

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Jocelise Jacques de Jacques

ESTUDO DE INICIATIVAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS EM EMPRESAS
CALÇADISTAS A PARTIR DO CONCEITO BERÇO AO
BERÇO

Porto Alegre

2011

Jocelise Jacques de Jacques

**Estudo de Iniciativas em Desenvolvimento Sustentável de Produtos em Empresas
Calçadistas a partir do Conceito Berço ao Berço**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Lia Buarque de Macedo Guimarães, *Ph.D.*

Porto Alegre

2011

Jocelise Jacques de Jacques

**Estudo de Iniciativas em Desenvolvimento Sustentável de Produtos em Empresas
Calçadistas a partir do Conceito Berço ao Berço**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^ª. Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D.
Orientadora PPGEP/UFRGS

Prof^ª. Dra. Carla Schwengber ten Caten
Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Miguel Aloysio Sattler, Ph.D. (PPGEC/UFRGS)

Professora Andrea Parisi Kern, Dra. (PPGEC/UNISINOS)

Professor Júlio Carlos de Souza van der Linden, Dr. (PgDesign/UFRGS)

Professora Istefani Carísio de Paula, Dra. (PPGEP/UFRGS)

*Some men see things as they are and say “why?”
I dream things that never were and say “why not?”*

– Robert F. Kennedy

*Ao Mauricio
Ao nosso pequeno grande Thales*

Agradecimentos

À Lia Buarque de Macedo Guimarães, pelo exemplo em acreditar em ideais e compartilhar ideias sobre como o Mundo deveria ser.

À Alice Agogino, pela acolhida em Berkeley e pelo conhecimento transmitido.

Ao Mauricio Mancio, pelo companheirismo e por todo auxílio na execução deste trabalho.

Mikhail Chester por ter me indicado o livro Cradle to Cradle.

Aos professores e colegas do PPGEP, pela convivência que com certeza contribuiu muito na minha formação acadêmica.

Em especial à Ronise Ferreira dos Santos e Eduardo DuPasquier.

Aos colegas do Berkeley Energy and Sustainable Technologies – BEST Lab pelas discussões e troca de ideias sobre sustentabilidade.

Às empresas e seus profissionais, que colaboraram nesta pesquisa.

Aos colegas do Departamento de Design e Expressão Gráfica, pelo incentivo.

Resumo

O impacto ambiental relacionado à exploração de recursos naturais, às emissões de carbono, mudanças climáticas, pegada ecológica e nível de desenvolvimento humano pode ser considerado um problema decorrente do fluxo linear de produção-consumo. Reconhecer a necessidade de mudança é importante, e investigar formas de viabilizá-la deve ser o objetivo dentro da Engenharia de Produção. Por isto esta pesquisa tem foco no estudo de iniciativas reais de desenvolvimento de produtos ambientalmente amigáveis e de seus resultados frente ao conceito cíclico berço ao berço (*Cradle to Cradle - C2C*)¹, tratado como estratégia e/ou meta no desenvolvimento de produtos e processos produtivos. O conceito berço ao berço postula que produtos e seus componentes devem ser criados para, ao final de seu uso, serem reutilizados com suas propriedades não desgastadas, como nutrientes tecnológicos no chamado metabolismo tecnológico, ou então voltarem à natureza como nutrientes biológicos e não como poluentes, através do metabolismo biológico. Adota-se o conceito berço ao berço como aglutinador de vários outros conceitos discutidos dentro de diversas áreas do conhecimento, como engenharia, desenho industrial e arquitetura. O trabalho aplicado foi realizado por meio da análise da cadeia calçadista, visando estudar as iniciativas ambientais atuais. Este setor tem características similares a vários outros, tais como alcance global, considerável impacto ambiental e econômico, centralização da manufatura e complexa cadeia produtiva e de distribuição. São apresentados estudos de casos em empresas no Brasil e nos Estados Unidos, dois países em que as empresas têm modelos de negócios distintos em relação ao desenvolvimento e produção do calçado. As iniciativas ambientais estudadas mostram que há ênfase principalmente no projeto do produto, para enfrentar os problemas ambientais mais proeminentes da indústria calçadista, os quais se enquadram dentro das cinco principais áreas envolvidas no conceito e avaliadas na certificação berço ao berço, como toxicidade de materiais e processos produtivos, fim de ciclo de vida, consumo de água e energia e responsabilidade social. As metas e os resultados alcançados variam de acordo com as particularidades associadas ao modelo de negócio, público alvo e nicho de mercado de cada empresa.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável de produtos, conceito berço ao berço, produção sustentável, indústria calçadista.

