

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA EM UMA INDÚSTRIA DE
CONFECÇÃO- APLICAÇÃO DO SOFTWARE SIMAPRO**

Juliana Adrian Emidio

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Avaliação do Ciclo de Vida em uma Indústria de Confeção-
Aplicação do software SimaPro

Juliana Adrian Emidio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof^(a). Dra. Amélia Masae Morita

**Maringá - Paraná
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, pela permissão deste momento. Aos meus pais, João e Eleni, por ser a base forte da minha vida nos momentos mais difíceis e por tornaram essa conquista possível. A minha irmã por todo apoio e ao meu irmão, in memoriam.

“Sem um fim social o saber será a maior das futilidades.”

Gilberto Freyre

AGRADECIMENTOS

Após muito esforço e dedicação é com muita alegria que concluo mais essa fase da minha vida. Finalmente este momento tão feliz chegou!

Gostaria de agradecer aqueles que foram fundamentais nesta conquista...

A Deus, por ter me concedido saúde, inteligência e perseverança para superar todas as dificuldades e pela sua constante presença, sutilmente revelada nos momentos mais inseguros.

Aos meus pais, João e Eleni, por sempre renunciarem seus desejos em prol dos sonhos de suas filhas, pelo esforço em permitir que eu alcançasse meus objetivos, pela compreensão nos momentos que precisei estar ausente da família, pelo exemplo de pessoas que são e por me ensinarem valores fundamentais para a construção de quem sou hoje. Minha gratidão e admiração serão eternos.

A minha irmã, Patricia, que esteve sempre presente me incentivando, por acreditar em mim, pela cumplicidade de família e pela determinação que possuí em sua vida a qual também me influenciou.

Aos amigos antigos e conquistados, em especial, as amigas de faculdade Erika, Jaqueline, Marjory e Taciana, pelos momentos de alegrias e anseios compartilhados e por tornarem esta jornada mais alegre. E a todos os colegas de classe, que sempre estiveram juntos apoiando uns aos outros, os quais certamente serão excelentes profissionais.

A minha orientadora, Amélia Masae, que esteve presente desde os projetos de Iniciação Científica e a quem tenho grande carinho, por todos os ensinamentos e incentivo. E a todos os mestres que contribuíram para a minha formação.

Ao CVU, lugar onde pude descobrir e desenvolver habilidades que complementaram minha faculdade, pelos valores passados, os quais levarei para vida, e pelas grandes amizades lá feitas.

E a “minha estrela”, meu irmão Anderson (*in memoriam*), sua luz sempre me guiou.

Agora é hora de buscar novos caminhos e alcançar novas vitórias!

Muito Obrigada!

RESUMO

Grande parte das organizações já notou a importância de se preservar o meio ambiente e estão demonstrando um crescente interesse em atuar de forma sustentável. Diante disso, métodos e ferramentas que permitam a identificação das relações existentes entre produtos e processos e o ambiente faz-se necessário, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma dessas ferramentas, que permite analisarmos os potenciais impactos ambientais causados por um produto ou serviço, desde a extração da matéria-prima, produção, uso e descarte, ou seja, avaliando todo seu ciclo de vida. Com essa ferramenta é possível determinar qual produto ou etapa do ciclo de vida gera maior impacto ambiental, permitindo que se direcionem ações adequadamente auxiliando na resolução de grandes problemas ambientais. Um dos *softwares* mais utilizados mundialmente para a realização de ACV é o SimaPro, uma ferramenta profissional que coleta, analisa e monitora o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de impacto ambiental de uma indústria de confecção em decorrência da importância do seu setor para o país e por ser considerado um poluidor de grau médio. Com base nos resultados da ACV foi possível identificar que os maiores impactos dessa indústria estão relacionados ao processamento de suas matérias-primas, o que indica a necessidade de uma utilização mais eficiente dos seus recursos.

Palavras-chave: Ciclo de Vida; Gestão Ambiental; Têxteis.

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Justificativa	14
1.2	Definição e delimitação do problema	15
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivo geral	15
1.3.2	Objetivos específicos	15
2	Revisão da Bibliografia	16
2.1	Avaliação do Ciclo de Vida	16
2.1.1	Histórico	18
2.1.2	Fases da ACV	24
2.2	Softwares para ACV- SimaPro	36
2.2.1	Método de Avaliação de Impacto ReCiPe	39
2.3	Indústria Têxtil-Confecção	43
2.3.1	Cadeia produtiva da Confecção	49
2.3.2	Resíduos Sólidos da Confecção	51
2.3.3	Classificação dos Resíduos Sólidos	54
3	Metodologia	56
4	Desenvolvimento	58
4.1	Definição de objetivo e escopo	58
4.2	Análise de Inventário	61
4.3	Avaliação de Impacto	64
4.4	Interpretação	66
5	Conclusão	71
	Referências	73
	Apêndice A- Formulário	80

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estágios do ciclo de vida do produto.....	22
Figura 2- Fases de uma ACV	25
Figura 3- Procedimentos simplificados para a análise de inventário	29
Figura 4- Elementos da fase de AICV.....	31
Figura 5- Cadeia de impactos causada pela emissão de uma certa substância.....	32
Figura 6-Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções.....	48
Figura 7- Etapas do processo de confecção.....	49
Figura 8- Sistema do Produto da confecção.	59
Figura 9- Avaliação de Impacto Ambiental	65
Figura 10- Mudança Climática.....	68
Figura 11- Acidificação Terrestre.....	69
Figura 12-Eutrofização de água doce	69
Figura 13- Ecotoxicidade Terrestre	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Os níveis de detalhe em algumas aplicações de ACV. “X” em negrito indica o nível frequentemente mais utilizado.....	23
Tabela 2- Categorias de impacto do ciclo de vida normalmente utilizadas	33
Tabela 3- Categorias de impacto do método ReCiPe	39
Tabela 4- Inventário do processo da Confecção (para a produção de 1000 peças).....	62
Tabela 5- Avaliação de Impacto- contribuição dos processos nas categorias de impacto.	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Simplificações para a Avaliação do Ciclo de Vida	24
Quadro 2- Banco de dados de métodos de avaliação de impacto no SimaPro	37
Quadro 3- Setor do Vestuário no Brasil em 2013	46
Quadro 4- Produção mundial de Vestuário (Ton.) em 2009	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AA	Auditoria Ambiental
AR	Análise de Risco
AIA	Análise de Impacto Ambiental
REPA	<i>Resource and Environmental Profile Analysis</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
MRI	<i>Midwest Research Institute</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ICV	Análise de Inventário do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, a ideia de que as empresas deveriam se preocupar apenas com a eficiência de seus processos produtivos tem se mostrado incorreta. Com o avanço e intensificação dos métodos produtivos, aumentando a utilização de recursos naturais, surge a necessidade do desenvolvimento de estratégias mais eficientes do uso destes recursos e de ações mais sustentáveis.

O aumento no interesse por questões relacionadas a problemas ambientais é resultado principalmente da união de dois fatores, o aumento da população e o crescimento da atividade econômica. Durante os anos de 1800 e 2010 a população mundial aumentou cerca de sete vezes (de 1 bilhão para 7 bilhões de habitantes) e a economia (PIB) cresceu, aproximadamente, 50 vezes. No entanto, esse crescimento se deu à custa da degradação da natureza (ALVES, 2010).

Segundo o Relatório de Brundtland (1987, apud NASCIMENTO 2012) o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem prejudicar a capacidade das gerações futuras de satisfazerem a sua. A forma de administrar o uso dos recursos do ambiente natural é o elemento que possibilita intensificar ou minimizar os impactos na natureza (PHILIPPI JR. *et al.*, 2004).

Conforme Tinoco e Kraemer (2004) a Gestão Ambiental pode ser utilizada pelas empresas para minimizar ou eliminar os impactos negativos gerados no ambiente por suas atividades. Esse sistema inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, entre outros processos, que permitam gerir a política ambiental. São inúmeras as organizações que estão se preocupando em apresentar um desempenho mais satisfatório em relação ao meio ambiente, desta forma, a gestão ambiental tem se mostrado uma das mais importantes atividades para esse objetivo.

O processo de desenvolvimento e execução de um sistema de gestão ambiental em uma empresa esta subordinado a uma grande motivação de seus responsáveis e inclui cinco passos: política ambiental, análise ambiental preliminar, objetivos ambientais, programa ambiental e análise do sistema de gestão ambiental. Dentre as técnicas de análise ambiental, as mais utilizadas na indústria são a Auditoria Ambiental (AA), a Análise de Risco (AR), a Análise de Impacto Ambiental (AIA) e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (FERRÃO, 1998).

Segundo a norma (ISO 14040, 2009) a ACV abrange todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração e aquisição de matérias-primas, por meio da produção de energia e

materiais, manufatura, uso, tratamento de fim de vida até a disposição final. Esta é uma importante ferramenta do pensamento sistêmico de apoio à tomada de decisões que permite gerar informações, avaliar impactos e comparar desempenhos ambientais de produtos (CARVALHO, 2010).

Conforme a norma (ISO 14040, 2009) a ACV pode contribuir: para o reconhecimento de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em vários estágios do seu ciclo de vida; para o nível de informações, necessário às tomadas de decisões; para a escolha de indicadores de desempenho ambiental importantes, bem como técnicas de medição; e para o marketing, como exemplo, uma rotulagem ambiental.

A ACV tem como foco principal os aspectos e impactos ambientais de um sistema de produto, ou seja, ela faz uma reflexão sobre o ciclo de vida dos produtos gerados pelo homem e apoia o gerenciamento ambiental e o desenvolvimento sustentável. Portanto, essa técnica responde a crescente necessidade de estender a responsabilidade ambiental dos produtos à integralidade do ciclo de vida. Considerando a cadeia de valor relacionada a um produto, a ACV representa a principal técnica para apoiar a cadeia de gestão (FERRÃO, 1998).

O interesse em conhecer a qualidade ambiental dos processos de produção e dos produtos por parte das indústrias, especialistas ambientais, governo, organizações ambientais e o público em geral tem aumentado a curiosidade sobre a ACV nos últimos anos. Ela já vem se tornando comum em países da Europa, nos Estados Unidos e Japão (LIMA, 2007).

Conforme Santos e Fernandes (2012) o uso de *softwares* como técnica de auxílio à coleta e compilação de dados é muito frequente para a elaboração de estudos de ACV. O SimaPro é uma ferramenta profissional que coleta, analisa e monitora o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços. Com ele, é possível modelar e analisar ciclos de vida, dos mais complexos aos mais simples, de uma forma sistemática e transparente, baseando-se nas recomendações da série ISO 14040 (ZAPPAROLI; DA SILVA, 2011).

Segundo o Ministério do Desenvolvimento (BRASILa, 2015) o setor têxtil e de confecções é de grande importância para a economia do país, pois representa o segundo maior gerador do primeiro emprego e também o segundo maior empregador da indústria de transformação. A cadeia produtiva têxtil e de confecções é muito diversa no que diz respeito às matérias-primas empregadas, processos produtivos existentes, modelos de concorrência, assim como, as estratégias empresariais.

Para atender a demanda de seus consumidores a indústria do vestuário apresenta um elevado volume de produção de peças por mês e que possuem um ciclo de vida curto, devido

às rápidas mudanças de tendência, demonstrando um grande potencial poluidor. Conforme a Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000, a Indústria Têxtil, de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos possui grau médio de poluição e seus resíduos sólidos, segundo a NBR 10004/2004, são classificados resíduos classe A- Não inertes (BRASILf, 2016).

Em razão disso, as organizações desse setor estão demonstrando um maior interesse em conhecer e minimizar seus impactos negativos no ambiente (BARCELOS, 2012). A busca por reduzir seus impactos na natureza, proveniente de uma consciência mais ecológica e o alinhamento com as novas demandas governamentais, como a Lei nº 10.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, podem trazer também benefícios econômicos para as organizações em decorrência da redução de desperdícios (BRASILc, 2016).

Portanto, o presente estudo propõe realizar uma avaliação dos impactos ambientais causados por uma indústria de confecção de uniformes profissionais da cidade de Maringá-Paraná, utilizando o *software* SimaPro.

1.1 Justificativa

A indústria têxtil e de confecção é um dos meios econômicos mais antigos no país, sendo pioneira no processo de industrialização brasileira. Atualmente este setor tem grande importância principalmente pelo seu elevado grau empregador na indústria de transformação.

As confecções estão diretamente ligadas à indústria da moda, que apresenta uma grande variedade de coleções por ano com tendências de vida curta e que resulta em elevado consumo de peças e recursos têxteis. Em razão disso, essa indústria possui um potencial poluidor elevado.

Com o aumento do interesse pela preservação do ambiente e a busca por melhor compreensão dos efeitos de nossas ações na natureza, tanto pela população quanto pelo governo, tem levado as organizações a procurarem meios mais sustentáveis de desenvolver suas atividades como também a solução de alguns problemas ambientais. Desta forma, estudos relacionados à compreensão do impacto de nossos processos produtivos na natureza, como este, faz-se necessário.

A motivação deste trabalho é, portanto, por meio da identificação dos possíveis impactos ambientais, conscientizar as indústrias deste setor sobre o seu potencial poluidor, auxiliando na identificação de oportunidades de melhorias em seus processos, beneficiando tanto o ambiente como as organizações, que estarão dentro das políticas governamentais e com possibilidades de redução de desperdícios.

1.2 Definição e delimitação do problema

O trabalho em questão foi realizado com dados fornecidos por uma empresa de confecção de uniformes profissionais da região de Maringá-PR, a qual realiza a correta separação e classificação de seus resíduos sólidos, dando seu devido destino. Por meio do uso do *software* SimaPro 8 foi possível realizar a compilação destes dados para a determinação das categorias de impacto ambiental.

Como a ferramenta ACV analisa os impactos ambientais de um produto no decorrer de todo seu ciclo de vida, sem limites geográficos ou temporais, seus resultados podem ser considerados para o entendimento do impacto ambiental causado por uma indústria do setor de confecção avaliando suas etapas produtivas e recursos consumidos.

Com a realização do estudo buscou-se demonstrar que a ACV pode tornar-se um instrumento de planejamento e apoio na tomada de decisões, tanto para a execução de políticas ambientais, quanto no gerencialmente ambiental.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Identificar o impacto ambiental de uma indústria de confecção por meio de uma Avaliação do Ciclo de Vida, utilizando o *software* SimaPro.

1.3.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral do estudo, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Realizar uma revisão sobre a ferramenta ACV e sua prática.
- Descrever o processo de confecção de vestuário e determinar suas etapas.
- Identificar e quantificar os resíduos sólidos gerados.
- Compreender o funcionamento do *software* SimaPro 8.
- Modelar o ciclo de vida com o *software* e identificar as principais categorias de impacto.
- Identificar possíveis oportunidades para a redução de impactos.

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1 Avaliação do Ciclo de Vida

A ACV abrange todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração e aquisição de matérias-primas, por meio da produção de energia e materiais, manufatura, uso, tratamento de fim de vida até a disposição final. Apoiado nesta visão e perspectiva sistêmicas, a transferência de cargas ambientais potenciais entre estágios do ciclo de vida entre processos individuais pode ser detectada e possivelmente evitada (ISO 14040, 2009).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta direcionada para a gestão de produtos, que permite o reconhecimento dos impactos relacionados a todo ciclo de vida de um produto ou serviço, isto é, desde a extração de recursos primários junto à natureza até a sua disposição. Para tanto, é necessário identificar todas as interações ocorridas entre o bem ou serviço e o meio ambiente no decorrer dos processos que compreendem seu ciclo de vida, como entradas de energia, características relacionadas ao transporte do produto e sua utilização, tendo como embasamento a função do produto ou serviço (LIMA, D., 2010).

A ACV é apenas uma dentre as várias técnicas de gestão ambiental existente, como exemplo, avaliação de risco, avaliação de desempenho ambiental, auditoria ambiental e avaliação de impacto ambiental. Ela prioriza os aspectos e impactos ambientais de um sistema de produto, impactos econômicos e sociais estão fora de seu escopo. No entanto, ela pode se unir a outras ferramentas para estudos de maior amplitude (ISO 14040, 2009).

A definição de Avaliação do Ciclo de Vida esta associado à análise dos efeitos ambientais de uma determinada atividade, desde a extração da matéria-prima do ambiente até o momento em que seus resíduos retornam a ele. Esta é uma importante ferramenta do pensamento sistêmico de apoio à tomada de decisões que permite gerar informações, avaliar impactos e comparar desempenhos ambientais de produtos (CARVALHO, 2010).

Segundo Santiago (2005) a ACV é um ferramenta direcionada para a gestão de recursos, permitindo o reconhecimento dos aspectos ambientais e dos potenciais impactos ambientais relacionados a todo ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, desde sua extração da natureza até sua disposição final, abrangendo as seguintes etapas: produção de energia; processos que envolvem a manufatura; questões relacionadas com embalagens; transporte; consumo de energia não renovável; impactos relacionados com o uso, ou

aproveitamento; reuso dos produtos e questões relacionadas com lixo, reciclagem ou recuperação.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem sendo identificado como um método científico para se realizar grandes investigações, quantificar benefícios ambientais e as consequências de todo o ciclo de vida de um sistema de produto, desde a extração da matéria-prima até sua disposição no final de vida, criando assim, informações ambientais básicas para inúmeros produtos ou processos (FRANKLIN ASSOCIATES, 2014).

Esse método quantifica e avalia sistematicamente o uso de recursos e as implicações ambientais de um sistema industrial no decorrer do seu ciclo de vida, desde a aquisição de matérias-primas, fabricação, utilização até a eliminação, conforme o objetivo e escopo definidos no projeto (ISO 14040, 2006 apud CARTWRIGHT *et al.*, 2011).

Conforme a norma ISO 14040 a ACV pode contribuir: para o reconhecimento de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em vários estágios do seu ciclo de vida; para o nível de informações, necessário às tomadas de decisões; para a escolha de indicadores de desempenho ambiental importantes, bem como técnicas de medição e para o marketing, como exemplo, uma rotulagem ambiental (ISO 14040, 2009).

Segundo Niinimäki (2006) a ACV foi elaborada para auxiliar a gestão ambiental no desenvolvimento sustentável a longo prazo, o que exige, melhorias em eco eficiência, em como utilizamos energia e matérias e como podemos reduzir este desperdício, considerando todo o ciclo de vida de um produto, que inclui, a extração de matérias-primas, design e criação, fabricação, embalagem, distribuição, utilização, reutilização e descarte de resíduos.

Para alguns estudiosos, a elaboração de um produto, o seu projeto, seja uma etapa no contexto da ACV chamada de “Projeto para o Meio Ambiente”. A partir de uma abordagem abrangente, entretanto, o “Projeto para o Meio Ambiente” é compreendido como um projeto que leva em conta todo o ciclo de vida. Nessa situação, normalmente ele é intitulado *Ecodesign* (BRADLEY, 2002 apud LIMA, A., 2007).

Conforme Kviseth e Tobiasson (2011) a ACV depende de habilidades e ferramentas de dados científicos específicos e não é uma ferramenta apropriada para designers e pequenas empresas. Apesar de já ter sido elaborada à algum tempo, ela ainda não é uma ferramenta largamente utilizada para a tomada de decisão nas empresas. Grande parte de análises de ciclo de vida veem sendo realizadas para comparar o impacto ambiental negativo de produtos ou serviços, ao invés de servir como base para aperfeiçoamentos ou criação de novos produtos.

Análise do Ciclo de Vida é muitas vezes utilizado para a comparação de produtos. Por isso, é preciso considerar todo o ciclo de vida, da aquisição da matéria prima a sua disposição final, tentando alcançar uma imagem real dos impactos e comparações verdadeiras dos produtos e serviços. Entretanto, análises de somente uma ou algumas etapas também podem ser feitas, desde que sejam claramente declaradas (KJERSTI; TOBIASSON, 2011).

