



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE JEANS (DENIM) NO BRASIL

LUDMILA FERREIRA DUARTE - ludmilaferreiraduarte@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR- PGPUR-So

DIOGO APARECIDO LOPES SILVA - diogo.apls@ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar – Sorocaba-DEP-So

ANA CAROLINA GODOY ALBINO – carolinagodoyalbino@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR- Sorocaba - PGPUR-So

LUIZ CARLOS DE FARIA - lcfaria@ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR – Sorocaba-DCA-So

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE
SUBÁREA: 9.3 GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS E ENERGÉTICOS

RESUMO: A INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA É O SEGUNDO MAIOR SETOR GERADOR DE EMPREGOS NO PAÍS, ALÉM DE PRODUZIR TONELADAS DE TÊXTEIS TODOS OS ANOS. A PRODUÇÃO EXACERBADA DE ARTIGOS TÊXTEIS TEM GERADO GRANDES EMISSÕES DOS GASES DO EFEITO ESTUFA E PENSAR EM MANEIRAS PARA MELHORAR A EFICÁCIA AMBIENTAL AO LONGO DA CADEIA DE PRODUÇÃO TÊXTIL TEM SE TORNADO CADA VEZ MAIS PRESENTE NA PESQUISA ACADÊMICA. O OBJETIVO DO PRESENTE ESTUDO FOI DEMONSTRAR COMO A PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CALÇAS JEANS (DENIM) PODE OBTER NÍVEIS ÓTIMOS AMBIENTAIS POR MEIO DO USO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA. A METODOLOGIA UTILIZADA FOI A REVISÃO DE LITERATURA BASEADA NA COLETA DE DADOS DE UM ESTUDO DE ACV JÁ EXISTENTE, DESSE MODO FOI POSSÍVEL REPLICAR OS DADOS DISPONÍVEIS EM BASE DE DADOS ABERTAS (NÃO PAGAS) NO SOFTWARE OPENLCA. O PRINCIPAL GARGALO ENCONTRADO NA PRODUÇÃO DE JEANS FOI RELACIONADO AO ALTO CONSUMO DE ENERGIA. O RESULTADO ENCONTRADO FOI 7,3 KG DE CO₂ EQ/UF, QUE REPRESENTOU UMA VARIAÇÃO DE 0,6 KG DE CO₂ EQ/UF EM RELAÇÃO AO ESTUDO QUE FOI REPLICADO, OUTRO CENÁRIO FOI CONSIDERADO (EXCLUINDO O USO DE GÁS NATURAL NAS ÚLTIMAS ETAPAS DE PRODUÇÃO) OBTENDO A MELHOR EFICÁCIA AMBIENTAL TOTALIZANDO 6,1 KG DE CO₂ EQ/UF.

PALAVRAS-CHAVES: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA; JEANS DENIM; PRODUTO COMO SERVIÇO (PSS); ECONOMIA CIRCULAR.

1. INTRODUÇÃO

A indústria do têxtil está avaliada em 1,3 bilhões de dólares e emprega mais de 300 milhões de pessoas ao longo da cadeia. O rápido crescimento da indústria têxtil está ligado ao fato da dispersão portando diferentes constituintes com enquadramento geral em grandes palcos da indústria, onde produzir e consumir atuam em vários espaços. O consumo crescente tem aparecido paralelamente às diferenças nas políticas de desenvolvimento do setor têxtil, denominando o “*fast fashion*” (XU *et al.*, 2024). No Brasil, o setor representa a maior e completa cadeia de produção têxtil do Ocidente, contando com produção de fibras (plantação de algodão), fiação, tecelagem e confecção, ademais, o setor é o segundo maior em geração de empregos e contabilizou no ano de 2022 cerca de 1,33 milhões de empregados formais contratados por cerca de 24 mil unidades produtivas, outrossim o setor brasileiro faturou 193,2 bilhões e produziu 8,07 bilhões de toneladas em produtos têxteis (ABIT, 2022).

Concomitante ao crescimento do nível de produção e ao rentável poder econômico, os problemas ambientais gerados pelo setor carecem de atenção, a indústria do vestuário é baseada em ciclos excessivamente rápidos e em desejos insustentáveis dos consumidores; a baixa qualidade, o uso a curto prazo, e a frequente substituição das peças, resultam no aumento de resíduos têxteis configurando um fardo ambiental (NIINIMÄKI; HASSI, 2011).