¹ A tradução do termo “Cradle to Cradle”, como “Berço ao Berço” foi feita a partir da expressão “Cradle to Grave”, consagrada em português, na literatura e na legislação, como “Berço ao Túmulo”.

Abstract

Environmental issues related to the exploitation of natural resources, carbon emissions, climate change, ecological footprint and human development can be considered problems originated by the current linear production-consumption structure. Recognizing the need for change is essential, and investigating ways to make such transformations possible is a key objective in Industrial Engineering. The present work focuses on the study of relevant sustainable product development initiatives and of their results from a perspective based on the cyclic cradle to cradle (C2C) concept, used as a strategy and/or goal in product development and production processes. The cradle to cradle concept postulates that products and their components must be created so that, at the end of the service life, they can be reused without loss of quality as technological nutrients, in a process referred to as technological metabolism, or instead returned to the environment as biological nutrients and not as pollutants, in a process known as biological metabolism. The cradle to cradle concept is adopted as an umbrella under which a number of other related concepts discussed in several fields, such as engineering, industrial design and architecture, can be found. The applied work has been conducted in the footwear industry, in order to study current environmental initiatives. This industry has characteristics that are similar to many other sectors (e.g., global reach, large economic and environmental impact, centralized manufacturing, complex supply chain and distribution networks), and a few companies have developed pioneering efforts to transform their production processes, focusing mainly on product design and starting with the evaluation of the more prominent problems facing their products, each dealing with the particularities associated with individual business models, target audience and market share. Case studies have been performed on footwear companies located both in Brazil and in the United States, two countries with markedly different business models regarding the development and production of this kind of product. Most initiatives do involve the main areas highlighted in the cradle to cradle approach – namely materials use and reutilization, water use, energy consumption and social responsibility – even though companies may follow different strategies to tackle the problems, with varying levels of implementation and results obtained.

