Textile Industry - Textile Learner.* (n.d.). Retrieved October 29, 2024, from https://textilelearner.net/maintenance-of-weaving-machine/#google_vignette
- Minimization of Yarn Breakage Rate in Looming Process Using Parameter Optimization Techniques*
Muluken Abebe Tiruneh. (n.d.).
- Patti, A., & Acierno, D. (2023). Materials, Weaving Parameters, and Tensile Responses of Woven Textiles. In *Macromol* (Vol. 3, Issue 3, pp. 665–680). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/macromol3030037>
- Ruhul Amin, M., Haque, M., & Mahbubul Haque, M. (2011a). *EFFECT OF WEAVE STRUCTURE ON FABRIC PROPERTIES ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK EFFECT OF WEAVE STRUCTURE ON FABRIC PROPERTIES.*
<https://www.researchgate.net/publication/321161966>
- Ruhul Amin, M., Haque, M., & Mahbubul Haque, M. (2011b). *EFFECT OF WEAVE STRUCTURE ON FABRIC PROPERTIES ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK EFFECT OF WEAVE STRUCTURE ON FABRIC PROPERTIES.*
<https://www.researchgate.net/publication/321161966>
- SS, G. (2019). "Improve Productivity of Warping by Optimization of Warping Speed and Beam Pressure." *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, 5(2).
<https://doi.org/10.31031/tteft.2019.05.000610>
- Stjepanović, Z., Zoran Stjepanović, by, & Žiberna-Šujica, M. (n.d.). *Ensuring yarns for high quality weaving by effective yarn engineering and utilisation of cotton fibres.*
<https://www.researchgate.net/publication/270393594>
- Textile Testing: Pilling Test of Fabric | Textile Study Center.* (n.d.). Retrieved October 29, 2024, from https://textilestudycenter.com/pilling-test-of-fabric/?utm_content=cmp-true
- Wang, Y., Jiao, Y., & Wang, P. (2023). Yarn/Yarn Friction Analysis Considering the Weaving Process of Textile Fabrics: Analytical Model and Experimental Validation. *Tribology Letters*, 71(3).
<https://doi.org/10.1007/s11249-023-01755-y>