Segundo o relatório da *Textile Exchange* (2022) a produção de fibras aumentou de 112 milhões de toneladas em 2021 para 116 milhões em 2022, a estimativa para 2030 caso não aconteça uma mudança de produção, é atingir cerca de 147 milhões de toneladas. Na pesquisa realizada por Xu *et al.* (2024) as etapas responsáveis pela maior porcentagem dos impactos ambientais ao longo da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi relacionada a etapa do processamento têxtil como estampagem e tingimento, seguida pela fabricação de tecidos. Além dos resíduos gerados pelo descarte outros problemas como contaminação da água são pautados nos problemas ambientais desse setor, Deng *et al.* (2020) demonstra em seu estudo que foi encontrado um nível elevado e acumulado de micro plásticos em amostras de água, sendo as fibras de poliéster e polipropileno as mais abundantes.

Diante dessa problemática, repensar o modelo de produção linear tornou-se inadiável, deste modo conceitos como economia circular que consiste em um processo de substituição do modelo vigente (linear) pelo ciclo fechado, preocupação restaurar, regenerar e manter os produtos e componentes em todo o nível do processo de produção, sejam eles técnicos e biológicos, oferecendo uma oportunidade para maximizar a reutilização e reciclagem de materiais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). Zhikun *et al.* (2024) examinou o

potencial de redução de carbono por meio do modelo produto como serviço (PSS) resultando em uma maior redução de emissões e ainda compactuando com o aumento econômico, avaliado em \$177 bilhões em 2022.

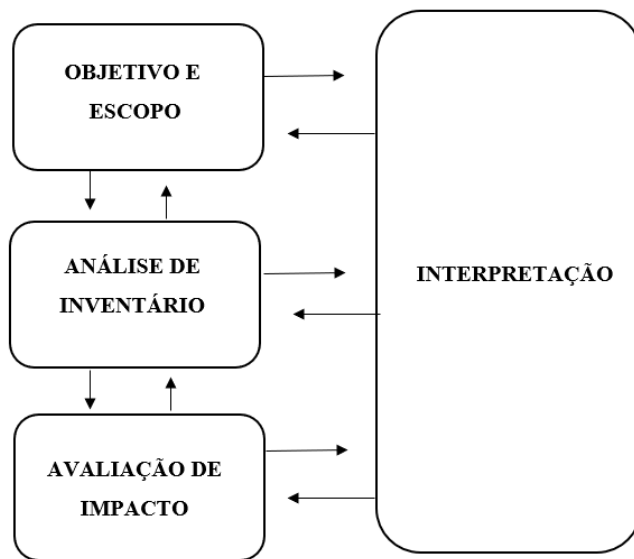
Para mensurar os danos de determinada produção e torná-los quantitativos de forma que se tenha resultados reais, o uso da ACV se torna fundamental para a mudança de um sistema de produção correspondente aos preceitos sustentáveis. Consoante a ABNT NBR ISO 14044 (2009) a ACV pode apoiar a identificação de oportunidades para melhorar o desempenho ambiental de produtos ao longo do seu ciclo de vida; a melhorar o nível de informações para os tomadores de decisões (stakeholders); selecionar indicadores de desempenho ambiental pertinentes; além de auxiliar em estratégias de marketing, como a rotulagem ambiental.

O objetivo do vigente estudo, foi demonstrar por meio da revisão de literatura como a ACV na produção brasileira de jeans denim pode contribuir para a minimização de impactos no ciclo de vida a partir de diferentes cenários produtivos de jeans com foco na eficiência energética dos processos. O mesmo é pertinente para a disseminação do conhecimento teórico na academia e para o setor industrial que visar meios de praticar ações mais sustentáveis na produção.

2. METODOLOGIA

Inicialmente o estudo foi baseado na réplica de uma ACV já existente, isso ocorreu devido ao fato de notar as diferenças entre base de dados pagas e abertas entre o estudo escolhido na base de dados *Science direct* e o presente estudo. Posteriormente, a ACV foi realizada seguindo as quatro fases necessárias de acordo com a ABNT NBR ISO 14044 (2009). A esquematização das quatro fases da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) conforme definidas pela ABNT NBR ISO 14044 (2009) — definição do objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação dos impactos e interpretação dos resultados — está ilustrada na Figura 1.