Keywords: sustainable product development, cradle to cradle concept, sustainable production, footwear industry.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Distribuição das fontes da energia consumida no mundo (E.I.A., 2009a)	17
Figura 2 – Matriz energética nacional (M.E.E., 2009).....	18
Figura 3 – Matriz energética estadual (C.E.E.E., 2008).....	18
Figura 4 – Correlação entre emissões de CO ₂ na geração de energia, e a energia gerada em relação ao PIB (GDP) do país (ASHBY, 2009).....	20
Figura 5 – Sequência linear de produção/consumo/reaproveitamento (RUBIN e DAVIDSON, 2001)	22
Figura 6 - Quantidades e fontes geradoras de resíduos sólidos perigosos no RS, por setor industrial (F.E.P.A.M., 2003b).	24
Figura 7 – Porcentagem de materiais descartados nos resíduos sólidos urbanos em Porto Alegre (BARCELLOS e REICHERT, 2004).	26
Figura 8 - Porcentagem de materiais descartados nos resíduos sólidos urbanos nos EUA (E.P.A., 2008).	26
Figura 9 – Correlação entre PIB (GDP) per capita e Índice de Desenvolvimento Humano (UN HDI) (ASHBY, 2009)	34
Figura 10 – Pirâmide de Necessidades de Maslow, Desenvolvimento Humano e Impacto Ambiental	35
Figura 11 – Selos verdes tradicionais segundo (O.T.A., 1992).....	44
Figura 12 – Esforço Global em P&D: número de cientistas e engenheiros (por milhão de hab.) e percentual do PIB investido, dados de 2002 em PPC (DAHLMAN, 2007). Dados atualizados da China conforme Zhou and Stemberidge (2008.)	52
Figura 13 – Definição dos três níveis de abrangência conceitual de estratégias de implementação de boas práticas ambientais.....	56
Figura 14 – Ciclo de vida Berço ao Berço - Adaptado de El-Haggar (2007)	59
Figura 15 – Visão cíclica da economia segundo a Produção Limpa - Adaptado de Thorpe (1999)	60
Figura 16 - Representação gráfica do sistema de ciclo fechado de desenvolvimento de produtos e reciclagem (Adaptado de Ricoh, Co. (TAKATA, KIRNURA <i>et al.</i> , 2004))	62
Figura 17 – Análise centrada no fluxo de materiais - adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005).....	68
Figura 18 – Ciclo de Nutrientes Biológicos e Tecnológicos, segundo MBDC (2007).....	71
Figura 19 - Classificação dos Materiais na Certificação C2C - adaptado de MBDC (2007)	75
Figura 20 - Critérios de Classificação de Substâncias na Certificação C2C - Adaptado de MBDC (2007)	76
Figura 21 – As principais partes de um calçado (Fonte: www.saude.abril.com.br).	92
Figura 22 – Evolução cronológica da rede de produção da indústria do vestuário/calçados.	96
Figura 23 – Depósito de resíduos industriais do setor calçadista na cidade de Igrejinha.	104
Figura 24 – Modelo estudado na Empresa F	119
Figura 25 - Modelos analisados da Empresa E	121
Figura 26 - Modelos analisados da Empresa Patagonia	123
Figura 27 – Modelos analisados da Empresa Simple Shoes	124
Figura 28 - Modelos analisados da Empresa Nike	126
Figura 29 – Pesagem dos materiais e componentes do modelo da Empresa F	142
Figura 30 – Seção transversal de um calçado esportivo.....	145
Figura 31 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Patagonia	168
Figura 32 – Partes do Modelo Verde I da empresa Patagonia	170
Figura 33 – Reciclagem de materiais dentro da fábrica de solados e palmilhas Sabina Footwear Company, na cidade de Dongguan, China (Fonte: Patagonia Footprint Chronicles).	172
Figura 34 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Simple Shoes	182
Figura 35 – Primeiro modelo Verde da Linha Considered	191
Figura 36 – Representação gráfica do Índice de Avaliação de Materiais	192
Figura 37 – Estrutura do índice Considered, publicado em 2010. Fonte: Nike	194
Figura 38 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Nike	197
Figura 39 - Partes do Modelo Verde I da empresa Nike.....	199
Figura 40 – Detalhes da solução de desmontagem de solado e cabedal, do modelo Verde I	199
Figura 41 - Estrutura hierárquica em quatro níveis do problema abordado no estudo.....	206
Figura 42 - Emissões anuais de CO ₂ durante o período 1751-2004, a partir da queima de combustíveis fósseis (MARLAND, BODEN <i>et al.</i> , 2006).....	236

Figura 43 - Concentração atmosférica de CO ₂ durante o período 1010-2008. A linha sólida (1010-1978) mostra os dados obtidos a partir de amostras de gelo da Antártica (ETHERIDGE, STEELE <i>et al.</i> , 1998), e a linha pontilhada (1958-2008) apresenta as medições realizadas na estação meteorológica de Mauna Loa, no Havaí (KEELING e WHORF, 2005; K.W.THONING, KITZIS <i>et al.</i> , 2009)	236
Figura 44 - Concentrações atmosféricas históricas de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O ao longo dos últimos 10.000 anos (I.P.C.C., 2007a)	237
Figura 45 – Estrutura hierárquica em três níveis do problema abordado no estudo: “Quão verde é o produto?”	284
Figura 46 – Hierarquização dos critérios de análise	288
Figura 47 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Patagonia	289
Figura 48 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes	290
Figura 49 – Influência dos sub-critérios de “Materiais” para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes	291
Figura 50 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes	291

