

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

FLÁVIA TERUYA

**DIAGNÓSTICO PARA REALIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE
VIDA EM UM PROCESSO DE FIAÇÃO DE SEDA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2015

FLÁVIA TERUYA

**DIAGNÓSTICO PARA REALIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE
VIDA EM UM PROCESSO DE FIAÇÃO DE SEDA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental, do Departamento
Acadêmico de Engenharia Ambiental, da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Me. Bruno Samways dos
Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro
Piekarski

LONDRINA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná



Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Diagnóstico para realização de Avaliação do Ciclo de Vida em um
processo de fiação de seda

por

Flavia Teruya

Monografia apresentada no dia 17 de junho de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Lidiana Zocche
(UTFPR – Ponta Grossa)

Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior
(UTFPR)

Prof. MsC. Bruno Samways dos Santos
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, razão e sentido de todas as coisas.

Aos meus pais, Celso e Edna, e irmão Luiz, por serem sempre meu apoio, por se preocuparem tanto e investirem em minha vida de todas as formas.

À Fiação de Seda Bratac s.a., em especial Regina, Helio, Yakusan, supervisores e encarregados de produção, pelo acolhimento, por estarem sempre prontos a me ajudar e pela paciência com todas as dúvidas.

Aos professores Bruno e Cassiano pelas orientações.

A Desirée, amiga e exemplo, pelas conversas, conselhos, orações e por acreditar tanto em mim.

Aos meus amigos, os melhores que poderia ter, pelo companheirismo, tempo de qualidade, demonstrações de carinho, pelas incontáveis ajudas e por entenderem minha ausência nesta etapa.

“Você nunca será velho demais para traçar outro objetivo ou sonhar um novo sonho.” (C.S. Lewis)

RESUMO

TERUYA, Flávia. Diagnóstico para realização de Avaliação do Ciclo de Vida em um processo de fiação de seda. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

O setor industrial está entre os maiores causadores de danos ao meio ambiente. O Brasil é um grande produtor de fios e filamentos e o processo da seda possui impactos ambientais maiores que de outras fibras naturais. A partir da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) torna-se possível avaliar cada efeito gerado ao longo da vida de um produto para que, assim, as etapas com maior potencial para a degradação ambiental sejam identificadas e soluções sejam propostas e aplicadas com efetividade. O presente estudo tem como objetivo diagnosticar condições para a realização de ACV em uma empresa produtora de fios de seda crua situada na cidade de Londrina, Paraná. Para a condução da pesquisa outras aplicações de ACV do ramo foram analisadas e levou-se em conta os requisitos das normas NBR ISO 14040 e 14044. Dados e informações de toda a cadeia produtiva do fio de seda foram levantados a fim de iniciar a construção do Inventário do Ciclo de Vida (ICV). Foi construído um fluxograma abordando todas as etapas contidas no escopo, bem como cada uma, de maneira individual, foi caracterizada com suas atividades, entradas e saídas. Materiais e energias consumidos e gerados foram quantificados de acordo com a disponibilidade dos dados. Foi possível concluir com os dados obtidos que a empresa estudada procura diminuir o impacto ambiental de seu processo produtivo com ações que são consequência dos requisitos seguidos da NBR ISO 14001. Se a empresa monitorasse os fluxos dos processos elementares de maneira individual seria possível dar continuidade e concluir a ACV. Com isto, outras propostas de melhoria poderiam ser feitas a fim de manter e tornar a produção de fio de seda crua ainda mais sustentável.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Fio de seda crua.

ABSTRACT

TERUYA, Flávia. Diagnosis for conducting Life Cycle Assessment in a silk spinning process. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental - Federal University of Technology - Londrina, 2015.

The industrial sector is among of the most environment impactful sectors. Brazil is a major producer of wires and filaments and the silk production has greater environmental impacts than other natural fibers production. From the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, each effect generated during the product's life becomes possible to be evaluated. So, steps with the greatest potential for environmental degradation are identified and solutions are proposed and implemented effectively. This study aims to diagnose conditions for carrying out LCA in a raw silk yarn industry, in Londrina, Paraná. To conduct research, other LCA applications were reviewed and took into account the requirements of ISO 14040 and 14044. Data and information from silk yarn production were raised to construct the Life Cycle Inventory (LCI). A flowchart was built addressing all activities, inputs and outputs of the steps contained in the scope. Materials and energy consumed and generated were quantified according to data availability. With the data obtained, it was concluded that the studied company seeks to reduce the environmental impact of its production process with actions that are result of followed requirements of ISO 14001. If the company would monitor the flows of elementary processes individually it would be possible continuing and complete the LCA. With this, other proposals for improvement could be made in order to maintain and turn the raw silk yarn production more sustainable.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA). Raw silk yarn.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do ciclo de vida de produtos	9
Figura 2 - Existência e organização da política ambiental nas empresas	12
Figura 3 - Adoção da ISO 14001 nas empresas	13
Figura 4 - Adoção das demais ferramentas do conjunto de normas ISO 14000 nas empresas.....	13
Figura 5 – Estrutura do trabalho.....	15
Figura 6 – Ciclo PDCA do modelo de SGA da norma NBR ISO 14001	19
Figura 7 – Estágios do Ciclo de Vida de um produto	21
Figura 8 – Fases da estrutura metodológica da ACV.....	24
Figura 9 - Elementos da fase de AICV Fonte: ABNT (2009)	27
Figura 10 - Categoria de impacto a <i>midpoint</i> e <i>endpoint</i>	29
Figura 11 - Fio de seda crua em forma de meadas.....	35
Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo do fio de seda crua.....	37
Figura 13 – Crisálida e estopão: subprodutos gerados a partir de resíduos da fiação de seda.	45
Quadro 1 – Normas técnicas da série ISO 14000 que abordam a ACV.....	21
Quadro 2 – Métodos de AICV	30
Quadro 3 - Descrição, entradas e saídas da etapa 1 – Secador.....	38
Quadro 4 - Descrição, entradas e saídas da etapa 2 – Seleção	39
Quadro 5 - Descrição, entradas e saídas da etapa 3 – Cozimento	40
Quadro 6 - Descrição, entradas e saídas da etapa 4.1 – Fiação Automática	41
Quadro 7 - Descrição, entradas e saídas da etapa 4.2 – Fiação Semiautomática (Dupion)	42
Quadro 8 - Descrição, entradas e saídas da etapa 5 – Enrolamento.....	43
Quadro 9 - Descrição, entradas e saídas da etapa 6 – Acabamento	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantificação de entradas e saídas para produção de 1 meada de fio de seda crua.....	45
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL	16
2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV.....	20
2.2.1 Benefícios e Limitações	22
2.2.2 Estrutura da ACV	23
2.2.2.1 Definição de objetivo e escopo	24
2.2.2.2 Análise de inventário.....	25
2.2.2.3 Avaliação de impacto	26
2.2.2.4 Interpretação	28
2.3 MÉTODOS DE ACV.....	28
2.4 A PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DE FIAÇÃO	30
2.5 RELAÇÕES ENTRE ESTUDOS DE ACV E FIAÇÃO DE SEDA	31
3 METODOLOGIA.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	35
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO E APRESENTAÇÃO DE DADOS PARA ICV.....	37
4.3 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES COLETADAS COM OS REQUISITOS NORMATIVOS	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Entre os maiores causadores de danos ao meio ambiente está o setor industrial (CAJAZEIRA, 2011) que via a questão ambiental como algo que demandava tempo e custo para ser abordada, tornando-a extremamente indesejável (PASSOS e CAMARA, 2003). Contudo, ao longo das últimas décadas os processos produtivos têm sido impactados pela postura da sociedade quanto à importância da preservação da natureza (SEO e KULAY, 2006).

As empresas começaram buscar soluções ambientais a partir da década de 70, quando o paradigma de minimização dos impactos predominava (CARVALHO, 2010). Já na segunda metade dos anos 80, a conduta reativa passou a ser preventiva (SEO e KULAY, 2006), ou seja, visava a utilização dos insumos de maneira mais eficiente e as ações foram estendidas para toda a organização (BARBIERI, 2011).

Com o objetivo de reduzir os impactos ambientais de suas atividades, chegou-se ao conceito de gestão ambiental da produção. As empresas precisam ampliar o foco das preocupações ambientais a fim de contemplar toda a cadeia produtiva. Esta, conforme descrito na Figura 1, é entendida desde a obtenção da matéria-prima à destinação final do produto pelo consumidor que, devidamente processado, pode retornar como uma nova matéria-prima, fechando assim o que se entende por ciclo de vida do produto (COSTA, 2007).

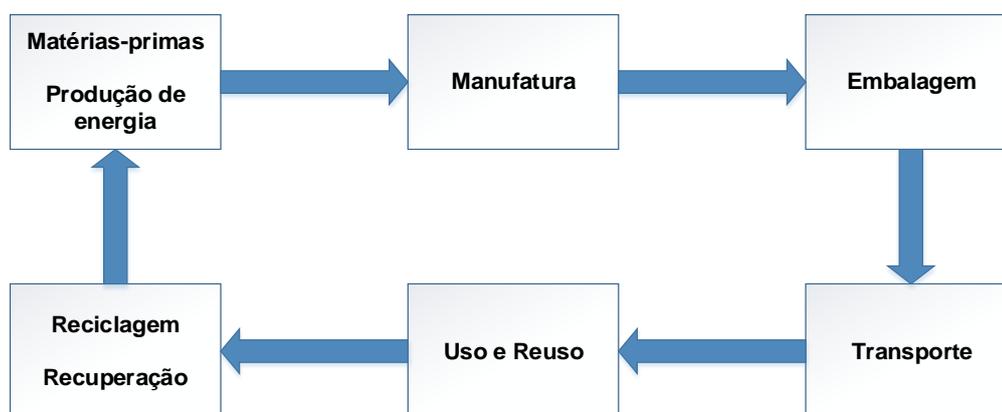


Figura 1 – Representação do ciclo de vida de produtos
Fonte: Adaptado de Chehebe (1997).

Diante das necessidades apresentadas surge então a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com a metodologia de avaliar cada um dos efeitos ambientais gerados ao longo da vida de um produto (CARVALHO, 2010). A execução desta ferramenta compreende a identificação e quantificação das interações das atividades de produção com o meio ambiente (aspectos ambientais) e a avaliação dos potenciais impactos associados (RIBEIRO, 2009). Seo e Kulay (2006) ressaltam ainda que ela é a única de sua classe que permite, segundo um foco de abordagem sistêmico, a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental de um produto.

Estas preocupações se dão principalmente nos setores cujo produto final tende a provocar impactos diretos no equilíbrio do ecossistema, caso este da indústria têxtil (BARBOSA, 2012). Segundo a autora, o Brasil ocupa a 7ª posição no mundo na produção de fios e filamentos. Uma indústria de fiação de seda localizada em Londrina/PR, foco do presente estudo, é hoje a maior produtora de fios de seda crua da América Latina. Em todo seu processo produtivo há um elevado consumo de água e energia, bem como a geração de efluente e diversos resíduos.

Observa-se, assim, a relevância de um maior e melhor entendimento do ciclo de vida do produto em questão, a fim de se obter as melhores estratégias ambientais na gestão ambiental da empresa. Portanto, pretende-se buscar responder neste trabalho a seguinte questão: **Quais seriam as condições para a realização de uma ACV em uma empresa produtora de fios de seda?**

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Diagnosticar condições para realização de uma ACV em uma empresa produtora de fios de seda.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o processo produtivo do fio de seda de uma indústria de fiação de seda crua, descrevendo e identificando os principais materiais e energias consumidos e gerados;
- Comparar as informações coletadas com os requisitos normativos da norma NBR ISO 14040 e 14044;
- Analisar se a empresa dispõe de dados suficientes para a realização da ACV.

1.2 JUSTIFICATIVA

No geral, a produção de seda possui impactos ambientais maiores que de outras fibras naturais (ASTUDILLO et al, 2014). Visto isso, a ACV é uma ferramenta que tem como objetivo analisar os impactos ambientais potenciais das fases de um sistema produtivo (BARBOSA, 2012).

