



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Análise dos resíduos de fibra gerados no processo de transformação de uma indústria têxtil do ramo de algodão, utilizando ferramentas da qualidade juntamente com o controle estatístico: Um estudo de caso

Brendeson Carvalho do Carmo

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia – Universidade do Estado do Pará

Adson Brito Pinheiro Filho

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - Universidade do Estado do Pará

Luik Souza de Jesus

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - Universidade do Estado do Pará

Marcos Felipe Sousa Santos

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - Universidade do Estado do Pará

Mariana Pereira Carneiro Barata

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia - Universidade do Estado do Pará

Resumo: A indústria têxtil no Brasil foi definitivamente implementada no século XIX, no qual teve a criação de tecelagem e fiação de algodão. Atualmente, a indústria brasileira têxtil teve um volume de produção de 2,1 milhões de toneladas em 2022, o que representa um faturamento de R\$193,2 bilhões com investimentos de R\$ 4,6 bilhões sendo que no ano de 2023 arrecadou US\$ 956 milhões em exportação e US\$ 5,8 bilhões em importação, gerando 1,33 milhão de empregados. Com isso, um grande número de resíduos é gerado anualmente, principalmente no ramo do algodão. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo fazer uma análise minuciosa dos resíduos gerados pela fibra de algodão na cadeia produtiva de uma indústria têxtil no Brasil, o método utilizado envolve a coleta de dados do consumo mensal de matéria prima e dos resíduos de fibra gerados em vários estágios do processo, depois o processamento dos dados e em sequência a utilização de softwares como Power bi, Excel, Minitab para a geração de gráficos e cartas de controle. Assim, o estudo mostrou a quantidade de resíduos que são gerados pela empresa estudada, além dos setores e processos que são responsáveis pelas maiores gerações dos resíduos.

Palavras-chaves: Resíduos, Indústria têxtil, Algodão, Gestão da qualidade, Controle estatístico.

Analysis of fiber residues generated in the transformation process of a textile industry in the cotton industry, using quality tools together with statistical control: A case study

Abstract: The textile industry in Brazil was definitively implemented in the nineteenth century, in which there was the creation of cotton weaving and spinning. Currently, the Brazilian textile industry had a production volume of 2.1 million tons in 2022, which represents a turnover of R\$ 193.2 billion with investments of R\$ 4.6 billion, and in 2023 it collected US\$ 956 million in exports and US\$ 5.8 billion in imports, generating 1.33 million employees. As a result, a large number of waste is generated annually, especially in the cotton industry. Thus, the present study aims to make a

thorough analysis of the waste generated by cotton fiber in the production chain of a textile industry in Brazil, the method used involves the collection of data on the monthly consumption of raw material and fiber waste generated at various stages of the process, then the processing of the data and then the use of software such as Power bi, Excel, Minitab for the generation of graphs and control charts, so the study showed the amount of waste that is generated by the company studied, in addition to the sectors and processes that are responsible for the largest waste generations.

Keywords: Waste, Textile Industry, quality management, Statistical control, cotton.

1 Introdução

A indústria têxtil no Brasil foi definitivamente implementada no século XIX, no qual teve a criação de tecelagem e fiação de algodão. Devido a isso, (COSTA, 2000, STEIN, 1979) estima que em 1882 havia no Brasil cerca de 48 fábricas produzindo 20 milhões de metros de tecido anualmente.

Desde o século XX, tem início diversos avanços tecnológicos para o setor têxtil, logo com a produção em larga escala e padronizada, o Brasil passou a ser exportador de algodão com a nova forma organizacional da produção, visto que as fábricas produziam mais que o mercado interno podia consumir (MATHIAS, 1988). Portanto, ao longo da trajetória industrial têxtil do país, a produção de algodão é predominante (SUZIGAN, 2000).

A Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), apresenta que o Brasil é “o 2º maior empregador da indústria de transformação, perdendo apenas para alimentos e bebidas”, assim consta a importância do setor têxtil para a economia nacional, por gerar rendas e empregos. Atualmente o Brasil é a maior cadeia têxtil completa do ocidente, contendo desde a produção das fibras, como a plantação do algodão, até o produto final, passando por fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções e varejo (ABIT, 2024).

Em vista disso, a indústria brasileira têxtil teve um volume de produção de 2,1 milhões de toneladas em 2022, o que representa um faturamento de R\$193,2 bilhões com investimentos de R\$ 4,6 bilhões, sendo que no ano de 2023 arrecadou US\$ 956 milhões em exportação e US\$ 5,8 bilhões em importação, gerando 1,33 milhão de empregados (ABIT, 2024).

Outrossim, o Brasil possui uma cadeia de produção têxtil volumosa, dividida tanto para o mercado interno quanto para a exportação. Todavia, pouco se fala dos resíduos gerados durante as fases da produção, no qual esses rejeitos geram impactos diretamente ao meio ambiente.