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Princípios do Ecodesign (U.N.E.P, 1996)	65
Tabela 2 – Princípios da Engenharia Verde, adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005).....	66
Tabela 3 – Princípios da Química Verde, adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005).....	67
Tabela 4 – Princípios para considerar os recursos hídricos no projeto na certificação C2C, adaptado de McDonough (2000)	80
Tabela 5 – Dez Princípios enunciados pela UN Global Compact (2009).....	85
Tabela 6 – Países com maior volume de Produção, Exportação e Consumo, em milhões de pares no ano de 2007 (ABICALÇADOS, 2009).	97
Tabela 7 – Consumo de calçados per capita em diferentes países. Adaptado de Staikos et al.(2007), com dados atualizados da AAFA (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007) e da Associação Brasileira de Calçados (ABICALÇADOS, 2009).	98
Tabela 8 - Número de Empresas e Número de Trabalhadores nos Estados Produtores de Calçados no Brasil em 2007 (Fonte: Santos 2009 com dados de ABICALÇADOS, 2009).....	103
Tabela 9 – Composição típica de materiais de um calçado comum e seus respectivos poluentes (STAIKOS, HEATH <i>et al.</i> , 2006).	109
Tabela 10 – Quantidade de tênis reciclada, em cada tipo de pavimento, de acordo com o tipo de quadra	112
Tabela 11 - Descrição dos subcritérios relacionados a Materiais.....	131
Tabela 12 - Fontes utilizadas para estimar a pegada de água dos componentes	132
Tabela 13 - Fontes utilizadas para estimar a energia incorporada dos componentes	132
Tabela 14 - Descrição dos subcritérios relacionados à reutilização de materiais	133
Tabela 15 - Descrição dos subcritérios relacionados ao uso da água.....	134
Tabela 16 - Descrição dos subcritérios relacionados ao consumo de energia	135
Tabela 17 - Descrição dos subcritérios relacionados à responsabilidade social	136
Tabela 18 – Toxicidade dos principais materiais utilizados no modelo Convencional da empresa F	141
Tabela 19 – Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo da empresa F	143
Tabela 20 - Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no modelo Convencional da empresa F	144
Tabela 21 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização do modelo da empresa F	145
Tabela 22 - Métricas de uso da água do modelo da empresa F	146
Tabela 23 - Métricas de consumo de energia do modelo da empresa F.....	146
Tabela 24 - Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’	152
Tabela 25 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Verde da empresa E	153
Tabela 26 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Convencional da empresa E	153
Tabela 27 – Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no produto Verde da empresa E	155
Tabela 28 - Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no produto Convencional da empresa E	156
Tabela 29 – Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais do Verde e do modelo Convencional da empresa ‘E’	157
Tabela 30 – Estimativa do consumo de água por atividade na fábrica - Estudo de caso II – Empresa E.....	158
Tabela 31 - Métricas de uso da água dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’	158
Tabela 32 - Métricas de consumo de energia do Verde e Convencional da empresa ‘E’	159
Tabela 33 - Métricas de responsabilidade social da empresa ‘E’	160
Tabela 34 – Métricas utilizadas para avaliar a pegada ecológica crônica dos produtos da empresa Patagonia	165
Tabela 35 - Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verdes da empresa Patagonia.....	167
Tabela 36- Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde I (Sugar & Spice) da empresa Patagonia	168
Tabela 37 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Verde II (Maui Jane) - Empresa Patagonia	169
Tabela 38 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde I (Sugar & Spice) da empresa Patagonia	170