Barbosa (2012) ressalta que as atividades industriais, além de impactarem o meio ambiente, atingem de forma direta e indireta grandes parcelas da população. Como consequência, dois problemas para o futuro imediato surgem: os recursos naturais são limitados e podem se esgotar; e a exploração e a industrialização tão intensas como as atuais colocam em perigo a sobrevivência do ser humano no planeta, em razão da contaminação e da alteração do meio físico (BARBOSA, 2012).

As conclusões obtidas de diversos estudos de ACV realizados em diferentes atividades produtivas (FERREIRA, 2007; SANTOS, 2007; BARBOSA, 2012;

CAMPOS, 2012a; CAMPOS, 2012b; SILVA, 2012; PIEKARSKI, 2013; VILELA, 2013; ASTUDILLO et al., 2014; FERREIRA, 2014) demonstraram que a partir desta ferramenta é possível identificar quais etapas possuem maior contribuição potencial para a degradação do meio ambiente, bem como quais são os impactos e, assim, propor ações de melhoria. Estes resultados comprovam a ideia de Bastos e Possamani (2002) de que com a aplicação da ACV uma empresa é capaz de concluir o que contribui efetivamente para a elevação das emissões de poluentes em meios líquido, gasoso e sólido.

Entretanto, um levantamento realizado em 2013 sobre as práticas ambientais de 853 grandes empresas brasileiras (ANÁLISE GESTÃO AMBIENTAL, 2013) mostrou que apesar da maioria absoluta possuir política ambiental formalizada (Figura 2 - Existência e organização da política ambiental nas empresas), a norma mais comum a ser empregada neste meio é a ISO 14001 (ABNT, 2004) (Figura 3 - Adoção da ISO 14001 nas empresas).

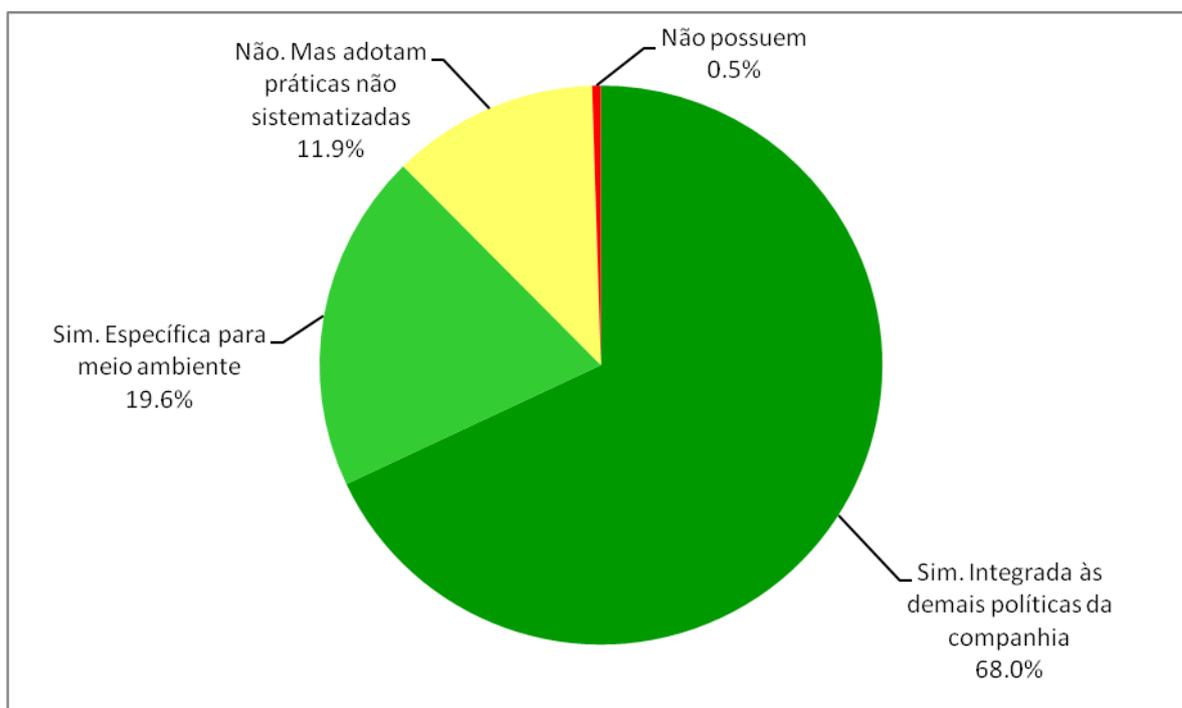


Figura 2 - Existência e organização da política ambiental nas empresas
Fonte: Análise Gestão Ambiental, 2013.

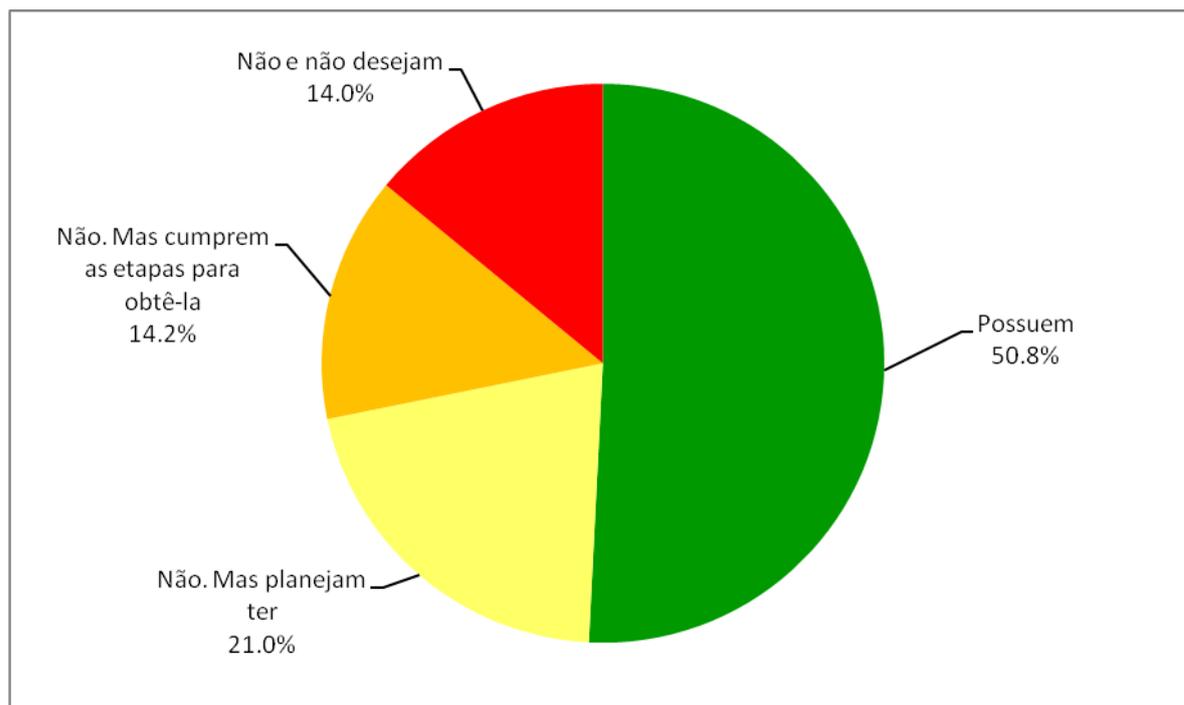


Figura 3 - Adoção da ISO 14001 nas empresas
Fonte: Análise Gestão Ambiental, 2013.

Dentre as empresas que adotam demais regras da série 14000, observa-se na Figura 4 - Adoção das demais ferramentas do conjunto de normas ISO 14000 nas empresas que apenas 14,4% de todas as empresas levantadas usam a ACV do produto e 8,6% do processo.

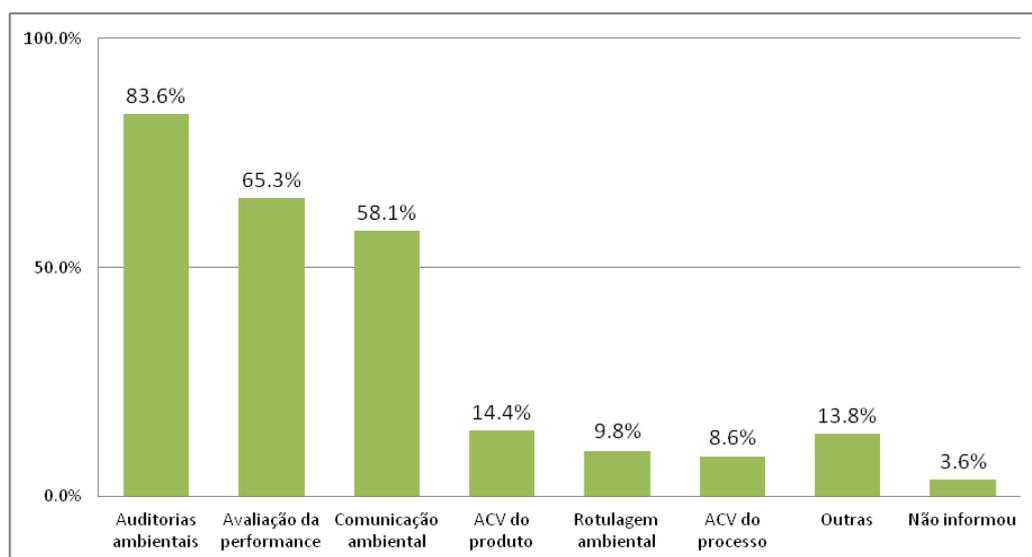


Figura 4 - Adoção das demais ferramentas do conjunto de normas ISO 14000 nas empresas
Fonte: Análise Gestão Ambiental, 2013.

Estas informações indicam que apesar da questão ambiental já possuir seu espaço no meio empresarial, a prática da ACV ainda não é muito difundida em comparação às demais. Um dos motivos pode estar no fato de que hoje ainda faltam inventários e banco de dados regionais para facilitar e trazer maior confiabilidade aos resultados do trabalho (RIBEIRO, 2009).

Entende-se, portanto, que, sendo a ACV capaz de auxiliar na identificação de diferentes alternativas e de sugerir meios para modificar ou criar um sistema a fim de diminuir os impactos ambientais (AZAPAGIC, 1999), a criação de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e colaboração para bancos de dados se torna importante para o andamento da ferramenta em questão.

O presente estudo visa, portanto, contribuir para a realização da metodologia da ACV no processo produtivo em questão e, desta forma, promover uma produção mais sustentável, a partir do entendimento dos benefícios que esta ferramenta proporciona.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é apresentado em cinco capítulos. O primeiro traz a contextualização do tema, aborda o problema questão e traça os objetivos geral e específicos e a justificativa para a realização do estudo.

No capítulo 2 é descrita toda a fundamentação teórica, abordando a gestão ambiental empresarial, a Avaliação do Ciclo de Vida e a produção da indústria de fiação. São abordados os benefícios e limitações, estrutura e métodos da ACV, bem como são relacionados e descritos estudos de ACV abordando o setor têxtil e de fiação de seda.

A metodologia do trabalho é exposta no capítulo 3, descrevendo o período e forma de coleta de dados.

O capítulo 4 apresenta os resultados encontrados e discute se as informações disponíveis pela empresa são suficientes para a elaboração completa do estudo de ACV.

Por fim, o capítulo 5 descreve a conclusão dos objetivos anteriormente definidos.

