

## ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DE FIBRAS TÊXTEIS NATURAIS, SINTÉTICAS E ARTIFICIAIS

**Priscila Pasti Barbosa (UEM)**

prisbarbosa@yahoo.com.br

**Vinicius Carrijo dos Santos (UEM)**

vinicius.gc@hotmail.com

**Katherine Kaneda Moraes (UEM)**

katherinekaneda@hotmail.com

**Maria Tereza Longo (UEM)**

maarilongo@gmail.com

**Gilberto Junior Rodrigues (UEM)**

gilberto\_ju@hotmail.com



*A metodologia da avaliação de ciclo de vida corresponde à compilação e avaliação das entradas e saídas dos processos, viabilizando a identificação dos impactos ambientais potenciais de um sistema produtivo ao longo de seu ciclo de vida. Dessta forma, o presente estudo apresenta a avaliação do ciclo de vida da produção de fios têxteis produzidos em uma fiação localizada na cidade de Maringá, Paraná. Foram utilizados para fins comparativos dados relativos à produção de três tipos de fios: de composição 100% algodão e de fios de composição mista, sendo compostos por 50% algodão e 50% poliéster e 67% algodão e 33% viscose. O objetivo deste trabalho de pesquisa foi avaliar as etapas produtivas identificando potenciais impactos ambientais causados desde a extração das matérias-primas até a produção dos fios, avaliando qual tipo de fibra pode apresentar maiores impactos. Para tanto, foram realizadas coletas de dados de produção por meio de relatórios da cooperativa e outra parte dos dados utilizados para analisar o ciclo de vida dos produtos foi obtida por meio de bancos de dados disponíveis no software SimaPro®, Versão 7.3, utilizado como ferramenta para realizar a avaliação do ciclo de vida. Os resultados obtidos demonstraram que o processo de produção de fios 67% algodão e 33% viscose é a atividade onde se percebe maior contribuição de impactos ambientais. A produção de fibras com composição 50% algodão e 50% poliéster somente apresentam maior contribuição nas categorias efeitos respiratórios orgânicos e combustíveis fósseis, o que é facilmente justificável pelo fato do poliéster se originar do petróleo. E a composição 100% algodão apresenta uma maior contribuição na categoria acidificação / eutrofização.*

*Palavras-chave: ACV, Algodão, Poliéster, Viscose, Fibras Têxteis*

## 1. Introdução

O setor têxtil é um dos mais importantes da economia brasileira, congrega mais de 30 mil empresas e emprega aproximadamente 1,5 milhões de trabalhadores. Na produção de fios e filamentos o Brasil ocupa a 7ª posição no mundo. No entanto, as indústrias do setor têxtil que atuam no país possuem diferentes níveis de amadurecimento no que se refere aos cuidados e às práticas ambientais.

Os problemas ambientais e econômicos não podem ser abordados isoladamente, visto que são aspectos que interagem entre si, sendo dependentes uns dos outros. Com isso, a necessidade de aplicação de ferramentas de controle ambiental se torna indispensável para o setor industrial.

A análise de impacto ambiental no Brasil passou a ser aplicada como um instrumento de execução da Política Nacional de Meio Ambiente. Nesse sentido, têm surgido novas ferramentas de gestão, no intuito de apoiar os diversos setores produtivos na identificação das fontes de contaminação de seus processos e avaliar seus efeitos sobre o ambiente.

Neste âmbito, destaca-se a metodologia da avaliação do ciclo de vida – ACV. Nesta metodologia, internacionalmente aceita, são definidas quatro etapas básicas na execução de uma ACV: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, análise de impacto e interpretação.

Diante da possibilidade de conhecimento e avaliação do ciclo de vida de produtos e processos, o objetivo deste estudo é avaliar etapas produtivas têxteis, mais especificamente direcionadas a produção de fios de fibras curtas, de modo a comparar os impactos potenciais inerentes dos processos de manufatura de fios de algodão e de obtenção e manufatura de fios de fibras artificiais e sintéticas. Foi utilizado o software SimaPro Versão 7.3, que possui bancos de dados consistentes para fornecimento de informações que não puderam ser obtidas na fonte, além do uso do banco de dados da cooperativa Cocamar na cidade de Maringá – Pr.