A ACV tem como foco principal os aspectos e impactos ambientais de um sistema de produto, ou seja, ela faz uma reflexão sobre o ciclo de vida dos produtos gerados pelo ser humano. Portanto, ela é uma técnica de apoio ao gerenciamento ambiental e de desenvolvimento sustentável.

O interesse em conhecer a qualidade ambiental dos processos de produção e dos produtos por parte das indústrias, especialistas ambientais, governo, associações de consumidores, organizações ambientais e o público em geral tem aumentado a curiosidade sobre a ACV nos últimos anos. Ela já vem se tornando comum em países da Europa, nos Estados Unidos e Japão (LIMA, A., 2007).

2.1.1 Histórico

Os primeiros estudos de ACV originaram-se no final dos anos 60 e início dos anos 70 de forma pouca expressiva, durante a primeira crise do petróleo. Os estudos realizados nesta época tinham a finalidade de avaliar os processos produtivos e racionalizar o consumo energético, procurando uma melhor utilização dos recursos naturais (JÚNIOR *et al.*, 2009).

A denominação histórica para estudos de ciclo de vida ambiental, empregado nos Estados Unidos da América (EUA) desde os anos 70, era “*Resource and Environmental Profile Analysis*” (REPA), a nomeação ACV, ou em inglês, “*Life Cycle Assessment*” (LCA) foi utilizado inicialmente nos EUA em 1990 (HUNT; FRANKLIN, 1996 apud FERREIRA, 2004).

Acredita-se que o primeiro estudo que fez uso desta ferramenta foi em 1969, conduzido por uma empresa de consultoria intitulada “*Midwest Research Institute*” (MRI), para a Companhia Coca Cola. Este estudo recebeu o nome de Análise de Recursos e Perfil Ambiental (REPA, do inglês, *Resource and Environmental Profile Analysis*) e tinha como objetivo analisar diferentes tipos de embalagens de bebidas identificando, por meio da quantificação de recursos, emissões e resíduos emitidos, qual era o material mais apropriada do ponto de vista ambiental. O estudo não foi publicado, devido o seu conteúdo sigiloso,

entretanto, ele foi utilizado pela companhia como base para decisões a respeito de suas embalagens nos anos seguintes.

A Coca-Cola conseguiu, mediante este trabalho, identificar que as garrafas de plásticos não eram as mais nocivas ao ambiente, comparadas com as de vidro. Assim, o estudo REPA desacreditou a ideia de que o plástico era um material inapropriado em termos ambientais, como se pensava anteriormente, demonstrando ser esta reputação apoiada por más interpretações (HUNT; FRANKLIN, 1996 apud FERREIRA, 2004).

Algum tempo depois, foi realizado na Europa um trabalho parecido chamado *Ecobalance*, que a partir de 1985 transforma-se em um modelo obrigatório nas empresas da área alimentar para o acompanhamento do consumo de matérias-primas, energia e geração de resíduos na fabricação de seus produtos (TAVARES, 2006).

Segundo Barbieri e Cajazeira (2009) o MRI, atualmente denominado Franklin Associates, continuou realizando estudos de caráter ambiental popularizando a REPA, termo que ainda hoje é usado por algumas instituições, como a *American Fiber Manufacturers Association*, para designar trabalhos de ACV. Ela é um estudo fundamentado na investigação quantitativa dos recursos usados e da poluição emitida nas diferentes fases do ciclo de vida de um produto, o que torna possível afirmar, que a REPA deu origem a metodologia da ACV.

Estes primeiros estudos tinham por finalidade quantificar o consumo de energia, com a elaboração de um fluxograma de processo com balanço de massa e de energia, bem como, os dados sobre consumo de matérias-primas, combustíveis e de resíduos sólidos gerados que eram quantificados automaticamente, ficando conhecidos como “Análise de Energia”. Eles também eram denominados de “Análise de Recursos” ou “Análise do perfil Ambiental” por alguns analistas (RIBEIRO, 2010).

Conforme Ribeiro (2010) os estudos de ACV passaram por um período de enfraquecimento após a segunda fase da crise do petróleo em 1973, voltando com maior força nos anos 80 devido ao crescente interesse pelo meio ambiente. Entretanto, somente a partir de 1990, incentivados pela série de normas ISO 14040 criadas pela *International Organization for Standardization* (ISO), observou-se um grande aumento de estudos, publicações, conferências e congressos sobre ACV.

No ano de 1991 na Suíça foi desenvolvido um grande estudo sobre materiais para embalagens, a pedido do seu Ministério de Meio Ambiente, resultando em um banco de dados que serviu como referencial para outros estudos, incluindo a versão do primeiro *software* para ACV, o Ökobase I (GUINÉE, 2002 apud TAVARES, 2006).

Segundo nos conta Takeda (2008), uma das dificuldades em tornar a ACV mais popular era o fato de não ser um método muito simples e compreensível, comprometendo a aceitação da importância dos resultados destes estudos.

Dentre as organizações que revelaram um importante papel no amadurecimento da ACV destacam-se a agência norte-americana de proteção ambiental (USEPA), inúmeros órgãos ambientais europeus e instituições de pesquisas de diversas partes do mundo, como exemplo, o Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) no Brasil (BARBIERI; CAJAREIRA, 2009).

Ainda segundo os autores o principal contribuinte para o aprimoramento e difusão deste instrumento de gestão ambiental foi a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), criada em 1979, a qual, também serviu de auxílio para a criação de metodologias padronizadas de uso universal.

Em 1993 um grupo de trabalho da SETAC publicou o primeiro guia para a realização de ACV, nomeado de “Código de Prática”, caracterizando este termo como um método para avaliar o desempenho ambiental de produtos. Posteriormente, este guia foi substituído por um conjunto de padrões internacionais elaborados pela Organização Internacional para a Normalização (ISO) entre 1997 e 2000, ISO 14040-43 (TAKEDA, 2008).

A ISO elaborou, na década de 90, um comitê técnico, chamado *Technical Committee on Environmental Management* (TC 207/SC 5), com o objetivo de realizar a normalização de alguns tratamentos de gestão ambiental, estando incluso a ferramenta ACV (TIBOR E FELDMAN, 1996 apud FERREIRA, 2004).

Este comitê apoiou a unificação da série de normas ISO 14040 que trata da ACV (BRASILd, 2010):

- *ISO 14040:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework;*
- *ISO 14044:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.*

Foram emitidos também relatórios e especificações técnicas:

- *ISO/TS 14048:2002 – Environmental management – Life cycle assessment – Data ocumentation format;*

- *ISO/TR 14049:2000 – Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis.*
- *ISO/WD 14045 – Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – principles requirements and guidelines;*
- *ISO/TR 14047:2003 – Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042.*

As etapas da ACV são então internacionalmente padronizadas pela SETAC e pela ISO (BLUMENSCHNEIN; MILLER, [200-?]). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adicionou ao acervo nacional de normas técnicas as normas internacionais, sendo praticadas atualmente:

- ABNT NBR ISO 14040:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura; e
- ABNT NBR ISO 14044:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações.

A norma ISO 14040 (2009) define a expressão ciclo de vida como estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais à disposição final. Portanto, é o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade (BLUMENSCHNEIN; MILLER, [200-?]).

Segundo Niinimäki (2006) a ACV envolve a avaliação dos aspectos ambientais do sistema do produto durante todos os estágios de seu ciclo de vida. Podendo significar, às vezes, o mesmo que análise do ciclo de vida ou *ecobalance*. Essa técnica foi elaborada para ajudar a gestão ambiental no desenvolvimento sustentável a longo prazo. O desenvolvimento sustentável requer melhorias em ecoeficiência, em como fazemos uso da energia e materiais e como podemos reduzir o desperdício. O ciclo de vida de um produto engloba a extração de matérias-primas, o design e o processo de formulação, fabricação, embalagem, distribuição, utilização, reutilização e descarte de resíduos. Ela pode ser aplicada na criação de novos produtos, como também, para avaliar produtos já existentes.

A Figura 1 ilustra algumas possíveis fases de ciclo de vida que podem ser consideradas em uma ACV, como também, suas características entradas e saídas (USEPA, 2001 apud FERREIRA, 2004).

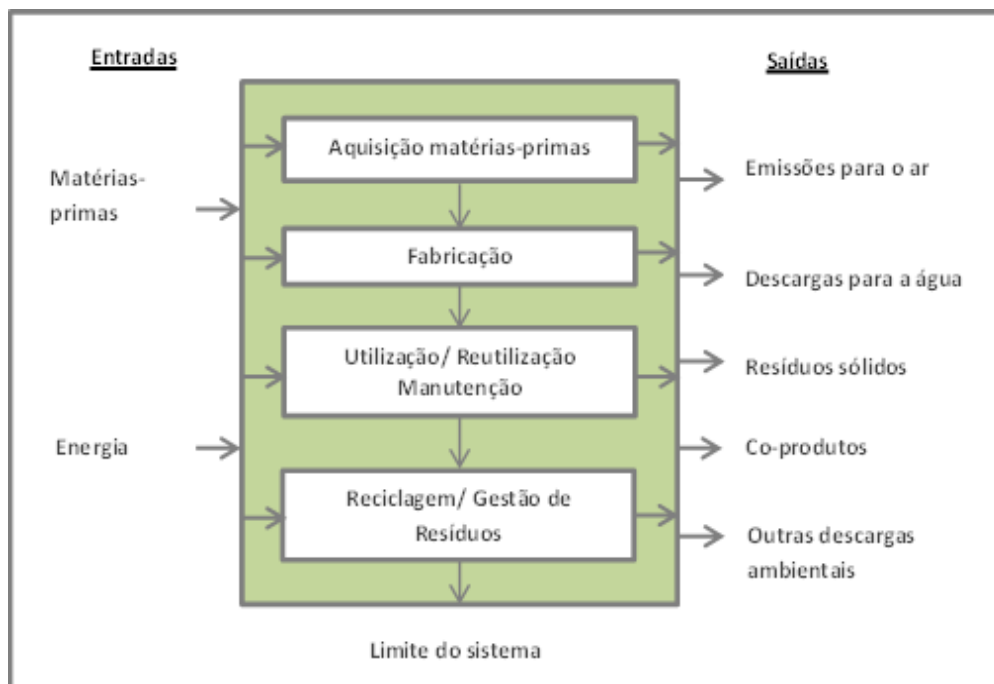


Figura 1- Estágios do ciclo de vida do produto.

Fonte: USEPA, 2001 apud Ferreira (2004).

De acordo com Fiksel (1997, apud BARBIERI; CAJASEIRA, 2009), ciclo de vida é uma sequência de fases relacionadas com um produto, processo ou serviço e separa seu ciclo de vida em econômico ou físico. O autor afirma que o ciclo de vida econômico de um produto é uma sucessão de atividades na qual contem a elaboração do produto, seu desenvolvimento, lançamento, fabricação, manutenção, reavaliação e renovação que resulta em uma nova geração do produto. Semelhante a isso, o ciclo de vida econômico de um processo também é uma sucessão de atividades que inclui a elaboração do processo, o projeto das instalações e equipamentos, construção, operações, manutenção e retirada ao final da sua vida.

O ciclo físico de um produto é uma sucessão de transformações de materiais e energia que envolve a extração de matérias-primas, fabricação, distribuição, utilização, recuperação de materiais, reciclagem e reuso. O ciclo do processo também inclui a transformação de materiais e energia, sendo que um mesmo processo pode resultar na produção de vários produtos e um mesmo produto pode resultar em vários processos (BARBIERI; CAJAREIRA, 2009).

O conceito de ciclo de vida físico também é conhecido como “do berço ao tumulo” (*cradle to grave*), no qual o berço representa o ambiente de onde são extraídos os recursos naturais que serão transformados e o tumulo representa o meio ambiente quando este é o destino final de resíduos ou produtos que não foram reusados ou reciclados pelos sistemas

produtivos. Existe ainda a expressão “*cradle to cradle*” adotada por alguns autores que consideram, neste caso, a possibilidade de reutilização ou reciclagem no fim do ciclo de vida (Blumenschein; Miller, s.d.).

Um estudo de ACV pode ser realizado em diferentes níveis de análise, podendo ser, conceitual, investigativa ou detalhada. Uma abordagem conceitual é o primeiro e mais simples nível para se realizar este tipo de estudo, onde é feita uma avaliação qualitativa dos aspectos ambientais desde a extração da matéria-prima à disposição final. Ele requer apenas alguns conhecimentos ambientais básicos, podendo ser realizado em um curto espaço de tempo (TAKEDA, 2008).

Ainda segundo a autora, neste nível o tratamento do ciclo de vida é utilizado para realizar uma avaliação de aspectos ambientais, tendo como base um inventário limitado e geralmente qualitativo. No decorrer de uma ACV conceitual pode acontecer a omissão de uma ou mais fases da ACV, como também a diminuição do número de parâmetros analisados, investigando-se, por exemplo, apenas o consumo de energia no ciclo de vida sem as emissões relacionadas com a sua contribuição para distintos aspectos ambientais.

Conforme Niinimäki (2006) uma ACV conceitual pode muitas vezes responder a questões básicas, como “Existe uma base para seguir com uma estratégia verde de marketing?”, “O produto é suficientemente diferente de outros produtos concorrentes?”, “O produto tem algum benefício claro ou deficiência para questões ambientais selecionadas?”.

Uma ACV investigativa, no entanto, exige um extenso conhecimento dessa metodologia, dado que, é uma análise orientada de forma quantitativa. Ela é caracterizada por uma coleta de dados consideravelmente simples com enfoque em dados existentes na literatura e em bancos de dados, incluindo poucas categorias de impacto. Contudo, em uma ACV detalhada é utilizada uma ampla coleta de dados contendo dados empíricos e um vasto número de categorias de impacto, além de conter uma ampla análise de incerteza, sensibilidade e consistência da análise (TAKEDA, 2008).

A Tabela 1 a seguir apresenta diversos exemplos de aplicação dos diferentes níveis de detalhamento da ACV.

Tabela 1- Os níveis de detalhe em algumas aplicações de ACV. “X” em negrito indica o nível frequentemente mais utilizado.

Aplicação	Conceitual	Simplificado	Detalhado	Comentário
Projeto para o Ambiente	X	X		Não há conexão formal com a ACV
Desenvolvimento de Produto	X	X	X	Grande variedade de sofisticação

Aperfeiçoamento de Produto		X		Geralmente baseado em produtos já existentes
Créditos Ambientais (ISO rotulagem tipo II)	X			Raramente baseado em ACV
Eco rotulagem (ISO rotulagem tipo I)	X			Apenas desenvolvimento de critério requer ACV
Declaração Ambiental (ISO rotulagem tipo III)			X	Inventário e/ou avaliação de impacto
Marketing organizacional		X	X	Inclusão da ACV em relatório ambiental
Planejamento estratégico	X	X		Desenvolvimento gradual do conhecimento de ACV
Green Procurement	X	X		ACV não tão detalhado quanto em eco-rotulagem
Esquemas de depósito/restituição		X		Número reduzido de parâmetros da ACV é geralmente suficiente
Impostos ambientais ("verdes")		X		Número reduzido de parâmetros da ACV é geralmente suficiente
Escolha entre sistemas de empacotamento	X		X	Inventário detalhado

Fonte: Jensen *et al.*, 1997 apud Takeda (2008).

O Quadro 1 a seguir, mostra algumas definições que podem ser encontradas em estudos de ACV, quando aplicadas parcialmente. Existem três variações da ACV, que conforme o objetivo do estudo pode ser suficiente.

Técnicas	Abordagem
<i>Cradle-to-gate</i>	Eliminação de etapas posteriores: todos os processos após a manufatura do produto são excluídos.
<i>Gate-to-grave</i>	Eliminação de etapas anteriores: todos os processos anteriores à manufatura do produto são excluídos.
<i>Gate-to-gate</i>	Somente o estágio de fabricação é considerado.

Quadro 1- Simplificações para a Avaliação do Ciclo de Vida

Fonte: NICOLETTI apud ALMEIDA, 2002 apud LIMA (2007)

2.1.2 Fases da ACV

Segundo a norma ISO 14040 (2009) os estudos de ACV compreendem quatro fases:

- A. Definição de objetivo e escopo
- B. Análise de inventário

C. Avaliação de impacto

D. Interpretação

A ACV possui uma abordagem iterativa, isto é, suas fases individuais utilizam os resultados das outras fases. Essa abordagem iterativa dentro e entre as fases colabora para a completude e consistência do estudo e dos resultados apresentados (ISO 14040, 2009). A Figura 2 ilustra a relação entre essas fases.

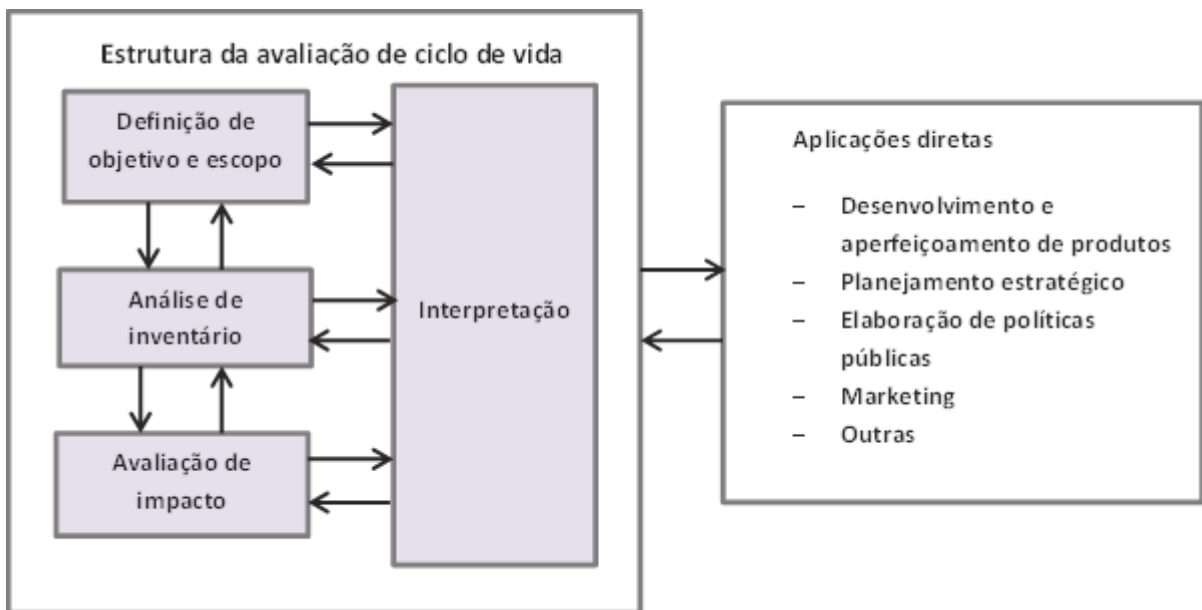


Figura 2- Fases de uma ACV

Fonte: ISO 14040, 2009.

- a) **Definição de objetivo e escopo**- O escopo, juntamente com a fronteira do sistema e o nível de detalhamento, depende do objetivo e do uso pretendido para o estudo. A amplitude e detalhamento da ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular;
- b) **Análise de inventário do ciclo de vida (ICV)**- Corresponde a um inventário de dados de entrada/saída associados ao sistema de estudo. Essa fase inclui a coleta dos dados necessários para o alcance dos objetivos em questão;
- c) **Avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV)**- O objetivo da avaliação é oferecer informações adicionais para contribuir com a validação dos resultados do ICV de um sistema de produto, tendo em vista, o melhor entendimento de sua significância ambiental;

d) **Interpretação**- Nesta fase os resultados de um ICV e/ou de uma AICV, são sumarizados e discutidos como apoio para conclusões, recomendações e tomada de decisões conforme a definição de objetivo e escopo (ISO 14040, 2009).