FIGURA 1 – Fases da Avaliação do ciclo de Vida.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 14044.

Como exemplificado na figura acima o primeiro passo da ACV foi a definição do objetivo e escopo, que esclarece a aplicação, o público-alvo e os limites do estudo; a análise do inventário, que envolve a coleta de dados e o cálculo das entradas e saídas para o sistema; a avaliação dos impactos, que identifica e quantifica os efeitos ambientais potenciais associados com as entradas e saídas identificadas; e a interpretação dos resultados, que ajuda a compreender os resultados e fornece conclusões, limitações e recomendações. seguido da análise de inventário, conseguinte da Avaliação de Impacto e por fim da Interpretação e propostas de melhoria, cada etapa será descrita nos próximos tópicos.

2.1 Objetivo e Escopo

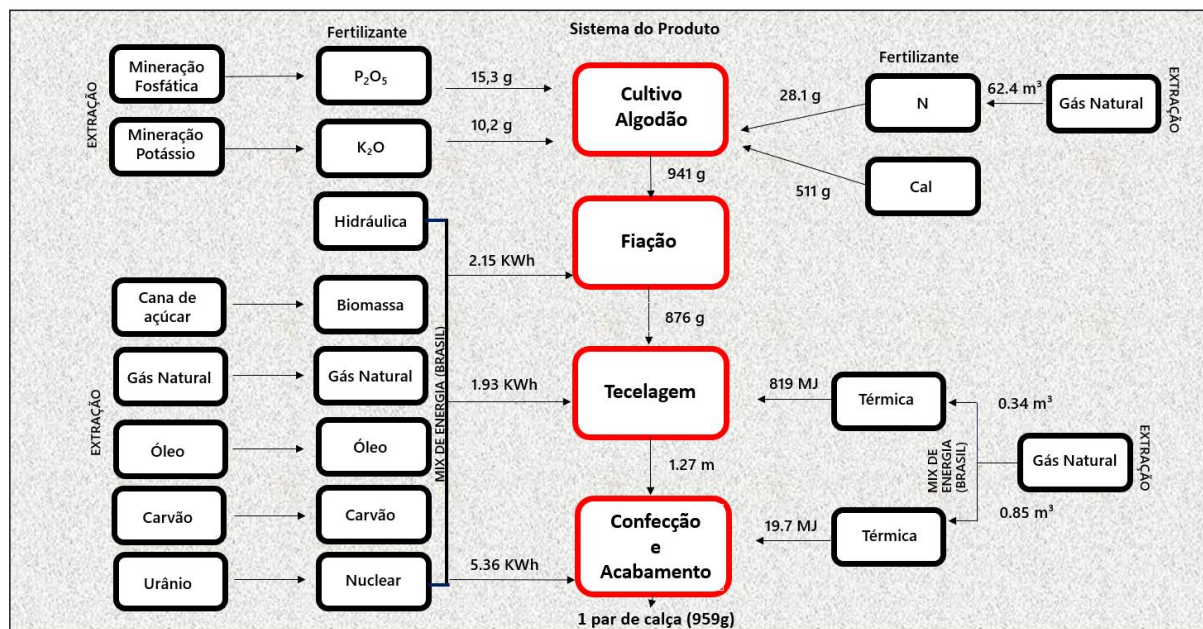
O objetivo da ACV foi melhorar o desempenho ambiental e energético da cadeia de produção de calças jeans no Brasil, se faz necessário devido ao fato de que o Brasil é o segundo centro produtor e o terceiro consumidor de denim em termos globais (ABIT, 2022). Ademais toda cadeia de produção envolve impactos ambientais, desde a o cultivo de algodão ao produto final, destacando o uso de energia e insumos poluentes.

2.1.1 Escopo

Ainda em consonância com os critérios da ACV proposto pela ABNT NBR ISO 14044 (2009), o primeiro passo foi delinear a fronteira do sistema, apresentada na figura 2,

utilizando os dados da revisão de literatura da Análise de alternativas potenciais para melhorar o desempenho ambiental na fabricação de calças jeans no Brasil (MORITA *et al.*, 2019).

FIGURA 2 – Fronteira do Sistema



Fonte: Adaptado de Morita *et al.* (2019).