Tabela 39 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde II (Maui Jane) da empresa Patagonia	171
Tabela 40 - Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais dos modelos I e II da empresa Patagonia	171
Tabela 41 - Métricas de uso da água dos modelos I e II da empresa Patagonia	173
Tabela 42 - Métricas de consumo de energia do Verde e Convencional da empresa Patagonia.....	174
Tabela 43 - Métricas de responsabilidade social da empresa Patagonia	176
Tabela 44 – Categorias de impacto ambiental consideradas na ACV.....	179
Tabela 45 – Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’	181
Tabela 46 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde I (Linha Green Toe) da empresa Simple Shoes	182
Tabela 47 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde II (D-Tach) da empresa Simple Shoes.....	182
Tabela 48 - Resultados de ACV sobre as opções o EoL dos calçados da empresa Simple Shoes	183
Tabela 49 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde I	184
Tabela 50 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde II	184
Tabela 51 - Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais dos modelos I e II da empresa Simple Shoes	185
Tabela 52 - Métricas de consumo de energia dos modelos da empresa Simple Shoes	186
Tabela 53 – Diretrizes de ética na cadeia de suprimentos da empresa Simple Shoes	188
Tabela 54 - Métricas de responsabilidade social da empresa Simple Shoes.....	188
Tabela 55 – Matriz de métricas para análise de materiais ambientalmente favoráveis – Nike.....	193
Tabela 56 – Massa dos principais componentes utilizados no modelo Verde I da empresa Nike	197
Tabela 57 – Massa dos principais componentes utilizados no modelo Verde II da empresa Nike	198
Tabela 58 – Princípios do código de conduta da Nike, aplicados a todos os seus subcontratados	202
Tabela 59 - Métricas de responsabilidade social da empresa Nike	203
Tabela 60 - Resumo comparativo entre as empresas estudadas	212
Tabela 61 - Continuação do resumo comparativo entre as empresas estudadas.....	214
Tabela 62 – Potencial de Aquecimento Global de gases do efeito estufa (I.P.C.C., 2007c)	239
Tabela 63 - Matriz resumo da coleta de dados das variáveis relacionadas à sustentabilidade ambiental e social	257
Tabela 64 - Matriz resumo da coleta de dados das variáveis relacionadas à sustentabilidade econômica – Modelo de negócio	258
Tabela 65 – Materiais e componentes do modelo Convencional, analisado no Estudo Piloto	259
Tabela 66 - Materiais e componentes do modelo Verde, analisado na Empresa E	260
Tabela 67 - Materiais e componentes do modelo Convencional, analisado na Empresa E	262
Tabela 68 – Ecopropriedades do Algodão	266
Tabela 69 - Ecopropriedades do Cânhamo.....	267
Tabela 70 - Ecopropriedades da Juta.....	268
Tabela 71 – Ecopropriedades do Couro	270
Tabela 72 – Ecopropriedades da Borracha Natural (ASHBY, 2009)	271
Tabela 73 – Ecopropriedades da Borracha Butílica (ASHBY, 2009)	272
Tabela 74 – Ecopropriedades do EVA (ASHBY, 2009)	273
Tabela 75 – Ecopropriedades do Neoprene (ASHBY, 2009)	274
Tabela 76 – Ecopropriedades do Nylon (ASHBY, 2009)	275
Tabela 77 - Ecopropriedades do PE (ASHBY, 2009)	276
Tabela 78 - Ecopropriedades do Poliestireno - PS (ASHBY, 2009)	276
Tabela 79 – Ecopropriedades do Poliéster (ASHBY, 2009)	277
Tabela 80 – Ecopropriedades do PET (ASHBY, 2009)	278
Tabela 81 – Ecopropriedades do PVC (ASHBY, 2009).....	279
Tabela 82 - Ecopropriedades do PU (ASHBY, 2009)	280
Tabela 83 - Ecopropriedades do PES (ASHBY, 2009)	281
Tabela 84 - Ecopropriedades do Alumínio (ASHBY, 2009).....	282
Tabela 85 - Matriz comparativa entre os critérios de avaliação	285
Tabela 86 - Matriz de pontuação para comparação pareada em ordem crescente de importância entre critérios (SAATY e VARGAS, 2001).....	286

Tabela 87 - Matriz de pontuação para comparação pareada em ordem crescente de melhoria entre produtos	287
Tabela 88 – Matriz de comparação dos critérios de análise	292
Tabela 89 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Materiais'	295
Tabela 90 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Reutilização de Materiais' de acordo com a opção de Metabolismo Biológico.....	297
Tabela 91 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Reutilização de Materiais' de acordo com a opção de Metabolismo Biológico.....	300
Tabela 92 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Água'	302
Tabela 93- Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Energia'	303
Tabela 94 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Responsabilidade Social'	304

Lista de Abreviaturas

- ACV - Análise do Ciclo de Vida
BOP – *Bottom of Pyramid* (Base da Pirâmide Social)
C2C - *Cradle to Cradle* (Berço ao Berço)
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
DfA – *Design for Assembly*
DfD – *Design for Disassembly*
DfE - *Design for Environment*
DfM – *Design for Manufacture*
DM – Design Macroergonômico
EoL – *End of life*, fim da vida útil
EPR - *Extended Producer Responsibility*
EVA - Etileno-acetato de vinila (*Ethylene Vinyl Acetate*)
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental
GINI – Índice Gini
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IDS - Índice de Desenvolvimento Sustentável
ISO - *International Standards Organization*
ITA - Inovações Tecnológicas Ambientais (*Technological Environmental Innovations, TEIs*)
LEED – *Leadership in Energy and Environment Design*
LOPP – Laboratório de Otimização de Produtos e Processos
MAK - *Maximale Arbeitsplatz Konzentration* (*Maximal Admissible Concentration*)
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*Clean Development Mechanism*)
POEMS - *Product-Oriented Environmental Management System*
PPD – Pessoa Portadora de Deficiência
PPC – Paridade de Poder de Compra (*Purchasing Power Parity*)
P+L – Produção mais Limpa (*Cleaner Production*)
PU – Poliuretano (*Polyurethane*)
PVC - Polivinil cloreto ou Policloreto de Vinila (*Polyvinyl chloride*)
SGA – Sistema de Gestão Ambiental (*Environmental Management System – EMS*)
SMAM – Secretaria Municipal de Meio Ambiente
TLV - *Threshold Limit Value*
TVOC – *Total Volatile Organic Compounds*
VOC - *Volatile Organic Compounds*, compostos orgânicos voláteis
Zeri – *Zero Emissions Research & Initiatives*