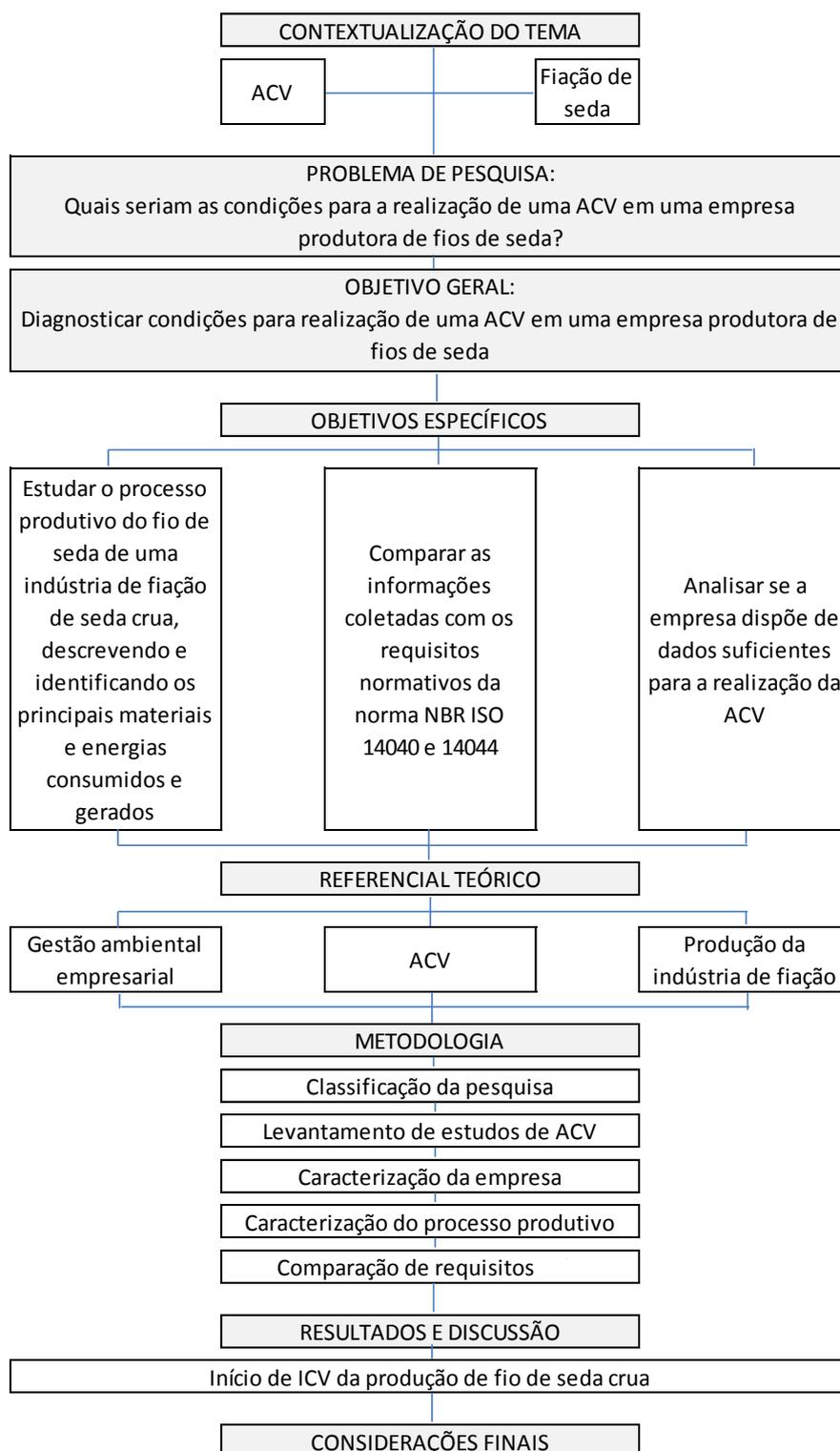


Figura 5 – Estrutura do trabalho
Fonte: autoria própria

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De forma a contextualizar o estudo, este capítulo apresenta a importância da gestão ambiental para as organizações (2.1), o contexto da ACV e sua forma de aplicação (2.2), a descrição dos métodos de ACV (2.3), a produção da indústria de fiação (2.4) e a relação de estudos de ACV com a fiação de seda (2.5).

2.1 GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL

A gestão ambiental pode ser definida basicamente como sendo a ordenação das atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio ambiente (HERMANNNS, 2005).

Do ponto de vista empresarial, o objetivo da gestão ambiental é obter o desenvolvimento sustentável para a organização, sendo ela o principal instrumento para que isto ocorra (DIAS, 2011). Em conformidade, Barbieri (2011) a entende como um conjunto de diferentes atividades administrativas e operacionais realizadas pela organização, com o intuito de abordar problemas ambientais decorrentes da sua atuação ou para evitar que eles ocorram no futuro.

Para Silva e Nascimento (2007), a gestão ambiental empresarial está essencialmente voltada a companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições. É um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e segurança das pessoas e a proteção ao meio ambiente. Isto se dá por meio da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implementação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida de um produto. Assim, estas ações integradas buscam adequação à legislação e melhoria da imagem da organização (LIMA; CUNHA; LIRA, 2010).

Segundo Dias (2011), as empresas podem responder ao grande número de normas legais e às críticas feitas pela sociedade devido aos impactos negativos causados pelas atividades industriais de duas maneiras: reagindo aos problemas conforme vão surgindo ou atuando de forma antecipada a fim de evitar os impactos. A primeira resposta é nomeada por método corretivo, buscando eliminar ou reduzir

impactos ambientais gerados pelas atividades, possuindo, portanto, um caráter reativo. Do outro lado, a segunda é indicada como uma política proativa, havendo a implicação de um planejamento prévio com base nos possíveis efeitos ambientais para evitar os impactos, o que pode levar a uma reestruturação não somente dos produtos, mas dos processos envolvidos ao longo de toda a vida deles. Neste caso, o estudo é feito na origem do impacto, de forma a buscar a causa.

Grande parte dos esforços tecnológicos e financeiros empresariais está ligada à aplicação de técnicas corretivas. Entretanto, para que o desenvolvimento sustentável seja efetivamente alcançado, é necessário que tais medidas sejam substituídas por políticas preventivas, o que trará inúmeras vantagens e benefícios já que cada vez mais administrações públicas, comunidades, órgãos financiadores, entre outros, vinculam ações condicionadas à melhoria da ação ambiental (DIAS, 2011).

Lima, Cunha e Lira (2010) apontam que a adoção deste novo mecanismo traz para dentro da empresa benefícios tangíveis, que contempla a redução dos custos produtivos, e intangíveis, proveniente da utilização mais eficiente dos recursos e, conseqüentemente, uma melhoria de imagem. Além disto, Santos e Porto (2008) citam que as principais vantagens contemplam três aspectos: (i) econômicos, com a economia no consumo de matérias-primas e insumos, aproveitamento de resíduos sólidos e efluentes, aumento da produtividade, entre outros; (ii) ambientais e sociais, com a redução de risco de acidente de trabalho, minimização de impactos ambientais dos produtos, entre outros; e (iii) legais, com a redução e até eliminação de multas e penalidades devido a poluição, não ocorrência de riscos de indenizações a terceiros, entre outros.

Sabe-se, contudo, que não é fácil para a empresa modificar sua linha de produção, política organizacional e, principalmente, seus métodos de gestão. Portanto, para angariar vantagens com a implementação de um modelo sustentável, é preciso muitas vezes investir recursos significativos no início do processo (SANTIAGO; DUARTE, 2011), gerando uma grande barreira quando o interesse dos acionistas ou da alta administração é a rentabilidade a curto prazo, e não na sustentabilidade a longo prazo (SANTOS; PORTO, 2008).

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de responsabilidades organizacionais, procedimentos, processos e meios (DIAS, 2011), parte de um sistema de gestão de uma organização, utilizado para desenvolver e implementar

sua política ambiental e gerenciar seus aspectos ambientais (ABNT, 2004). A partir do momento que este sistema é inserido na empresa, esta deixa de agir apenas em função dos riscos, e passa a perceber também as oportunidades futuras (CORREIA, 2006).

Dentre os padrões certificáveis para sistemas de gestão ambiental existentes, destacam-se dois: a norma britânica BS 7750 e a norma internacional ISO 14001. As normas internacionais de gestão ambiental têm por objetivo prover às organizações os elementos de um SGA eficaz, passível de integração com outros requisitos de gestão, de forma a auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais, econômicos e social (ABNT, 2004).

Publicada em abril de 1992 pelo British Standards Institute (BSI), a BS 7750 foi a primeira norma elaborada com o objetivo de orientar qualquer organização no estabelecimento de um sistema de gestão de seu desempenho ambiental e de programas de auditoria ambiental, podendo ser considerada como a “mãe” de todas as normas sobre SGA (WENK, 2005). Contudo, com o desenvolvimento da norma ISO 14001 pela International Organization for Standardization (ISO) em 1993, a implementação de SGAs baseados na BS 7750, ao longo dos anos, ficou bastante restrita, o que pode ser evidenciado no Brasil, onde a maior parte das organizações opta por seguir os requisitos estabelecidos pela norma da ISO.

A norma NBR ISO 14001 (ABNT, 2004) é baseada na metodologia conhecida como “ciclo PDCA” (do inglês *Plan, Do, Check, Act*), ilustrado na Figura 2, onde: (i) o “P” (planejar) abrange estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização; (ii) o “D” (executar) significa implementar os processos; (iii) o “C” (verificar) implica em monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados; e (iv) o “A” (agir) define-se propriamente em agir para continuamente melhorar o desempenho do sistema da gestão ambiental.

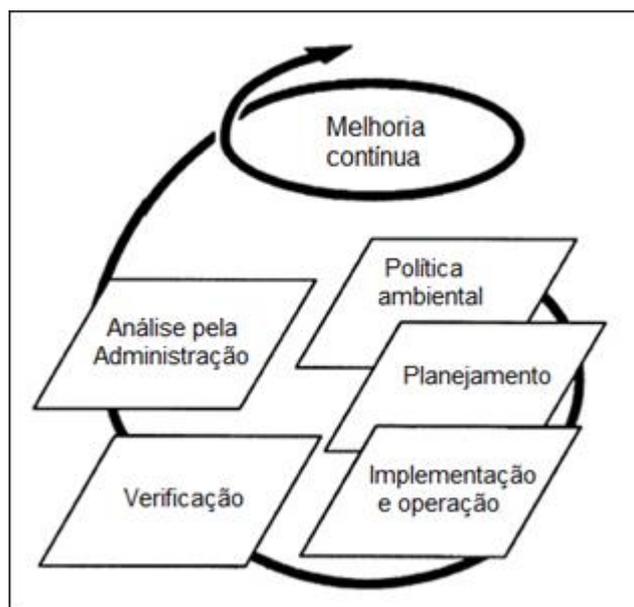


Figura 6 – Ciclo PDCA do modelo de SGA da norma NBR ISO 14001
Fonte: ABNT (2004).

O SGA é utilizado por organizações para efeito de certificação, registro ou autodeclaração. A implantação de um SGA, seguindo o ciclo PDCA possibilita a identificação de oportunidades de melhorias, que visam a redução dos impactos das atividades de uma empresa sobre o meio ambiente, orientando de forma otimizada os investimentos para a adoção de uma política ambiental eficaz e capaz de gerar novas receitas e oportunidades de negócio (ANDREOLI, 2002).

A adesão de uma empresa à NBR ISO 14001 proporciona, além de uma maior inserção no mercado internacional, vantagens organizacionais, redutoras de custos de operação, minimizadoras de acidentes e, obviamente, competitivas (CAGNIN, 2000; TURATTO, 2013), conseguindo demonstrar sua preocupação com o meio ambiente (MORAES; GORDONO, 2012).

Para a sociedade, a adesão das empresas à ISO 14001 resulta na melhoria da qualidade de vida decorrente da diminuição de impactos ambientais adversos, associado ainda a uma redução de custos, pois a prevenção da poluição estabelecida pela norma minimiza os poluentes e os desperdícios do processo de produção, racionaliza a alocação dos recursos naturais e humanos, e conduz a empresa a uma conquista da conformidade à legislação com um custo menor (CAGNIN, 2000).