Na figura 2 exemplifica a fronteira do sistema, as bordas destacadas em vermelho referem a produção em análise (*foreground*), os dados destacados em preto dizem respeito aos dados de *background*. Em geral o sistema de produto caracterizou uma análise *cradle-to-gate*, os dados utilizados foram coletados no estudo de Morita *et al.* (2019), que também adotou a coleta de dados secundários, a unidade funcional foi um par de calças jeans feminina tamanho 34 pesando aproximadamente 959g, o espaço temporal ocorreu entre os anos de 2013 e 2018 concomitante ao geográfico que foi considerado as cidades de Sapezal (MT), Americana (SP) e grande São Paulo (SP). As tecnologias consideradas na produção foram os maquinários correspondentes a cada etapa de produção como: descaroçadoras no cultivo de algodão, maçarqueiras no processo de fiação, enfiadeiras no processo de tecelagem e máquinas de corte, costura e ferro a vapor na etapa de confecção e acabamento. Não foram usados cálculos de alocação na presente ACV, pois não era produzido subprodutos ao longo das etapas. A metodologia adotada foi baseada do Relatório do IPCC considerando as mudanças climáticas (*Climate Change*) em 50 anos (IPCC 2021 50 GWP). A análise de sensibilidade foi escolhida para a fase da análise de ACV para identificar os maiores causadores de emissões e consequentemente propor melhoras na etapa de interpretação. Alguns pressupostos foram encontrados ao longo da ACV e foram organizados no quadro abaixo.

QUADRO 1 – Pressupostos e Limitações da ACV

Pressupostos	Limitações
O transporte entre o cultivo a fiação se tornou irrelevante no transporte, uma vez que as áreas estão concentradas na cidade de Sapezal MT; Foi considerado para a matéria prima (fios de algodão) a utilização de caminhão baú com capacidade de 7 a 16 toneladas. Distancia de Sapezal (MT) a Americana (SP)= 1964 km; Foi considerado para a matéria prima (tecidos) a utilização de caminhão baú com capacidade de 7 a 16 toneladas. Distancia de Americana (SP) a São Paulo = 147 km.	Materiais auxiliares como: tingimento, detergente, amaciadores e umectantes (introduzidos no modelo sem qualquer carga ambiental antes do seu uso); Utilização de dados secundários baseados na literatura, falta de base de dados para o contexto brasileiro devido ao uso dos dados abertos; Falta de base de dados para o contexto têxtil brasileiro, uma vez que a maioria dos fluxos encontrados no GLAD eram provenientes do Ecoinvent.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2 Análise de Inventário (ICV)

Os dados do inventário foram coletados de forma secundária em relatórios técnicos e na base de dados fornecidos pela Ecoinvent v 2.0 (MORITA ET AL.2019). Foram organizados e descritos na figura 3.

FIGURA 3- Inventário do Ciclo de Vida

	Produto	Unidade	Cultivo de Algodão	Fiação	Tecelagem	Confecção/Acabamento
	Fibra de Algodão	t	1			
	Fio de Algodão	t		1		
	Tecido	m			1	
	Calça Jeans	m				1
	Inputs					
Recursos naturais	Gás Natural	m ³	66.3	25	0.27	0.85
	Óleo	kg	145	73.6	0.07	0.06
	Valor Calorífico Bruto	MJ	18563			
	Dióxido de Carbono (no ar)	t	3.26			
	Inputs					
	Unidade		Cultivo de Algodão	Fiação	Tecelagem	Confecção/Acabamento
	Outputs					
	Unidade		Cultivo de Algodão	Fiação	Tecelagem	Confecção/Acabamento
Emissões no ar	Monóxido de Nitrogênio N ₂ O	kg	9.09E-01	2.60E-02	2.61E-05	6.48E-05
	Dióxido de Carbono (CO ₂) fóssil	kg	1140	281	7.60E-01	1.88
	Dióxido de Carbono (CO ₂) transformação da terra	kg	19.1	181	1.14E-01	4.27E-01
	Metano (CH ₄) biogênico	kg	3.69E-01	3.48	2.20E-03	8.21E-03
	Metano (CH ₄) fóssil	kg	1.35	4.75	1.69E-02	5.29E-02

Fonte: Elaborado pela autora.