Sumário

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	6
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	10
1.4 OBJETIVOS.....	10
1.4.1 <i>Objetivo geral</i>	10
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
1.5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	11
1.6 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	13
1.7 ESTRUTURA DA TESE	14
CAPÍTULO 2	16
2 A QUESTÃO AMBIENTAL: PROBLEMAS E CAMINHOS PARA POSSÍVEIS SOLUÇÕES	16
2.1 PRINCIPAIS PROBLEMAS AMBIENTAIS.....	16
2.1.1 <i>A utilização de recursos naturais</i>	16
2.1.2 <i>Geração e descarte de resíduos</i>	22
2.1.3 <i>Emissões</i>	28
2.1.4 <i>Mudanças climáticas</i>	31
2.1.5 <i>Desigualdade social</i>	33
2.2 CAMINHOS PARA POSSÍVEIS SOLUÇÕES	36
2.2.1 <i>Repensar novos mercados consumidores</i>	36
2.2.2 <i>Consumo sustentável</i>	38
2.2.3 <i>Legislações e certificações ambientais</i>	40
2.2.4 <i>Desenvolvimento de novas tecnologias ambientalmente amigáveis</i>	46
2.2.5 <i>Geração de empregos a partir de iniciativas ambientalmente amigáveis</i>	51
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
CAPÍTULO 3	55
3 O CONCEITO BERÇO AO BERÇO COMO ESTRATÉGIA DE TRANSFORMAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E PROCESSOS	55
3.1 NÍVEIS DE ABRANGÊNCIA DAS ABORDAGENS AMBIENTALISTAS	56
3.2 REVISÃO DAS PRINCIPAIS ABORDAGENS AMBIENTALMENTE ORIENTADAS E A SUA RELAÇÃO COM O CONCEITO BERÇO AO BERÇO	58
3.2.1 <i>Metabolismo dentro da Cadeia Produtiva</i>	69
3.2.2 <i>Ecoeficiência e Ecoeficácia de Produtos e Processos</i>	72
3.3 PRINCIPAIS ÁREAS DE ATUAÇÃO DENTRO DO CONCEITO BERÇO AO BERÇO	74
3.3.1 <i>Materiais</i>	75
3.3.2 <i>Reutilização de materiais</i>	77
3.3.3 <i>Água</i>	80
3.3.4 <i>Energia</i>	83
3.3.5 <i>Responsabilidade Social</i>	84
3.4 ESTÁGIOS NA ADOÇÃO DE INICIATIVAS EM DIREÇÃO À SUSTENTABILIDADE	88