2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV

A ACV analisa os aspectos ambientais de um determinado produto ou processo e avalia seus impactos ambientais (ALVARENGA, 2010). O enfoque gerencial desta metodologia constitui-se em uma forte tentativa de integrar a qualidade tecnológica do produto, a qualidade ambiental e o valor agregado tanto para o consumidor quanto para a sociedade, representando assim uma importante mudança estratégica dentro da empresa (CHEHEBE, 1997).

Sua integração num processo de tomada de decisão promove um entendimento acerca de impactos ambientais, o que tradicionalmente não são considerados na seleção de um produto ou processo, especialmente aqueles cuja ocorrência é fora do local de influência direta sobre os mesmos (EPA e SETAC, 2006).

Mesmo sendo empregada na avaliação de produtos, a ACV possibilita a identificação de etapas do processo passíveis de aprimoramento (SOUSA et al., 2010). Seu emprego permite detectar fontes diretas e indiretas de resíduos e poluentes (CARVALHO, 2010) e, com isso, a identificação de oportunidades de melhorias ambientais (UGAYA, 2001), já que é considerada uma ferramenta de avaliação do desempenho ambiental em todo o ciclo de vida (AZAPAGIC, 1999).

De acordo com o autor, o ciclo de vida de um produto compreende uma sucessão de estágios que vão desde a extração de recursos naturais, que entram no processo produtivo como matéria-prima, até a disposição do produto final, sistema este que EPA e SETAC (2006) identifica como *cradle-to-grave* (do berço ao túmulo). A Figura 7 ilustra estes possíveis estágios, bem como entradas e saídas avaliadas em uma ACV.

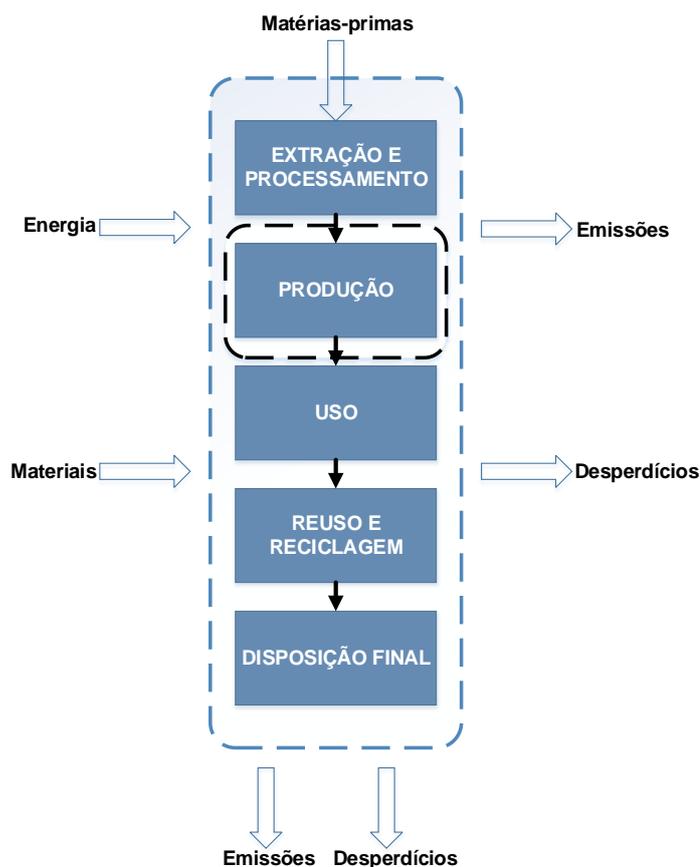


Figura 7 – Estágios do Ciclo de Vida de um produto
Fonte: Adaptado de Azapagic (1999).

A partir de 1990 que houve um notável crescimento no interesse e nas atividades da ACV na Europa e nos Estados Unidos da América (FERREIRA, 2004). Em 1992, a International Organization for Standardization (ISO) criou um comitê técnico (ISO/TC 207) visando a normalização de abordagens da gestão ambiental, incluindo a ACV. Até o momento foram publicadas as normas descritas no Quadro 1.

Norma	Título
ISO 14040	Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura
ISO 14044	Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações
ISO/TR 14049	Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 à definição de objetivo e escopo e à análise de inventário

Quadro 1 – Normas técnicas da série ISO 14000 que abordam a ACV
Fonte: Adaptado de Gadea (2010).

A norma ISO 14040 foi introduzida e homologada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2001, fazendo com que empresas e instituições nacionais passassem a ter interesse pela ACV e utilizassem, desde então, esta ferramenta como uma técnica para avaliação de seus processos produtivos sob o ponto de vista ambiental (RIBEIRO, 2009).

O autor ainda relata que, em vista da importância e do crescimento rápido da ACV, foi criada a Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABVC), para divulgar e desenvolver o uso da ACV, no ano de 2002, onde o cenário era de manifestação das autoridades brasileiras para que o país se capacitasse no uso da técnica a fim de não perder espaço no mercado mundial.

2.2.1 Benefícios e Limitações

No meio científico a ACV é considerada uma das principais metodologias de avaliação ambiental de produtos (ALVARENGA, 2010), e seu uso vem crescendo mundialmente à medida do desenvolvimento da consciência ambiental, como também em razão da crescente credibilidade dos seus resultados por meio do amadurecimento de seus métodos (SILVA, 2010).

Segundo ISO 14040 (2009), a ACV pode contribuir:

- na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental em diversos pontos do ciclo de vida de produtos;
- no nível de informação na tomada de decisão de indústrias e organizações governamentais ou não-governamentais (visando, por exemplo, ao planejamento estratégico, à definição de prioridades ou ao projeto ou reprojeto de produtos ou processos);
- na seleção de indicadores relevantes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição; e
- no marketing (por exemplo, na implementação de um esquema de rotulagem ambiental¹, na apresentação de uma reivindicação

¹ A conquista de um rótulo ambiental por um produto certifica que este apresenta menor impacto em relação aos outros disponíveis. É uma forma que a sociedade encontrou para encorajar fornecedores e fabricantes a oferecerem produtos que causem menores danos ao meio ambiente. As empresas reconhecem a conquista deste rótulo como uma vantagem, já que atesta maior qualidade ao produto e permite a inserção em mercados de alta exigência ambiental (CARVALHO, 2010).

ambiental ou na elaboração de uma declaração ambiental do produto).

Contudo, apesar do potencial que representa, a ACV demonstra ainda certas limitações (SEO e KULAY, 2006). Entre as principais, destaca-se o fato de ser um método abrangente, o que pode se apresentar como um fator limitante se não ocorrerem simplificações para alguns aspectos (CARVALHO, 2010). O autor ainda destaca que prováveis erros podem acontecer se houver a escolha de uma unidade funcional imprópria, exclusão de etapas consideradas incorretamente de pouca influência, ou utilização de dados disponíveis incorretos.

Ribeiro (2009) indica ser imprescindível a disponibilidade de um banco de dados regional que contenha informações representativas de consumo de materiais e energia, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. A quantidade de dados necessários para a realização do estudo é grande, resultando em uma execução demorada (EPA e SETAC, 2006) e de elevado custo (SEO e KULAY, 2006).

Ainda neste aspecto, a ausência de bancos de dados confiáveis é capaz de prejudicar a elaboração de políticas públicas ambientais devidamente adequadas à realidade (SILVA, 2010). Para o autor, só é possível tratar um mal quando se está de posse de um diagnóstico bem estruturado. Assim, essas informações seriam igualmente valiosas como subsídio para o desenvolvimento da ACV.

A análise por meio desta ferramenta é altamente complexa, trabalhosa e requer muitas variáveis. Assim sendo, é necessária uma estrutura formal dividida em etapas para sua melhor realização (CARVALHO, 2010), tópico abordado e detalhado no item em seqüência.

2.2.2 Estrutura da ACV

Para melhor condução da ACV, a ISO 14040 (NBR, 2009) a descreve em quatro fases distintas e interligadas, conforme descrito na Figura 8:

- definição de objetivo e escopo;
- análise de inventário;
- avaliação de impactos; e
- interpretação.



Figura 8 – Fases da estrutura metodológica da ACV
 Fonte: ABNT (2009).

As fases de definição do objetivo e escopo e de interpretação da avaliação do ciclo de vida enquadram o estudo, enquanto que as fases de análise de inventário e avaliação de impactos produzem informações sobre o sistema de produto (ISO 14044, 2009).

2.2.2.1 Definição de objetivo e escopo

O objetivo e escopo determinam o tempo e recursos necessários para a execução da ACV, ou seja, esta fase inicial guiará todo o processo, já que todas as decisões tomadas aqui impactam tanto a forma como o estudo será conduzido, como a relevância dos resultados finais. Nesta fase precisa-se determinar: o tipo de informação necessária; quão precisos os resultados devem ser; e como eles devem ser interpretados e ordenados para que sejam significativos e úteis no processo de tomada de decisão (EPA e SETAC, 2006).

A definição do objetivo consiste no estabelecimento da proposta do estudo, podendo ser alterada a qualquer momento (UGAYA, 2001). O escopo depende do

objetivo e do uso pretendido para o estudo. A profundidade e a abrangência da ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular (ISO 14040, 2009).

O processo de definição do escopo, segundo Ugaya (2001), abrange a:

- identificação do produto, processo ou atividade;
- identificação do sistema objeto de análise e de eventuais subsistemas (obtidos na fronteira entre o ciclo de vida, outros sistemas e o meio ambiente);
- definição da fronteira e do período objeto de análise;
- definição das intervenções e dos impactos ambiental; e
- definição da unidade funcional (quanto é necessário de cada insumo e matéria-prima para a fabricação de uma unidade do produto em estudo, por exemplo).

2.2.2.2 Análise de inventário

A fase seguinte de uma ACV é a análise de inventário do ciclo de vida (ICV). Trata-se de um inventário dos dados de entrada e saída (ISO 14040, 2009) a partir do levantamento de informações, qualitativas ou quantitativas acerca do produto, processo ou atividade (UGAYA, 2001). Sem o ICV não há base para avaliar os impactos ambientais. Ele irá fornecer uma lista contendo as quantidades de poluentes lançados no meio ambiente e de energia e demais materiais consumidos (EPA e SETAC, 2006).

Para a execução da análise do ICV é necessário que se defina, de acordo com a ISO 14040 (2009):

- os dados de cada processo elementar dentro da fronteira do sistema, bem como entradas de energia, entradas de matéria-prima, entradas auxiliares, outras entradas físicas, produtos, coprodutos, resíduos, emissões atmosféricas, descargas para a água e solos, e outros aspectos ambientais;
- os procedimentos de cálculo, incluindo a validação dos dados coletados, a correlação dos dados aos processos elementares, e a correlação dos dados aos fluxos de referência e à unidade funcional;

- e a alocação de fluxos e liberações, quando se tratar de sistemas que envolvem múltiplos produtos e sistemas de reciclagem.

2.2.2.3 Avaliação de impacto

A fase de avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV) compreende a análise de impactos potenciais para a saúde humana e meio ambiente dos recursos e emissões identificados na fase de ICV (EPA e SETAC, 2006) baseada em uma unidade funcional (ISO 14044, 2009). O objetivo é prover informações adicionais visando ao melhor entendimento da significância ambiental do sistema de um produto (ISO 14040, 2009). Os resultados são capazes de mostrar as diferenças entre impactos ambientais potenciais de produtos ou processos analisados, como, por exemplo, determinar qual deles contribui mais com o aquecimento global (EPA e SETAC, 2006).

Segundo a ISO 14044 (2009), a AICV consiste em elementos obrigatórios e opcionais, conforme ilustrado na Figura 9.