Ainda segundo a norma ISO 14040 (2009), existem alguns casos em que apenas uma análise de inventário e interpretação são suficientes para o objetivo de uma ACV ser alcançado, em tal caso, são denominados estudos de Inventário de ciclo de vida (ICV).

As fases de uma ACV são descritas mais detalhadamente a seguir, utilizando como referência principal as normas ISO 14040 (2009) e ISO 14044 (2009).

2.1.2.1 Definição de Objetivo e Escopo

Conforme a norma ISO 14044 (2009), que define os requisitos e orientações para a execução de uma ACV, ao se iniciar um estudo deste tipo, o objetivo e escopo do estudo devem ser visivelmente declarados e coerentes com seu pretendido propósito. Na etapa de definição do objetivo deve constar a declaração de alguns pontos importantes, como a aplicação pretendida, as razões para a realização do estudo, o público-alvo a quem se pretende compartilhar os resultados do estudo e se existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas a serem declaradas publicamente.

A definição do escopo do estudo deve conter os itens necessários para que a pesquisa seja conduzida de forma que sua amplitude, profundidade e detalhamento sejam adequados e satisfatórios para garantir o cumprimento do objetivo estabelecido. Dentro deste escopo podem ser descritos os seguintes elementos:

- O sistema de produto a ser estudado;
- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- A unidade funcional;
- A fronteira do sistema;
- Requisitos de dados;
- Pressupostos;
- Limitações;
- Requisitos iniciais quanto à qualidade dos dados;
- Tipo de revisão crítica;
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

O escopo do estudo pode ser revisado e modificado durante a sua realização devido a ACV ser uma técnica iterativa, planejando assim, atender ao objetivo principal a qual se destina o estudo.

A.1. Função e unidade funcional

No escopo da ACV deve estar nítida a função (características de desempenho) do sistema em estudo. A unidade funcional deve ser claramente definida, mensurável e consistente com o objetivo e escopo do estudo. Assim, com a definição da unidade funcional, procura-se demonstrar ao que se referem os dados de entrada e saída normalizados (no sentido matemático).

Feito isto, deve-se definir o fluxo de referência, que é a medida das saídas de processos em um dado sistema de produto, necessárias para realizar a função definida pela unidade funcional. Comparações entre sistemas devem ser realizadas com base na(s) mesma(s) função(ões), contabilizadas pelas mesmas unidades funcionais na forma de seus fluxos de referência.

A.2. Fronteira do sistema

A fronteira do sistema estabelece quais processos elementares devem estar contidos na ACV. A escolha da fronteira do sistema deve ser consistente com o objetivo e escopo, e os critérios utilizados para sua seleção devem ser identificados e explicados.

Devem-se selecionar quais processos elementares serão incluídos no estudo e o nível de detalhamento com que esses processos devem ser estudados, bem como, as entradas e saídas incluídas. Podem ser excluídos estágios de ciclo de vida, processos, entradas, ou saída, desde que essa decisão não afete significativamente as conclusões gerais do estudo. Sempre realizando o registro e explicação de qualquer tipo de omissão.

É recomendado que o sistema seja descrito com o uso de um fluxograma de processo, o qual mostre os processos elementares e suas inter-relações. Inicialmente, convém descrever os processos elementares, procurando definir: o início do processo elementar, no que se refere à entrada de matérias-primas ou produtos intermediários; a natureza das transformações e operações que ocorrem como parte do processo; e onde o processo elementar termina, isto é, o destino dos produtos intermediários ou finais.

A.3. Metodologia da AICV e tipos de impactos

Devem ser selecionadas quais categorias de impacto, indicadores das categorias e modelos de caracterização estarão presentes na ACV. A seleção de categorias de impacto, indicadores das categorias e modelos de caracterização usados na metodologia da ACV deve ser consistente com o objetivo do estudo e seguir as orientações da norma ISO 14044 para essas decisões, as quais serão discutidas no decorrer deste estudo.

A.4. Tipos e fontes de dados

Os dados que serão usados na ACV dependem do objetivo e escopo do estudo. Esses dados podem ser coletados diretamente nos locais de produção associados aos processos elementares dentro da fronteira do sistema, ou podem ser obtidos ou calculados a partir de outras fontes. Podendo existir também uma mescla de dados emitidos, calculados ou estimados.

A.5. Requisitos de qualidade dos dados

Para que o objetivo e escopo da ACV possam ser alcançados os requisitos de qualidade dos dados devem ser especificados.

É recomendado que os requisitos e qualidade dos dados incluam: a cobertura temporal; a cobertura geográfica; a cobertura tecnológica. O tratamento necessário aos dados ausentes deve ser documentado.

2.1.2.2 Análise de Inventário

A análise de inventário inclui a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas importantes de um sistema de produto.

A realização de uma análise de inventário é um processo iterativo. Conforme a coleta de dados é feita, novos requisitos ou limitações de dados podem ser verificados, requerendo mudanças na execução da coleta, de forma que os objetivos do estudo ainda sejam satisfeitos, como também, revisões do objetivo ou escopo do estudo.

A figura a seguir apresenta os passos operacionais para a execução de uma análise de inventário de ciclo de vida, segundo a norma ISO 14044 (2009).

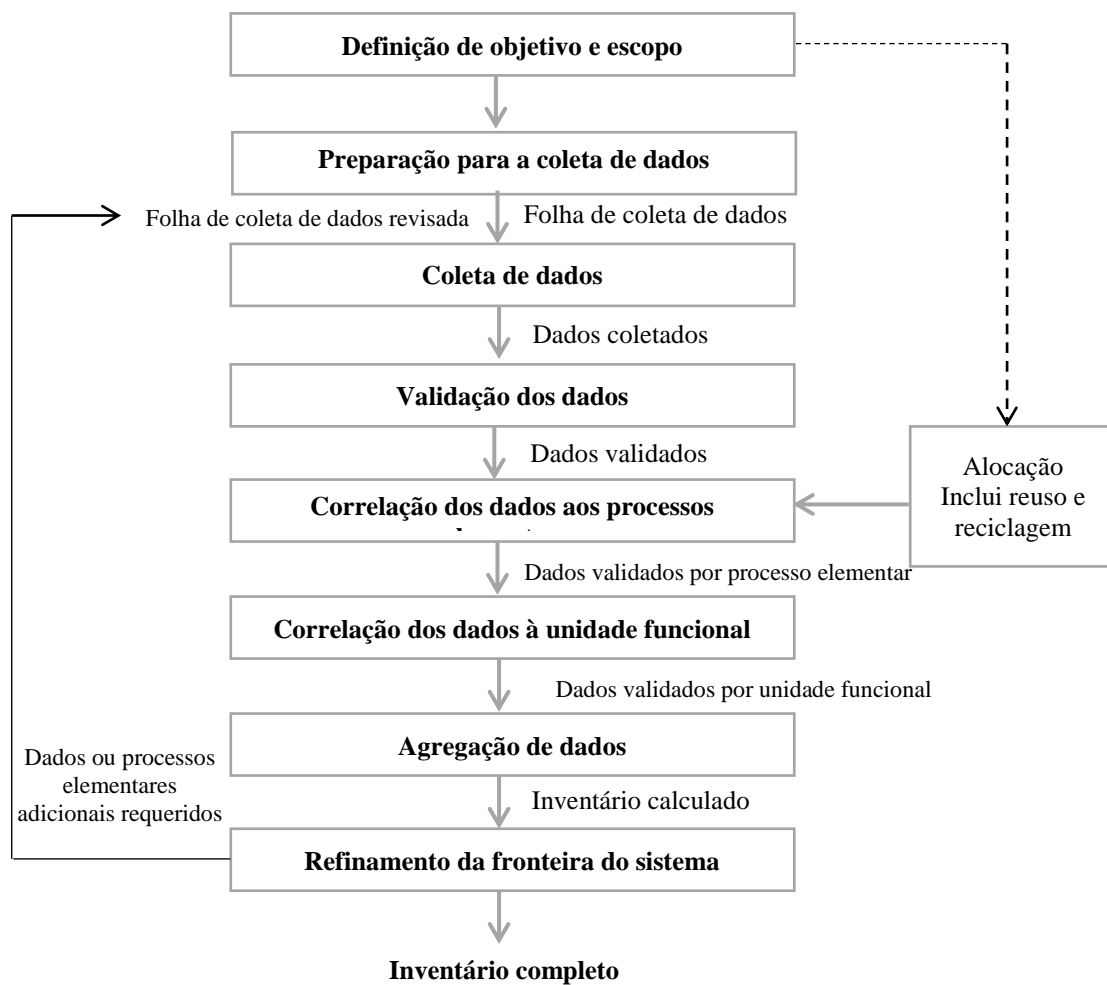


Figura 3- Procedimentos simplificados para a análise de inventário

Fonte: ISO 14044, 2009.

B.1. Coleta de dados

Os dados qualitativos e quantitativos que serão incluídos no inventário devem ser coletados para cada processo elementar contido na fronteira do sistema. Esses dados servem para estimar as entradas e saídas de um processo elementar.

Os dados coletados podem ser classificados em:

- Entradas de energia, entradas de matéria-prima, entradas auxiliares e outras entradas físicas.
- Produtos, co-produtos e resíduos.
- Liberações para a atmosfera, água e solo.
- Outros aspectos ambientais.

B.2. Procedimentos de cálculo

Os cálculos realizados após a coleta de dados servem para fornecer os resultados do inventário do sistema determinado, para cada processo elementar, fazendo referência à unidade funcional determinada para o sistema de produto a ser modelado.

Estes cálculos devem conter: a validação dos dados coletados; a correlação dos dados aos processos elementares; e a correlação dos dados aos fluxos de referência e a unidade funcional.

B.3. Alocação

Devem ser alocadas as entradas e saídas aos diferentes produtos de acordo com critérios determinados de forma clara, documentados e explicados juntamente com o processo de alocação.

A soma das entradas e saídas de um processo elementar que são alocadas deve ser igual à soma dessas entradas e saídas anteriormente à alocação.

O inventário elaborado com os dados é fundamentado em balanços de material entre entrada e saída. Assim, é aconselhável que os procedimentos de alocação se assemelhem, tanto quanto possível, de tais relações fundamentais entre entrada/saída e suas características.

2.1.2.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Após as duas fases citadas anteriormente é realizada a avaliação de impacto da ACV, com o objetivo de estudar a relevância dos impactos ambientais potenciais, utilizando os resultados do inventário do ciclo de vida. Para compreender tais impactos, esta fase geralmente associa dados de inventário com categorias de impacto específicas e indicadores de categoria. Esse processo também oferece informações para a próxima fase, de interpretação do ciclo de vida.

A fase de AICV é composta por alguns elementos de realização obrigatória e outros opcionais. Esses elementos estão ilustrados na Figura 4.

Avaliação de impacto do ciclo de vida

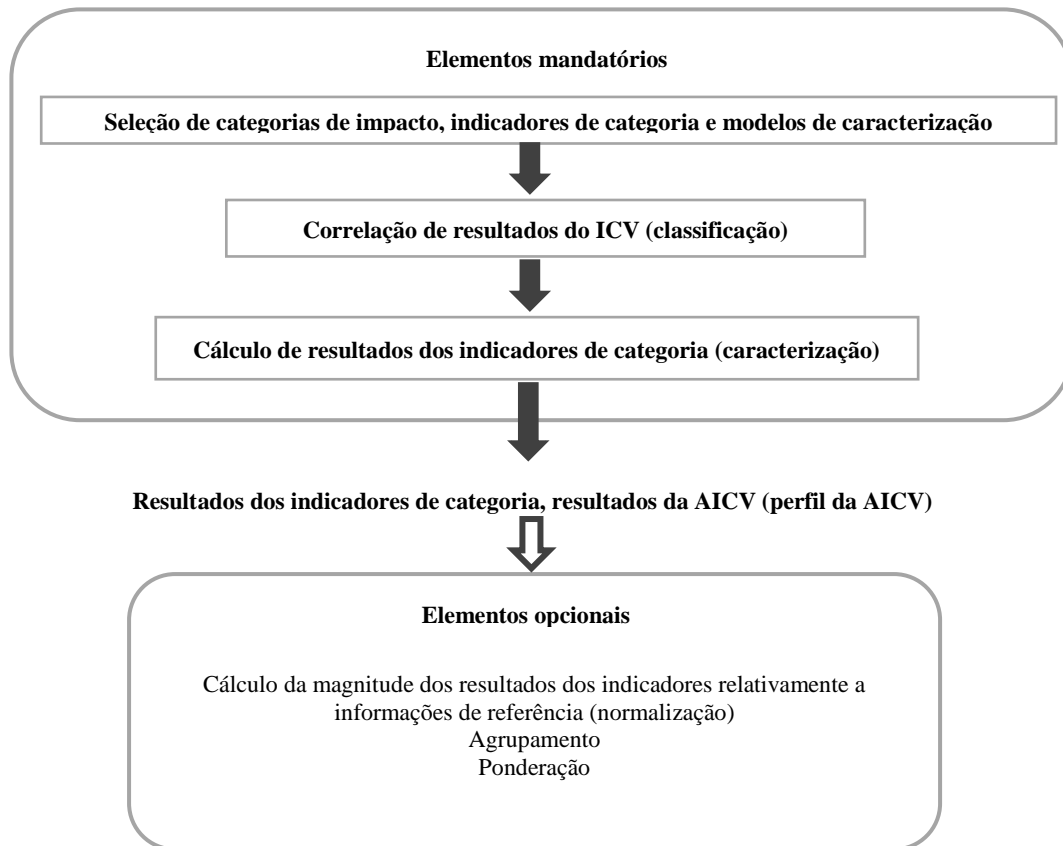


Figura 4- Elementos da fase de AICV

Fonte: ISO 14040, 2009.

C.1. Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização.

A definição de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização deve ser justificada e coerente com o objetivo e escopo da ACV. Aconselha-se conceder nomes exatos e descritivos às categorias de impacto e indicadores de categoria.

As categorias de impacto escolhidas devem retratar um amplo conjunto de questões ambientais relacionadas ao sistema de produto em estudo, levando em consideração o objetivo e escopo.

O mecanismo ambiental e o modelo de caracterização que correlacionam os resultados do inventário do ciclo de vida ao indicador de categoria e oferecem uma base para os fatores de caracterização devem ser especificados.

A definição das categorias de impacto são geralmente determinadas indiretamente pela escolha do método para avaliação de impacto. No entanto, devem ser reconhecidas as categorias de impacto que são particularmente importantes para o produto em estudo e que podem não estar presentes nos métodos padrão de avaliação de impacto de ciclo de vida (TAKEDA, 2008).

Ainda segundo Takeda (2008), a cadeia de impactos, causada pela emissão de alguma substância, demonstra o mecanismo ambiental das trocas (entre o sistema e o ambiente) até os danos em elementos de valor como árvores, rios e saúde humana. Ver figura 5.

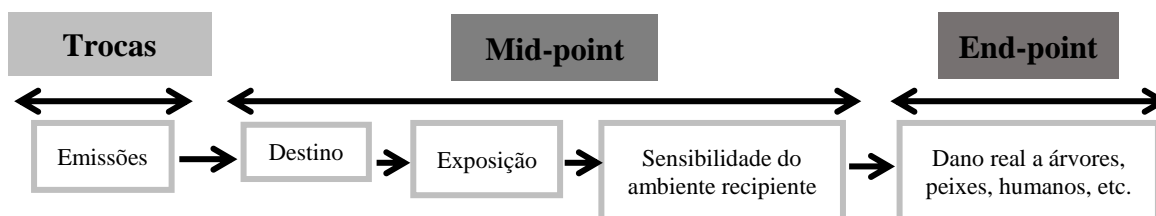


Figura 5- Cadeia de impactos causada pela emissão de uma certa substância

Fonte: Takeda (2008).

Na figura 5 é possível observar que a cadeia de impacto realiza uma ponte entre uma troca ambiental e um *endpoint* (item que desejamos preservar). Como um exemplo de troca temos uma emissão de gases CFC (Clorofluorcarbono), que implicam em depleção da camada de ozônio na estratosfera (*midpoint*), ocasionando uma elevação dos níveis de radiação (*midpoint*) e que, dependendo de alguns fatores, pode levar a morte de pessoas por câncer de pele (*endpoint*) (UDO de HAES *et al.*, 2002 apud TAKEDA 2008).

Conforme a autora, alguns métodos de avaliação de impacto de ciclo de vida utilizam a abordagem *midpoint* e outros a *endpoint*, estando divididos então, entre esses dois grupos. São exemplos de abordagens: *midpoint*- EDIP, CML II; *endpoint*- Eco Indicador 99.

Por meio destes métodos existentes, os dados de emissões e admissões são tratados, caracterizados e categorizados em impactos ambientais, conforme as normas da série ISO 14040 (MENDES, 2004).

A Tabela 2 traz uma representação das fases de classificação e caracterização para as categorias de impacto mais comum.

Tabela 2- Categorias de impacto do ciclo de vida normalmente utilizadas

Categoria de Impacto	Escala	Dados Relevantes de ICV (i.e., classificação)	Factor de Caracterização	Descrição do Factor de Caracterização
Aquecimento Global	Global	Dióxido de Carbono (CO ₂) Dióxido de Azoto (NO ₂) Metano (CH ₄) Clorofluorcarbonos (CFCs) Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) Brometo de Metil (CH ₃ Br)	Potencial de Aquecimento Global	Converte dados de ICV em equivalentes dióxido de carbono. Nota: potenciais de aquecimento global podem ser potenciais 50, 100, ou 500 anos.
Depleção do Ozono Estratosférico	Global	Clorofluorcarbonos (CFCs) Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) Brometo de Metil (CH ₃ Br) Halons	Potencial de Depleção do Ozono	Converte dados de ICV em - equivalentes triclorofluormetano (CFC-11).
Acidificação	Regional Local	Óxidos de Enxofre (SO _x) Óxidos de Azoto (NO _x) Ácido Hidroclorídrico (HCL) Ácido Hidrofluorídrico (HF) Amónia (NH ₄)	Potencial de Acidificação	Converte dados de ICV em - equivalentes ião de hidrogénio (H ⁺).
Eutrofização	Local	Fosfato (PO ₄) Óxido de Azoto (NO) Dióxido de Azoto (NO ₂) Nitratos Amónia (NH ₄)	Potencial de Eutrofização	Converte dados de ICV em - equivalentes fosfato (PO ₄).
Fumos Fotoquímicos	Local	Hidrocarbonetos não-metano (NMHC)	Potencial de Criação de Oxidante Fotoquímico	Converte dados de ICV em - equivalentes etano (C ₂ H ₆).
Toxicidade Terrestre	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal para roedores	LC50	Converte dados LC50 em equivalentes.
Toxicidade Aquática	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal para peixes	LC50	Converte dados LC50 em equivalentes.
Saúde Humana	Global Regional Local	Descargas totais para o ar, água, e solo.	LC50	Converte dados LC50 em equivalentes.

Depleção de Recursos	Global	Quantidade de minerais usados.	Potencial de Depleção de Recursos	Converte dados de ICV num rácio de quantidade de recurso usado versus quantidade de recurso deixado em reserve.
	Regional Local	Quantidade de fuel fósseis usados.		
Uso do Solo	Global	Quantidade depositada num aterro.	Resíduo Sólido	Converte massa de resíduo sólido em volume usando uma densidade estimada.
	Regional Local			

Fonte: US Environmental Protection Agency, 2001 apud Ferreira (2004).