## 2. Avaliação do ciclo de vida

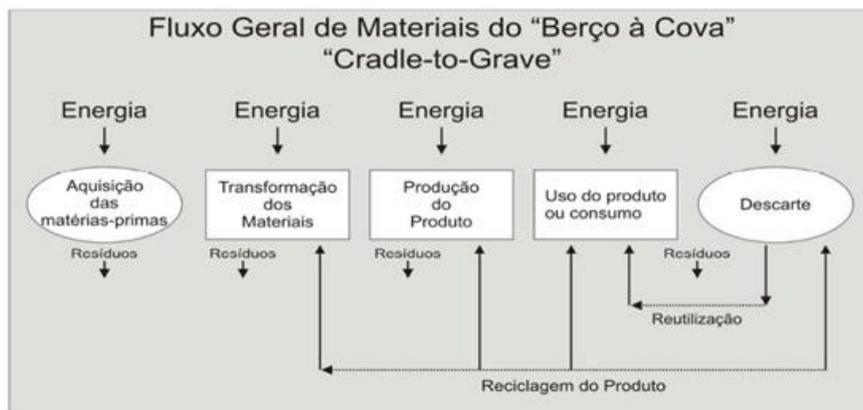
Um produto pode ser definido de acordo com Kotler e Keller (2006), como um artigo qualquer que tenha o intuito de satisfazer uma necessidade específica de seu usuário. Um

produto pode ser tangível, ou seja, um bem e pode ser intangível, como por exemplo uma marca ou um serviço. Ao contrário do que se pensa, um produto não compreende apenas os bens tangíveis, sendo assim, tudo o que é fornecido a um usuário podendo ser expresso em unidade monetária é considerado um produto.

De acordo com Kotler e Keller (2006), ao se afirmar que um produto possui um ciclo de vida, se faz necessário tomar consciência que os produtos têm uma vida limitada, que as vendas destes podem variar em seus diferentes estágios, os lucros sobem e descem ao longo destes estágios e que os produtos necessitam de diferentes estratégias de produção, financeira, marketing, entre outros, ao longo do seu ciclo de vida.

Para Nigri et al. (2009), a ACV de produtos realiza uma investigação acerca da interação entre toda a vida do produto, desde a extração de matéria-prima ao descarte, e o ambiente buscando quantificar, qualificar e dimensionar os impactos que são gerados à natureza. Conforme Giannetti e Almeida (2006), a ACV considera todas as etapas do ciclo de vida do produto, ou seja, as etapas “do berço à cova”, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Principais etapas do ciclo de vida de um produto



Fonte: Giannetti e Almeida (2006)

De acordo com a ISO 14040 (2009), o estudo de ACV é composto por quatro fases: a fase de definição de objetivo e escopo, a fase de análise de inventário, avaliação de impactos e a fase de interpretação.

## 2.1 Definição de objetivo e escopo

O escopo de uma ACV, bem como a fronteira do sistema e o seu nível de detalhamento, dependerá do objeto e do uso pretendido para o estudo, sua profundidade e abrangência podem apresentar variações consideráveis dependendo do objetivo do estudo em particular (ISO 14040, 2009).

De acordo com Chehebe (2002), o escopo diz respeito às questões geográficas, técnicas e históricas do estudo, o que significa determinar a origem dos dados, como será feita a atualização do estudo, de que forma a informação será manipulada e onde os resultados obtidos serão aplicados.

## **2.2 Análise de inventário**

A etapa de análise de inventário do ciclo de vida (ICV) corresponde à segunda fase de uma ACV, esta fase trata de um inventário dos dados de entrada e saída relacionadas com o sistema em estudo, envolvendo a atividade de coleta dos dados que são necessários para alcançar os objetivos do estudo em questão (ISO 14040, 2009).

## **2.3 Avaliação de impactos**

A fase de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) corresponde à terceira fase da ACV, seu objetivo é prover as informações adicionais que auxiliarão na avaliação dos resultados do ICV de um sistema de produto, de forma a se proporcionar o melhor entendimento de sua significância ambiental (ISO 14040, 2009).

## **2.4 Interpretação**

A interpretação é a última fase do procedimento de ACV, onde os resultados do ICV e da AICV, são consolidados e discutidos, servindo como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão conforme a definição de objetivo e escopo (ISO 14040, 2009).

Para Mata e Costa (1997) a etapa de interpretação corresponde a um procedimento que, de forma sistemática, visa identificar, qualificar, verificar, estruturar e conferir confiança à informação fornecida pelos resultados de análise de inventário e da análise de impactos ambientais, apresentando-as de forma que o objetivo e o âmbito do estudo sejam satisfeitos.