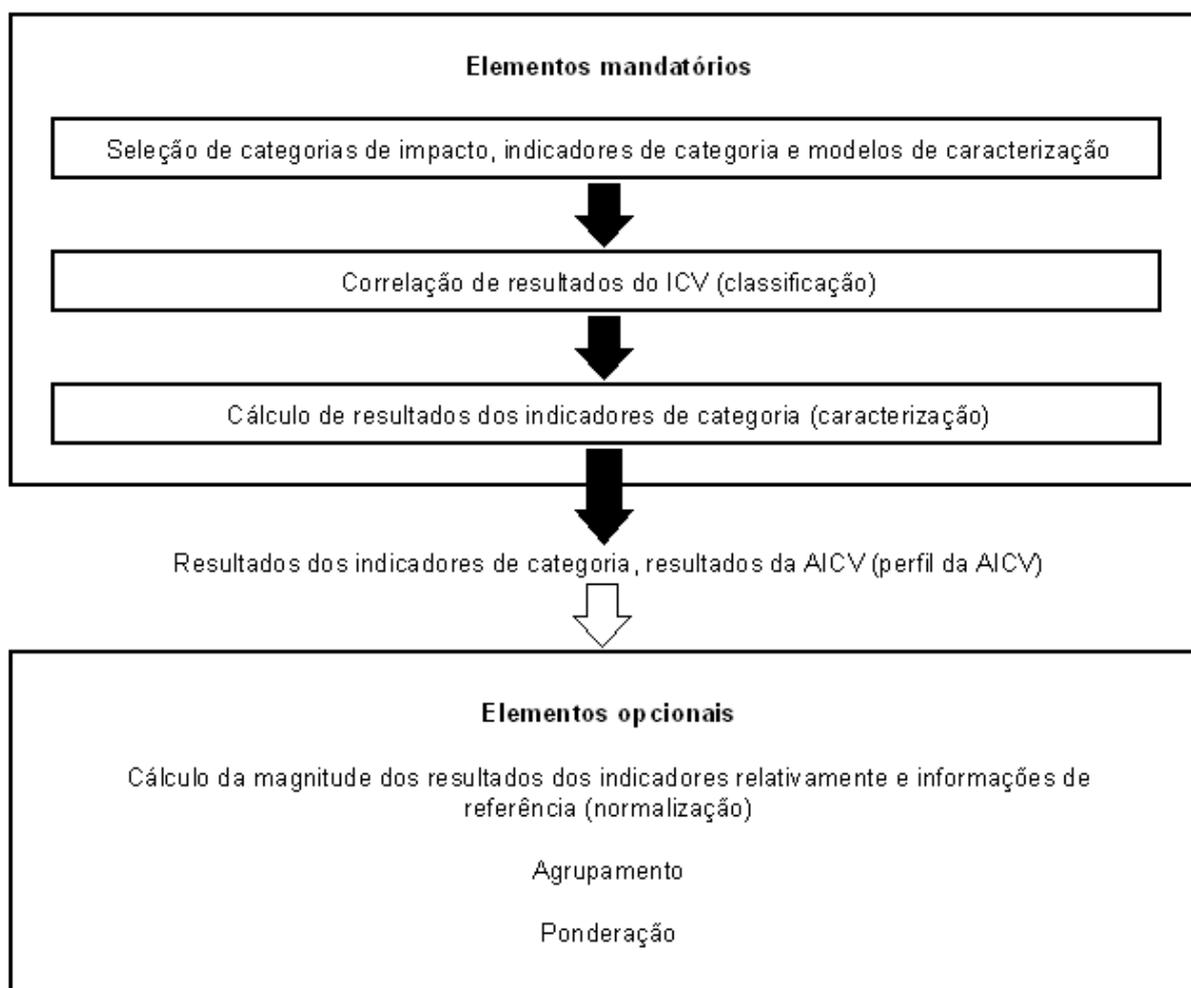


Figura 9 - Elementos da fase de AICV
Fonte: ABNT (2009)

Os obrigatórios incluem:

- a seleção das categorias de impacto (ex: mudança climática), indicadores de categoria (ex: forçamento radioativo infravermelho em W/m^2) e modelos de caracterização (ex: potencial de aquecimento global para cada gás de efeito estufa);
- a correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação); e
- o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização, com a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto. O resultado é um resultado numérico do indicador).

Já os elementos opcionais são passíveis de serem utilizados dependendo do objetivo e escopo da ACV. São eles:

- normalização (cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria com relação a informações de referência);
- agrupamento (agregação e possível hierarquização das categorias de impactos);
- ponderação (conversão e possível agregação dos resultados dos indicadores entre as diferentes categorias de impacto utilizando fatores numéricos baseados em escolha de valores); e
- análise da qualidade dos dados (melhor entendimento da confiabilidade da coleção de resultados dos indicadores, o perfil da AICV).

2.2.2.4 Interpretação

Nesta fase final do procedimento da ACV os resultados de um ICV, AICV ou ambos são sumarizados e discutidos como base para conclusões, limitações e recomendações para tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo (ISO 14040, 2009).

De acordo com a ISO 14044 (2009), os elementos da interpretação do ciclo de vida se relacionam com as demais fases. São eles:

- a identificação das questões significativas com base nos resultados das fases de ICV e AICV da ACV;
- uma avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência;
- conclusões, limitações e recomendações.

2.3 MÉTODOS DE ACV

Alguns métodos, ou modelos de caracterização, são aplicados na terceira fase da ACV, a AICV, para o cálculo dos indicadores de categorias de impacto (PIEKARSKI et al., 2012). Conforme descrito na Figura 10 estes métodos podem ser classificados de acordo com sua abordagem, em *midpoint* (ponto médio) e *endpoint* (ponto final), devido a características individuais e específicas (ZOCCHÉ; FRANCISCO, 2014).

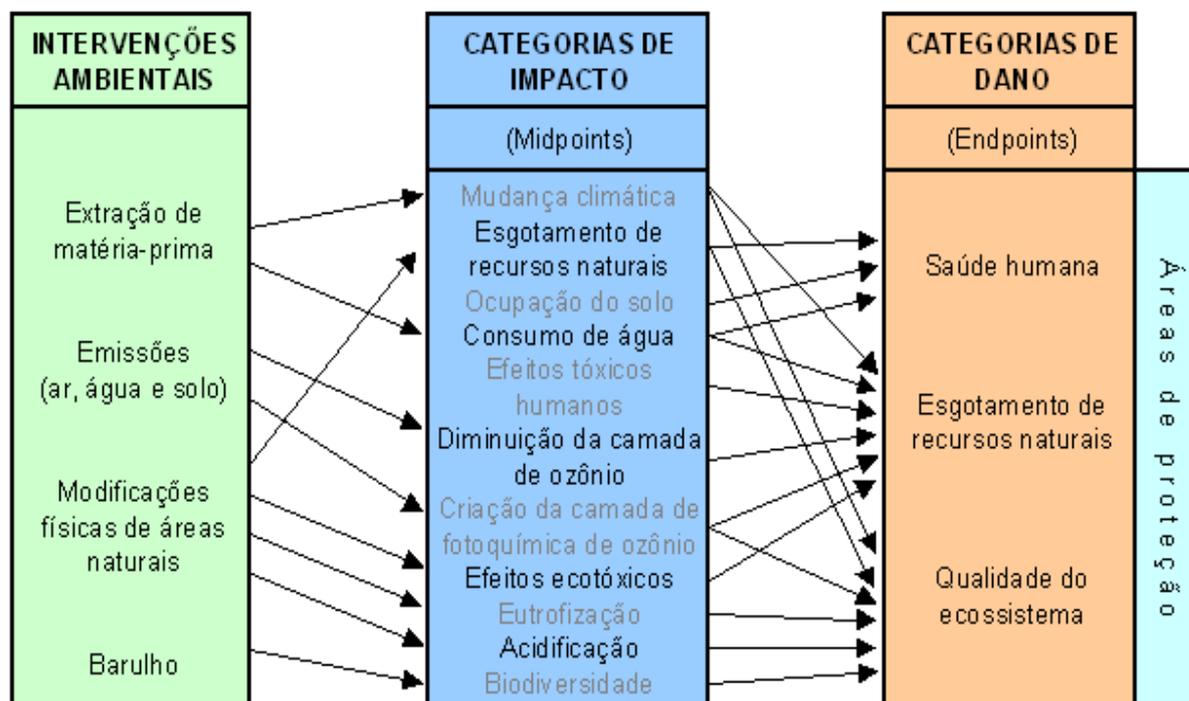


Figura 10 - Categoria de impacto a *midpoint* e *endpoint*
 Fonte: Adaptado de UNEP (2011).

No modelo *midpoint* os resultados do ICV são agrupados, dependendo dos parâmetros da cadeia causa-efeito do mecanismo ambiental de cada um, em categorias de impacto. Exemplos comuns incluem potenciais de: depreciação da camada de ozônio; aquecimento global e criação de camada fotoquímica de ozônio (BARE et al, 2000). Já o *endpoint* tem como objetivo vincular demandas de emissão e recursos naturais com danos à saúde humana, qualidade do ecossistema e esgotamento de recursos (UNEP, 2011).

Entre os métodos mais citados e aplicados, segundo European Commission (2010), estão: CML 2002, Eco-indicator 99, EDIP, Impact 2002 e ReCiPe.

Método	País	Abordagem	Finalidade do método
CML 2002	Holanda	<i>Midpoint</i>	Fornecer orientações de melhores práticas com guias operacionais para a norma ISO 14040
Eco-indicator 99	Holanda	<i>Endpoint</i>	Desenvolver uma metodologia passível de ser usada em qualquer estudo de

			ACV, com foco na facilitação do painel de ponderação
EDIP	Dinamarca	<i>Midpoint</i>	Apoiar estudos de ACV em produtos industriais abrangendo três áreas: meio ambiente, recursos e ambiente de trabalho
Impact 2002	Suíça	<i>Midpoint / Endpoint</i>	Fornecer uma combinação <i>midpoint / endpoint</i> combinando todos os tipos de resultados da ICV por meio de 14 categorias <i>midpoint</i> a 4 <i>endpoint</i> : saúde humana, qualidade do ecossistema, mudança climática e recursos
ReCiPe	Holanda	<i>Midpoint / Endpoint</i>	Combinar metodologias <i>midpoint</i> e <i>endpoint</i> de maneira consistente

Quadro 2 – Métodos de AICV

Fonte: Elaborado com base em European Commission (2010).

Métodos diferentes de AICV podem levar a resultados distintos de ACV (ALVARENGA, 2010). Além disso, a inexistência de um específico para as condições brasileiras implica em dificuldades no momento de seleção de métodos para o estudo (PIEKARSKI et al, 2012).

A partir destas questões levantadas, e sabendo que todos os métodos possuem vantagens e desvantagens, Alvarenga (2010) e Piekarski et al (2012) indicam a importância de se conhecer a fundo o método antes de utilizá-lo; propõem levar em conta as características e os objetivos pretendidos com o estudo da ACV; e sugerem que os estudos de ACV sejam realizados com mais de um método de AICV, podendo, desta forma, auxiliar numa tomada de decisão mais confiável.

2.4 A PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DE FIAÇÃO

A fiação é um processo intermediário na cadeia produtiva têxtil. Tem como insumo as fibras naturais ou químicas (artificiais e sintéticas) (SILVA, 2012) e a finalidade é transformá-las num fio com massa por unidade de comprimento desejado (CHEREM, 2004).

Vasconcelos (1993) descreve as operações fundamentais do processo de fiação: abertura, limpeza e mistura; formação da fita; regularização da fita; torção; e enrolamento. Entretanto, o processo de industrialização da seda possui algumas peculiaridades devido às características de sua matéria-prima. Os casulos, diferentemente das outras fibras, não chegam à fábrica sob forma de fardos e nem

possuem impurezas que precisam de uma etapa exclusiva para serem removidas. Além disso, a torção neste caso não é necessária.

Desta forma, Astudillo et al. (2014) citam as etapas da fiação de seda da seguinte forma: secagem do casulo, cozimento e fiação. A secagem acarretará na quebra do ciclo de vida do bicho-da-seda para que o casulo não seja danificado. Logo após, o mesmo passa pela máquina de cozimento com a finalidade de remover a sericina e permitir que a ponta do filamento seja encontrada com mais facilidade. Por fim, a cada 6 ou 8 casulos, dependendo da especificação do produto final, são fiados.