Na AICV, são componentes necessários, para cada categoria de impacto: reconhecimento do(s) pontos final (is) de categoria; seleção do indicador de categoria para dado(s) ponto(s) final (is) de categoria; determinação dos resultados apropriados do ICV que podem ser correlacionados à categoria de impacto, levando em conta o indicador de categoria escolhido e o(s) ponto(s) final (is) identificado(s) para a categoria e; reconhecimento do modelo de caracterização e dos fatores de caracterização.

C.2. Correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação)

É importante que a correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto observe os seguintes aspectos:

- Correlação dos resultados do ICV que sejam restritos para uma categoria de impacto;
- Determinação dos resultados do ICV que se correlacionam a mais de uma categoria de impacto, contendo: diferenciação entre mecanismos paralelos (por exemplo, o SO₂ é distribuído entre as categorias de impacto saúde humana e acidificação); e correlação a mecanismos seriais (por exemplo, o NO_x pode ser classificado para colaborar tanto para a formação de ozônio ao nível do solo como para a acidificação).

C.3. Cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização)

Esse procedimento compreende a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto. Para essa conversão é utilizado fatores de caracterização. O resultado obtido é um resultado numérico do indicador.

Deve ser determinado e documentado o método de cálculo dos resultados dos indicadores, juntamente com a seleção de valores e pressupostos utilizados.

C.4. Dados resultantes após a caracterização

As entradas e saídas do sistema de produto podem ser representadas, por exemplo, por: uma compilação discreta dos resultados dos indicadores de categoria da AICV para as distintas categorias de impacto, chamada perfil da AICV; um conjunto de resultados de inventário que são fluxos elementares, que, no entanto, não foram correlacionados a categoria de impacto, por exemplo, em razão falta de relevância ambiental; e um conjunto de dados que não representam fluxos elementares.

2.1.2.4 Interpretação

Nesta fase o que se conseguiu verificar com a análise de inventário e a avaliação de impacto são analisados em conjunto. Espera-se que a interpretação forneça resultados consistentes com o objetivo e escopo estabelecidos e que direcione para conclusões e promova recomendações.

Para a realização da interpretação é importante considerar que os resultados de AICV são baseados em uma abordagem relativa, que apontam efeitos ambientais e que não anteveem impactos reais sobre os pontos finais de categoria, a extrapolação de limites, margens de segurança ou riscos.

A interpretação também tem como objetivo apresentar os resultados da ACV, conforme o objetivo e escopo, de forma clara e consistente. Ela pode incluir também, o processo iterativo de rever e revisar o escopo da ACV, bem como, a natureza e qualidade dos dados coletados. As conclusões da interpretação devem retratar os resultados da fase de avaliação.

A fase de interpretação inclui alguns elementos que devem ser seguidos, como exemplo: detecção das questões relevantes com base nos resultados das fases de ICV e AICV; uma avaliação do estudo, refletindo sobre conclusões, limitações e recomendações.

D.1. Avaliação do estudo

A avaliação tem como objetivo estabelecer e elevar o grau de certeza e confiabilidade dos resultados do estudo de ACV ou ICV. É importante que os resultados da avaliação ofereçam uma visão clara e compreensível do resultado do estudo.

A utilização das três técnicas seguintes deve ser considerada quando realizada a avaliação:

- Verificação de completeza- visa garantir que todas as informações significativas e os dados necessários para a interpretação estejam disponíveis e completos.
- Verificação de sensibilidade- tem o objetivo de avaliar a confiabilidade dos resultados finais e conclusões, demonstrando como eles são afetados por incertezas nos dados, métodos de alocação, etc.
- Verificação de consistência- visa determinar se os pressupostos, métodos e dados são consistentes com o objetivo e escopo.

2.2 Softwares para ACV- SimaPro

Conforme Santos e Fernandes (2012) o uso de *softwares* como técnica de auxílio à coleta e compilação de dados é muito frequente para a elaboração de estudos de ACV. Eles possibilitam a manipulação de dados de produtos e processos e usam bases de dados de inventário elaborados por centros de pesquisa, ou até mesmo, pelo próprio criador do *software*.

De acordo com o *Nacional Renewable Energy Laboratory* (2011) os principais *softwares* disponíveis para ACV são: Boustead Model 5.0, Earthster, ECOBILAN, EIOLCA calculator, GaBi 4 LCA *software*, Open LCA, SimaPro e Umberto LCA *software*. Algumas das bases de dados de inventários encontradas, do inglês *Life Cycle Inventory* (LCI), são: Athena, GaBi 5 database, Ecoinvent v.2, US LCI, ELCD, US Input Output, EU and Danish Input Output, Dutch Input Output, LCA Food, Industry data v.2., IVAM LCA data 4, KITECH, entre outras com dados próprios para utilização em ACV. Ainda, existem algumas bases para análise de impacto, por exemplo, ReCiPe, Ecoindicator 99, USEtox, IPCC 2007, EPD, Impact 2002+, CML-IA, Traci 2, BEES, Ecological Footprint, EDIP 2003, Ecological scarcity 2006, EPS 2000, Greenhouse Gas Protocol, entre outras (SANTOS, 2012).

Um dos *softwares* mais utilizados mundialmente para a Avaliação do Ciclo de Vida de produtos é o SimaPro, desenvolvido pela empresa holandesa PRé Consultans.

O SimaPro é uma ferramenta profissional que coleta, analisa e monitora o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços. Com ele, é possível modelar e analisar ciclos de vida, dos mais complexos aos mais simples, de uma forma sistemática e transparente, baseando-se nas recomendações da série ISO 14040 (ZAPPAROLI, 2011).

Segundo LASSIO (2013) este *software* permite modelar produtos e sistemas a partir de uma perspectiva de ciclo de vida. Ele pode ser utilizado para o cálculo da pegada de carbono, design de produto e design ecológico, declarações de produtos ambientais, impacto ambiental de produtos ou serviços, relatórios ambientais e determinação de indicadores de desempenho (PRÉ CONSULTANTS, 2013 apud LASSIO, 2013).

No *software* SimaPro as informações são organizadas em projetos, que podem incluir diferentes ciclos de vida, de um ou vários produtos e seus processos podem ser obtidos das bases de dados do *software*. Depois de feita a definição do Ciclo de Vida, o *software* calcula a soma das inúmeras intervenções ambientais associadas à unidade funcional definida na modelagem (ZAPPAROLI, 2011).

O SimaPro disponibiliza alguns bancos de dados gratuitos, como o Ecoinvent 3, Agri-Footprint, ELCD, Input Output, USLCI e alguns bancos de dados de métodos de avaliação de impacto (PRÉ CONSULTANTS, 2014). São alguns deles:

Métodos Midpoint	Métodos Endpoint
CML-IA	Ecological scarcity 2013
EDIP 2003	EPS 2000
EPD (2013)	IMPACT 2002+
ILCD 2011	ReCiPe Endpoint
ReCiPe Midpoint	
Ecological footprin	

Quadro 2- Banco de dados de métodos de avaliação de impacto no SimaPro

Estes métodos de avaliação de impacto são utilizados para calcular os resultados dos inventários elaborados. Conforme a PRé Consultans (2014), os métodos de avaliação de impacto no SimaPro possuem uma estrutura básica com as seguintes etapas: Caracterização, Avaliação de Danos , Normalização e Ponderação. De acordo com as normas ISO 14040, apenas a primeira etapa é obrigatória para avaliações de impacto, portanto, os últimos quatro

passos podem não estar sempre presentes em todos os métodos (PRÉ CONSULTANTS, 2014).

- Caracterização- Os elementos que contribuem para uma categoria de impacto são multiplicados por um fator de caracterização que retrata a sua contribuição relativa. Por exemplo, o fator de caracterização de CO₂ na categoria de impacto “mudança climática” pode ser 1, ao mesmo tempo que o fator de caracterização de metano pode ser igual a 25. Isso significa que a liberação de 1 kg de metano faz a mesma quantidade de mudanças climáticas do que 25 kg CO₂. O resultado total é expresso como indicadores em categoria de impacto (PRÉ CONSULTANTS, 2014).
- Avaliação de danos- A avaliação de danos pode ser adicionada quando se pretende fazer uso dos métodos *endponit*, como o indicador Eco 99 e o EPS2000. Ela visa combinar uma série de indicadores de categoria de impacto em uma categoria de dano (também denominada de área de proteção). Podendo ser reunida as categorias de impacto em uma unidade comum, conforme seu impacto (PRÉ CONSULTANTS, 2014).
- Normalização- Diversos métodos permitem que os resultados dos indicadores das categorias de impacto sejam comparados por um valor de referência. O que significa que a categoria de impacto é dividida pela referência. Uma referência muito utilizada é a média anual de carga ambiental de um país ou continente, dividido pelo número de habitantes. Entretanto, a referência pode ser escolhida livremente. Feita a normalização dos indicadores de categoria de impacto todos devem ter a mesma unidade, o que torna mais fácil para compará-los. A normalização pode ser aplicada em ambos, nos resultados da avaliação de danos e na caracterização (PRÉ CONSULTANTS, 2014).
- Ponderação- Alguns métodos admitem ponderação entre as categorias de impacto. Isso significa que os resultados dos indicadores das categorias de impacto (ou danos) são multiplicados por fatores de ponderação, e são adicionados para criar um valor total ou pontuações individuais. No SimaPro, muitas vezes existem disponíveis conjuntos de

ponderação alternativos, sempre em combinação com um conjunto de normalização (PRÉ CONSULTANTS, 2014).

2.2.1 Método de Avaliação de Impacto ReCiPe

Para a avaliação dos impactos ambientais do processo de confecção neste estudo, o método escolhido foi o ReCiPe *midpoint*, que permite a avaliação em todas suas etapas, obrigatórias e opcionais.

Esse método recebeu este nome por fornecer uma “receita” (em inglês, *recipe*), para calcular os indicadores de impacto do ciclo de vida, como também, por retratar as iniciais dos institutos que apresentaram grandes contribuições no projeto e foram seus principais colaboradores (RIVM, a *Radboud University Nijmegen*, o centro de pesquisa CML da Universidade de Leiden e a empresa PRé Consultants) (ALVARENGA, 2010).

O ReCiPe é um método de avaliação de impacto do ciclo de vida que compreende indicadores de categoria harmonizadas entre impactos no ponto médio (*midpoint*) e ponto final (*endpoint*) (GOEDKOOOP *et al.*, 2013).

O método ReCiPe é o sucessor dos métodos Eco-Indicator 99 e CML-IA. O objetivo inicial era integrar a abordagem orientada para o problema do CML-IA e a abordagem orientada para os danos do Eco-Indicator 99. A abordagem de problema define as categorias de impacto em um nível médio (*midpoint*). A desvantagem desta solução é que ela leva a muitas categorias de impacto diferentes, o que torna a obtenção de conclusões com resultados complexos. A abordagem de danos (*endpoint*) do Eco-indicator 99 resulta em apenas três categorias de impacto, o que torna a interpretação dos resultados mais fácil. Entretanto, a incerteza dos resultados é maior. ReCiPe implementa ambas as estratégias e tem categorias de impacto tanto *midpoint* (orientada para problema) e *endpoint* (orientada para danos). Os fatores de caracterização do ponto médio (*midpoint*) são multiplicados por fatores danosos, para obter os valores de caracterização de ponto final (*endpoint*) (PRÉ CONSULTANTS, 2014).

O ReCiPe compreende, portanto, dois conjuntos de categorias de impacto. As categorias de impacto são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 3- Categorias de impacto do método ReCiPe

<i>MIDPOINT</i>	<i>ENDPOINT</i>
Depleção da camada de ozônio	Danos à saúde humana

Toxicidade humana	Danos ao Ecossistema
Radiação ionizante	Custos excedentes de recursos
Formação de oxidantes fotoquímicos	
Formação de material particulado	
Acidificação Terrestre	
Mudanças climáticas	
Ecotoxicidade Terrestre	
Ocupação de solo agrícola	
Ocupação de solo urbano	
Transformação de solo natural	
Ecotoxicidade marinha	
Eutrofização marinha	
Eutrofização de água doce	
Ecotoxicidade em água doce	
Depleção de combustíveis fósseis	
Depleção de recursos minerais	
Depleção de água doce	

Fonte: PRÉ CONSULTANTS, 2014.

Cada categoria de impacto possui um fator de caracterização e também uma unidade, por exemplo, a categoria de impacto “mudança climática” tem como fator de caracterização “potencial de aquecimento global” e como unidade (abordagem de problema) kg CO₂ (no ar).

O método ReCiPe do *software* SimaPro faz uso de modelos matemáticos para encontrar um valor final da unidade de cada uma das categorias. O modelo matemático é baseado em grandes bancos de dados e modelos científicos (FERREIRA; CARVAS, 2014).

A categoria de impacto mudanças climáticas diz respeito às emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera e pode resultar em diversos efeitos negativos sobre a saúde do ecossistema, à saúde humana e o bem-estar material. São alguns exemplos desses poluentes os óxidos nitrosos (NO e N₂O), que formam o ozônio (O₃) e monóxidos de carbono (CO). Essas substâncias podem causar alguns efeitos sobre a saúde humana, por exemplo, o ozônio proveniente dos óxidos nitrosos causam desconforto respiratório, irritação nos olhos e envelhecimento precoce, já o CO diminui a oxigenação no sangue e pode desencadear vertigens e tonturas (ECYCLE, 2015).

Além disso, conforme a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer, a poluição originada da queima de substâncias como o diesel é considerada carcinogênica e esta ligada aos cânceres de pulmão e bexiga (ECYCLE, 2015).

A acidificação é um desequilíbrio químico resultado do aumento nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera terrestre. Essa modificação é responsável pela diminuição do pH (acidificação) e pela elevação da temperatura dos oceanos (OBSERVASC, 2016).

A elevação nas concentrações de CO₂ atmosférico resulta além da diminuição do pH no aumento da temperatura média. A diminuição da temperatura média tem efeito na biologia e ecologia de espécies marinhas de diferentes maneiras, exemplo, a ampliação ou redução de seus nichos e a elevação na ocorrência de fenômenos como o branqueamento e doenças em espécies de coral. A diminuição do pH, tem grande impacto principalmente em espécies que possuem estruturas de carbonato de cálcio, pois assim, apresentam dificuldades na sua síntese resultado das mudanças no equilíbrio químico da água do mar devido a dissolução do CO₂ antropogênico no oceano (SUMIDA, 2011).

A eutrofização representa o aumento em excesso dos nutrientes na água, que pode ser causada pela drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros. Como consequência desse desequilíbrio temos a multiplicação de matéria vegetal, que ao se decompor acarreta danos como a diminuição do oxigênio dissolvido, imprescindível à vida aquática. Esse problema é considerado um dos mais visíveis de alterações ocasionadas pelo homem à biosfera (BARRETO *et.al*, 2013). Ele pode ser ocasionado devido a ações do homem, através da descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais.

A ecotoxicidade está relacionada com os efeitos tóxicos de substâncias nos organismos vivos, com destaque nas populações e comunidades em ecossistemas definidos (Scientific committee on problems of the environment, 1976 apud JOHNSON; WHITEHOUSE, 2015). Fazem parte as vias de transferência e as interações com o ambiente. A ecotoxicidade terrestre é originada pelo aumento da concentração de agentes tóxicos resultante da liberação de resíduos, o que eleva a danos na litosfera.

A categoria de impacto depleção da camada de ozônio reflete no aumento da quantidade de raios ultravioleta que atingem a superfície da terra, ocasionado pelo aumento da concentração de alguns gases na camada da ozonfera originados de emissões atmosféricas resultantes de ações do homem (SOLAMIGO, 2015).

A destruição da camada de ozônio pode afetar além das plantas e dos materiais a saúde humana, sendo responsável por algumas doenças relacionadas à exposição excessiva a radiação ultravioleta. Alguns estudos epidemiológicos e laboratoriais já comprovaram que o câncer de pele não melanoma (CPNM) é desencadeado pela radiação ultravioleta, o qual também afeta no desenvolvimento do melanoma cutâneo e da catarata (U. S. Environmental protection agency – EPA, sd. apud SOLAMIGO, 2015).

Nas plantas a radiação ultravioleta B, por exemplo, pode causar modificações no formato das plantas, distribuição dos nutrientes no seu interior, como também no tempo de desenvolvimento e metabolismo secundário, o que pode comprometer sua competitividade, como a resistência as doenças e pragas. Além disso, podem também ser afetados peixes, carangueijos, anfíbios e outros animais durante sua fase inicial de vida. Um aumento nos níveis da radiação ultravioleta B poderia ocasionar uma redução considerável no tamanho da população dos animais que se alimentam de pequenas espécies em fase de larva, pois como efeito da radiação sua capacidade de reprodução é reduzida (SOLAMIGO, 2015).

Conforme Guinée (*et al.* 2011, apud PEGORARO, 2008) a categoria de impacto toxicidade humana abrange os impactos causados na saúde humana, resultado das substâncias tóxicas presentes no ambiente. Ela demonstra a potencialidade cancerígena e não cancerígena das substâncias químicas presentes em todo o ciclo de vida de um determinado produto, processo e ou atividade (PEGORARO, 2008).

Os oxidantes fotoquímicos são formados através da mistura de poluentes secundários originados de reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo que estes últimos compostos são liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes. O principal produto resultante desta reação é o ozônio. A combinação de hidrocarbonetos oxidados e outros compostos origina o que se chama de “smog fotoquímico” ou névoa fotoquímica e tem este nome porque acarreta a diminuição da visibilidade na atmosfera. Os inconvenientes do smog fotoquímico podem ser piorados com a elevação da incidência de radiações UV na superfície terrestre. Uma grande parte da emissão de smog é devido à queima de combustíveis e do uso de produtos para pinturas e solventes (IRIS *et al.*, 2009).

O material particulado representa uma mistura de partículas solidas e gotas de líquidos presentes na atmosfera, que podem ser grandes e escuras, assim visíveis, ou pequenas necessitando de um microscópio para sua visualização. Este material pode ter como origem fontes naturais, em formas de evaporações do mar ou de erupções geotérmicas, ou artificiais,

por exemplo, motores de veículos e caldeiras industriais. Conforme sua fonte e reação com os componentes presentes na atmosfera os efeitos na saúde humana podem ser diferentes, criando-se problemas, por exemplo, respiratórios (QUEIROZ, 2007).

2.3 Indústria Têxtil-Confecção

A indústria têxtil compreende a transformação de fibras em fios, dos fios em tecidos e dos tecidos em peças de vestuário, produtos têxteis para o lar ou em artigos técnicos.

A indústria têxtil representa uma das atividades de meio econômico mais antigas no do Brasil. Ela está presente desde o início da nossa história, antes do tempo da nossa ocupação pelos portugueses, sendo pioneira no processo de industrialização brasileira. Entretanto, a consolidação desta indústria só se deu entre a segunda metade do século XIX e as primeiras décadas do século XX, favorecida por diversos eventos externos, como a Guerra Civil Americana e a Primeira Guerra Mundial (SETOR..., 2015).

A história deste setor passou por diferentes períodos, de muita expansão à de baixa atividade até a década de 80. Apresentou um ciclo de alto investimento no início da década de 70, sofrendo uma grave crise nos anos seguintes, em consequência da diminuição da atividade econômica resultante do choque do petróleo em 73, vindo a se recuperar por volta dos anos 80 (SETOR..., 2015).

O setor do vestuário brasileiro teve sua base industrial e varejista formada por imigrantes, na primeira metade do século XX. Ele representava o terceiro maior setor industrial no país na década de 20, ficando atrás apenas do setor alimentício e têxtil, significando quase 15% das empresas e 11% dos trabalhadores. Entretanto, até os anos 50 a indústria do vestuário era constituída basicamente por pequenas oficinas semi-artesaniais de costura e um grande número de costureiras autônomas, que confeccionavam as peças em casa (KONTIC, 2012 apud CARVALHINHA, 2007).