3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
CAPÍTULO 4.....		91
4	O PRODUTO CALÇADO.....	91
4.1	A EVOLUÇÃO DA CADEIA CALÇADISTA	93
4.2	O DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE CALÇADOS NOS EUA	98
4.3	O SETOR CALÇADISTA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DO SUL	101
4.4	A TRANSFORMAÇÃO DA CADEIA COUREIRO-CALÇADISTA EM CADEIA CALÇADISTA DE ACORDO COM O DESENVOLVIMENTO DE CALÇADOS ESPORTIVOS	105
4.5	A CADEIA CALÇADISTA E AS QUESTÕES AMBIENTAIS	107
4.5.1	<i>Materiais mais utilizados pela indústria calçadista.....</i>	<i>107</i>
4.5.2	<i>Fim do ciclo de vida do calçado e reutilização de materiais.....</i>	<i>109</i>
4.5.3	<i>Consumo de água na indústria calçadista.....</i>	<i>112</i>
4.5.4	<i>Consumo de energia na produção de calçados.....</i>	<i>114</i>
4.5.5	<i>Responsabilidade social na indústria calçadista.....</i>	<i>114</i>
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
CAPÍTULO 5.....		116
5	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO E PROPOSTA DE MÉTODO DE ANÁLISE	116
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO.....	118
5.1.1	<i>Caracterização dos Estudos de Caso no Brasil.....</i>	<i>118</i>
5.1.2	<i>Caracterização dos Estudos de Caso nos EUA</i>	<i>122</i>
5.2	COLETA DE DADOS E VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO	127
5.2.1	<i>Variáveis relacionadas à sustentabilidade ambiental.....</i>	<i>129</i>
5.2.2	<i>Variáveis relacionadas à sustentabilidade social - princípios de responsabilidade social.....</i>	<i>135</i>
5.2.3	<i>Variáveis relacionadas à sustentabilidade econômica - modelo de negócio.....</i>	<i>136</i>
5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	137
CAPÍTULO 6.....		139
6	INICIATIVAS AMBIENTAIS EM EMPRESAS CALÇADISTAS – RESULTADOS E ANÁLISE	139
6.1	ESTUDO PILOTO – EMPRESA F	140
6.1.1	<i>Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção</i>	<i>140</i>
6.1.2	<i>Materiais.....</i>	<i>141</i>
6.1.3	<i>Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais</i>	<i>143</i>
6.1.4	<i>Uso da Água.....</i>	<i>145</i>
6.1.5	<i>Consumo de Energia</i>	<i>146</i>
6.1.6	<i>Princípios de responsabilidade social</i>	<i>147</i>
6.1.7	<i>Considerações sobre o estudo piloto – Empresa F.....</i>	<i>147</i>
6.2	ESTUDO DE CASO I – EMPRESA E.....	149
6.2.1	<i>Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção</i>	<i>150</i>
6.2.2	<i>Materiais.....</i>	<i>151</i>
6.2.3	<i>Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais</i>	<i>154</i>
6.2.4	<i>Uso da Água.....</i>	<i>157</i>
6.2.5	<i>Consumo de Energia</i>	<i>158</i>
6.2.6	<i>Princípios de responsabilidade social</i>	<i>159</i>
6.2.7	<i>Considerações sobre o estudo de caso I – Empresa E.....</i>	<i>161</i>
6.3	ESTUDO DE CASO II – EMPRESA PATAGONIA.....	163
6.3.1	<i>Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção</i>	<i>164</i>
6.3.2	<i>Materiais.....</i>	<i>166</i>
6.3.3	<i>Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais</i>	<i>169</i>
6.3.4	<i>Uso da Água.....</i>	<i>172</i>
6.3.5	<i>Consumo de Energia</i>	<i>173</i>
6.3.6	<i>Princípios de responsabilidade social</i>	<i>174</i>
6.3.7	<i>Considerações sobre o estudo de caso II – Empresa Patagonia</i>	<i>176</i>
6.4	ESTUDO DE CASO III – EMPRESA SIMPLE SHOES	177
6.4.1	<i>Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção</i>	<i>177</i>