2.5 RELAÇÕES ENTRE ESTUDOS DE ACV E FIAÇÃO DE SEDA

Houve uma grande dificuldade para encontrar estudos publicados de ACV em processo de fiação de seda. Zocche e Francisco (2014) mapearam, entre teses e dissertações, estudos de ACV realizados no Brasil e, de acordo com o levantamento, foram encontrados 183 trabalhos acadêmicos. Destes, 84 estão relacionados à aplicação da ACV em alguma área do conhecimento, enquanto os outros desenvolvem somente o ICV ou abordam apenas a metodologia.

Com relação aos trabalhos onde toda a ACV é aplicada, a autora apresenta as diversas áreas de desenvolvimento encontradas. Os setores de combustível e de construção civil predominam com 15 e 11 estudos realizados respectivamente, ao passo que o setor têxtil apresenta apenas 1.

O trabalho de Barbosa (2012) teve como principal objetivo o uso da ferramenta ACV para a realização de um diagnóstico de impactos ambientais no plantio, descaroçamento e fiação do algodão. Nesta etapa foram levantados dados como: produtos e coprodutos gerados, materiais, combustíveis, eletricidade e calor consumidos, emissões para o ar, para a água e para o solo, fluxos finais de resíduos e emissões para tratamento. Consideraram-se também os transportes de matéria-prima até o local de processamento. Foi utilizado o *software* Simapro, bem como os métodos ReCiPe *midpoint* em conjunto com o CED. Como resultado, entre as etapas estudadas, a obtenção da matéria-prima plumas de algodão foi a que apresentou, no geral, maiores valores significativos de potencialidades de impacto ambiental.

Especificamente para a seda não foram encontrados estudos nacionais, mas uma análise introdutória para a realização de um. Barcelos et al. (2013) desenvolveram um cenário modelo para a aplicação da ACV em uma indústria brasileira de fiação de seda. O *software* utilizado foi o Umberto e os autores consideraram apenas a primeira fase descrita na norma ISO 14040 (ABNT 2009): definição de objetivo e escopo com o levantamento das etapas do processo e suas entradas e saídas. Assim, baseado nos resultados apresentados, foi concluído ser possível dar continuidade às próximas etapas.

Astudillo et al. (2014) construíram um primeiro inventário do ciclo de vida da produção de seda da Índia. Os dados foram coletados desde o cultivo da amoreira, passando pela criação do bicho-de-seda até fiação, e foram calculados com o auxílio do *software* Simapro. Os resultados indicaram a geração de uma grande quantidade de coprodutos em todo processo. Com isso, os autores puderam concluir que o efetivo uso de insumos e reuso dos coprodutos é a chave para o aumento da sustentabilidade do fio, futuramente afetando também na viabilidade econômica da produção.

As conclusões expostas nos trabalhos de Barbosa (2012) e Astudillo et al. (2014) demonstram que com a aplicação da metodologia ACV é possível identificar quais os maiores impactos ambientais no processo produtivo, suas origens e consequências ao meio ambiente. Com isto, soluções e oportunidades de melhoria são apresentadas a fim de auxiliar na tomada de decisão para um sistema de produção mais sustentável.

3 METODOLOGIA

O presente estudo é classificado da seguinte maneira, conforme conceitos de Gerhart e Denise (2009):

- Quanto à abordagem: qualitativa, pois a pesquisa concentrou-se na compreensão e interpretação da metodologia da ACV, de estudos já realizados e da fase atual da empresa estudada;
- Quanto à natureza: aplicada, pois foi possível levantar as informações necessárias e identificar as faltantes para iniciar um estudo de ACV a fim de identificar focos de poluição;
- Quanto aos objetivos: exploratória, pois houve uma maior familiaridade com os impactos que o processo de fiação de seda pode causar;
- Quanto ao procedimento adotado: estudo de caso, pois um processo de fio de seda foi estudado permitindo um conhecimento maior de cada etapa deste sistema.

Para a realização e conclusão deste trabalho, as etapas seguidas foram:

1ª Etapa: Pesquisa e levantamento de estudos de ACV na produção têxtil e, especificamente, na fiação de seda; leitura, compreensão e análise dos dados levantados e da conclusão de cada ACV;

2ª Etapa: Caracterização da empresa de fiação de seda. O histórico de atividades foi descrito a partir de consulta ao website da empresa² e informações obtidas pelo setor de qualidade;

Descrição do processo produtivo. A caracterização de cada etapa foi realizada a partir de observação in loco, leitura e interpretação de procedimentos e instruções das atividades e com o auxílio e esclarecimento de encarregados dos setores, supervisores e gerente de produção. Fotos foram tiradas dos setores e de suas principais atividades;

Levantamento de entradas e saídas desde a chegada de casulos verdes na fábrica até o acabamento final das meadas. Estas informações foram obtidas no período de setembro de 2014 a março de 2015. Os dados quantitativos foram referentes ao ano de 2013 (janeiro a dezembro), por ter sido o ano em que informações mais completas foram encontradas;

² <http://bratac.com.br>

Para este levantamento foram consultados os registros diários de entrada de casulos verdes do setor Secador, de saída de meadas de fio de seda crua do setor Acabamento e de produção de subprodutos de fios e crisálidas do setor Subproduto. Além disso, o setor de Qualidade forneceu os dados de consumo de água, energia elétrica e lenha do ano de 2013;

Foi definida a unidade funcional: uma meada de fio de seda crua. A partir desta informação e sabendo que cada meada possui 300g de fio de seda crua, todas as entradas e saídas foram calculadas para esta unidade funcional;

3ª Etapa: A partir do estudo da norma NBR ISO 14040 (2009) descrito na seção 2.2 (Avaliação do Ciclo de Vida – ACV) e da NBR ISO 14044 (2009), foi feita a análise de quais requisitos foram cumpridos com os dados e informações obtidas do processo de produção de fio de seda crua.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Fiação de Seda Bratac s.a. industrializa e comercializa fio de seda natural. Suas atividades iniciaram-se em 1940 na cidade de Bastos, São Paulo, a partir de experiências dos primeiros colonos japoneses com a criação do bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

No ano de 1973 entrou em operação a fábrica de Londrina, Paraná, hoje a matriz, com o objetivo de explorar a atividade nesta região, a qual se mostrou extremamente promissora e resultou no estabelecimento da empresa como a maior produtora e exportadora de fios de seda do Ocidente.

Foco do presente estudo, esta unidade fabril é classificada como de grande porte, conta com doze máquinas de fiação automática e duas semiautomáticas com capacidade de produção de 275.000 kg de fio de seda por ano, área total de aproximadamente 200.000 m² e mais de 400 colaboradores diretos.

Em sua principal atividade, a Fiação de Seda Bratac processa os casulos do bicho-da-seda e produz os fios, comercializando-os em forma de meadas (Figura 11). E, além de buscar o aperfeiçoamento contínuo em seu complexo industrial, a empresa participa ativamente de todas as etapas da criação do bicho-da-seda em suas filiais (sementagem, incubação, campos de criação, depósitos e entrepostos), conforme descrito em sequência.



Figura 11 - Fio de seda crua em forma de meadas
Fonte: Acervo da Fiação de Seda Bratac.

Sementagem: pesquisas de melhoramento genético são elaboradas para que haja uma combinação de raças japonesa e chinesa do bicho-da-seda dando origem a ovos híbridos com uma alta taxa de seda e resistência a doenças;

Incubação: os ovos são tratados para que as larvas nasçam de maneira saudável e homogênea, ou seja, todas num mesmo período;

Campos de criação ou chocadeiras: as larvas são recebidas pelos sericultores para dar prosseguimento à sua criação;

Depósitos e entrepostos: os produtores são responsáveis por promoverem a formação dos casulos do bicho-da-seda.

Antes que o bicho-da-seda se transforme em mariposa e rompa seu casulo, este, que é a única matéria-prima do fio de seda crua, é transportado à Bratac onde se inicia o processo fabril, descrito na próxima seção (4.2).

A Fiação de Seda Bratac é atualmente a única empresa nacional produtora de fios de seda e como atividades secundárias há também o processamento e comercialização de crisálidas e demais resíduos provenientes do processo produtivo principal. A organização preza pela qualidade de seus produtos visando a satisfação de seus clientes e suas ações refletem uma preocupação com a sociedade e o meio ambiente. Assim, desde o ano 2000 possui a certificação da norma NBR ISO 9001, visando a qualidade total de seus produtos e processos, a qual se mantém com o auxílio dos programas Kaizen, Lean Manufacturing e 8S. Mais tarde conquistou também a certificação OEKO-TEX, principal rótulo ecológico mundial para produtos têxteis, garantindo um fio livre de toxinas que não acarreta riscos à saúde humana.

Com a crescente preocupação acerca do desenvolvimento sustentável a Bratac somou esforços e em 2012 integrou à ISO 9001 a certificação da NBR ISO 14001, que atesta o gerenciamento de produtos e processos em conformidade ambiental, e deu início assim ao seu Sistema de Gestão Integrado. Entre diversas atividades para manter a gestão ambiental, a empresa realiza a separação de seus resíduos sólidos e o tratamento do efluente líquido gerado pelo processo produtivo, além de promover a conscientização de seus funcionários a partir de palestras e treinamentos.

A mais recente conquista foi a certificação STeP (*Sustainable Textile Production*), da qual garante que a empresa trabalha com uma produção sustentável em termos de gestão e performance ambiental, saúde e segurança do trabalho, responsabilidade social, gestão de produtos químicos e gestão da qualidade.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO E APRESENTAÇÃO DE DADOS PARA ICV

O fluxograma do processo produtivo do fio de seda crua, desde a entrada da matéria prima até a expedição do produto final, é apresentado na Figura 12. A linha tracejada delimita o escopo do estudo.

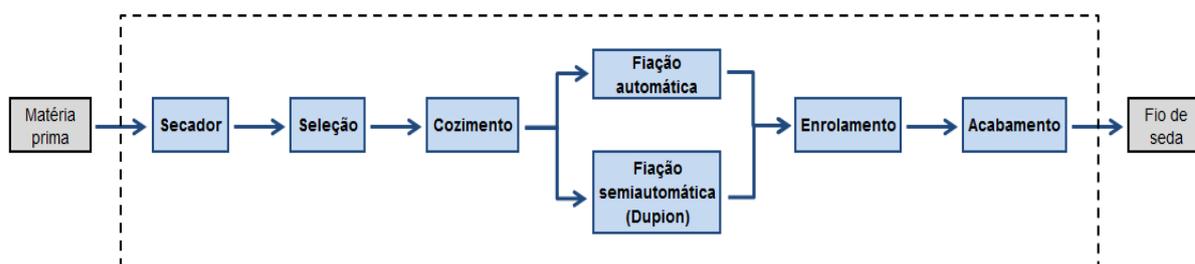


Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo do fio de seda crua
Fonte: Baseado nos procedimentos de produção da Fiação de Seda Bratac.

Os setores do processo de produção do fio de seda crua foram descritos em sequência apresentando suas entradas e saídas. Os Quadros 3 a 9 apresentam, respectivamente, este levantamento com as seis etapas expostas de modo individual (secador, seleção, cozimento, fiação automática, fiação semiautomática, enrolamento e acabamento).