São geradas grandes quantidades de resíduos sólidos, dentre as quais se destacam o descaroçamento do algodão e os restos de tecidos e fios.

Dessa forma, no decorrer do processo de fabricação, a quantidade de geração de resíduos sólidos é diretamente proporcional ao consumo de matéria-prima, em que a média na etapa de fiação apresenta perdas de 5% e a tecelagem apresenta perdas de 15% (TONIOLLO, 2015). Diante disso, é imprescindível avaliar os processos dessa indústria para exploração das causas, dando exposição de dados para pesquisas sobre o setor têxtil no Brasil.

Nesses termos, o presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise dos resíduos gerados pela fibra de algodão em diversos estágios do processo de uma indústria têxtil no Brasil, por meio do controle estatístico do processo (CEP), em conjunto com outras ferramentas da qualidade.

O método contido no processo envolve o peso em quilos da matéria prima consumida mensalmente e os resíduos gerados pela transformação do algodão ao longo de todo o processo produtivo da fábrica estudada. Diante desse contexto, devido a processos detalhados, fluxo de produção alinhado e dados devidamente estruturados, é possível

apresentar um estudo claro do cenário produtivo, evidenciando os pontos a serem analisados para realização das análises futuras.

2 Referencial teórico

2.1 Gestão da qualidade

Costa e Neto (2010 apud PEZZATTO, et al., 2018), aponta que a qualidade é a adequação a um conjunto de atributos ou elementos que compõe um produto ou serviço, em que se incluem também a conformidade com os requerimentos, grau de excelência, a adequação ao uso e ao propósito e a inexistência de defeitos, imperfeições ou contaminação e consumidores satisfeitos.

A implementação do sistema de gestão da qualidade, além de contribuir para a sobrevivência das organizações em ambientes competitivos, permite adequar produtos e serviços às exigências do mercado; ampliar o universo de atuação, estimulando o crescimento da organização; vencer barreiras comerciais; reduzir custos globais e aumentar as margens de lucro; e melhorar o desempenho global da organização com maior qualidade e produtividade, tornando-a mais competitiva e lucrativa. De forma resumida se entende a gestão da qualidade, como atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com relação à qualidade (PEZZATTO, et al., p. 18, 2018).

2.2 Controle Estatístico do Processo

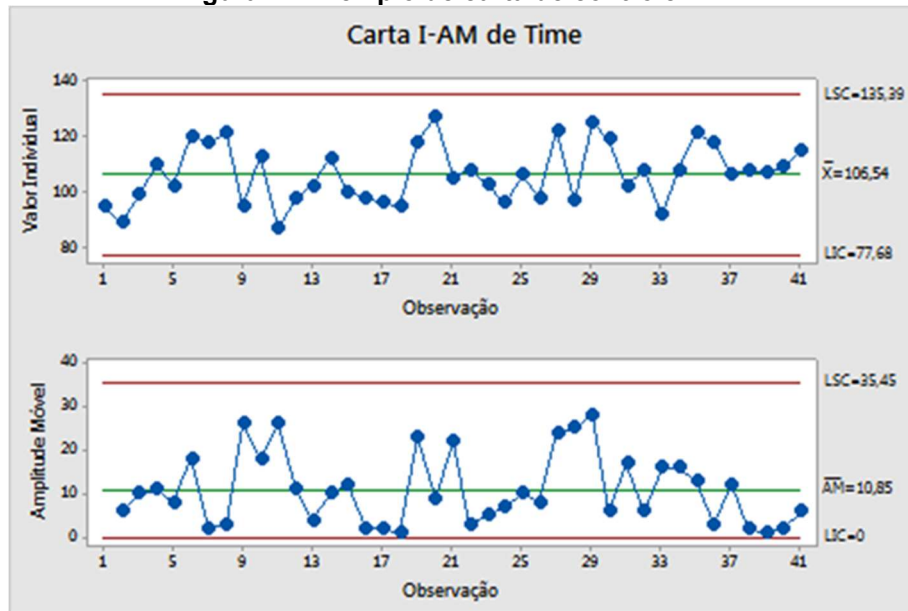
O Controle Estatístico do Processo (CEP) é entendido como um conjunto de ferramentas e métodos que auxiliam no monitoramento do processo em diversos fatores. Nesse sentido, o controle estatístico de processo é responsável pelo uso de técnicas estatísticas que possibilita a visualização das variabilidades nas características de interesse e, portanto, a busca de otimização da função de perda (MONTGOMERY, 2004).

No entanto, Montgomery (2016) traz que as técnicas estatísticas, incluindo o controle estatístico do processo, só podem ser usados com maior eficiência dentro e como parte de um sistema de gerenciamento orientado pela melhoria da qualidade, que envolve três atividades essenciais para uma execução bem-sucedida, sendo elas: o planejamento da qualidade, a garantia da qualidade, e por fim controle e melhoria da qualidade.