Com a urbanização e a formação de mercados mundiais de jeans e camiseta, na década de 60, teve início a estruturação da indústria nacional destes itens (CRUZ- MOREIRA, 2013 apud CARVALHINHA, 2007), beneficiado pelo Programa de Sucateamento Compulsório, que existiu entre 1967 e 1974, o qual possibilitou a primeira etapa de automatização da indústria têxtil brasileira, formando assim, uma base de fornecimento de matérias-primas para a indústria do vestuário (CARVALHINHA, 2007).

A partir dos anos 80 diversos países em desenvolvimento começaram a passar por um processo de abertura comercial. Isto teve início baseado na certeza dos formuladores de políticas (*policy makers*) de que, por meio do livre comércio, poderia ser obtido uma melhoria da qualidade, do bem-estar, do desenvolvimento e do crescimento do negócio. (KELLER, 2004 apud FIRJAM; FERRAZ, 2011).

No entanto, a falta de políticas industriais que apoiassem a indústria têxtil brasileira e a grande heterogeneidade de empresas que fazem parte deste setor, resultando em dificuldades de integração e o estabelecimento de interesses em comum, acabou afetando drasticamente esta indústria, principalmente pela importação de fios e tecidos artificiais.

O setor passou por grandes transformações na década de 90, no qual o cenário macroeconômico, afetado pela abertura comercial em conjunto com a valorização cambial do Plano Real (1994), foi muito importante para estas mudanças. O mercado interno passou de uma situação de forte proteção, até o final dos anos 80, para uma exposição à concorrência externa (LUPATINI, 2004).

Segundo Lupatini (2004) um dos maiores efeitos destas mudanças foi o crescimento das importações de produtos têxteis e de vestuário a partir dos anos 90, mas que não foi acompanhado no mesmo ritmo pelas exportações. Após 1996 as importações apresentaram uma redução no seu volume, mantendo-se até pelo menos 2003.

No entanto, apenas na segunda metade dos anos 90 foram adotadas algumas medidas para reverter este quadro de perda de competitividade, acompanhado por redução significativa do número de empresas e de postos de trabalho (notoriamente no segmento têxtil), como “incentivo à cotonicultura no Centro-Oeste, aumento (temporário) de alíquotas do imposto de importação e o estabelecimento de cotas para têxteis de origem externa” (HAGUENAUER, 2001 apud LUPATINI, 2004). Precisamente, foram introduzidas salvaguardas somente em 1996, que suavizaram o problema da competitividade nas exportações. Além disso, segundo estudo de Bielschowsky (1997, apud LUPATINI, 2004), o setor defrontava-se, no mercado interno, com elasticidades-renda e preço da demanda extremamente baixas.

A indústria têxtil e de confecção passou por um período de desaceleração a partir de 1993, apresentando melhores resultados em 2000, principalmente no setor de confecção e atualmente, vem sofrendo com as importações de produtos que abastecem cada vez mais o mercado nacional. Conforme dados da Abit (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção) na última década a importação de vestuário aumentou 24 vezes, passando de

US\$148 milhões para US\$ 3,5 bilhões. Aproximadamente 15% do mercado total de vestuário é composto por marcas importadas (SINDVESTUÁRIO, 2014).

Tentando suprir as lacunas deste setor a Abit e seus parceiros estão se mobilizando para tentar vencer a “Agenda de Prioridades 2015 a 2018”, como Relações de Trabalho; Macroeconômica; Tributação e Gasto Público; Educação; Inovação; Comércio Exterior; Meio Ambiente; Gestão e Burocracia e Micro e Pequena Empresa; e, por exemplo, aprovar o Regime Tributário Competitivo para a Confecção (RTCC), o qual busca viabilizar o retorno de grandes unidades de produção de confecções no Brasil com escala, gestão e competitividade apropriadas para combater a concorrência externa e ser tornar o mais importante fornecedor das empresas varejistas nacionais, como também aumentar sua capacidade de exportação, favorecendo todos os elos da cadeia produtiva (SINDVESTUÁRIO, 2014).

O Regime Tributário Competitivo para a Confecção (RTCC) é uma medida que simplificaria e reduziria a carga tributária para qualquer tamanho de empresa que produza vestuário no país. Com o cumprimento do programa, o setor criaria mais de 597 mil vagas de emprego e a produção cresceria 117%.

Entretanto, este setor ainda vive um processo de mudança. A indústria da confecção passou por um choque estrutural, com a liberação econômica, que resultou na globalização do mercado doméstico e vive hoje com o problema das importações de produtos asiáticos, o qual apresenta um percentual de crescimento. A China se mostra como o atual país líder em exportações de produtos têxteis e confeccionados (FUJITA, JORENTE, 2015).

Segundo o Ministério do Desenvolvimento (BRASILa, 2015) o setor têxtil e de confecções é de grande importância para a economia do país, pois representa o segundo maior gerador do primeiro emprego e também o segundo maior empregador da indústria de transformação.

Com um grande número de pessoas empregadas por esta indústria, dentre elas mais da metade composta por mulheres, grande volume de produção e faturamento, é incontestável a importância econômica e social deste setor para o país.

A seguir são apresentados números de 2013 desta indústria, conforme o estudo intitulado “Vestuário, Meias e Acessórios 2014”, realizado pelo IEMI (Instituto de Estudos e Marketing Industrial).

Setor do Vestuário no Brasil em 2013	
Emprego	1,2 milhões
Produção Vestuário	6,2 bilhão peças
Exportação	US\$ 150 milhões
Importação	US\$ 2,4 bilhão
Indústrias	25,7 mil
Faturamento	US\$ 49 bilhões

Quadro 3- Setor do Vestuário no Brasil em 2013

A indústria brasileira de têxteis e de confecção é uma das maiores produtoras deste setor no mundo, sendo a quinta no segmento têxtil e a quarta no de confecção. O Brasil possui o maior parque produtivo integrado do Ocidente, da fibra ao produto final (BRASILE, 2012). Veja a posição da indústria nacional no quadro a seguir.

País	Vestuário	Part. %
China	19.709.000	48,96
Índia	2.819.000	7,00
Paquistão	1.535.000	3,81
Brasil	1.169.000	2,90
Turquia	1.070.000	2,66
Coreia do Sul	968.000	2,40
Itália	968.000	2,40
México	951.000	2,36
Malásia	651.000	1,62
Polônia	622.000	1,55
Taiwan	578.000	1,44
Romênia	518.000	1,29
Tailândia	453.000	1,13
Sri Lanka	450.000	1,12
Indonésia	445.000	1,11
Outros	32.906.000	81,74
Total	40.258.000	100,00

Quadro 4- Produção mundial de Vestuário (Ton.) em 2009

Fonte: IMEI, 2011 apud Brasile (2012).

Este setor possui um mercado muito segmentado, devido principalmente à estrutura da renda, com empresas de diversos tamanhos e produtos, bem como, diferentes níveis e capacidades industriais e tecnológicas (LUPATINI, 2004).

Esta característica de segmentação da cadeia produtiva, onde as operações são desenvolvidas por empresas distintas, impulsionou a criação de polos industriais. Os três principais polos nacionais que se destacam neste setor são o da região Sudeste (maior), concentrado na região de Americana e composto pelas cidades de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara do Oeste e Sumaré, em segundo lugar tem destaque a região de Santa Catarina, composto pelas cidades de Blumenau, Joinville e Brusque, e como terceiro polo a cidade de Fortaleza (CE), com seu complexo industrial desenvolvido próximo à cidade (GRIEBELER, 2014).

O Paraná também representa um importante polo brasileiro de vestuário, seu mercado é bem extenso na área têxtil como um forte produtor de moda. O segmento de confecção é a principal atividade das regiões Noroeste e Sudeste do estado. Ele está entre os dez principais estados produtores de têxteis, confecções e acessórios e ocupa a quarta posição em confecção de roupas.

Conforme informações da Abit o Paraná é composto por seis arranjos produtivos locais (APLs) de vestuário. No estado estão instaladas mais de 6 mil empresas, em maior número as micro e pequenas empresas, produzindo por ano mais de 150 milhões de peças. O norte do estado tem destaque na produção de vestuário, refletindo 59% da fabricação de acessórios, artefatos, bens finais e produtos indústrias, com notoriedade a produção de bonés em Apucarana. A região noroeste conta com 45% das confecções, sendo as cidades de Maringá e Cianorte as principais produtoras de moda do estado, com destaque para o jeans e modinha (SEBRAE-SC, 2015).

A indústria de vestuário nacional é composta por quase todos os seus elos, obtendo destaque em comparação aos outros países em desenvolvimento. Sua cadeia produtiva vai desde fiação até a confecção, bem como os diversos tipos de produtos. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior a cadeia produtiva têxtil e de confecções (BRASILa, 2015) tem início na agropecuária (fibras naturais) ou na indústria química (fibras manufaturadas), passando pela fiação, tecelagem, beneficiamento e acabamento, confecção e tem seu término no consumidor final. A cadeia é muito diversa no que diz respeito às matérias-primas empregadas, processos produtivos existentes, modelos de concorrência, assim como, as estratégias empresariais.

O processo começa com a matéria-prima (fibras têxteis), as quais são transformadas em fios nas fábricas de fiação, seguindo para a tecelagem (que fabrica os tecidos planos) ou para a malharia (tecidos de malha). Após estas etapas, inicia o acabamento para finalmente

chegar à confecção. Nesse processo o produto final de cada uma das etapas serve como matéria-prima da etapa seguinte. Na fase final, os produtos podem estar disponíveis para o consumidor em forma de vestuário ou de artigos para o lar (cama, mesa, banho, decoração e limpeza), ou ainda, também podem ser destinados ao uso industrial (filtros de algodão, componentes para o interior de automóveis, embalagens etc.) (VALOR ECONÔMICO, 2006 apud COSTA; ROCHA, 2009).

As etapas da cadeia produtiva têxtil e de confecção podem ser melhor identificadas na Figura 6 a seguir.

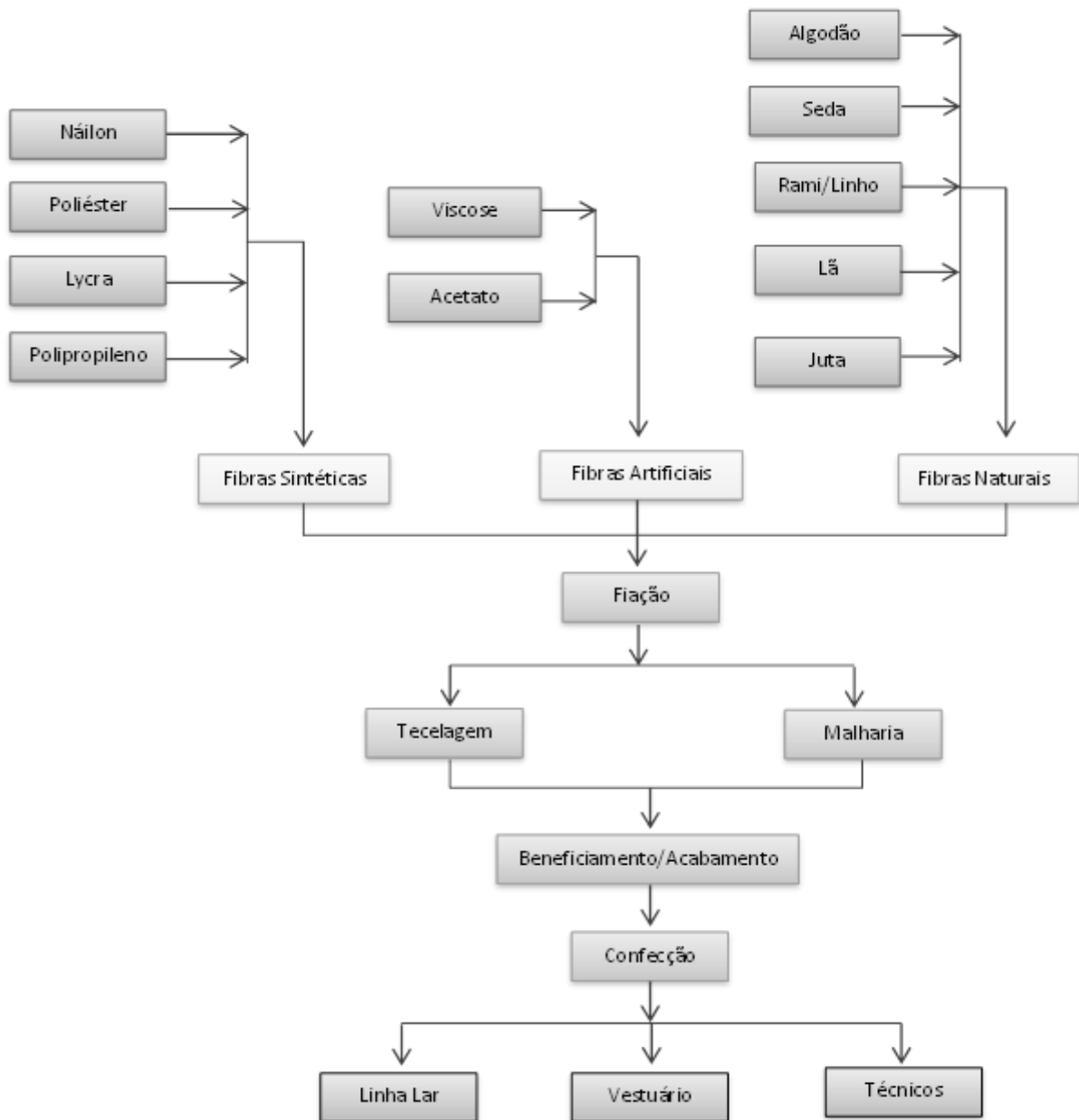


Figura 6-Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções
 Fonte: COSTA; ROCHA (2009)

Segundo Griebeler (2014) uma característica da cadeia produtiva têxtil nacional é a descontinuidade entre suas etapas, pois, apesar de seguirem uma sequência de operações, existem indústrias que executam exclusivamente cada uma dessas etapas sendo denominadas, por exemplo, fiações ou indústrias de confecções.

2.3.1 Cadeia produtiva da Confecção

A etapa de confecção da cadeia produtiva têxtil-confecção é composta geralmente por uma mesma sequência de operações, para os diversos tipos de produtos que podem ser confeccionados. Suas etapas básicas são apresentadas na Figura 7.

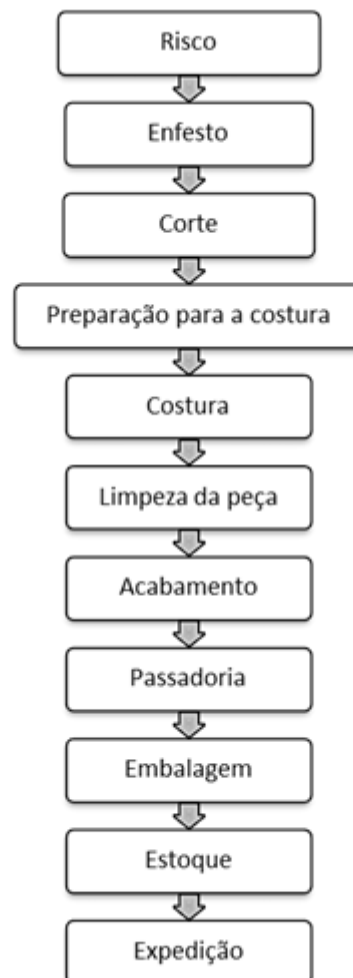


Figura 7- Etapas do processo de confecção

- **Risco-** A etapa do risco consiste em fazer o encaixe dos moldes que constituem as peças, o que afetará o aproveitamento dos tecidos. O encaixe significa realizar o posicionamento dos moldes que compõem um modelo sobre um tecido ou papel, da forma mais econômica possível. O risco, que pode ser manual ou computadorizado, produzindo assim, o risco marcador com os moldes em uma folha de papel, que servira para o corte.
- **Enfesto-** Consiste em estender o tecido em camadas planas e alinhadas para serem cortadas em pilhas. Pode ser realizado manualmente ou com a ajuda de carros automáticos na mesa de corte.
- **Corte-** Etapa onde as folhas de tecido enfestadas são cortadas conforme os moldes riscados anteriormente. Pode ser manual, mecânico com diferentes tipos de máquinas ou eletrônico, com laser. Resultando dessa atividade o papel do risco, plásticos, resíduos de tecido e os moldes que irão para a costura.
- **Preparação para costura-** Fase onde são realizadas operações de costura, como bainhas e chuleados, necessárias em algumas peças cortadas antes de serem montadas na costura. Desta atividade sobram restos de linhas e as partes das peças prontas para seguirem para costura.
- **Costura-** Operação principal da confecção de artigos, consiste em juntar às partes do molde que constituem a peça, formando assim o produto. Essa atividade também dá origem a restos de aviamentos como linhas, botões, zíperes, cones de linhas, retalhos de tecidos, além das peças montadas que seguem para a fase da limpeza da peça.
- **Limpeza da peça-** Com a peça já montada a pessoa responsável por sua revisão inspeciona a qualidade da costura, realiza a retirada de pontos de linhas em excesso e verifica a presença de algum defeito ou não conformidade de uma amostra do lote costurado. Têm-se como resultado dessa atividade alguns restos de linhas e peças com defeitos.
- **Acabamento-** Etapa onde são feitas as operações finais necessárias para confecção da peça, como bordados, apliques de pedrarias, colocação de botões, etiquetas, dando um aspecto mais bonito à peça, bem como, melhorando sua qualidade. Essas operações podem dar origem a restos de linhas e aviamentos com defeitos.
- **Passadoria-** O produto já montado e acabado é passado com o auxílio de ferros a vapor, proporcionando-lhe um aspecto mais agradável.

- **Embalagem-** A peça acabada vai para o setor da embalagem onde é dobrada e acondicionada em plásticos, caixas de papelão ou outro tipo de embalagem conforme a necessidade da peça ou preferencia da empresa. Esse setor gera como resíduos caixas de papelão, etiquetas, papéis e plásticos.
- **Estoque-** É onde as peças já embaladas são estocadas conforme a disposição necessária para posterior envio à expedição.
- **Expedição-** Recebe as peças do setor do estoque necessárias a serem expedidas aos clientes. As peças já embaladas são então acondicionadas em maiores quantidades, formando-se lotes. Essa atividade pode resultar em restos de etiquetas, papéis, plásticos e caixas.

Conforme o artigo a ser confeccionado ou a necessidade específica de um produto, outras operações podem ser incluídas no processo de confecção.

2.3.2 Resíduos Sólidos da Confecção

Segundo Santos e Fernandes (2012) em todas as etapas da cadeia produtiva têxtil, como fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção de vestuário, são gerados muitos resíduos que acarretam alterações diretas no meio ambiente. Assim, esse setor busca realizar algumas ações para diminuir seus resíduos e prolongar o ciclo de vida dos produtos, fazendo uso, por exemplo, da reutilização e reciclagem.

Este cenário vem sendo incentivado com o envolvimento do governo e das empresas, na tentativa de encontrar processos menos poluidores ao meio ambiente. Sendo que, algumas empresas fazem uso dessa abordagem ambiental para conquistar novos clientes por meio de sua responsabilidade social, já os órgãos federais, contribuem com a regulamentação das atividades por meio de leis ambientais que exigem das empresas um uso consciente e responsável de recursos naturais, limites de emissões, dentre outras atribuições (FERREIRA, 2004 apud SANTOS; FERNANDES, 2012).