## **3. Processo de fabricação de fios têxteis**

A etapa de fiação é um processo intermediário na cadeia produtiva têxtil e tem como insumo as fibras naturais e as fibras químicas (artificiais e sintéticas). O setor de fiação no Brasil produz diferentes tipos de fios, destinados basicamente ao mercado interno.

Os fios podem ser divididos em fios contínuos e os manufaturados de fibras curtas. Os fios contínuos são lisos, duros, resistentes e com maior capacidade de alongar-se. São produzidos diferentes tipos de fios contínuos, como poliéster, nylon, polietileno e viscose, obtidos a partir de processos de extrusão dos polímeros e posterior estiragem para orientação de suas cadeias moleculares (PEZZOLO, 2007).

Já os fios manufaturados a partir de fibras curtas conectam as fibras - tanto de origens naturais (algodão, linho e outras), como fibras de origens químicas e cortadas em tamanhos predeterminados (poliéster, nylon, viscose) - as paralelizam por processos de penteagem e aplica torção e estiragem às mesmas, produzindo dessa forma fios de diversos diâmetros e composições. O tipo de fio contemplado neste trabalho é obtido pelo processo com fibras curtas.

O fio têxtil pode ser fabricado a partir de fibras naturais, artificiais e sintéticas. Constata-se que no Brasil 70% da matéria-prima é algodão, 25% fibras artificiais e sintéticas, e 5% linho e lã, entre outras (ARAÚJO, 1996).

### **3.1 Análise da cadeia produtiva do algodão**

O processo produtivo de têxteis de algodão brasileiro envolve sete etapas fundamentais: cotonicultura, algodoeira, fiação, tecelagem, tinturaria e acabamento, indústria de vestuário e distribuição para varejista (URBAN et al., 1995).

Figura 1 - Fluxo Genérico da Produção Têxtil do Algodão



Fonte: URBAN et al. (1995)

Dentre as etapas do processo produtivo de algodão em caroço, a etapa da colheita é que determina o fator de qualidade. Essa etapa é realizada quando o algodão atinge o ponto de maturação, com as “maçãs” abertas. A qualidade do algodão em caroço depende também da variedade escolhida, do tipo de solo e da condução da cultura (EMBRAPA ALGODÃO, 2003).

Após a colheita, o algodão em caroço das propriedades cotonicultoras destina-se às algodoeiras, para o primeiro beneficiamento e transformação em fardos de algodão em pluma.

O beneficiamento do algodão é dividido em três partes: preparatória (recepção, qualificação, armazenamento temporário), limpeza e descaroçamento (separação da fibra da semente) e complementar (prensagem, enfardamento e armazenamento da fibra) (EMBRAPA ALGODÃO, 2003).

O beneficiamento do algodão dá origem, em média, a 5% de impurezas, 61% de caroços e 34% de pluma. Por fim, o processo de produção do fio, chamado de fiação, compreende diversas operações por meio das quais as fibras são abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras por atrito.

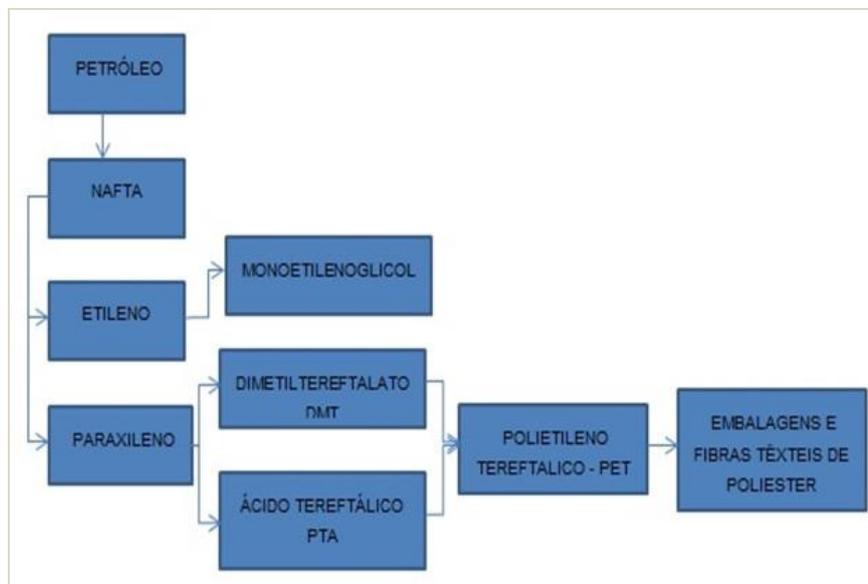
### 3.2 Análise da cadeia produtiva do poliéster

O poliéster é um tipo de fibra têxtil sintética, pertencente ao grupo das fibras químicas, derivada do petróleo e amplamente utilizada na fabricação de tecidos e malhas. Inicialmente, a resina de polietileno tereftalato (PET/poliéster) destinava-se unicamente a aplicações têxteis e, somente no fim dos anos 1970 começou a ser produzido em forma de garrafa para a indústria de embalagens.