2.3 Carta I-AM (Individual Com Amplitude Moveis)

A carta I-AM tem como objetivo o monitoramento da média e da variação do processo que está sob análise quando os dados do processo em questão são contínuos e que são observados individualmente (Support Minitab, 2024). Nesse sentido, a utilização da carta I-AM tem grande utilidade para o monitoramento da estabilidade do processo ao longo do tempo observado, para que seja identificado e corrigido as instabilidades apresentadas no processo. Para uma análise com maior precisão da carta individual (carta I) é necessário antes uma verificação na carta de Amplitudes móveis (carta AM) para a determinar se a variação do processo está sob controle, se a carta AM não estiver sob controle, os limites de controle da carta I não serão precisos (Support Minitab, 2024).

Figura 1 - Exemplo de carta de controle I-AM.



Fonte: Support Minitab (2024)

Para Montgomery (2016), a carta de controle é uma técnica de monitoramento do processo muito útil; quando fontes não usuais de variabilidade estão presentes, as médias amostrais são marcadas fora dos limites de controle. Isto é um sinal da necessidade de alguma investigação do processo e de que alguma ação corretiva deve ser tomada para a remoção dessas fontes não usuais de variabilidade. O uso sistemático da carta de controle é um excelente modo de se reduzir a variabilidade.

Segundo Montgomery (2004) as equações válidas para criar as cartas de controle de valores individuais e amplitudes móveis, são respectivamente as seguintes:

$$\text{Eq (1)} \quad LC = \bar{X}$$

$$\text{Eq (2)} \quad LIC = \bar{X} - \left(\frac{3 \times \overline{MR}}{d_2} \right) = \bar{X} - (E_2 \times \overline{MR})$$

$$\text{Eq (3)} \quad LSC = D_4 \times \overline{MR}$$

$$\text{Eq (4)} \quad LC = \overline{MR}$$

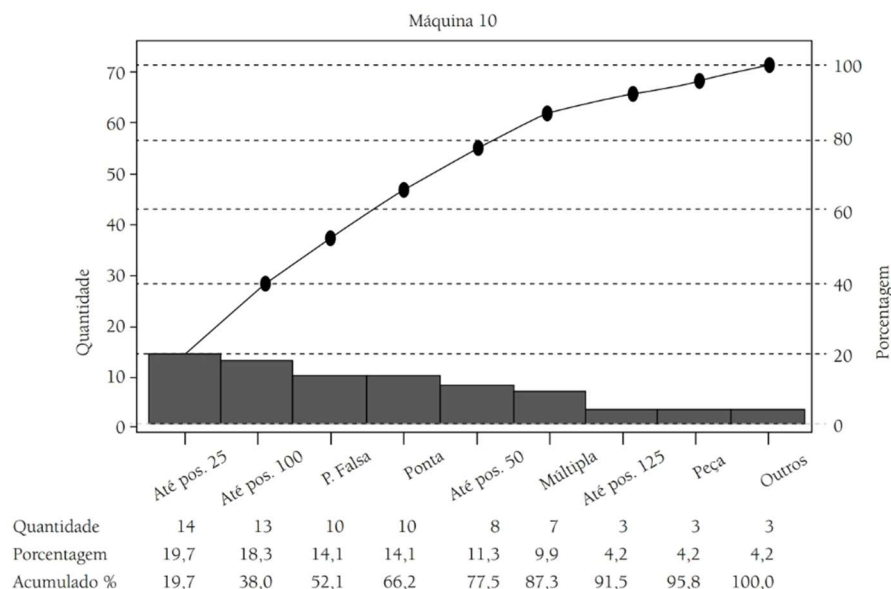
$$\text{Eq (5)} \quad LIC = D_3 \times \overline{MR}$$

2.4 Gráfico de Pareto

Uma das ferramentas mais utilizadas dentro do controle estatístico da qualidade é o gráfico de Pareto ou princípio de Pareto, que é conhecido pela proporção 80/20, ou seja, 80% dos problemas são resultantes de 20% de causas potenciais. O diagrama é um gráfico de barras que classifica os dados de um problema por ordem de importância, de modo a estabelecer prioridades de ação corretiva (LOBO, p. 53, 2020).

Ferreira e Morgado (2019), dizem que o gráfico de Pareto é de grande utilidade na administração industrial, para análise de defeitos na manufatura de produtos que, habitualmente representam custos elevados e um importante desgaste na imagem da qualidade dos produtos e da empresa que os produz.

Figura 2 - exemplo de gráfico de Pareto Tipos de defeitos x porcentagem acumulada.