Segundo Kraemer (2005) os resíduos provenientes das indústrias são os maiores agressores do meio ambiente. São considerados resíduos deste tipo, produtos químicos (cianureto, pesticidas, solventes), metais (mercúrio, cádmio, chumbo) e solventes químicos que comprometam os ciclos naturais onde são despejados. A destinação dos resíduos sólidos pode ser serem amontoados e enterrados, os líquidos, despejados em rios e mares e os gases

lançados no ar. Portanto, a qualidade do ambiente e a saúde dos seus seres vivos apresentam-se ameaçada, podendo resultar em grandes catástrofes.

A indústria têxtil e de confecção brasileira tem suas atividades orientadas por sete Leis e Resoluções Federais relacionadas a práticas ambientais (BRASILE, 2012). São elas:

1. Resolução Conama nº 357/2005: Classificação dos corpos de água; condições e padrões de lançamento de efluentes- Trata da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, assim como, determina as condições e padrões de lançamento e efluentes (BRASILE, 2012).
2. Lei nº 6.938/1981: Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação- Visa à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental favorável à vida, procurando garantir no país condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e a defesa da dignidade da vida humana.
Ela confere a cadeia têxtil e de confecção o título de atividade potencialmente poluidora de grau médio e busca, como objetivo, reduzir o impacto ambiental em até 10 anos pelos investimentos no setor com tecnologia moderna e preferencialmente limpa (BRASILE, 2012).
3. Lei nº 10.165/2000: Implantação de taxas ligadas à Política Nacional do Meio Ambiente – O Setor têxtil-confecção é sujeito à taxa com índice médio de atividade potencialmente poluidora. Para aqueles sujeitos a Taxa de controle e Fiscalização Ambiental (TCFA) é exigido, até o dia 31 de março de cada ano, a entrega de relatório das atividades exercidas no ano anterior, buscando contribuir com os procedimentos de controle e fiscalização. Seu descumprimento acarreta em multa de vinte por cento da TCFA devida, sem prejuízo da exigência desta (BRASILE, 2012).
4. Resolução Conama nº 313/2002: Destino de resíduos sólidos industriais- Orienta a reciclagem e apresenta perspectivas muito positivas para a disposição correta do lodo, existindo projetos práticos neste sentido, assim como, para os retalhos têxteis originados da confecção (BRASILE, 2012).

5. Lei nº 9.984/2000: Política Nacional dos Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento- Algumas de suas atribuições é a procura por indicadores do consumo de água nos diversos elos de produção do setor Têxtil-confecção, também, a sinalização para frequente reavaliação dos mesmos buscando a redução e o reuso dos recursos hídricos (BRASILE, 2012).

6. Lei nº 4.771/65: Código Florestal- Esta em discussão no Congresso Nacional uma nova lei que afeta este setor, principalmente no que diz respeito ao possível abastecimento de lenha e à instalação de novas empresas considerando a presença de cursos de água. A lenha proveniente de florestas plantadas e certificadas é responsável por 7% do consumo de fontes energéticas para o setor têxtil (BRASILE, 2012).

7. Resolução Conama nº 237/1997: Licenciamento ambiental incorporado aos instrumentos de gestão ambiental. Algumas atividades ou empreendimentos passíveis ao licenciamento ambiental, que atingem direta ou indiretamente a indústria têxtil são:
 - Indústria química: fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos.
 - Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos de tecidos: beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintético; fabricação e acabamento de fios e tecidos; tingimento e estamparia (BRASILE, 2012).

Entre outras políticas vigentes no país é importante destacar a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela possui importantes instrumentos para conceder o avanço necessário do Brasil no combate dos maiores problemas ambientais, sociais e econômicos provocados pelo manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASILc, 2015).

A PNRS prevê a prevenção e a diminuição na geração de resíduos, propondo a prática de hábitos de consumo sustentável, um conjunto de instrumentos para beneficiar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente correta dos rejeitos (BRASILc, 2015).

Ainda segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASILc, 2015) esta lei estabelece a responsabilidade compartilhada daqueles que produzem os resíduos: fabricantes,

importadores, distribuidores, comerciantes, população e detentores de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo. A intenção dos instrumentos da PNRS é atingir uma das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que é atingir o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015.

2.3.3 Classificação dos Resíduos Sólidos

Conforme Bidone e Povinelli (1999) a norma 10.004 (1987), que trata dos Resíduos Sólidos-Classificação, atribui ao lixo à denominação de Resíduos Sólidos. Do latim *residuu* representa o que sobra de determinada substância e a expressão solido é introduzida para diferenciá-lo de líquido e gasoso.

Segundo a referida norma 10.004 (1987, apud BIDONE E POVINELLI, 1999) Resíduos Sólidos refletem todos os resíduos no estado sólido e semi-sólido que se originam de atividades da comunidade de origem, podendo ser industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição ou agrícola. Fazem parte também lodos de Estações de tratamento de Água (ETAS) e de Esgotos (ETES), resíduos produzidos em equipamentos e instalações de controle de poluição e líquidos, que em decorrência de suas particularidades não podem ser despejados na rede pública de esgoto.

Os resíduos devem ser classificados com base em cinco critérios de periculosidade, são eles: inflamabilidade; corrosividade; reatividade; toxicidade e patogenicidade (excluídos os resíduos sólidos domiciliares e produzidos em estações de tratamento de esgotos sanitários) (10.004, 1987 apud BIDONE E POVINELLI, 1999).

A norma 10.004 (2004, apud FREIRE; LOPES, 2013) estabelece duas classes para os resíduos sólidos de acordo com os critérios de periculosidade:

- Resíduos Classe I- Perigosos : São aqueles que demonstram periculosidade ou se enquadram em pelo menos um dos cinco critérios e demonstram significativo risco a saúde pública ou ao meio ambiente. Conforme o CNTL SENAI (2007, apud FREIRE; LOPES, 2013) os resíduos originados no setor de confecção exemplos de resíduos Classe I são: lâmpadas fluorescentes usadas, óleos lubrificantes usados ou contaminados, solvente utilizados na limpeza de peças e pano (ou estopa) contaminado com óleo lubrificante usado ou contaminado, etc.;

- Resíduos Classe II- Não perigosos:

Resíduos Classe II A- Não inertes - São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I - Perigosos ou de Resíduos Classe II B- Inertes. Podem conter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. De acordo com o CNTL SENAI (2007, apud FREIRE; LOPES, 2013) os resíduos do setor de confecção que se enquadram nesse tipo são: resíduos têxteis, retalhos e aparas de tecido, resíduos de plástico, resíduos de papel e papelão, resíduos de linhas e fios, resíduos de restaurante (resto de alimentos), etc;

Resíduo Classe II B- Inertes - São aqueles que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não apresentaram constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água vigente, executando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. São exemplos desse tipo de resíduos do setor de confecção os vidros e botões (CNTL SENAI, 2007 apud FREIRE; LOPES, 2013).

Segundo Assis, Souza e Nascimento (2008) os resíduos característicos do setor da confecção são: Retalhos- produzidos no corte e de tamanho variados; Tubos de papelão- provenientes de embalagens de rolo de tecidos e de papel do plotter; “Desgaste” de jeans- produzidos a partir do acabamento do jeans; Linhas – geradas nos processos de costura e acabamento; Pó de overloque- produzidas nas máquinas de costura refiladoras; e Galão de tinta e corantes- geradas no processo de transferência das estampas para o papel do plotter.

3 METODOLOGIA

As pesquisas podem ser classificadas em três grandes grupos conforme seus objetivos gerais: exploratória, descritivas e explicativas. Outra classificação que também se deve fazer sobre a pesquisa é referente aos procedimentos técnicos e/ou metodológicos utilizados para a realização do estudo, ou seja, fazer o delineamento, que considera o ambiente onde são obtidos os dados e como são controladas as variáveis envolvidas (GIL, 2002).

Para Gil (2002) o elemento mais importante no delineamento de uma pesquisa é o procedimento da coleta de dados. Podem-se definir dois grandes grupos de delineamento: os que utilizam informações impressas (fonte de “papel”) e o grupo que faz uso de informações obtidas por meio de pessoas ou experimentos. O primeiro grupo contém a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. No segundo grupo temos a pesquisa experimental, a pesquisa *ex-post facto*, o levantamento e o estudo de caso. Também podem ser incluídas neste grupo pesquisa-ação e pesquisa participante.

Conforme os objetivos deste estudo foi adotada a pesquisa exploratória, isto é, visa o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Quanto aos procedimentos técnicos é um estudo de caso com abordagem quantitativa. Para a elaboração da Avaliação do Ciclo de Vida foram seguidas as orientações contidas nas normas da ISO 14040:2009 e ISO 14044:2009 que abrangem estudos deste tipo. Segundo essas normas os estudos de ACV devem conter as seguintes etapas:

- Definição de objetivo e escopo- determinação do objetivo e do uso pretendido para o estudo. Seu escopo inclui a definição da fronteira do sistema e o nível de detalhamento.
- Análise de inventário- envolve a coleta de dados para alcançar os objetivos definidos e a elaboração de um inventário de dados de entrada/saída relacionados ao sistema em estudo.
- Avaliação de Impacto- fornecer informações adicionais para ajudar na avaliação dos resultados do inventário de um sistema de produto, buscando entender sua significância ambiental.

- Interpretação- onde os resultados da avaliação de impacto e da análise de inventário são discutidos, visando obter conclusões e recomendações conforme o objetivo do estudo.

Inicialmente foi realizado um levantamento de referências bibliográficas sobre a ferramenta ACV e o setor da confecção no país. Como base foram consultadas publicações científicas, artigos, teses, livros, sites, dentre outros meios. Posteriormente, foi realizado a descrição dos objetivos e do sistema a ser avaliado.

Para o desenvolvimento do inventário foi realizado uma coleta de dados com informações sobre o processo da confecção, bem como os recursos utilizados, entrada e saída dos processos em um período de 12 meses de uma indústria de uniformes profissionais sediada na região de Maringá, atuante no mercado de uniformes há mais de 20 anos. A coleta de dados deu-se mediante visita na própria empresa e pelo preenchimento de formulário online (modelo apresentado no APÊNDICE A).

Para a modelagem e tratamento dos dados na fase de avaliação foi utilizado como ferramenta o *software* SimaPro versão 8. Com ele foi possível, por meio da criação de um projeto e com o banco de dados existente na própria ferramenta, realizar a análise ambiental da confecção dentro da perspectiva de ciclo de vida.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Definição de objetivo e escopo

Seguindo os princípios da norma ISO 14040 (2009), o presente estudo tem como objetivo a avaliação de impacto ambiental da indústria de confecção. Seus resultados poderão ser aplicados no desenvolvimento de estratégias de gestão no setor de confecção, na melhoria de etapas do processo ou até mesmo na substituição de matérias-primas. O público-alvo a que se destina o estudo são empresários do setor de confecção, indústrias, estudantes e pesquisadores.

Sistema do Produto

O sistema de produto a ser estudado neste trabalho de ACV é a confecção industrial, onde o sistema será avaliado com um tratamento do tipo “portão ao portão” da fábrica (*gate-to-gate*). As etapas que constituem o processo da confecção industrial analisadas foram melhores detalhadas na seção Cadeia Produtiva da Confecção. São elas: Risco, Enfesto, Corte, Preparação para costura, Costura, Limpeza da peça, Acabamento, Passadoria, Embalagem, Estoque e Expedição. Também será analisada a aquisição de matérias-primas e seu transporte.

Função do Sistema de Produto

Para o desenvolvimento do estudo considerou-se como função do sistema de produto a “produção de peças de vestuário”.

Unidade Funcional

A definição do valor que satisfaz o exercício da função estabelecida, ou seja, a unidade funcional, que de acordo com a norma ISO 14044 (2009), deve ser coerente com o objetivo e escopo, foi definida em 1000 peças de vestuário.

Fronteira do Sistema

Neste trabalho foi considerado para a avaliação do impacto ambiental o processo da manufatura presente na confecção industrial, à aquisição de matérias-primas e seu transporte.

Isso se justifica pelo fato das outras etapas presentes na confecção não apresentarem quantidades de resíduos suficientes para contabilizar os impactos ambientais referentes à suas atividades. As etapas do processo de confecção serão consideradas como um processo único de manufatura, pois se considerados individualmente seu volume de resíduos gerados poderiam ser pouco expressivos ou até mesmo difícil de se determinar.

As etapas de planejamento da coleção e planejamento do processo produtivo não estão incluídos dentro do sistema do produto, pois não geram resíduos considerados de grande importância para os resultados do estudo, como também não será avaliada a etapa de utilização pelos clientes. A fronteira do sistema pode ser melhor identificada pela Figura 8, apresentada a seguir.

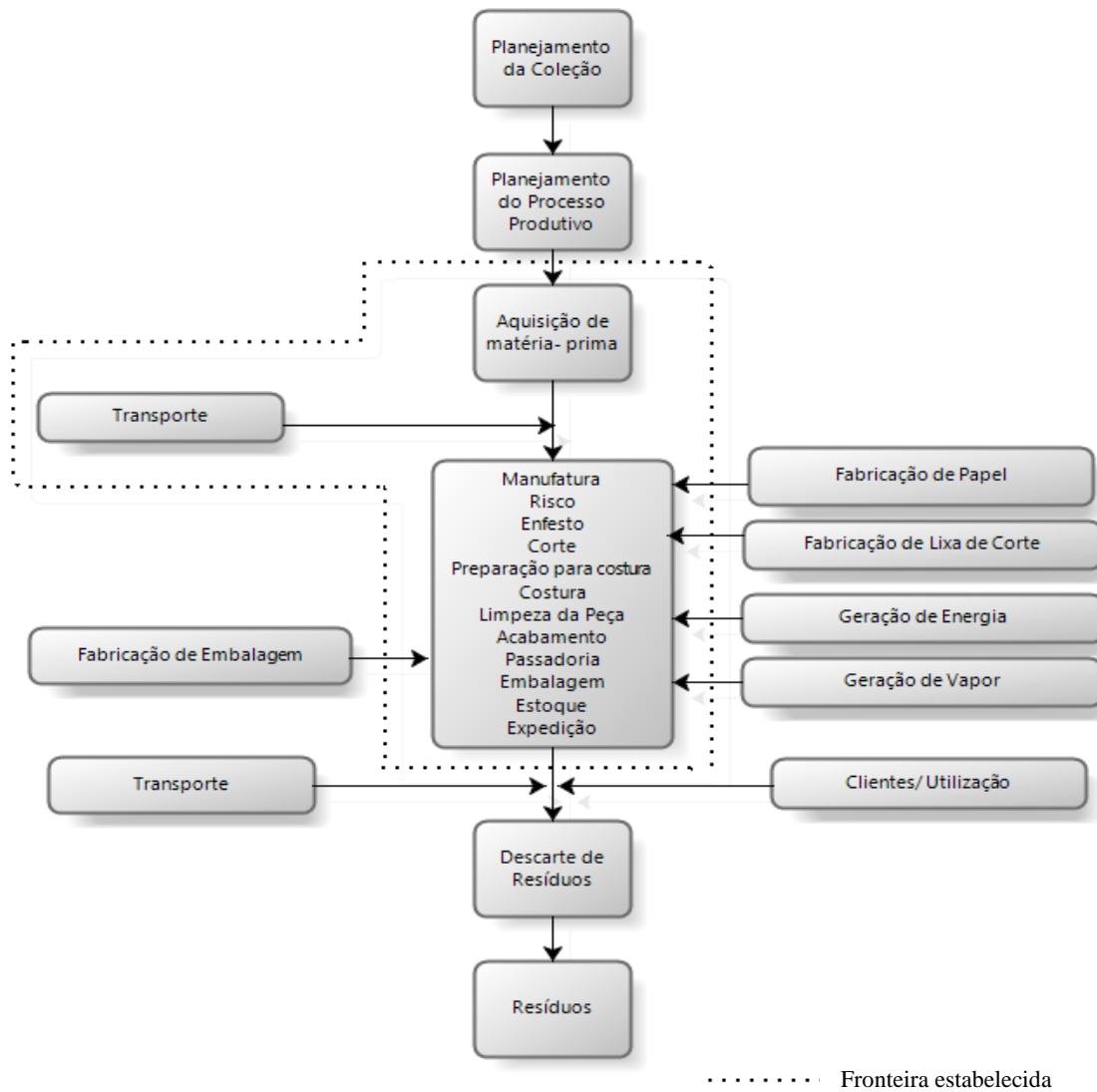


Figura 8- Sistema do Produto da confecção.

Na figura 8 é observado também que não fazem parte do sistema de estudo à fabricação de papel, fabricação de lixa de corte e fabricação de embalagens, relacionadas ao sistema apenas através de fluxos de produtos. Portanto, somente os materiais desses processos e suas relações com o sistema, utilizados no cumprimento da função do produto serão considerados.

O sistema possui como correntes de entrada as matérias-primas, a geração de vapor no processo de passadoria e geração de energia nos processos de corte e costura. Como saída do sistema temos resíduos gerados nas etapas de manufatura da confecção, sendo o interesse deste estudo somente os resíduos sólidos, como retalhos de tecido, linhas, botões, carretéis plásticos, embalagens de papelão, plástico, papéis, entre outros. Onde os impactos ambientais relacionados ao seus tratamentos não serão considerados na análise dos dados no estudo. A etapa de transporte inicial das matérias primas também foi analisada devido à importância do seu potencial de efeitos ao ambiente.

Requisitos dos dados

Os dados sobre os resíduos sólidos gerados para a elaboração do inventário da indústria de confecção foram coletados através de visita realizada em uma indústria de uniformes profissionais e por meio do preenchimento online de formulário enviado a empresa (Ver Apêndice A).

Pressupostos e Limitações

O trabalho considerou as etapas tipicamente encontradas no processo de confecção de vestuário. As limitações encontradas na coleta de dados foram principalmente a falta de dados específicos de cada etapa do setor de confecção, o que tornou inviável analisar cada etapa individual.

Como critério de exclusão foi determinado que seriam excluídos os aspectos ambientais que representassem uma porcentagem de saída muito pequena em relação ao volume de entrada.

Requisitos iniciais quanto à qualidade dos dados

Cobertura temporal: Para a realização do estudo foram considerados dados coletados no ano de 2015 referentes a um período anterior de produção de 12 meses.

Cobertura geográfica: Foi analisado o processo industrial de confecção típico brasileiro, cuja empresa fornecedora dos dados localiza-se na cidade de Maringá-PR.

Cobertura tecnológica: A tecnologia encontrada foi muito semelhante ao descrito na literatura. O maquinário utilizado para o encaixe dos moldes é a ferramenta CAD/CAM; para o enfiar foi encontrado carro com suporte manual; para o corte utilizam-se máquinas eletrônicas ou manuais conforme a necessidade do tecido ou volume de produção e para as operações de costura são empregadas máquinas industriais elétricas.

4.2 Análise de Inventário

As informações sobre os recursos utilizados presentes na pesquisa, fornecidos pela indústria de uniformes localizada na cidade de Maringá, foram utilizados como representativos para o setor de confecção existente no país. O estudo foi realizado nessa indústria pois a mesma se disponibilizou a fornecer os dados sem restrições.

A empresa concedeu informações referentes aos processos de produção realizados na unidade pesquisada contendo dados mensais de um período de 12 meses. Desta forma, foi calculada uma média por mês destes valores evitando-se escolher um mês com valores de produção atípicos.

Com a unidade funcional definida em 1000 peças de vestuário, foi necessário alguns cálculos simples para encontrar os valores correspondentes ao consumo de recursos necessário para esse volume de produção, visto que os valores fornecidos referem-se a um volume de produção superior a este.