A cadeia produtiva da indústria do poliéster, segundo a geração do complexo petroquímico, está organizada em três blocos. A cadeia principal, no centro, apresenta o processo produtivo que utiliza etano e nafta como insumos, provenientes da refinaria de petróleo e de outros segmentos da indústria química, conforme é possível observar na Figura 2.

O PET, produto final da cadeia (Figura 2), é um polímero termoplástico formado pela reação entre o ácido tereftálico e o monoetileno glicol, que formam um poliéster utilizado, principalmente, em fibras para indústria têxtil e embalagens para bebidas.

Figura 2 – Cadeia produtiva do poliéster. Estágios considerados na ACV de fios têxteis.



Fonte: Adaptado de SEBRAE (2008)

### 3.3 Análise da cadeia produtiva da viscose

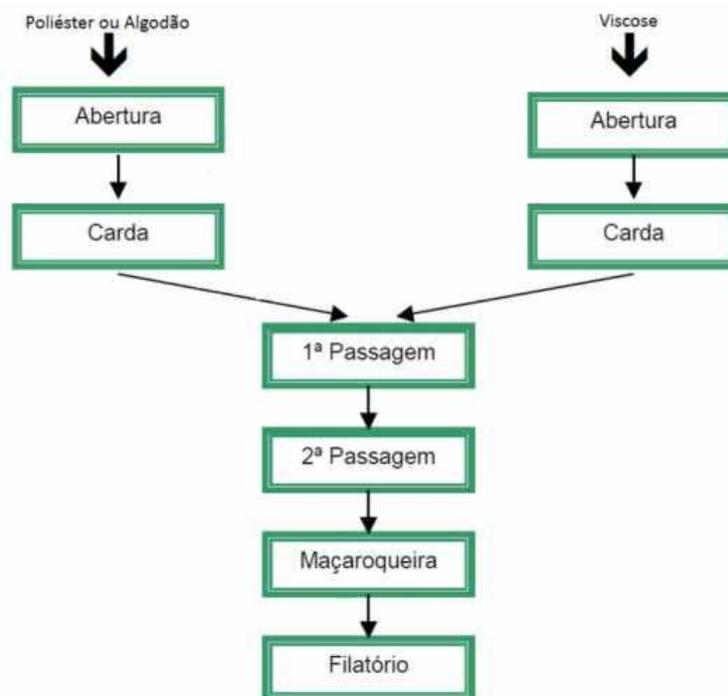
A fibra de viscose é uma fibra têxtil artificial obtida por meio do linter de algodão, ou seja, trata-se de uma fibra regenerada obtida através da dissolução das fibras de material celulósico

(algodão) formando-se uma pasta celulósica que por extrusão (fieiras) e em contato com outra solução volta a precipitar-se regenerando o material fibroso, produzindo-se assim, a fibra artificial de viscose.

A mistura para a composição de fios de algodão + viscose pode ser processada de duas formas. A primeira na passadeira, nesta mistura utiliza-se de 12,5% a 33% de viscose, o que determina ao fio alterações nas suas características físicas e químicas. A mistura é realizada na 1ª passagem sendo suficientes duas passagens para a obtenção de uma boa uniformização da mescla das fibras (Figura 3). Nos processos de abertura, limpeza e cardas as fibras são processadas separadamente.

Outra forma de processo da viscose é o batedor, nesta condição utiliza-se cerca de 5 a 10% de viscose no algodão com o intuito de se obter melhorias em algumas características do algodão. É utilizada principalmente quando se trabalha com algodão de características inferiores. Esta mistura em virtude da baixa quantidade de viscose, é processada na primeira etapa do processo (abertura / limpeza) nos abridores e batedores (FIBRACEL, 2000).

Figura 3 – Fluxos de processos de fibras têxteis



Fonte: FIBRACEL (2000)

#### 4. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consiste em quatro fases para a conclusão da ACV: a primeira, definição do escopo e objetivo; a segunda, realizar a construção do inventário do ciclo de vida; a terceira, referente à análise dos impactos ambientais; e a quarta, interpretação e conclusão do estudo.