Fonte: Lobo (2020)

3 Procedimentos metodológicos

O atual estudo tem como objetivo realizar uma análise detalhada sobre os resíduos gerados a partir da fibra principal da cadeia produtiva de uma indústria têxtil localizada no Brasil, a fibra ao qual o estudo se refere trata-se do algodão. Para isso será utilizado o apoio de softwares de análises gráficas e estatísticas, juntamente com as ferramentas da qualidade. Foi fornecido aos autores dados de julho 2023 a junho de 2024, os presentes dados tratam sobre o consumo de matéria prima por mês e os resíduos que tem origem da matéria prima, ou seja, os demais resíduos do processo não serão abordados na análise.

3.1 Etapas do método da pesquisa

A seguir, são detalhadas as principais etapas realizadas para o desenvolvimento deste trabalho:

a) Coleta de Dados: O método utilizado envolve primeiramente a coleta de dados do consumo mensal de matéria prima e dos resíduos de fibra gerados em vários estágios do processo, depois o processamento dos dados e em seguida, a elaboração simultânea de gráficos e cartas de controle usando os softwares Excel, Power Bi e Minitab, sendo estes projetados para monitorar e melhorar a eficiência do processo Produtivo.

Na atual fase foram coletados dados em quilos do total de matéria prima consumida mensalmente e também os resíduos que são gerados a partir da transformação do algodão durante toda a etapa do processo produtivo da fábrica, os dados se referem ao período de julho de 2023 a junho de 2024 sendo estes os últimos 6 meses de 2023 e os primeiros 6 meses de 2024, os dados foram fornecidos por meio de planilhas do Excel disponibilizados pelo setor de PCP da empresa que os coletam diariamente.

b) Preparação dos dados: os dados obtidos foram devidamente estruturados e adaptados para a realização das análises futuras. Esta etapa envolveu identificação e processamento de valores e discrepâncias, correção de eventuais erros registro e formatação dados. Quaisquer informações consideradas irrelevantes para o estudo foram retiradas do conjunto de dados, com intuito de conceder um melhor entendimento e direcionamento para o caso estudado.

c) Análise dos dados

A partir da preparação dos dados, foi utilizado o software Power BI para a plotagem de gráficos de coluna, sendo um referente ao consumo de matéria prima total entre os anos, contendo o valor total dos resíduos gerados juntamente com o percentual anual dos resíduos (Figura 5), lembrando que são apenas 6 meses de cada ano.

O gráfico utilizado refere-se ao consumo mês a mês de matéria prima juntamente com a geração mensal de resíduo contendo o percentual de resíduo a cada mês observado (Figura 4).

Também foi utilizado o software Excel para plotar o diagrama de Pareto (Figura 7) com intuito de identificar quais etapas do processo geram mais resíduos e o gráfico de rosca (Figura 6) para identificar os setores com maior percentual de resíduo gerados.

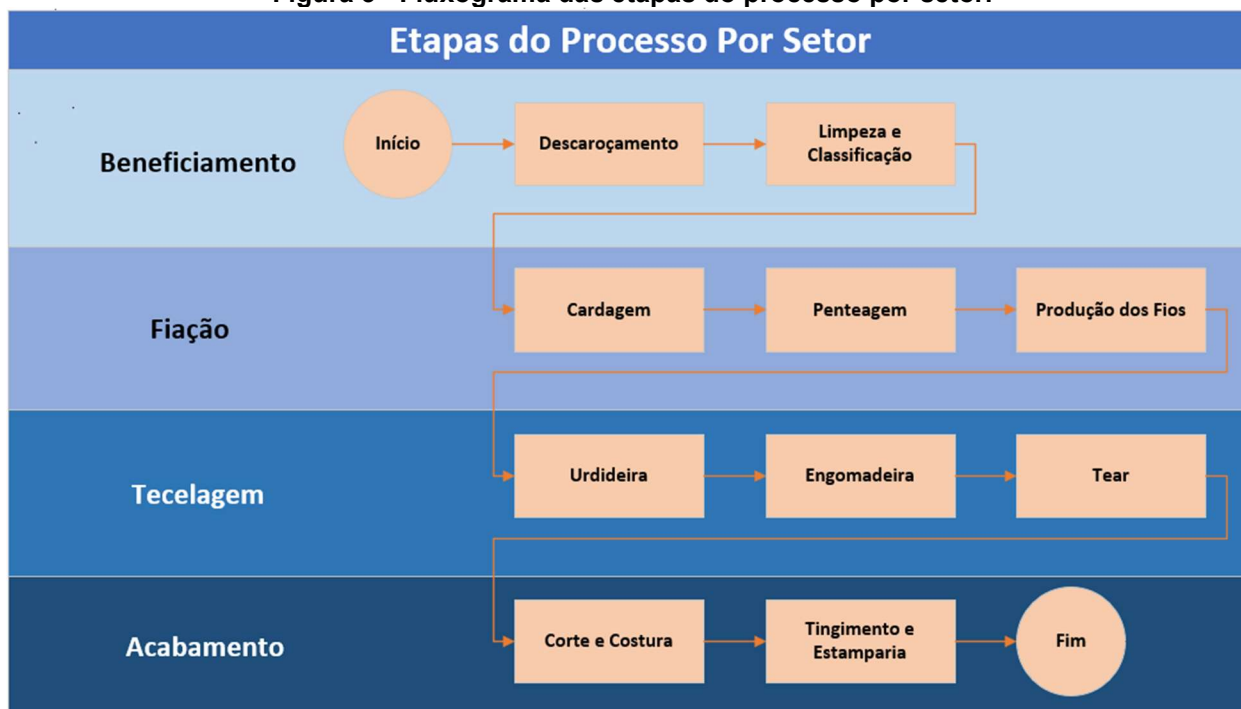
Em seguida foi utilizado o software Minitab, que é uma ferramenta de cunho estatístico usado para monitoramento de processos, a opção escolhida para uso no estudo foi a carta de controle para valores individuais e amplitudes moveis (Figura 8) que fornece uma visão estatística do processo ao decorrer do tempo em que a variável escolhida para a análise foi o kg de resíduos gerados.