Identificação da etapa:		1. Secador	
Descrição da etapa:			
<p>Casulos verdes são recebidos na entrada do primeiro setor da fábrica por caminhões.</p> <p>A cada lote, e após a realização da conferência e pesagem da quantidade total recebida, uma amostra é coletada para exame e descartada em seguida (BR 09 e crisálida).</p> <p>Os casulos, separados por tipo conforme resultado do exame, são despejados nas máquinas de secagem, onde o excesso de umidade é retirado para estabilização do casulo.</p> <p>Ao final do processo os casulos, agora secos, são armazenados a cada 17kg em sacos de rafia.</p> <p>Conforme a necessidade da produção, cada saco é levado à área de seleção (próxima etapa) por meio de uma esteira transportadora automática que interliga os dois setores.</p>			
			
ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Casulo verde	Kg	Casulo seco	Kg
Lenha	Kg	BR 09 (casulo cortado)	Kg
		Crisálida	Kg
Observações:			
<p>A máquina de secagem é movida à vapor a partir da queima de lenha.</p> <p>Os sacos de rafia armazenam os casulos secos e são encaminhados à etapa de seleção, onde os casulos são retirados. Os sacos são devolvidos ao Secador e reutilizados. Portanto, os sacos comumente não são descartados e também novos não são adquiridos.</p> <p>Os casulos secos produzidos neste setor são a matéria prima do próximo.</p>			

Quadro 3 - Descrição, entradas e saídas da etapa 1 – Secador

Identificação da etapa:		2. Seleção	
Descrição da etapa:			
<p>Os casulos secos são despejados no Kebatori e, em seguida, passam pelas esteiras de seleção, onde, manualmente, são separados de acordo com sua classificação e tipo de defeito.</p> <p>A classificação do casulo é feita da seguinte forma: (a) casulos de 1ª qualidade são encaminhados para a Fiação Automática; e (b) casulos de 2ª qualidade são encaminhados para a Fiação Semiautomática (Dupion).</p> <p>Antes de serem encaminhados para os respectivos setores, todos os casulos selecionados aproveitáveis passam pelas máquinas do cozimento (próxima etapa).</p>			
			
ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Casulo seco	Kg	Casulo seco selecionado	Kg
Energia elétrica	kWh	BR 10 (anafaia)	Kg
		Casulo não aproveitável	Kg
Observações:			
<p>Kebatori é o equipamento utilizado para remover a anafaia (filamentos soltos envolvidos no casulo que não são aproveitados no processo).</p> <p>Dependendo do tipo de defeito que o casulo apresenta não é possível aproveitá-lo no processo e o mesmo é considerado como resíduo.</p> <p>BR 10 e casulos não aproveitáveis são encaminhados para o setor Subproduto, onde são reaproveitados em outros processos.</p>			

Quadro 4 - Descrição, entradas e saídas da etapa 2 – Seleção

Identificação da etapa:		3. Cozimento	
Descrição da etapa:			
<p>Os casulos selecionados são levados a ambientes de elevadas temperaturas nas máquinas de cozimento para que na próxima etapa a ponta do fio seja mais facilmente encontrada.</p> <p>Há um novo processo de seleção na Eskareta a fim de remover os casulos não aproveitáveis que passaram pela seleção inicial ou que foram danificados durante o cozimento.</p>			
			
ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Casulo seco selecionado	Kg	Casulo cozido	Kg
Água	m ³	Casulo não aproveitável	Kg
Lenha	kg	Efluente	m ³
Observações:			
<p>Esteira automática situada no final da máquina de cozimento, que encaminha os casulos para o distribuidor da fiação automática.</p> <p>As máquinas de cozimento são movidas à vapor a partir da queima de lenha.</p> <p>Os casulos não aproveitáveis são encaminhados ao setor Subproduto. Lá eles passam por um tratamento e são aproveitados sendo transformados em outro produto.</p> <p>O efluente gerado nesta etapa é encaminhado ao setor Subproduto, onde é reutilizado no processo.</p>			

Quadro 5 - Descrição, entradas e saídas da etapa 3 – Cozimento

Identificação da etapa:		4.1. Fiação Automática	
Descrição da etapa:			
<p>Os casulos cozidos de 1ª qualidade são distribuídos entre as 11 máquinas automáticas para que a ponta do fio de cada casulo seja encontrada, promovendo, em sequência, a fiação (desenrolamento do casulo) com o enrolamento do fio de seda em carretéis de plástico. Estes, quando atingem o limite de voltas preestabelecido, são retirados da máquina e encaminhados para o setor Enrolamento.</p>			
			
ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Casulo cozido de 1ª qualidade	Kg	Fio de seda em carretel de plástico	Carretel
Água	m³	Efluente	m³
Lenha	Kg	BR 03 (estrusa)	Kg
		BR 06 (pedaços de fio cortado)	Kg
		BR 15 (estopa)	Kg
		Frison (estrusa / fio mestre)	Kg
		Parte do casulo não aproveitável	Kg
Observações:			
<p>O fio de seda fiado é composto pelos filamentos entrelaçados de 8 a 12 casulos. As máquinas de fiação automática são movidas à vapor a partir da queima de lenha. O efluente gerado nesta etapa é encaminhado ao setor Subproduto, onde é reutilizado no processo. BR 03, BR 06, BR 15, Frison e parte não aproveitável do casulo são resíduos de pedaços de fio e crisálidas. São encaminhados ao setor Subproduto, onde passam por tratamento e são transformados em novos produtos.</p>			

Quadro 6 - Descrição, entradas e saídas da etapa 4.1 – Fiação Automática

Identificação da etapa:	4.2. Fiação Semiautomática (Dupion)
-------------------------	-------------------------------------

Descrição da etapa:

Os casulos cozidos de 2ª qualidade são distribuídos entre as 2 máquinas semiautomáticas para que a ponta do fio de cada casulo seja encontrada, promovendo, em sequência, a fiação (desenrolamento do casulo) com o enrolamento do fio de seda em carretéis de plástico. Estes, quando atingem o limite de voltas preestabelecido, são retirados da máquina e encaminhados para o setor Enrolamento.



ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Casulo cozido de 2ª qualidade	Kg	Fio de seda em carretel de plástico	Carretel
Água	m³	Efluente	m³
Lenha	Kg	BR 01 (estrusa)	Kg
		BR 07 (pedaços de fio cortado)	Kg
		Parte do casulo não aproveitável	Kg

Observações:

O fio de seda fiado é composto pelos filamentos entrelaçados de 30 a 40 casulos.

As máquinas de fiação semiautomática são movidas à vapor a partir da queima de lenha.

O efluente gerado nesta etapa é encaminhado ao setor Subproduto, onde é reutilizado no processo.

BR 01, BR 07 e parte não aproveitável do casulo são resíduos de pedaços de fio e crisálidas. São encaminhados ao setor Subproduto, onde passam por tratamento e são transformados em novos produtos.

Quadro 7 - Descrição, entradas e saídas da etapa 4.2 – Fiação Semiautomática (Dupion)

Identificação da etapa:	5. Enrolamento
--------------------------------	----------------

Descrição da etapa:

Os carretéis de plástico chegam ao setor e o fio é repassado para os carretéis de madeira transformando-os em meada.

Com o auxílio de uma agulha apropriada, as meadas são costuradas para evitar que os fios fiquem soltos e se embaracem.

Ao final, elas são retiradas dos carretéis e colocadas em caixas de madeira para que sejam encaminhadas à última etapa do processo.



ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Fio de seda em carretel de plástico	Carretel	Meada de fio de seda costurada	Meada
Água	m ³	Efluente	m ³
Lenha	Kg	BR 05 (pedaços de fio cortado)	Kg

Observações:

As máquinas de enrolamento são movidas à vapor a partir da queima de lenha.

O efluente gerado nesta etapa é encaminhado ao setor Subproduto, onde é reutilizado no processo.

BR 05 é encaminhado ao setor Subproduto, onde passa por tratamento e é transformado em novo produto.

Quadro 8 - Descrição, entradas e saídas da etapa 5 – Enrolamento

Identificação da etapa:		6. Acabamento	
Descrição da etapa:			
As meadas são levadas à estufa e permanecem no local por tempo predeterminado. Em seguida são pesadas, passam pela inspeção final, são prensadas, amarradas e embaladas em sacos plásticos. Estes pacotes são colocados em caixas de papelão prontos para expedição, encerrando assim o processo produtivo do fio de seda crua.			
			
ENTRADAS		SAÍDAS	
Materiais/Energias	Unid.	Materiais/Energias	Unid.
Meada de fio de seda costurada	Kg	Fio de seda	Kg
Energia elétrica	kWh		
Saco plástico	Un		
Caixa de papelão	Un		
Observações:			
Cada saco plástico contém dez meadas de fio de seda e cada caixa de papelão contém dez pacotes plásticos.			

Quadro 9 - Descrição, entradas e saídas da etapa 6 – Acabamento

Com base neste levantamento e para verificar a possibilidade da elaboração de um ICV conforme descrito na ISO 14040, as quantidades totais de entradas e saídas do ano de 2013 foram calculados para a produção de uma meada de fio de seda crua³ e são apresentados na Tabela 1.

³ Uma meada equivale a 300g de fio de seda crua.

Tabela 1 – Quantificação de entradas e saídas para produção de 1 meada de fio de seda crua.

Unidade funcional: 1 meada de fio de seda crua

ENTRADAS			SAÍDAS		
Material	Quantidade	Unid.	Material	Quantidade	Unid.
Casulo verde	2,902552	Kg	Fio de seda	0,300000	Kg
Lenha	10,562173	Kg	Subproduto (fio)	0,055688	Kg
Energia elétrica	2,409727	kWh	Subproduto (crisálida)	0,259356	Kg
Água	0,554913	m ³	Efluente	Dado não disponível	
Caixa de papelão	0,010487	Un			
Saco plástico	0,001062	Un			

Os dados da geração de efluente e da emissão atmosférica até data de coleta não haviam sido mensurados. O setor Subproduto, não inserido no escopo deste estudo, recebe todos os resíduos provenientes da matéria prima (BR 01, BR 03, BR 05, BR 06, BR 07, BR 09, BR 10, BR 15, frison, casulo não aproveitável, parte do casulo não aproveitável e crisálida) que, ao passar por processos específicos nesta etapa, são transformados em outros produtos (Figura 13 – Crisálida e estopão: subprodutos gerados a partir de resíduos da fiação de seda.).



Figura 13 – Crisálida e estopão: subprodutos gerados a partir de resíduos da fiação de seda.
Fonte: Acervo da Fiação de Seda Bratac s.a.

4.3 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES COLETADAS COM OS REQUISITOS NORMATIVOS

A norma ISO 14040 (2009), ao descrever a forma de condução da análise do ICV, aborda três requisitos principais, conforme anteriormente descrito na seção 2.2.2.2 (Análise de inventário): (a) coleta de dados; (b) cálculos com os dados; e (c) alocação de fluxos e liberações.

Os dados que devem ser incluídos no inventário, segundo a ISO 14044 (2009), devem apresentar um fluxograma que ilustre todos os processos elementares, ou seja, etapas a serem modeladas, incluindo suas inter-relações. Além disso, deve-se descrever detalhadamente cada processo elementar com relação a fatores que influenciam entradas e saídas. A seção 4.2 (Descrição do processo produtivo e apresentação de dados para ICV) apresenta estas informações.

A norma ainda descreve que os dados devem ser qualitativos e quantitativos, e a coleta feita por medição, cálculo ou estimativa. Para o estudo realizado na empresa de fiação de seda, os dados coletados não são capazes de quantificar as entradas e saídas de um processo elementar, somente de todo o processo produtivo, já que este rateio não é feito atualmente. Desta forma, este requisito não pode ser atendido com base nas informações disponibilizadas pela empresa.

O procedimento para os cálculos dos dados envolve balanço de massa, balanço de energia e/ou análises comparativas de fatores de emissão a fim de validar os dados levantados. Como a empresa não dispõe dos valores de efluente gerado e emissão atmosférica do processo, não foi possível verificar a validade dos dados,

Ainda para realizar os cálculos, a ISO 14044 (2009) determina que as entradas e saídas devem ser referenciadas à unidade funcional. Esta etapa foi realizada somente com os dados quantitativos disponíveis. Ou seja, para uma meada de fio de seda crua produzida, tem-se a quantidade de casulo verde, lenha, energia elétrica, água, caixa de papelão e saco plástico consumida, e a quantidade de subproduto gerada.