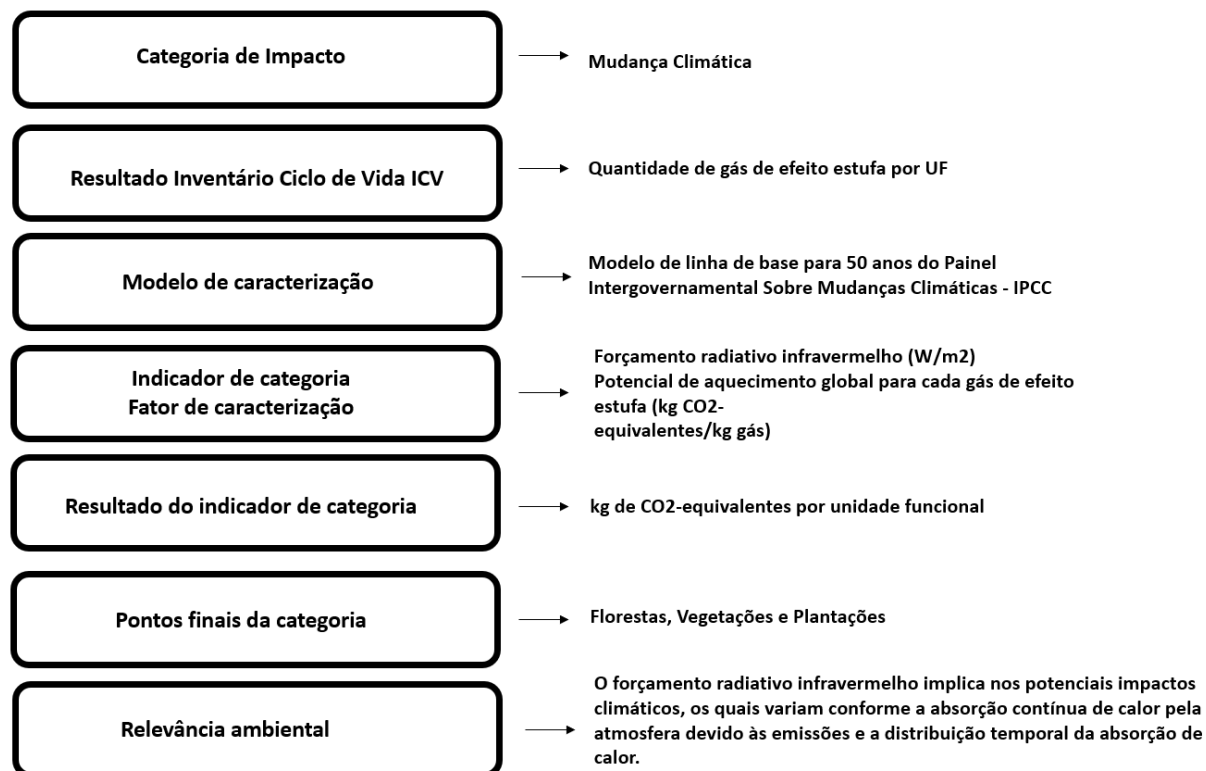
2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Para essa fase, utilizou do software OpenLCA versão 2.0, com o uso de dados abertos (principalmente da base EXIOBASE) para calcular os impactos ambientais oriundos da produção de um par de calças jeans feminino tamanho 34. Inicialmente foi escolhido a categoria de impacto Mudanças Climáticas (*Climate Change*) com base no IPCC, depois relacionou-se aos resultados obtidos do inventário e por fim o resultado do cálculo obtido no software.

Na figura “Critérios para AICV foi exemplificado os principais pontos necessários para a completeza e eficácia da AICV. Dois pontos importantes a serem justificados quanto a escolha, diz respeito ao IPCC GWP 50 e a categoria de mudanças climáticas (*Climate Change*), como se fez uso de uma ACV já existente, as características e critérios não foram alteradas, a intenção final foi realmente comparar as diferenças entre o uso de dados abertos pela presente pesquisa comparado ao artigo usado em questão que utilizou a base de dados Ecoinvent (versão 2.0). Dessa forma, respeitou-se todos passos e critérios adotados pelos autores. No entanto na fase de interpretação (na sessão de discussão) será apresentado algumas abordagens diferentes a fim de complementar e enriquecer o artigo replicado.