4 Resultados e Discussões

O presente estudo foi realizado em uma indústria têxtil que atua no ramo do algodão, a mesma está localizada no Brasil e tem como foco a produção de fios e tecidos, o atual cenário observado trata do processo de transformação da matéria prima em produto acabado o mesmo segue a seguinte sequência como é mostrado na Figura 3.

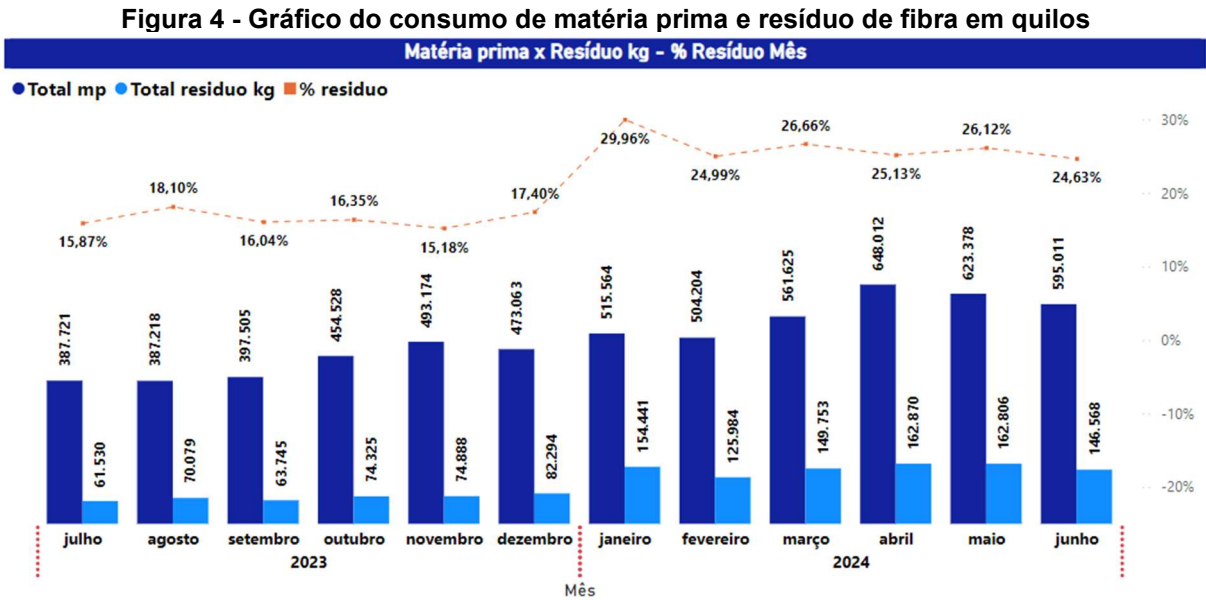
Há quatro setores de produção sendo eles o beneficiamento onde a fibra bruta recebe os primeiros tratamentos como a remoção de caroços a limpeza e também a classificação. Em seguida, ocorre a etapa de fiação onde são produzidos os fios para venda e posteriormente ocorre a etapa de tecelagem, são feitos a urdideira, engomagem e tecimento dos tecidos e o acabamento onde os produtos são finalizados realizando cortes, tingimentos e estamparia.

Figura 3 - Fluxograma das etapas do processo por setor.