O presente estudo foi realizado na cooperativa Cocamar na cidade de Maringá, instalada no interior do Paraná. Para a realização desta ACV verificou-se a necessidade do uso de recursos computacionais, pelo elevado volume de dados coletados e a necessidade da utilização dos bancos de dados para as fases de plantio do algodão e obtenção de fibras de poliéster e viscose. Além disso, o software permite relacionar os dados a diferentes categorias de impactos e segundo diferentes metodologias. Para este estudo fez-se uso do software Simapro<sup>®</sup>, versão 7.3.

#### **4.1. Descrição detalhada das etapas**

Na primeira fase, foi definido o escopo do estudo, e analisadas as limitações da pesquisa e as necessidades de consultas à literatura para a obtenção de dados. Nesta etapa do trabalho, muitas delimitações tiveram que ser realizadas para que se obtivesse um inventário que satisfizesse os objetivos dentro das limitações existentes como tempo, recursos humanos e financeiros.

Desta forma, optou-se por usar o banco de dados do software Simapro<sup>®</sup> para a obtenção dos dados referentes as etapas do plantio do algodão e obtenção de fibras de poliéster e viscose, e realizar a coleta dos dados somente das etapas de fiação e transporte.

O objetivo deste estudo de ACV é identificar os impactos ambientais causados durante o ciclo de vida de fios têxteis de três composições distintas, sendo um deles composto somente por fibra natural (algodão), outro composto com fibra natural e sintética (algodão e poliéster) e outro composto com fibra natural e artificial (algodão e viscose). Espera-se dessa maneira verificar se o uso de fibras de algodão, com uma visão holística de toda a cadeia produtiva, é a alternativa mais adequada em relação à preservação dos recursos naturais.

Definição das fronteiras: O estudo possui como fronteiras ou limites a fase de plantio do algodão até a fase de produção de fios para fiação 100% algodão. Já para o caso do fio composto por fibra de poliéster e algodão, consideram-se além das etapas do algodão, as etapas do ciclo de vida do poliéster, assim como no caso do fio composto por fibra de viscose e algodão, consideram-se além das etapas do algodão, as etapas do ciclo de vida da viscose.

Definição da unidade funcional: Foi definida como unidade funcional deste estudo a quantidade de recursos necessários para a produção de 1kg de fio, tanto de composição 100% algodão, como fios mistos, de composição 50% algodão e 50% poliéster e ainda 67% algodão e 33% viscose.

O estudo dividiu os inventários em três partes: obtenção de matéria-prima (plantio do algodão, obtenção de fibras de poliéster e obtenção de fibras de viscose), transporte e processo de fiação.

No estudo das matérias-primas tanto do algodão, quanto do poliéster e da viscose, foram utilizados dados oriundos do banco de dados do software Simapro<sup>®</sup>, enquanto que para o estudo das etapas de transporte de matérias-primas até a cooperativa e processo de fiação das três composições, foram utilizados dados oriundos de relatórios de produção da cooperativa em estudo.

Inventário produção de fios 100% algodão: O inventário de matéria-prima contempla as práticas de cultivo, colheita, emissões relacionadas à colheita, processo de descaroçamento e todos os recursos de entrada e saída inerentes a esse processo. Já o inventário do processo de fiação do algodão inclui o consumo de energia, transportes e infraestrutura necessários ao processo de transformação de fibras em fios.

Inventário produção de fios 50% algodão e 50% poliéster: Este inventário inclui os dados mencionados acima para o caso do algodão e as etapas produtivas para a produção de fibras de polietileno tereftalato (PET) como matéria-prima, incluindo as fases de extração do petróleo, obtenção do nafta, esterificação, processo de fiação por extrusão e corte das fibras. Já o inventário do processo de fiação para este tipo de composição também inclui consumo de energia, transportes e infraestrutura necessários ao processo de transformação de fibras em fios.

Inventário produção de fios 67% algodão e 33% viscose: Este inventário inclui os dados mencionados acima para o caso do algodão e as etapas produtivas para a produção de fibras de viscose como a transformação da pasta de sulfato de viscose por extrusão (fieiras). Já o inventário do processo de fiação para este tipo de composição também inclui consumo de energia, transportes e infraestrutura necessários ao processo de transformação de fibras em fios. A Tabela 1 demonstra os inventários do estudo realizado.