Os principais gases considerados na análise foram; o dióxido de carbono, o mesmo considerando fóssil, o monóxido de nitrogênio, metano fóssil e biogênico e por fim o dióxido de carbono proveniente da transformação da terra. De acordo com Morita *et al.* (2019) no espaço temporal analisado por esse estudo, não houve transformações da terra no cultivo de algodão.

FIGURA 4- Critérios para AICV



Fonte: Elaborado pela autora.

3. RESULTADOS

Na figura 5 estão numerados os resultados por cada etapa de produção em kg de CO₂ equivalente pela Unidade funcional.

FIGURA 5 - Análise de sensibilidade nas Mudanças Climáticas (CC) em kg CO₂ eq/UF

ETAPA	CENÁRIO BASE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
CULTIVO DE ALGODÃO	4,66	1,37	1,83
FIAÇÃO	1,88	0,66	0,08
TECELAGEM	0,12	1,62	1,19
CONFECÇÃO	0,44	4,02	2,86
TRANSPORTE	0,23	0,23	0,23
TOTAL	7,33	7,9	6,1

Fonte: Elaborado pela autora.

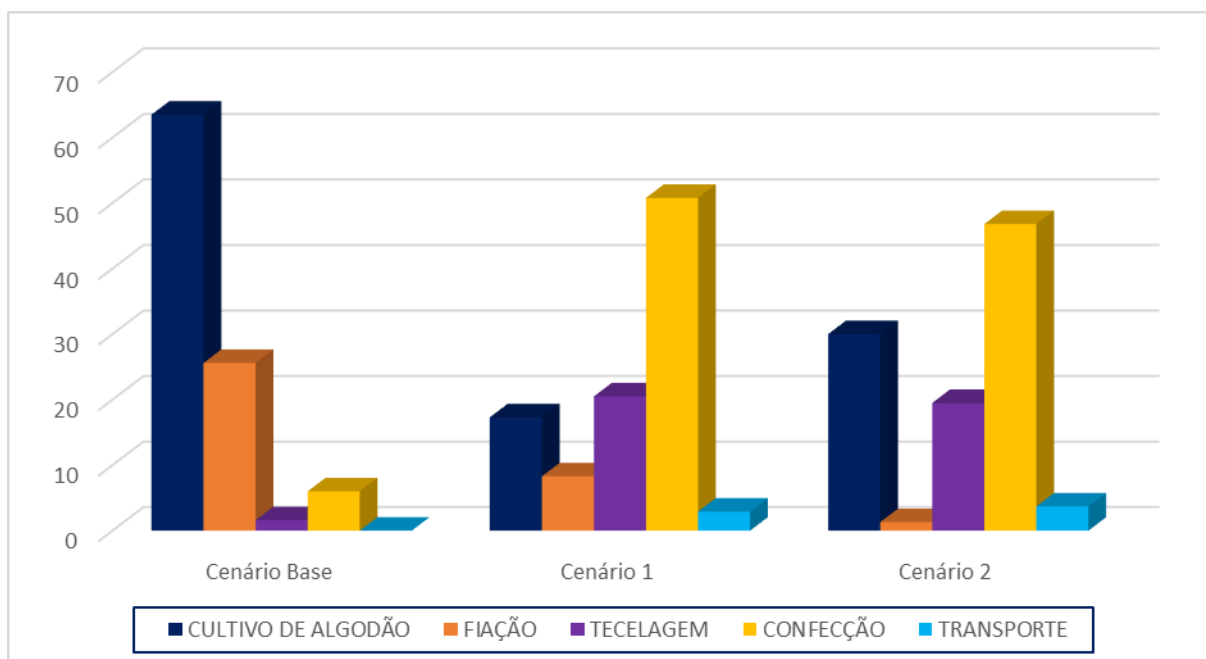
Considerando os resultados da AICV, o principal *hotspot* encontrado na cadeia de produção de jeans feminino denim foi o uso de energia na cadeia produtiva.