Fonte: Autores (2024)

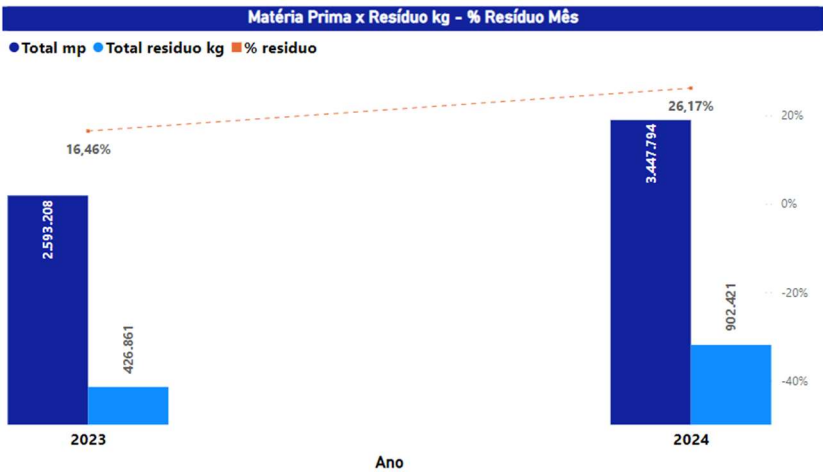
Inicialmente para se ter uma visão geral do atual cenário os autores utilizaram o gráfico de colunas (Figura 4) para observar o comportamento do consumo e geração de resíduos por mês, onde é perceptível que a partir dos meses de 2024 tanto o consumo de matéria prima quanto os resíduos tiveram um aumento significativo, nota-se que de dezembro de 2023 para janeiro de 2024 teve um aumento de 12,56% de resíduos gerados e 8,98% a mais de consumo, também é notável que em 2023 o percentual dos resíduos não chegam a 20%, já em 2024 o percentual mínimo de resíduos gerados estão a cima de 24%.



Fonte: Autores (2024)

Tendo em vista os aspectos observados percebe-se que ouve um aumento significativo no consumo de matéria prima, cerca de 32,35% a mais em relação ao ano anterior, também na geração de resíduo que em 2023 possuía um percentual de 16,46% e passou a ter 26,17% com uma diferença de 9,71% a mais em 2024 (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico anual do consumo de matéria prima e resíduo de fibra em quilos.

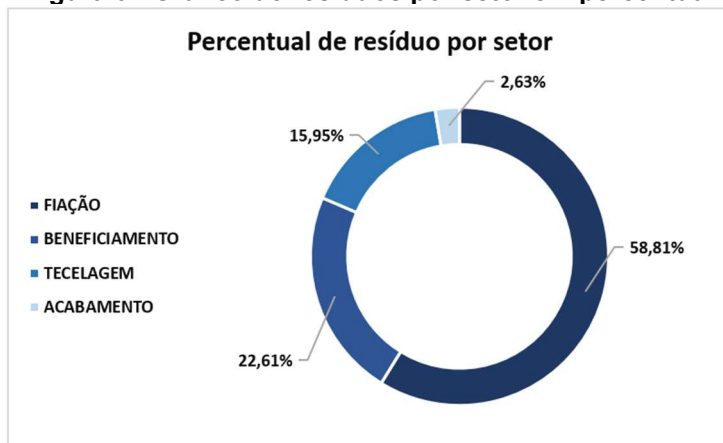


Fonte: Autores (2024)

A partir das presentes descobertas, buscou-se identificar as principais origens da geração de resíduos na fábrica. Para isso, primeiramente foi utilizado o gráfico de rosca (Figura 6) obtendo-se os seguintes resultados, a principal origem dos resíduos se encontra no setor

fiação representando 58,81% seguido do beneficiamento, tecelagem e acabamento representando respectivamente 22,61%, 15,95% e 2,63% da geração total de resíduos.