A empresa disponibilizou dados de consumo de recursos materiais como tecido, papel, plástico, aviamentos e valores de consumo de energia elétrica, água e transporte. Os valores dos resíduos gerados foram identificados como sendo resíduos criados na produção e fora do processo industrial, exemplo escritório e refeitório, bem como, alguns também foram classificados por classe de resíduo. No entanto, para o estudo foi considerado somente os dados referentes ao processo industrial.

Os dados relacionados ao consumo de tecido, papel, plástico, energia elétrica e água foram somados, calculado uma média por mês e feita a sua respectiva equivalência para a produção de 1000 peças para se obter os valores corretos para a inserção no *software*. Como os valores de consumo de tecido foram fornecidos em metros e no *software* deve-se entrar

com esse valor em Kg considerou-se a gramatura do tecido encontrada em pesquisas como sendo 194g/m², comum a tecidos para esta finalidade, realizando-se sua conversão.

O recurso material tecido, como também outros insumos utilizados pela empresa, são provenientes da região de São Paulo, Santa Catarina e do Ceará, desta forma as distâncias em km destas localidades até Maringá foram incluídas considerando ida e volta. Por fim, para a obtenção do valor de transporte de matéria-prima (tkm- unidade de medida equivalente ao transporte de uma tonelada de carga à distância de um quilômetro) foi realizado a multiplicação da quantidade de tecido transportado em toneladas (ton) pelo valor da distância calculado (km).

A seguir, na Tabela 4 é possível ver o inventário do processo da confecção. A tabela apresenta os valores dos recursos necessários para a produção de 1000 peças de vestuário como entradas e a quantidade de resíduos gerados como saídas.

Tabela 4- Inventário do processo da Confecção (para a produção de 1000 peças).

Aspecto Ambiental	Unidade	Quantidade
<u>Fluxos de Entrada</u>		
Recursos Materiais		
Tecido	Kg	3057,7
Aviamentos	Unid.	63.616,0
Papel	M	201,2
Plástico	Kg	13,0
Recursos Energéticos		
Energia elétrica	kWh	950,73
Recursos Naturais		
Água	M ³	8,98
Transporte		
Transporte de tecido até a empresa	tkm	27.635,56
<u>Fluxos de Saída</u>		
Resíduos Sólidos		
Tecido	Kg	391,11

A empresa pesquisada só possuía contabilizados valores de descarte de resíduo de tecido, originados no setor de corte, costura, acabamento, bordado e serigrafia.

Após os cálculos necessários e a montagem do inventário do processo esses dados foram inseridos no *software* SimaPro 8, como também foi feita a seleção de alguns sub-processos contidos nos bancos de dados do próprio *software*, necessários para a criação do projeto “Confecção”.

Portanto, foi criado no programa um projeto denominado “Confecção” e os processos adicionais, como de produção do tecido, papel, plástico e transporte foram obtidos do próprio *software*, onde foram feitas as substituições necessárias de valores para a produção de 1000 peças, ou seja, produção de 1000 produtos “Confecção”.

Apesar de não contabilizar todos seus resíduos, a empresa dá o devido destino para seus rejeitos, que segundo a empresa são:

- Resíduos de materiais têxteis - os retalhos derivados do processo de corte são repassados para uma cooperativa que recolhe semanalmente, através de contrato realizado com esta cooperativa.
- Resíduos de varrição de fábrica - como sofrem algum tipo de contaminação, são armazenados em tambores fornecidos por uma empresa de resíduos contratada para recolher e dar a destinação correta (Obs: na unidade que realiza o corte os sólidos contaminados são do tipo Classe II).
- Resíduos de papel e papelão – gerados no processo de corte são separados e coletados na unidade por uma empresa de comercialização de papeis recicláveis.
- Restos e borras de tintas e pigmentos – gerados no setor de serigrafia (classificação I) são coletados, após tratamento na caixa separadora, por uma empresa de resíduos, coleta esta realizada quinzenalmente.
- Resíduos gerados fora do processo industrial (escritório, embalagens, etc.) - quando não sofrem nenhum tipo de contaminação são destinados para a empresa de comercialização de papeis recicláveis.
- Resíduos gerados no refeitório e banheiros- são destinados ao sistema de coleta pública.

As empresas prestadoras de serviço que recolhem seus resíduos são todas da região de Maringá-PR e não foram repassadas informações de venda ou valores, mas em resposta ao formulário aplicado também foram identificados formas de destinação final como aterro sanitário e doações.

4.3 Avaliação de Impacto

O software SimaPro apresenta os resultados conforme a contribuição de cada subproduto para os impactos ambientais. Para esse estudo de ACV foi utilizado o método de avaliação ReCiPe *midpoint* do programa. Este método apresenta as seguintes categorias de impacto ambiental: Depleção da camada de ozônio, Toxicidade humana, Radiação ionizante, Formação de oxidantes fotoquímicos, Formação de material particulado, Acidificação Terrestre, Mudanças climáticas, Ecotoxicidade Terrestre, Ocupação de solo agrícola, Ocupação de solo urbano, Transformação de solo natural, Ecotoxicidade marinha, Eutrofização marinha, Eutrofização de água doce, Ecotoxicidade em água doce, Depleção de combustíveis fósseis, Depleção de recursos minerais e Depleção de água doce.

A figura 9 apresenta a Avaliação de Impacto com as contribuições percentuais do sistema da confecção, incluindo a produção de tecido, plástico, eletricidade e transporte.

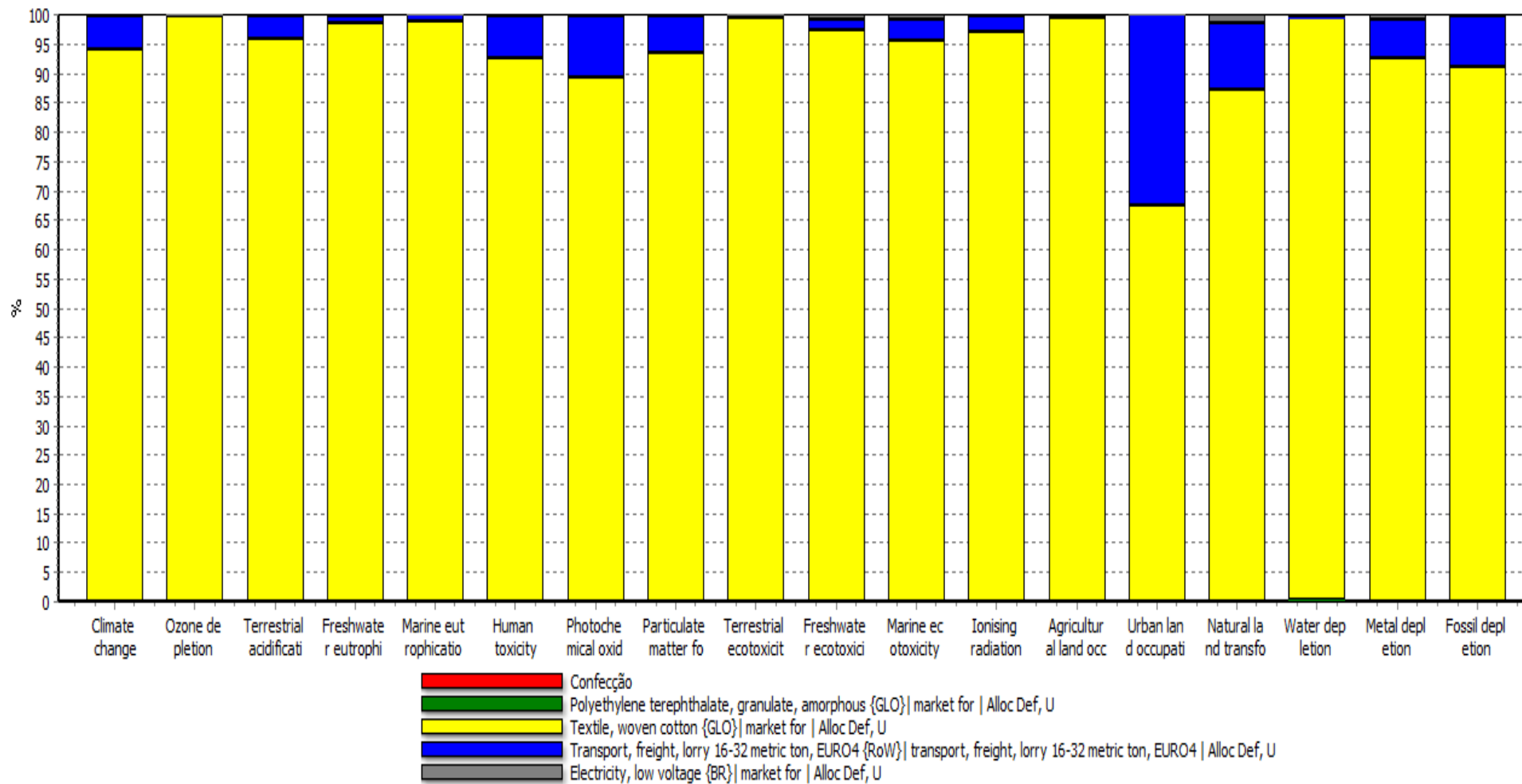


Figura 9- Avaliação de Impacto Ambiental

Fonte: SimaPro 8

O programa nos mostra as contribuições do processo estudado e de seus produtos, como a produção de tecido, geração de energia elétrica, entre outros. Desta forma os resultados também trazem os impactos causados durante o ciclo de vida das matérias-primas utilizadas no processo analisado.

De acordo com os resultados apresentados pelo software, onde é mostrado uma rede de contribuições de cada processo e sub-processos, e conforme o gráfico acima percebe-se que o sub-processo *Textile, woven cotton {GLO} | Market for | Alloc Def, U*, ou seja, de obtenção do tecido é o principal contribuinte em todas as categorias de impacto selecionadas e como segundo contribuinte importante tem-se o transporte.

Sendo assim, como o ciclo de vida de uma peça de confecção inicia-se na obtenção das matérias-primas, passa pela produção, uso e descarte final, e por meio deste estudo que concentrou sua análise na fase da produção, é possível perceber que a produção da matéria-prima tecido utilizado na confecção é o contribuinte mais significativo para os impactos ambientais desta indústria de confecção.

4.4 Interpretação

Dentre as categorias apresentadas no método de avaliação ReCiPe *midpoint* foram selecionadas algumas categorias para discutir seus resultados na etapa de interpretação, são elas: mudança climática, acidificação terrestre, eutrofização de água doce, ecotoxicidade terrestre, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de material particulado e ecotoxicidade em água doce.

A seguir é apresentada uma tabela com as contribuições de cada processo nas categorias citadas acima.

Tabela 5- Avaliação de Impacto- contribuição dos processos nas categorias de impacto.

Categoria de Impacto	Unidade	Plástico	Tecido	Transporte	Eletricidade	Total
Mudança Climática	kg CO2 eq	0,038083	76,40904	4,6812472	0,26321482	81,39159
Acidificação Terrestre	kg SO2 eq	0,000164	0,443812	0,018961	0,00086112	0,463798
Eutrofização de Água Doce	kg P eq	8,33E-06	0,026463	0,00031848	6,75E-05	0,026857
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	2,78E-06	0,559963	0,00340022	0,000335011	0,563701
Depleção da Camada de	kg CFC-11 eq	2,03E-09	0,000295	8,59E-07	1,76E-08	0,000296

Ozônio							
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	0,010309	23,85659	1,8179472	0,085115555	25,76996	
Formação de Oxidantes	kg NMVOC	0,000126	0,214935	0,02520243	0,000572093	0,240835	
Fotoquímicos							
Formação de Material Particulado	kg PM10 eq	5,91E-05	0,15412	0,01031598	0,000414341	0,164909	
Ecotoxicidade em Água Doce	kg 1,4-DB eq	0,00044	1,826762	0,03448403	0,018285675	1,879972	

Conforme observado o tecido é o principal contribuinte na categoria de impacto mudanças climáticas, que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, isso se deve segundo os resultados, pelo consumo de energia elétrica utilizada no processo de obtenção do tecido de algodão. A energia utilizada de acordo com o banco de dados do software, de onde foram tiradas as informações do processo de obtenção do tecido, é proveniente de motores a diesel, que além de eliminarem gases de efeito estufa que potencializam o impacto mudanças climáticas também eliminam no ar substâncias nocivas a saúde humana.

Os principais contribuintes na categoria de impacto acidificação terrestre, são a eletricidade e a produção da fibra de algodão presente na produção do tecido, visto que esse processo demanda uma vasta área de solo para o plantio e faz uso de alguns produtos químicos.

A categoria de impacto eutrofização, que representa o aumento em excesso dos nutrientes na água, pode ser agravada no processo de obtenção do tecido, como resultado do uso de fertilizantes agrícolas e pesticidas, dentre outros produtos químicos que podem ser utilizados para a preparação do solo no cultivo do algodão.

A ecotoxicidade terrestre é uma categoria de impacto que pode ser agravada devido ao uso de agrotóxicos e fertilizantes, o que pode ser encontrado em grande quantidade na preparação do solo para o plantio do algodão utilizado na produção dos tecidos.

A categoria de impacto depleção da camada de ozônio, que reflete no aumento da quantidade de raios ultravioleta que atingem a superfície da terra, apresenta como contribuinte importante o processo de produção do tecido, em decorrência das emissões atmosféricas liberadas.

A categoria de impacto toxicidade humana resulta do aumento da concentração de agentes tóxicos gerados pela disposição de rejeitos, acarretando conseqüentemente potenciais danos à saúde humana. A toxicidade humana pode ser gerada por substâncias que possuem

características tóxicas e não biodegradáveis. Como contribuintes desta categoria o *software* nos mostra a produção da matéria- prima tecido, que elimina componentes tóxicos na etapa de obtenção das fibras, como na produção do plástico e no transporte.

Os oxidantes fotoquímicos são poluentes originados pela queima de combustíveis e solventes e são produtos das reações entre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Podem influenciar nesta categoria o transporte e a produção do tecido, que também contem algumas atividade de transporte e que emitem resíduos industriais gasosos.

Na categoria de impacto formação de material particulado são os principais contribuintes a produção do tecido em decorrência da fabricação de sua fibra de algodão e da energia elétrica utilizada, como também o transporte.

Para melhor visualizar o potencial de impacto da contribuição dos processos, foram selecionadas quatro categorias de impacto para se representar graficamente. As categorias de impacto Mudança climática, Acidificação terrestre, Eutrofização de água doce e Ecotoxicidade terrestre são apresentadas nas figuras 10,11,12 e 13 respectivamente.

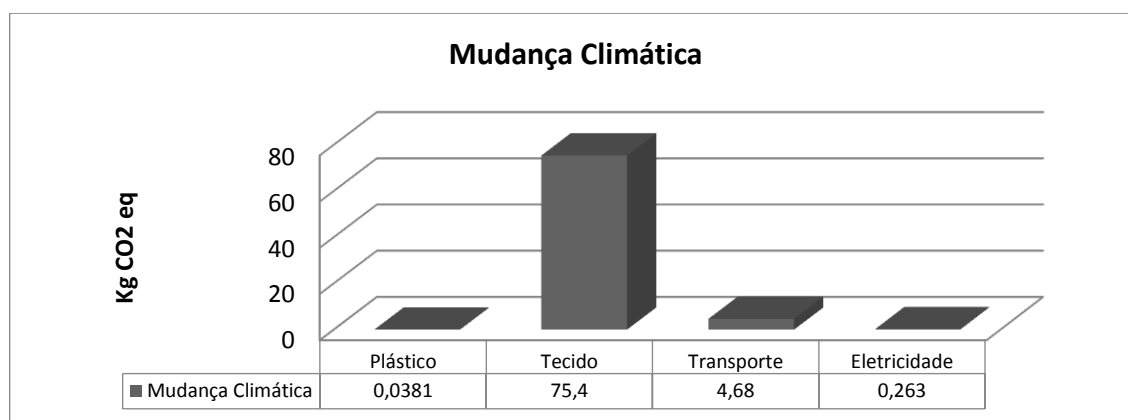


Figura 10- Mudança Climática

Na figura a cima é possível identificar que o sub-processo “Tecido”, que representa a obtenção da matéria-prima tecido é o principal contribuinte da categoria de impacto Mudança climática. O que contribui neste sub-processo é, segundo o SimaPro, o elemento Tetrafluoroethylene (C₂F₄), um monômero do politetrafluoretileno, e a eletricidade consumida na produção.

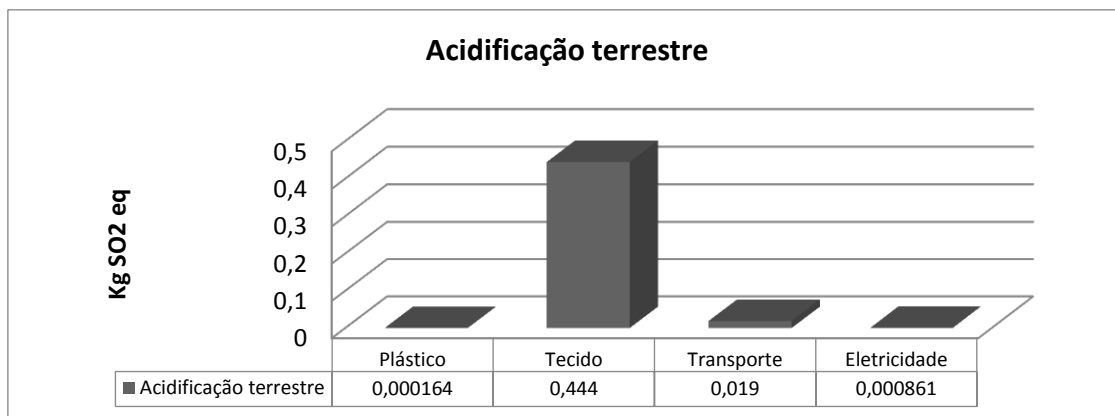


Figura 11- Acidificação Terrestre

Na figura 11 é demonstrado que o sub-processo “Tecido” apresenta a maior contribuição na categoria de impacto Acidificação Terrestre. Essa contribuição é resultado, segundo o software, do cultivo da fibra de algodão e da eletricidade utilizados no processo de produção do tecido.

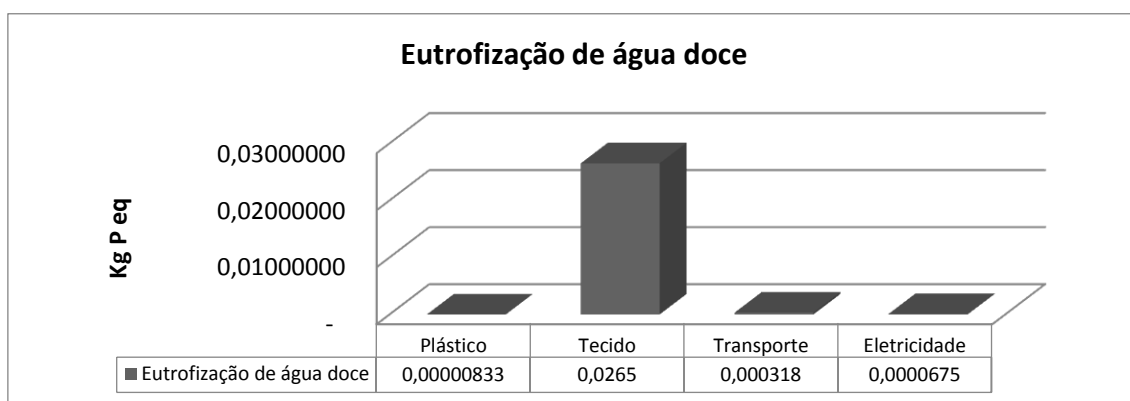


Figura 12-Eutrofização de água doce

Na categoria de impacto Eutrofização de água doce o produto tecido tem maior significância devido à contribuição do impacto no ciclo de vida da produção do tecido de algodão, como também tem importância o transporte e a eletricidade.