Por fim, a análise do ICV considera a alocação de entradas e saídas aos diferentes produtos. O processo em estudo realiza a alocação de resíduos da matéria prima para a produção de subprodutos, e de efluente para o reuso. Entretanto, a quantificação por processos elementares não é realizada, impedindo a conferência destes balanços.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo diagnosticar condições para realização de uma ACV em uma empresa produtora de fios de seda. Para que isto pudesse ser alcançado, objetivos específicos foram elaborados.

Para o primeiro objetivo específico, que propõe realizar um estudo do processo produtivo do fio de seda de uma indústria de fiação de seda crua, descrevendo e identificando os principais materiais e energias consumidas e geradas, foi desenvolvido o início do ICV da produção do fio de seda desde a entrada da matéria prima na indústria até o acabamento final. Foram levantados dados a fim de elaborar o fluxograma do processo e quantificar entradas e saídas totais.

Com a apresentação destas informações foi possível visualizar de maneira clara todo o processo, bem como cada etapa de maneira individual. A partir dos valores calculados para a unidade funcional de uma meada de fio de seda, pode-se concluir que os resultados mais relevantes apresentados foram o consumo de lenha entre as entradas, e a geração da crisálida como resíduos entre as saídas que puderam ser calculadas, não contando o fio de seda que é o produto principal processado.

Em relação ao objetivo específico de comparação das informações coletadas com os requisitos da norma NBR ISO 14040 e 14044 (2009), os resultados do estudo realizado na empresa foram analisados e verificados se estavam de acordo com o requerido pelas normas. Apenas os dados qualitativos estiveram em concordância, enquanto os quantitativos não puderam ser calculados e apresentados por falta de informações da empresa estudada. Desta forma, não foi possível concluir a análise do ICV, parte essencial para a condução da ACV.

Em resposta ao último objetivo específico, que analisa se a empresa dispõe de dados suficientes para a realização da ACV, a análise de ICV não foi concluída, o que impede que o estudo de ACV também seja. A empresa possui dados disponíveis para a definição de objetivo e escopo e para a elaboração da parte qualitativa do inventário, ou seja, do fluxograma do processo e da descrição dos processos elementares. Os valores de entradas e saídas de cada etapa não são medidos pela empresa, impossibilitando a validação dos dados, a correlação dos mesmos à unidade funcional para as etapas individualmente, e a alocação.

Com os valores totais levantados e calculados, tem-se que o maior consumo de todo o processo produtivo é de lenha para a geração de energia, e que a maior geração é de resíduo de crisálidas. Os valores de emissão atmosférica e geração de efluente não foram medidos. Assim, não é possível concluir se estes são, de fato, os aspectos que mais causam impactos ambientais negativos no processo produtivo. Também não é possível avaliar de maneira pontual cada etapa para que ações mais específicas sejam tomadas. Entende-se, desta forma, a importância de monitorar os consumos e gerações de cada setor a da produção a fim de ter maior eficácia nas ações ambientais.

As próximas etapas da ACV dependem da conclusão da análise do ICV. Portanto, com as informações disponíveis pela empresa estudada, não é possível realizar a ACV no processo de fiação de seda crua.

Apesar desta falta de informações, ao estudar a empresa em questão, fica evidente que a preocupação com o cuidado ao meio ambiente existe e medidas tem sido tomadas para reduzir os impactos. Isto, em consequência ao gerenciamento ambiental com base na NBR ISO 14001. Ações como o reuso do efluente gerado em outra etapa do processo e a geração de outros produtos a partir de resíduos do processo principal reduzem a carga lançada à natureza. Contudo, por não haver medições específicas nestas etapas, não se sabe sua real eficácia e se há outra ação a ser realizada para a preservação dos recursos naturais.

Para trabalhos futuros recomenda-se então que, além dos trabalhos que já tem sido desenvolvidos, a empresa monitore quantitativamente os fluxos dos processos elementares de maneira individual. Deve-se também estabelecer categorias de impacto a fim de apontar os pontos de maior potencial para a contribuição de impactos ambientais negativos de toda a cadeia produtiva.

Por fim, com as conclusões obtidas a partir dos objetivos traçados, pode-se responder à pergunta problema deste estudo: quais são as condições para a realização de uma ACV em uma empresa produtora de fios de seda? Além de todo o entendimento que se deve ter acerca do processo produtivo, da delimitação das fronteiras do estudo, de objetivos bem definidos e da definição de uma funcional, é indispensável o monitoramento de cada processo elementar e o levantamento dos valores de suas entradas e saídas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Rodrigo A. F. de. Avaliação de métodos de AICV: um estudo de caso de quatro cenários de ração para frangos de corte. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ANÁLISE DE GESTÃO AMBIENTAL, 2013. Link disponível em: http://issuu.com/analiseeditorial/docs/ga_2013?e=1807243/6687104. Acesso em março de 2014.

ANDREOLI, Cleverson V. Gestão Ambiental. Coleção Gestão Empresarial. Curitiba, v. 2, p. 61-70, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASTUDILLO, Miguel F. Life cycle assessment of Indian silk. *Journal of Cleaner Production*, v. 81, p. 158-167, 2014.

AZAPAGIC, Adisa. Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimisation. *Chemical Engineering Journal*, v. 73, p. 1-21, 1999.

BARBIERI, José C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARBOSA, Priscila P. Análise dos impactos ambientais da cadeia têxtil do algodão no espaço urbano-industrial: uma aplicação da avaliação do ciclo de vida. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

BARCELOS, Silvia M. B. D. et al. Introductory background for life cycle assessment (LCA) of pure silk fabric. *Independent Journal of Management & Production*, v. 4, p. 170-187, 2013.

BARE, Jane C. et al. Midpoints versus Endpoints: The Sacrifices and Benefits. *Life Cycle Impact Assessment Workshop Summary*, p. 319-326, 2000.

BASTOS, André L. A.; POSSAMAI, Osmar. Modelo de apoio à decisão para fabricação baseado na avaliação da performance ambiental de produtos e dos objetivos estratégicos da organização. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ABEPRO*, p. 1-8, Curitiba, 2002.

CAGNIN, Cristiano H. Fatores relevantes na implementação de um Sistema de Gestão Ambiental com base na norma ISO 14001. 2000, 229 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.*

CAJAZEIRA, Maurício de O. Impactos e conflitos socioambientais na comunidade do entorno da fábrica de cimento do município de Nossa Senhora do Socorro/SE. 2011. 132 f. *Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.*

CAMPOS, Felipe H. A. Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto. 2012. 122 f. *Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.*

CAMPOS, Marcel G. de. Abordagem de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais no processamento primário offshore. 2012. 127 f. *Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.*

CARVALHO, Paulo S. G. Estudo aplicado de ACV a sistema de refrigeração por absorção e por compressão de vapor de amônia. 2010. 351 f. *Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.*

CHEHEBE, José R. B. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHEREM, Luiz F. C. Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha em algodão. 2004. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COSTA, Marília S. V. O enfoque de ciclo de vida como estratégia para a gestão sustentável: um estudo de caso sobre pneus. 2007. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CORREIA, Christiane de M. e S. Mudanças organizacionais com a implantação do Sistema de Gestão Ambiental: o caso da Usina de Monlevade. 2006, 102 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Ciências Empresariais, Universidade Fumec, Belo Horizonte, 2006.

DIAS, Reinaldo. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

European Commission (2010) International Reference Life Cycle Data System ILCD Handbook: Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment, 1st edn. Brussels.

EPA – Environmental Protection Agency; SETAC – Science Applications International Corporation. Life Cycle Assessment: principles and practice. 2006.

FERREIRA, Hélio. Aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida na produção de polpa de concentrado de minério de ferro. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental – Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

FERREIRA, José V. R. Análise de ciclo de vida dos produtos. Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2004.

FERREIRA, Margarida M. B. Avaliação de ciclo de vida de uma central hidroelétrica. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.

GADEA, Mariana M. Aplicação da Análise do Ciclo de Vida (ACV) em uma indústria de vidro plano. 2010. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2010.

GERHARDT, Tatiana E.; SILVEIRA, Denise T. Métodos de pesquisa. Série Educação a Distância. Universidade Aberta do Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Editora da UFRGS, 2009.

HERMANNNS, Ângela, K. Gestão ambiental empresarial: aspectos legais, mercadológicos e econômicos. 2005. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIMA, José R. T.; CUNHA, Neila C. V. da; LIRA, Thaisa K. da S. A gestão ambiental e os benefícios econômicos: um estudo de caso da usina Coruripe matriz. Revista de Negócios, v. 15, n. 29, p. 29-44, 2010.

MORAES, Gabriela da S.; GORDONO, Fernanda S. Análise das vantagens e desvantagens da implantação da ISO 14001 e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Anais... 4º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC – Jahu, 2012, p. 430-441.

PASSOS, Luís A. N.; CAMARA, Marcia R. G. A evolução da Gestão Ambiental em empresas industriais: Um estudo nas pequenas e médias empresas do setor químico. In: EGEPE – ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS. 3., 2003, Brasília. Anais... Brasília: UEM/UEL/UnB, 2003. p. 352-364.

PIEKARSKI, Cassiano M. Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

PIEKARSKI, Cassiano M. et al. Métodos de avaliação de impactos do ciclo de vida: uma discussão para adoção de métodos nas especificidades brasileiras. Revista Gestão Industrial, v.8, p. 222-240, 2012.

RIBEIRO, Paulo H. Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio a avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados. 2009. 341 f. Tese (Doutorado

em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTIAGO, Diego de L.; DUARTE, Leandro da S. Desafios e vantagens da gestão ambiental no contexto organizacional. III Encontro Científico e Simpósio de Educação Unisalesiano. Lins, 2011.

SANTOS, Lino J. C. Avaliação do Ciclo de Vida e custeio do ciclo de vida de evaporadores para usinas de açúcar. 2007. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, Marina C. dos; PORTO, Geciane, S. Um estudo sobre os modelos de gestão ambiental adotados pelas empresas. Revista Eletrônica de Administração – FACEF, v. 11, ed. 12, 2008.

SEO, Emilia S. M.; KULAY, Luiz A. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v. 1, p. 1-23, 2006.

SILVA, André L. R. T. Desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais para avaliação do ciclo de vida de produtos no estado de São Paulo. 2010. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SILVA, Natércia N. de O.; NASCIMENTO, Elimar, P. Gestão ambiental empresarial. 2007. 64 f. Monografia (Especialização em Turismo e Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, Taís L. da. Avaliação do ciclo de vida de fios têxteis: estudo de caso de uma fiação da cidade de Maringá, Paraná. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Maringá, 2012.

SOUSA, Sabrina R. et al. A utilização da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gestão ambiental: Modelos de aplicação. Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, v. 02, n. 06, p. 90-98, 2010.

TURATTO, Claudia, L.; et al. Competitividade na indústria metalmeccânica da região nordeste do Rio Grande do Sul em decorrência da implementação da norma ISO 14001. *Scientia Plena*, v. 9, n. 10, 2013.

UGAYA, Cássia M. L. Análise de Ciclo de Vida: estudo de caso para materiais e componentes automotivos no Brasil. 2001. 199f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

United Nations Environment Programme (UNEP). Towards a life cycle sustainability assessment: Making informed choices on products. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. 2011.

VASCONCELOS, Rosa M. de C. F. Contribuição à aplicação de técnicas de inteligência artificial na tecnologia da fiação. Tese (Doutorado em Engenharia – Tecnologia e Química Têxtil) – Universidade do Minho, 1993.

VILELA, Frederico S. V. Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar – Estudo de Caso: Usina Jalles Machado S/A. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

WENK, Michael S. Interrelationships between BS 7750 and the EMAS Program (Capítulo 1). In: *The European Union's Eco-Management and Audit Scheme (EMAS)*. 2005, p.5-8. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3492-X_2 Acesso em: 04 dez. 2014.

ZOCCHÉ, Lidiana; FRANCISCO, Antonio C. de. Identificação das limitações da ACV sob a ótica de pesquisas acadêmicas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.