Figura 6 - Gráfico de resíduos por setor em percentual

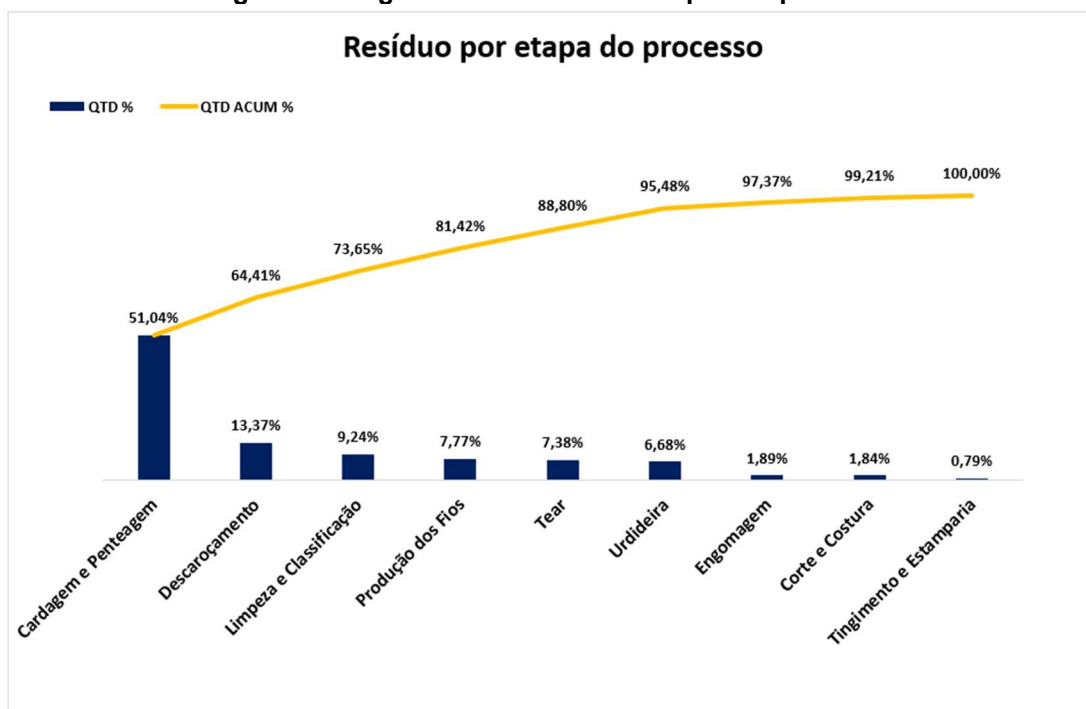


Fonte: Autores (2024)

Em seguida foi utilizado o diagrama de Pareto (Figura 7) visando identificar quais etapas dos processos possuem a maiores taxas percentuais de resíduos gerados. Obteve-se os seguintes resultados: 51,04% dos resíduos tem origem nas etapas de cardagem e penteagem, sendo estas pertencentes ao setor de fiação, seguido do descaroçamento e Limpeza e classificação que são etapas do setor de beneficiamento com 13,37% e 9,24% respectivamente, que são estas as 3 principais origens de resíduos gerados, que ao somar os percentuais resultam 73,65% do total de resíduos de fibra gerados pela fábrica.

Porém nas etapas do setor de beneficiamento é onde o ocorre o tratamento bruto da fibra, logo são perdas que podem ser consideradas normais. No entanto as perdas que ocorre nas etapas de cardagem e penteagem são consideravelmente altas, visto que mais da metade dos resíduos gerados pela fábrica são obtidos nestas etapas.

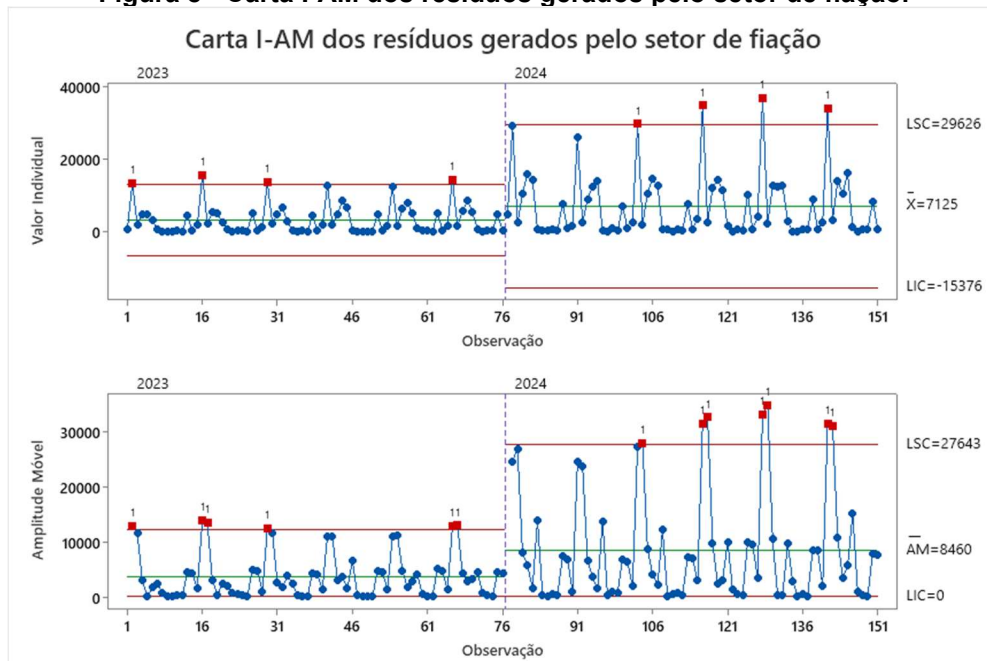
Figura 7 - Diagrama de Pareto das etapas do processo



Fonte: Autores (2024)

A partir disso, teve-se como foco analisar o comportamento dos resíduos no setor de fiação utilizando a carta I-AM, observando o comportamento ao longo do tempo. Como resultado, nota-se que a produção de resíduos do setor de fiação de modo geral se apresenta fora de controle estatístico, visto que à presença de pontos fora dos limites de controle em ambos os anos observados. Também se observa que os limites entre os anos tiveram um grande salto apresentando uma amplitude elevada o que indica alta variação, indicando que o processo está com dificuldades em se manter estável por conta da alta variação.