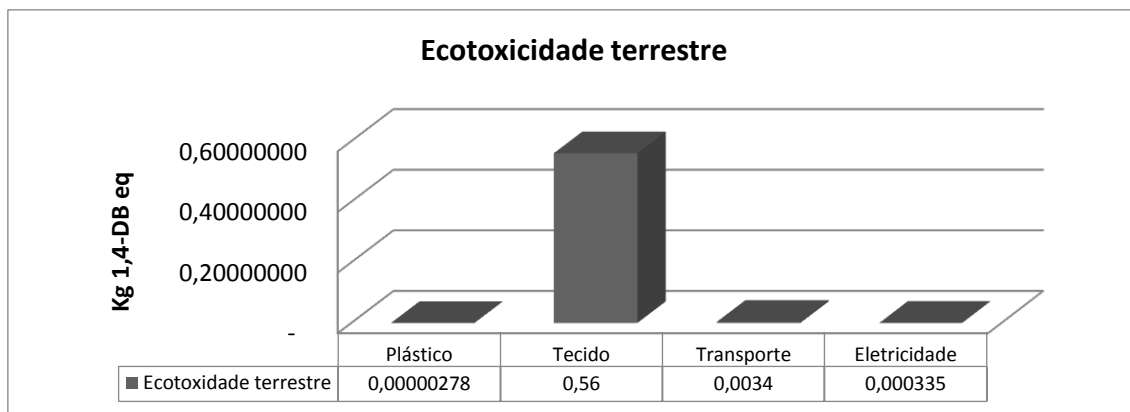


Figura 13- Ecotoxicidade Terrestre

Na categoria de impacto Ecotoxicidade terrestre o “Tecido” também apresenta uma maior contribuição, resultado da produção da fibra de algodão. O cultivo de algodão causa inúmeros impactos no ambiente devido o seu grande consumo de água, produtos químicos utilizados e rejeitos liberados sem o adequado tratamento na natureza.

O software apresentou resultados baseados na produção de tecidos de fibra de algodão, pois esse sub-processo precisou ser utilizado da base de dados do programa em decorrência da falta de dados, visto que essa atividade não era o foco do estudo e por ser condizente com o material utilizado na confecção, assim como as atividades de obtenção das outras matérias-primas foram utilizados de sua base de dados.

As etapas relacionadas ao tecido contribuem potencialmente mais para a maioria das categorias de impacto ambiental, desta forma, uma alternativa para a redução desses impactos poderia ser a reutilização das fibras de algodão na produção de novos tecidos, diminuindo a necessidade da fase de plantio de fibras. O cultivo da fibra de algodão gera grandes impactos ao ambiente principalmente em decorrência do uso intenso de pesticidas, assim, outra possibilidade seria a escolha de novas fibras têxteis que não exigem tantos produtos químicos como também um maior cuidado durante sua utilização visando preservar a saúde dos indivíduos.

Ainda pensando no tecido, poderiam ser utilizados tecidos reciclados no processo, tecidos estes feitos com resíduos têxteis de fibra de algodão e com a reciclagem de garrafas PET. Outras formas de preservar o ambiente seria repensar as alternativas de transporte, bem como, as fontes de energia utilizadas.

É aconselhável também analisar as etapas da confecção visando reduzir os desperdícios, principalmente de tecido, buscando aproveitá-lo da melhor forma e definindo meios para reutilizá-lo no processo, resultando em menores impactos ao ambiente.

5 CONCLUSÃO

Analisando o objetivo inicial do trabalho, ou seja, a avaliação de impacto ambiental de uma indústria de confecção, realizando a caracterização e quantificação de seus recursos utilizados e a interpretação de seus dados, considera-se que os resultados foram alcançados.

Com o estudo é possível concluir que a etapa de maior impacto ao meio ambiente e a saúde humana no ciclo de vida da confecção industrial é a fase de produção das matérias-primas, em especial o tecido. Isso é resultado do uso de grandes extensões territoriais e fertilizantes para a produção da fibra de algodão, como também do uso de transportes e energia elétrica.

A produção do algodão é um dos grandes problemas do setor da indústria têxtil, visto sua grande necessidade de água e produtos químicos prejudiciais à saúde dos agricultores e da natureza. Pesquisados já estudam novas formas de plantio, objetivando reduzir seus impactos negativos, no entanto, nem sempre as alternativas encontradas satisfazem financeiramente o mercado produtor, o que torna a produção convencional do algodão a mais utilizada ainda.

Entretanto, algumas ações estratégicas no dia-a-dia da confecção podem ajudar a reduzir o desperdício de suas matérias-primas, como o tecido, e que por consequência diminuem a necessidade de seu consumo. Pensar formas de controle de qualidade no início do processo, controlar os processos produtivos evitando perdas desnecessárias, estabelecer níveis de sobras de tecido aceitáveis para uma certa produção, rever sua modelagem quando este nível for elevado, entre outras medidas poderiam ser adotadas.

A preocupação com a preservação do ambiente deve ser iniciada na produção da peça, buscando materiais e processos mais limpos e eficazes, mas também necessita de uma consciência de consumo sustentável por parte dos consumidores e do impacto gerado na natureza no descarte incorreto destas peças no fim do seu ciclo de vida.

Na tarefa de preservar o meio ambiente são necessárias medidas que visem à diminuição da geração de poluentes e resíduos, desta forma a ACV surgiu como um importante instrumento para a avaliação do impacto ambiental de produtos e serviços e fornece informações necessárias para o desenvolvimento de tais medidas, possibilitando também a indicação de qual parte do processo merece maior atenção para sua aplicação. Como auxílio a estudos de ACV o software SimaPro se mostrou muito importante e confiável para este tipo de trabalho.

Apesar de ser uma ferramenta onde sua utilização no país ainda esta em processo de fortalecimento, principalmente relacionado à obtenção de dados reais do cenário brasileiro,

em virtude da grande relevância de seus resultados a expectativa é que ela se torne cada vez mais utilizada para o auxílio de tomada de decisões devido à importância que a problemática ambiental vem ganhando no cenário mundial.

Como sugestão para próximos trabalhos na área de ACV relacionado à indústria Têxtil seriam interessantes estudos comparativos sobre diferentes materiais, sobre os impactos causados pelas atividades de tratamento de resíduos, identificando quando tal tratamento é mais indicado, modificações no processo demonstrando quais alternativas iriam reduzir os impactos no ambiente, dentre outros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental– Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão Ambiental- Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSIS, S. F. de; SOUZA, J. F. de; NASCIMENTO, L. C. Diagnostico dos Resíduos Sólidos gerados pelas indústrias de confecção de Colatina- ES. In: Jornada de Iniciação Científica do Cefetes ; Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. 3;1, 2008. Espírito Santo. **Anais ...** Espírito Santo: CEFETES, 2008.

ALVARENGA, RODRIGO AUGUSTO FREITAS DE. **Avaliação de métodos de AICV: um estudo de caso de quatro cenários de ração para frangos de corte**. 2010. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2010.

ALVES, JESÉ EUSTÁQUIO DINIZ. **A Terra no limite. Quanto a humanidade já consumiu dos recursos naturais do planeta e o que precisa fazer para manter uma situação sustentável**. Veja / Especial Sustentabilidade. 2010. Disponível em:<<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/terra-limite-humanidade-recursos-naturais-planeta-situacao-sustentavel-637804.shtml>>. Acesso em: 4 abr. 2016.

BARBIERI, JOSÉ CARLOS; CAJAZEIRA, JORGE EMANUEL REIS. Avaliação do ciclo de vida do produto como instrumento de gestão da cadeia de suprimento – o caso do papel reciclado. SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 12, 2009, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: FGV/ EAESP, 2009.

BARCELOS, SILVIA MARA BORTOLOTO DAMASCENO. **Indicadores de sustentabilidade em indústrias de vestuário no APL de Maringá/Cianorte-PR**. 2012. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

BARRETO, LUCIANO VIEIRA et al. **Eutrofização em rios Brasileiros**. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

BIDONE, F. R. A; PIVONELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. 1.ed. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BLUMENSCHNEIN, RAQUEL NAVES; MILLER, KÁTIA BROETO. **Análise de Ciclo de Vida: conceitos e função**. 200-?.

BRASILa. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Cadeia produtiva Têxtil e de Confecções**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=3696>>. Acesso em: 16 fev. 2015.

BRASILb. Lei nº 10.165, de dezembro de 2000. **Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L10165.htm>. Acesso em: 4 abr. 2016.

BRASILc. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

BRASILd. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO. **Resolução nº04, de 15 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre a aprovação do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida e dá outras providências, 2010.

BRASILE. **Têxtil e Confecção: Inovar, Desenvolver e Sustentar**. Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção: CNI/ABIT. 2012.

BRASILf. Lei nº 10.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 4 abr. 2016.

CARVALHO, MARIA BEATRIZ MAURY DE. Avaliação de Ciclo de Vida: Ferramenta do Pensamento Sistêmico. **Sustentabilidade em Debate**, v. 1, n. 1, p. 123-124, 2010.

CARVALHINHA, MARÍLIA PICCININI DA. **O Setor do Vestuário: Uma análise sobre as possibilidades estratégicas das empresas do vestuário no Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARTWRIGHT, JANE et al. **Assessing the environmental impacts of industrial laundering: life cycle assessment of polyester/cotton shirts**. Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara; Mission Linen Supply, 2011.

COSTA, ANA CRISTINA RODRIGUES DA; ROCHA, ÉRICO RIAL PINTO DA. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial**, n. 29, p. 159-202, 2009.

DIAS, TIAGO FILIPE COSTA MADRUGA. **Avaliação Multicritério da Sustentabilidade em Cadeias de Abastecimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industria)- Tecno Lisboa, Lisboa, 2014.

ECYCLE. **Queima de diesel e incêndios florestais contribuem duas vezes mais para o aquecimento global que o esperado**. Disponível em:<
<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/1296-queima-de-diesel-e-incendios-florestais-contribuem-para-o-aquecimento-duas-vezes-mais-que-o-esperado.html>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

FERREIRA, JOSÉ VICENTE RODRIGUES. **Análise de ciclo de vida dos produtos**. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FERREIRA, GABRIELA SILVA; CANVAS, RAFAEL DO NASCIMENTO. **Análise Comparativa do Ciclo de Vida do Biodiesel obtido a partir do Óleo de Dendê e Etanol versus Diesel de Petróleo**. 2014. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)- Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

FIRJAM, ALINE DE AQUINO; FERRAZ, FERNANDO TOLEDO. Uma breve análise acerca do segmento industrial têxtil e de confecção brasileiro pós década de 80 e a competitividade do setor no mercado de Juiz de Fora, MG. **REDIGE**, v. 2, n. 3, 2011.

FRANKLIN ASSOCIATES, Ltda. **Impact of Plastics Packaging on Life Cycle Energy Consumption & Greenhouse Gas Emissions in the United States and Canada Substitution Analysis**. Prepared for The American Chemistry Council (ACC) and The Canadian Plastics Industry Association (CPIA), 2014. Disponível em: <<http://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/Impact-of-Plastics-Packaging.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

FREIRE, E. ; LOPES, G. B. Implicações da Política Nacional de Resíduos Sólidos para as praticas de Gestão de resíduos no setor de confecções. **REDIGE- Revista de Design, Inovação e Gestão estratégica**, v. 4, n. 01, abr. 2013. Disponível em:< <http://www.cetiqt.senai.br/ead/redige/index.php/redige/article/view/190/234>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

FUJITA, RENATA MAYUMI LOPES; JORENTE, MARIA JOSÉ. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra e-Periódico**, v. 8, n. 15, p. 138-159, 2015.

GOEDKOOOP, MARK et al. ReCiPe 2008. **A Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level**, v. 1, 2013.

GRIEBELER, JULIANO MIGUEL BRAGA. **A Ação Política do Setor Industrial Têxtil no Brasil: A ABIT e a Abertura Comercial (1987-1997)**. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014.

IBICT. **Avaliação do Ciclo de Vida**. Disponível em:< <http://ontologia.ibict.br/acv/search?browse-all=yes>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

IRIS, GLEISE NERIS; SANTOS, L. G. L.; ALDA, R.; NEVES, T. V. **Oxidantes Fotoquímicos**. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Católica de Santos. 2009.

JOHNSON, IAN; WHITEHOUSE, PAUL. **Ecotoxicologia - princípios gerais**. Disponível em:<
http://webservice.mohid.com/CursoEcoriver/Documentos/Ecotoxicologia_PG.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

JÚNIOR, AFONSO FRAZÃO BARBOSA et al. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2009.

KVISETH, KJERSTI; TOBIASSON, TONE SKÅRDAL. **Pulling wool over our eyes: The dirty business of LCAs**. In: KEA Conference: Towards Sustainability in Textiles and Fashion Industry, Copenhagen. 2011.

LASSIO, JOÃO GABRIEL GONÇALVES DE. **Aplicação do Programa SimaPro na Avaliação dos Ciclos de Vida dos Materiais da Construção Civil: estudo de caso para um conjunto habitacional**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, A. M. F. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil: inserção e perspectivas**. Salvador: UFBA, 2007.

LIMA, DAIANA S. DE. **Avaliação do Ciclo de Vida dos Tubos de PVC produzidos no Brasil**. 2010. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)- Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

LUPATINI, MÁRCIO P. **As Transformações Produtivas na Indústria Têxtil-vestuário e seus Impactos sobre a Distribuição Territorial da Produção e a Divisão do Trabalho Industrial**. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2004.

KRAEMER, MARIA ELISABETH PEREIRA. A questão ambiental e os resíduos industriais. **XXV ENEGEP**, Porto Alegre, RS, 2005.

MENDES, ALESSANDRO. **Prêmio Ecodesign- Caso Sacolas Natura**, 2004. Disponível em:<http://www2.natura.net/Web/Br/ForYou/Hotsites/Premios/download/case_ecodesign_2004.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2015.

NASCIMENTO, ELIMAR PINHEIRO DO. **Trajatória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico**. Estudos avançados 26 (74), 2012.

NIINIMÄKI, KIRSI. Ecodesign and Textiles. **Research Journal of Textile and Apparel**, v. 10, n. 3, p. 67-75, 2006.

OBSERVASC. **Evoluindo para lidar com a acidificação dos oceanos**. Disponível em:<<http://www.observasc.net.br/pesca/index.php/artigos/ecologia/1549-2015-03-09-13-45-02>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

PEGORARO, LEANDRO ANDRADE. **Desenvolvimento de fatores de caracterização para toxicidade humana em avaliação do impacto do ciclo de vida no brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado)–Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 103p. Curitiba, Paraná.

PRÉ CONSULTANTS. **SimaPro: Reliable Databases and Methods**. Disponível em:<<http://www.pre-sustainability.com/databases>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

PRÉ CONSULTANTS, 2014. PRE.,. **SimaPro Database Manual**. 2014

QUEIROZ, PAULA GUIMARÃES MOURA; JACOMINO, VANUSA MARIA FELICIANO; DE BC. MENEZES, M. A. Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1233, 2007.

RIBEIRO, RODRIGO MÁRCIO. **Análise do Ciclo de Vida: Lâmpada Fluorescente Compacta versus Lâmpada Incandescente, Cenário Atual e Estudo de caso na Universidade de São Paulo**. 2010. 80f. Monografia (Especialização) - Gestão Ambiental e Negócios no setor energético, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTIAGO, LEONARDO. **O que é ACV?** Disponível em:<<http://acv.ibict.br/sobre/oquee.htm>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

SANTOS, ADRIANA DE PAULA LACERDA; FERNANDES, DIEGO SANCHES. Análise do impacto ambiental gerados no ciclo de vida de um tecido de malha. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, p. 1-17, 2012.

SEBRAE-SC. **Vestuário, Mercado do Paraná**. Disponível em: www.sebrae-sc.com.br/sis. Acesso em: 14 jan. 2015.

SETOR Têxtil e de Confecções. Disponível em: <http://investimentos.mdic.gov.br/public/arquivo/arq1273166252.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2015.

SINDVESTUARIO. **Setor têxtil e de confecção no Brasil busca competitividade internacional. 2014**. Disponível em: <http://sindinvestuario.org.br/2014/08/setor-textil-e-de-confeccao-no-brasil-busca-competitividade-internacional/>. Acesso em: 16 jun. 2015.

SOLAMIGO. **Efeitos da destruição da camada de ozônio**. Disponível em: <http://www.solamigo.org/efeitos-da-destruicao-da-camada-de-ozonio>. Acesso em: 21 nov. 2015.

SULE, ALTUN. Life Cycle Assesment of Clothing Process. Dept. of Textile Eng., College of Eng. and Architecture, University of Uludag Gorukle-Bursa. **Research Journal of Chemical Sciences**. v. 2, p. 87-89, 2012.

SUMIDA, PAULO YUKIO GOMES. **Efeitos da acidificação no metabolismo e trofodinâmica do bentos marinho**. Instituto Oceanográfico (IO). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2011.

TAVARES, SÉRGIO FERNANDO et al. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Florianópolis, 2006.

TAKEDA, ADRIANE. **Levantamento de Métodos de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) e Análise Comparativa dos Métodos mais Utilizados**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ZAPPAROLI, I. D.; DA SILVA, S. S. **Desenho da Metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do Etanol Combustível pelo Método CML 2000 com SimaPro**. São Paulo, 2011.

APÊNDICE A- Formulário

Formulário para coleta de Dados						
Processo elementar: Favor indicar qual ou quais setores de origem dos dados <input type="checkbox"/> Risco <input type="checkbox"/> Preparação para costura <input type="checkbox"/> Acabamento <input type="checkbox"/> Estoque de produto <input type="checkbox"/> Enfesto <input type="checkbox"/> Costura <input type="checkbox"/> Passadoria <input type="checkbox"/> Expedição <input type="checkbox"/> Corte <input type="checkbox"/> Limpeza da peça <input type="checkbox"/> Embalagem <input type="checkbox"/> Descarte de resíduos						
Obs.:						
Entrada de material	Materiais (unid:) : Favor preencher com outros materiais					
Mês	Tecido	Botão	Aviamento			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Total						
Obs:						
Consumo de água			Quantidade (Unid:)			
Mês						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Total						
Obs:						
Entrada de energia			Quantidade (Unid:)			
Mês						
1						
2						
3						
4						
5						

6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
Total	

Obs:

Saída de material (incluindo produtos)	Materiais (Unid:)					
	Mês	tecido	papel	plástico		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Total						

Obs:

Maquinário utilizado	
Risco	Observações:
Risco manual direto no tecido	
Risco manual sobre o papel	
Risco Automatizado (CAD)	
Outros (descrever em observações)	
Enfesto	Observações:
Manual	
Com suporte manual	
Carro Manual com alinhador de ourelas	
Carro automático com cortador de peças e alinhador de ourelas	
Outros (descrever em observações)	
Corte	Observações:
Manual	
Corte na Tesoura	
Mecanizado	
De Disco (ou lâmina redonda)	
De Faca (ou vertical)	
Máquina de Balancim (prensa)	
Serra Fita	
Máquina para Fazer Furos	

Eletrônico	
Laser	
Lâmina	
Outros (descrever em observações)	
Os resíduos são separados no fim do processo? –Ex: Separados entre plástico, papel e tecido. () Sim () Não	
Como é realizada a separação?	
Como é realizado o descarte dos resíduos?	
() Aterro sanitário () Reutilização	
() Doação () Venda () Outros	
Descrição do processo de descarte:	
Empresa (s) de destino dos resíduos:	
Nome:	UF: Tel: ()
Nome:	UF: Tel: ()
Nome:	UF: Tel: ()
Obs.:	

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196