Tabela 1 – Inventário do estudo realizado para a produção de 1kg de fio

	<b>100% Algodão</b>	<b>50% Algodão / 50% Poliéster</b>	<b>67% Algodão / 33% Viscose</b>
<b>Matéria-prima</b>	1,14 kg de plumas de algodão	0,57 kg de fibra de algodão 0,53 kg de fibra de poliéster	0,9266 kg de fibra de algodão 0,456 kg de fibra de viscose
<b>Transporte</b>	1,11 tkm	1,76 tkm	0,723 tkm
<b>Processo de Fiação</b>	3,319 kWh de energia elétrica 0,14 kg de resíduos têxteis 0,0133 µg/m <sup>3</sup> de emissões para o ar	3,033 kWh de energia elétrica 0,036 kg de resíduos têxteis 0,0423 µg/m <sup>3</sup> de emissões para o ar	3,318 kWh de energia elétrica 0,0133 kg de resíduos têxteis 0,0101 µg/m <sup>3</sup> de emissões para o ar

É importante destacar que as distâncias consideradas no estudo são relativas aos trajetos dos fornecedores de matérias-primas à cidade de Maringá (PR), uma vez que está sendo considerada neste estudo a manufatura dos fios desta cidade. Para os fios de algodão foi considerada a distância média de Goiânia (GO) e Campo Verde (MT) até Maringá, uma vez que a fiação identificou estes locais como fornecedores de algodão. Para a manufatura de fibras de poliéster, foi considerada a distância de São Paulo (SP) até Maringá e para fibras de viscose a distância de São José dos Campos (SP) até Maringá. Foi usado o cálculo de tonelagem métrica para obtenção dos valores (1 ton x 1 km).

Foi selecionado o método Eco Indicador 99 para avaliação dos impactos e os seguintes impactos foram analisados: Combustíveis fósseis, acidificação/eutrofização, eco toxicidade, depleção de ozônio, mudança climática e efeitos respiratórios orgânicos e inorgânicos.

## 5. Resultados e discussão

O comparativo dos impactos dos processos de obtenção de cada tipo de fibra é demonstrado na Tabela 2.

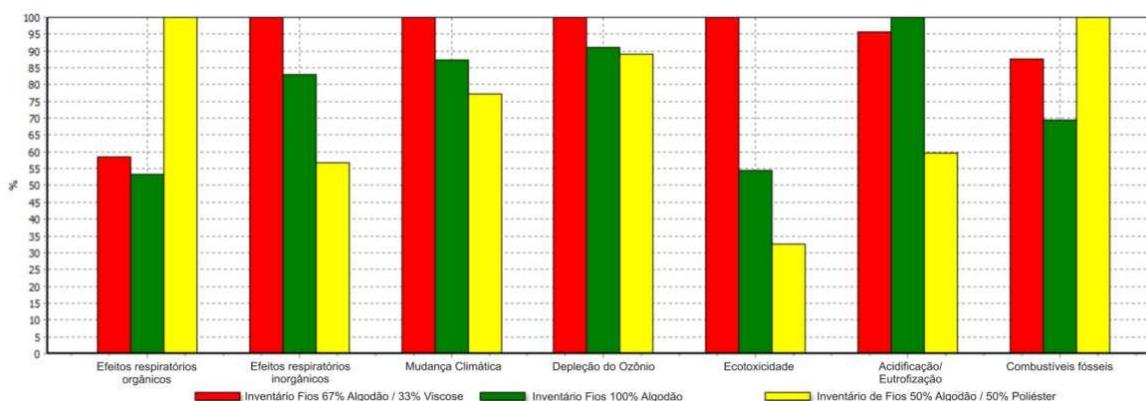
Tabela 2 – Comparativo dos impactos potenciais para as três composições do estudo

Categoria de impacto	Unidade	Produção de fios 100% algodão	Produção de fios 50% algodão e 50% poliéster	Produção de fios 67% algodão e 33% viscosa
Efeitos respiratórios orgânicos	DALY	5,4 <sup>-9</sup>	1,01 <sup>-8</sup>	5,9 <sup>-9</sup>
Efeitos respiratórios inorgânicos	DALY	7,33 <sup>-6</sup>	5,02 <sup>-6</sup>	8,84 <sup>-6</sup>
Mudança climática	DALY	1,71 <sup>-6</sup>	1,51 <sup>-6</sup>	1,96 <sup>-6</sup>
Depleção do ozônio	DALY	6,86 <sup>-10</sup>	6,11 <sup>-10</sup>	6,25 <sup>-10</sup>
Ecotoxicidade	PAF*m2yr	0,204	0,121	0,374
Acidificação / eutrofização	PDF*m2yr	0,62	0,369	0,592
Combustíveis fósseis	MJ surplus	5,16	7,44	6,52