O cenário base consistiu no uso de dados abertos (não pagos) que refletiu o maior consumo de energia (considerando o mix demonstrado no inventário) totalizando 4,66 kg de CO₂ eq/UF, enquanto o menor nível de emissão foi atrelado a etapa de tecelagem 0,12 kg de CO₂ eq/UF, o total de emissões no cenário base totalizou 7,33 de CO₂ eq/UF. O cenário 1 foi baseado nos estudos de Morita *et al.* (2019) com o uso de dados pagos (Ecoinvent) que contabilizou 7,9 kg de CO₂ eq/UF ao longo das etapas de produção, a maior emissora foi a etapa de confecção 4,02 kg de CO₂ eq/UF e a menor foi a emissão oriunda do transporte 0,23 kg CO₂ eq/UF). O cenário 3 foi criado da alteração do uso de energia a base de gás natural nas últimas fases, tecelagem e confecção, a quantidade de energia demanda nessa categoria foi adicionada ao mix de energia BR grid, dessa forma as emissões totalizaram 6,1 kg de CO₂ eq/UF, tendo a maior emissão na etapa de confecção 2,86 kg de CO₂ eq/UF e a menor na fiação 0,08 kg CO₂ eq/UF.

Dos três cenários avaliados, o que possuiu melhor desempenho a nível ambiental foi o cenário 2, o cenário 1 pode ser considerado o cenário que mais emite CO₂ eq/UF destacando a etapa de confecção, que concorda com o cenário 2 onde essa também é a maior causadora das emissões, porém excluindo o uso de gás natural houve uma variação negativa de 1,16 CO₂ eq/UF. O cenário base pode ser considerado o intermediário entre o melhor e o pior, difere-se dos outros devido ao fato dos maiores causadores da poluição estarem relacionados ao cultivo de algodão.

As emissões de transporte foram inalteradas conforme cada cenário, devido ao fato que nenhum trajeto foi alterado e ainda nenhuma mudança em relação ao tipo de caminhão também foram mudadas.

GRÁFICO 1- Porcentagem do impacto (CC) por cenário em kg CO₂ eq/UF)



Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico acima foi calculado a porcentagem de participação de cada etapa referente a cada cenário. O cenário base contabilizou 63,5% nas emissões no cultivo de algodão, seguido de 25,6% no processo de fiação, 1,6% na produção do tecido denim, 6% na confecção e 3,1% nas emissões do transporte. O cenário 1, totalizou 17,3% das emissões no cultivo de algodão, 8,3% na fiação, 20,5% na tecelagem, 50,8% na confecção e 2,9% no transporte. O cenário 2 resultou em 30% das emissões oriundas do cultivo de algodão, 1,3% do processo de fiação, 19,5% da tecelagem, 46,8% da confecção e 3,7% do transporte.

O cenário base possuiu maior participação das emissões no cultivo de algodão e a menor na tecelagem, nos cenários 1 e 2 a participação esteve maior na confecção, enquanto os menores percentuais foram no transporte e na fiação respectivamente.

Ao analisar os dados obtidos pelos autores com os processados utilizando bases de dados livres, obteve-se o resultado de 7,3 kg CO₂ eq/UF para a base de dados abertas e 7,9 kg CO₂ eq/UF para os dados fornecidos pela a Ecoinvent v.2.0, totalizando uma variação de 0,6 kg CO₂ eq/UF. Outro ponto importante notado na diferenciação entre as bases de dados, enquanto o artigo replicado demonstrou que a maior emissão era proveniente da etapa confecção, os dados abertos mostraram que o principal gargalo das emissões estava relacionado com o cultivo do algodão.

4. DISCUSSÃO

É importante destacar que no estudo que foi replicado o uso excessivo de água, a contaminação e a poluição da água não foram consideradas, no entanto tratando de qualquer produção têxtil é de suma importância a inclusão dessa categoria nos impactos ambientais, assim afirma Kant (2012) que em seus estudos demonstrou que a indústria de tingimento e acabamento (confeção) têxtil enfrenta um sério problema de poluição, sendo uma das mais intensivas em produtos químicos do planeta e a maior fonte de contaminação de água limpa após a agricultura. Uma fábrica têxtil de porte médio, produzindo cerca de 8000 kg de tecido por dia, consome aproximadamente 1,6 milhões de litros de água diariamente. Deste total, 16% são consumidos no tingimento e 8% na estamparia. O consumo específico de água para tingimento varia de 30 a 50 litros por quilo de tecido, dependendo do tipo de corante utilizado, enquanto o tingimento de fios consome cerca de 60 litros de água por quilo de fio.