Figura 8 - Carta I-AM dos resíduos gerados pelo setor de fiação.



Fonte: Autores (2024)

Sendo assim, conclui-se que o principal problema que a empresa enfrenta no sentido de geração de resíduo durante o processo de transformação da fibra em produto final, tem como principal origem o setor de fiação, mais precisamente nas etapas de cardagem e penteagem que apresentam alto percentual de resíduos gerados, onde faz se necessário realizar uma análise mais detalhada sobre o processo para identificar possíveis desperdícios e propor medidas de correção no processo de transformação. Para que assim a empresa melhore seu desempenho e seu funcionamento se torne menos variável e passe a ser mais eficaz e estável.

5 Conclusão

O presente estudo teve como objetivo fazer uma análise de resíduos que são gerados pela fibra do algodão de uma indústria têxtil brasileira, utilizando o controle estatístico do processo (CEP) e gráfico de Pareto como ferramentas principais para a análise desses resíduos.

Nesse interim, com o uso das ferramentas da qualidade e principalmente do CEP, é perceptível que a indústria do algodão gera um grande número de resíduos, embora seja esperado que ocorra essa perda. O presente trabalho mostra que teve um aumento alarmante de resíduos que podem ser prejudiciais para a empresa, tanto no viés econômico quanto no ambiental.

Em relação as limitações do presente estudo, as mesmas se deram pelo fato de que os dados que foram fornecidos aos autores tratam de forma mais geral a questão de resíduos

da empresa ao qual impossibilita maior detalhamento e análises, também se deu por conta do sigilo industrial, ao qual não permite exposição detalhada do processo produtivo da fábrica.

Dessa forma, recomenda-se a utilização de outras ferramentas como Mapeamento do Fluxo de valor (VSM) e diagrama de Ishikawa em conjunto com o CEP, para verificar as causas desse alto número de resíduos, principalmente na área da fiação onde demonstrou um grande aumento ao longo dos meses. Também, sugere-se que a empresa adote políticas de sustentabilidade visando o tratamento dos resíduos gerados, seja para retornarem ao processo ou para um descarte adequado. Outro fator, seria a aplicação do método de análise de problemas, que tem o intuito de encontrar as causas raízes do problema, investindo diretamente na origem do problema.

Portanto, o presente artigo busca mostrar como o controle estatístico do processo e as ferramentas da qualidade podem ser de grande ajuda para uma organização, visto que, as grandes indústrias estão cada vez mais buscando pela excelência dos seus processos além do foco na sustentabilidade, assim, o seguinte estudo pode ser utilizado como base para futuras pesquisas que visam o uso das ferramentas da qualidade.

Referências bibliográficas

Abit - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor> . Acesso em: 24 set. 2024.

CAVALCANTI, A. M.; DOS SANTOS, G. F. A INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. *Exacta*, v. 20, n. 3, 12 maio 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/17784>. Acesso em: 24 set. 2024.

FILLETI, J. DE P.; BOLDRIN, R. A indústria têxtil no Brasil: um modelo econométrico analisando a hipótese de desindustrialização setorial. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 861–890, dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/mVnzhNgypchK4xnrqXnJ3QC/?format=pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

FERREIRA, G.L.; MORGADO, T.S.V. Melhoria dos processos produtivos através da aplicação das ferramentas de gestão de produção: **estudo de caso** em uma empresa do ramo de navegação. In: *BrazilianJournalofDevelopment*. Curitiba, 2019.

LOBO, Renato N. GESTÃO DA QUALIDADE. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020. E-book. ISBN 9788536532615. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532615/>. Acesso em: 22 conjuntos. 2024.

MONTGOMERY, D.C. Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade. 4ª edição. Rio de Janeiro, RJ, LTC, 2004.

MONTGOMERY, Douglas C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade, 7ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788521631873. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521631873/>. Acesso em: 19 set. 2024.

MAYUMI, R.; FUJITA, L.; JORENTE, M. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural The Brazilian Textile Industry: a cultural and historical perspective. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/download/5893/4139/16740>. Acesso em: 24 set. 2024.

PEZZATTO, Alan T.; AFONSO, Lígia M F.; LOZADA, Gisele; e outros. Sistema de controle de qualidade. Porto Alegre: Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595026155. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026155/>. Acesso em: 22 conjuntos. 2024.

SUPPORT, Minitab. **Cartas de controle de variáveis no Minitab**. 2024. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/variables-charts-for-individuals/i-mr-chart/before-you-start/overview/>. Acesso em: 3 outubro 2024.

TONIOLLO, M.; ZANCAN², N.; WÜST³, C. **INDÚSTRIA TÊXTIL: SUSTENTABILIDADE, IMPACTOS E MINIMIZAÇÃO**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/V-029.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.