Daly - Disability Adjusted Life Years: Para danos à saúde humana. São incluídos nesta categoria o número e a duração dos efeitos, fatalidades e incapacitações advindas de causas ambientais.  
 PAF - Potentially Afected fraction: Expressa os danos causados às espécies expostas à concentração de substâncias tóxicas.  
 PDF - Potentially Disappeared Fraction Plant Species. Efeitos do uso, ocupação e transformação da terra, avaliando os danos sobre o decréscimo de espécies.  
 MJ Surplus - Energia necessária para futuras extrações de recursos minerais e combustíveis fósseis. (TAKAHASHI, 2008).

A realização da análise do inventário do ciclo de vida por meio do método Eco Indicador 99 está demonstrada na Figura 4, na qual estão identificados a participação final dos impactos em cada categoria analisada.

Figura 4 – Impactos ambientais potenciais da produção de fios têxteis



Os efeitos respiratórios orgânicos e inorgânicos estão relacionados aos danos a saúde humana e são oriundos da emissão de poeiras e substâncias orgânicas e inorgânicas, associadas aos

problemas respiratórios. Na categoria efeitos respiratórios orgânicos quem mais contribui para o impacto são os fios de composição 50% algodão e 50% poliéster.

O processo de fiação das fibras de algodão é o maior contribuinte desta categoria de impacto. A poeira gerada no processo é rica em material orgânico e em produtos que as fibras trazem consigo das áreas de plantio, causando assim, a bicinose, disfunção pulmonar causada pela aspiração crônica de fibrilas de algodão. Também nessa categoria existe a emissão de COV (Compostos Orgânicos Voláteis) para a atmosfera no processo de fiação do poliéster.

A categoria de impacto mudança climática está relacionada com as quantidades crescentes de gases que provocam o efeito estufa na atmosfera, a anos de vida perdidos, mudanças no ecossistema, entre outros.

De acordo com a Figura 2, os fios de composição 67% algodão e 33% viscose são os maiores responsáveis pelo impacto, isto devido a emissões para a atmosfera de CS<sub>2</sub> – Sulfeto de carbono e H<sub>2</sub>S – gás sulfídrico, ambos com alto efeito tóxico.

Outro fator importante é o uso de caldeiras para a produção dos fios de viscose e a utilização do vapor em algumas etapas do processo de produção, o que acarreta em impactos devido a emissão de gases de combustão carregados de fuligem, dióxidos de enxofre (causador da chuva ácida) e presença de CO<sub>2</sub> (causador do efeito estufa).

A exaustão da camada de ozônio conduz ao aumento da quantidade de raios ultravioletas que atingem a superfície da Terra. O ozônio é um gás que filtra os raios ultravioletas. Caso esses gases chegassem à superfície terrestre com maior intensidade provocariam queimaduras na pele, que poderiam até causar câncer ou ainda destruir as folhas das árvores. Dessa forma, a camada de ozônio protege a terra dos raios ultravioletas do sol.

A destruição do ozônio estratosférico faz com que uma fração maior de radiação UV-B atinja a superfície terrestre. Isso pode ter efeitos nocivos sobre a saúde humana, saúde animal, os ecossistemas terrestres e aquáticos, ciclos bioquímicos e sobre materiais. A caracterização desenvolvida pela Organização Meteorológica Mundial define o potencial de destruição do ozônio por gases diferentes (kg CFC-11 equivalente por kg de emissão). Devido aos tipos de processos envolvidos nas etapas de manufatura das fibras de algodão, estes processos são os mais representativos nesta categoria de impacto.

Em relação a qualidade do ecossistema tem-se os fios de composição 67% algodão e 33% viscose responsáveis pelo maior impacto nas categorias acidificação/eutrofização e ecotoxicidade. A acidificação/eutrofização está relacionada aos impactos causadores de danos às espécies expostas à concentração de substâncias tóxicas e a ecotoxicidade aos efeitos do uso, ocupação e transformação da terra, avaliando os danos sobre o decréscimo de espécies.