Zhikun *et al.* (2024) aplicou a ACV para a produção de jeans, os principais contribuintes para as emissões de carbono foram o consumo de energia em 70% a produção de produtos químicos auxiliares (12%) e a produção de fibras (10%), a abordagem utilizada pelos autores foi a mensuração da pegada de carbono que resultou em 2,5 kg de CO₂ eq/UF. Os autores também consideram na ACV o uso da água e pontuam o reuso dessa ao longo da produção, por fim, concluem que o par de calças jeans comercializados em negócios B2B caracterizado em “produto como serviço” é capaz de reduzir as emissões ao longo da cadeia produtiva em até 90%.

Nos três cenários os *hostposts* relacionam se ao início da produção (cultivo de algodão) para o cenário base e nos demais cenários são as maiores emissões relacionadas a etapa final a confecção, a estratégia de usar o produto como serviço pode ter potencial para a melhora de emissões nessa cadeia de produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse estudo foi replicar um estudo de ACV já existente para observar a variação do resultado entre o uso de dados não pagos em relação ao uso de dados pagos. Essa análise revelou variações significativas nas emissões de CO₂ eq/UF, com a base de dados aberta apresentando menores emissões em comparação com a base paga. Esta discrepância sublinha a importância crítica da seleção e qualidade dos dados na realização de ACVs. As diferenças observadas sugerem que a confiabilidade e representatividade dos dados podem variar consideravelmente entre as bases, impactando diretamente a aplicabilidade dos resultados da ACV. A variabilidade encontrada tem implicações para o planejamento

ambiental e a formulação de políticas públicas, indicando que decisões baseadas em dados não representativos ou de baixa qualidade podem resultar em ações de mitigação ambiental menos efetivas.

Ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, foi notório a necessidade de considerar ao longo da produção o uso da água, aumentando a análise nos fatores de caracterização. Ademais, tratar o jeans na indústria brasileira como serviço é uma sugestão de continuação para essa pesquisa, uma vez que esse tipo de negócio além de ser rentável economicamente, possui grande potencial para a melhora das emissões de gases do efeito estufa. Para essa proposta será de grande valia a comparação da ACV com o IMC (índice de circularidade) e ainda da análise dos efeitos rebotes da EC, uma vez que existe carência de pesquisa nesse tema para o setor têxtil.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044**: Informação e Documentação - Citações em Documentos - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABIT – **Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**. 2022. Disponível em: <<http://www.abit.org.br>>. Acesso em 20 maio.2024.

DENG, H et al..*Microplastic pollution in water and sediment in a textile industrial área*. H. Deng et al. Environmental Pollution .258.2020. tradução nossa. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119313740>>. Acesso em 21 maio.2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the circular economy - Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Isle of Wight: EMF, 2015.tradução nossa. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>>. Acesso em 21 maio.2024.

KANT, R. *Textile dyeing industry an environmental hazard*. Natural Science. Vol.4, No.1, 22-26.2012. tradução nossa.Disponível em: <https://www.scirp.org/pdf/NS20120100003_72866800.pdf>. Acesso em 23 jun.2024.

MORITA, A, N et al. *Assessment of potential alternatives for improving environmental trouser jeans manufacturing performance in Brazil*. Journal of cleaner production, v. 247, p. 119156, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619340260>>. Acesso em 12 maio 2024.

NIINIMÄKI, K; HASSI, L. *Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textile and clothing*. *Journal of Cleaner Production*, v. 19. 2011.Disponível em: < [!\[\]\(173968034f6ca6c36e25dcb8a274badd_img.jpg\) **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**](https://www-</p></div><div data-bbox=)

sciencedirect.ez31.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652611001569>. Acesso em: 22 maio.2024.

TEXTILE EXCHANGE. **Materials Market Report**. 2023. Tradução nossa. Disponível em: <https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/materials-market-report-2023/>. Acesso em 20 maio.2024.

XU, C et al.. **Cleaner production evaluation system for textile industry: An empirical study from LCA perspectives**. Science of the Total Environment .2024. tradução nossa. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723082621>>. Acesso em 21 mar.2024.

ZHIKUN, L;YA,Z; MINYI, Z; DABO, G; ZHIFENG, Y.**The carbon footprint of fast fashion consumption and mitigation strategies-a case study of jeans**.Science of The Total Environment.2024. tradução nossa. Disponível em: < <https://www-sciencedirect-com.ez31.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969724016498>>. Acesso em 4 jun.2024.