Sendo assim, pela maior proporção na composição dos três tipos de fios, o algodão é o maior responsável por tais impactos, por meio da contaminação do solo, da água e da fauna local por pesticidas, inseticidas e fertilizantes na sua fase de plantio. Também é notável a degradação da terra causada por salinização e erosão.

Já a categoria de impacto combustíveis fósseis, a Figura 2 revela que as composições que apresentam maior impacto ambiental são as 50% algodão + 50% poliéster e 67% algodão + 33% viscose, isso devido ao fato da produção de fibras de viscose e poliéster representarem maior consumo de energia em sua produção, destacando a queima de óleo combustível e lenha nas casas de caldeiras. Para o algodão, os maiores consumos estão na etapa de plantio, focados no combustível para máquinas agrícolas e tratores.

## 6. Conclusão

Ao avaliar individualmente as etapas produtivas relacionadas à obtenção e ao processamento das matérias-primas consideradas neste estudo, é possível perceber que os fios de composição 67% algodão e 33% viscose, contribuem potencialmente mais para uma maior quantidade de impactos.

Esses impactos, no caso do algodão, são relacionados principalmente ao uso intensivo de inúmeros insumos agrícolas, os quais possuem em suas formulações diversos agentes nocivos aos recursos naturais e à saúde humana. Já no caso da fibra de viscose, os impactos mais significativos estão no consumo de energia para a produção da fibra e na emissão de sulfeto de carbono ( $CS_2$ ) e gás sulfídrico ( $H_2S$ ) para a atmosfera.

Para mitigação desses impactos, seria recomendado, se possível, o menor uso de agrotóxicos no manejo das culturas e o uso obrigatório de equipamentos de proteção individuais de segurança para prevenção de doenças relacionadas a esses compostos.

Quanto à emissão de gases poluentes, que podem influenciar nas mudanças climáticas, esse é um problema mundial generalizado decorrente do aumento dos processos de industrialização, do aumento populacional e do desenvolvimento econômico. Os países com altos índices de industrialização já sentem o efeito do consumo desenfreado de recursos naturais sem a devida reposição à natureza. As previsões acerca de um futuro próximo com os efeitos arrasadores do consumo e desenvolvimento insustentável motivam mudanças de paradigmas e estimulam à formulação de novas políticas ambientais visando redução de emissões atmosféricas.

Ao avaliar os três tipos de composição de fios, chega-se a valores que conduzem os fios de composição 67% algodão e 33% viscose à condição de potencialmente mais impactantes ao ambiente.

O processamento das três composições de fios são passíveis de causar impactos, haja vista a contabilização de suas emissões. Todos utilizam recursos naturais e combustíveis fósseis, além de emitirem poluição atmosférica. As medidas mitigadoras que os envolvidos em cada etapa produtiva do ciclo de vida dos fios tomam podem fazer toda a diferença no montante final dos impactos.

Quanto à interpretação dos resultados gerados pelo *software* SimaPro®, essa foi uma tarefa complexa, pois afirmar o maior impacto de um produto em relação a outro exige consistência de conhecimento e informações, bem como o detalhamento do conceito de cada categoria de impacto.

A metodologia da avaliação do ciclo de vida é uma técnica jovem e explorar os processos de produtos traz um peso de conhecimento de extrema importância. A utilização da técnica abre novos horizontes e possibilidades de pesquisa, trazendo contribuições à todas as áreas.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. **Tecnologia do vestuário**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR ISSO 14.040 – Gestão Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**, Rio de Janeiro, 2009.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

EMBRAPA ALGODÃO – Sistemas de produção. **Revista Eletrônica**, ano 2, jan. 2003. Disponível em: <cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 03 jan. 2016.

FIBRACEL. **Fibra cortada de viscose – Manual técnico para fiações**. 2000.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações.** São Paulo: EdgardBlücher, 2006.

KOTLER, P. KELLER, K. **Administração de Marketing.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MATA, T. M.; COSTA, C. A. V. Norma ISO 14040: Metodologia de análise de ciclo de vida. **Cadernos de ambiente ANP.** Porto – Portugal, 1997.

NIGRI, E. M.; ROMEIRO FILHO, E.; ROCHA, S. D. F. Cimento tipo Portland: Uma aplicação da análise do ciclo de vida simplificada. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 29., 2009, Salvador, BA, Brasil. **Anais...** Salvador, BA, 2009.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos: História, Tramas, Tipos e Usos.** São Paulo: Senac, 2007.

SEBRAE. **Cadeia produtiva da indústria de poliéster. Cenários econômicos e estudos setoriais.** Recife, 2008.