6.4.2	<i>Materiais</i>	180
6.4.3	<i>Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais</i>	183
6.4.4	<i>Uso da Água</i>	185
6.4.5	<i>Consumo de Energia</i>	186
6.4.6	<i>Princípios de responsabilidade social</i>	187
6.4.7	<i>Considerações sobre o estudo de caso III – Empresa Simple Shoes</i>	189
6.5	ESTUDO DE CASO IV – EMPRESA NIKE	190
6.5.1	<i>Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção</i>	191
6.5.2	<i>Materiais</i>	195
6.5.3	<i>Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais</i>	198
6.5.4	<i>Uso da Água</i>	200
6.5.5	<i>Consumo de Energia</i>	200
6.5.6	<i>Princípios de responsabilidade social</i>	201
6.5.7	<i>Considerações sobre o estudo de caso IV – Empresa Nike</i>	203
6.6	CONTRIBUIÇÕES PARA DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS E SOLUÇÕES DE PROJETO A PARTIR DO CONCEITO BERÇO AO BERÇO	205
6.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	207
CAPÍTULO 7		215
7	CONCLUSÕES	215
7.1	COMENTÁRIOS GERAIS	215
7.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS	216
7.3	SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS	221
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		223
ANEXO A – GRÁFICOS E CONCEITOS MENCIONADOS NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA		236
A.1	GRÁFICOS SOBRE EMISSÕES E CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ COMENTADOS NO ITEM 2.1.3.....	236
A.2	RESUMO DAS ABORDAGENS AMBIENTALISTAS E FERRAMENTAS COMENTADAS NO ITEM 3.2.....	238
A.3	POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL – GLOBAL WARMING POTENCIAL (GWP) E CO ₂ EQUIVALENTE	239
ANEXO B – FORMULÁRIOS DA CERTIFICAÇÃO BERÇO AO BERÇO		241
B.1	FORMULÁRIO PRINCIPAL	241
B.2	FORMULÁRIO SOBRE MATERIAIS.....	250
B.3	FORMULÁRIO SOBRE ÁGUA	251
B.4	FORMULÁRIO PARA OS FORNECEDORES.....	254
ANEXO C – RESUMO DAS VARIÁVEIS		257
ANEXO D – LISTAS DOS MATERIAIS EMPREGADOS EM ALGUNS DOS PRODUTOS ANALISADOS		259
D. 1	MATERIAIS COMPONENTES DO MODELO CONVENCIONAL DA EMPRESA F – ESTUDO PILOTO.....	259
D. 2	MATERIAIS COMPONENTES DO MODELO VERDE DA EMPRESA E – ESTUDO DE CASO I	260
D. 3	MATERIAIS COMPONENTES DO MODELO CONVENCIONAL DA EMPRESA E – ESTUDO DE CASO I	262
ANEXO E – BREVE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS MATERIAIS DA INDÚSTRIA CALÇADISTA		264
E.1	FIBRAS NATURAIS E PELES.....	264
E.1.1	<i>Algodão</i>	265
E.1.2	<i>Bambu</i>	266
E.1.3	<i>Linho (Flax) e Cânhamo (Hemp)</i>	266
E.1.4	<i>Cortiça</i>	267
E.1.5	<i>Juta</i>	267
E.1.6	<i>Lã</i>	268
E.1.7	<i>Seda</i>	268
E.1.8	<i>Couro</i>	269
E.2	POLÍMEROS.....	270
E.2.1	<i>Borracha (látex) natural</i>	271
E.2.2	<i>Borracha butílica</i>	272
E.2.3	<i>EVA (Ethylene Vinyl Acetate ou Etileno-acetato de vinila)</i>	273

E.2.4	Neoprene (Polychloroprene).....	274
E.2.5	Nylon (Poliamidas).....	274
E.2.6	Poliétileno (PE).....	275
E.2.7	Poliestireno (PS).....	276
E.2.8	Poliéster	277
E.2.9	Politereftalato de etileno (PET).....	278
E.2.10	Polivinil cloreto ou Policloreto de Vinila (PVC)	279
E.2.11	Poliuretano (PU).....	280
E.2.12	Polietersulfone (Polyethersulfone – PES)	281
E.3	ALUMÍNIO	282
ANEXO F - FERRAMENTA DE ANÁLISE MULTICRITERIAL - AHP.....		283
F.1	SISTEMA DE PONTUAÇÃO DOS CRITÉRIOS E DAS SOLUÇÕES A SEREM ANALISADAS.....	286
F.2	HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS	287
F.3	EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA DA FERRAMENTA AHP	288
F.4	EXEMPLO DE HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	292
	1ª linha: <i>Materiais x Outros Critérios</i>	292
	2ª linha: <i>EcL e Reutilização de Materiais x Outros Critérios</i>	293
	3ª linha: <i>Água x Outros Critérios</i>	294
	4ª linha: <i>Energia x Responsabilidade Social</i>	294
F.5	EXEMPLO DE HIERARQUIZAÇÃO DOS SUB-CRITÉRIOS	295
F.5.1	<i>Comparação dos sub-critérios do critério ‘Materiais’</i>	295
	1ª linha: <i>Toxicidade x Outros sub-critérios</i>	295
	2ª linha: <i>Massa x Outros sub-critérios</i>	296
	3ª linha: <i>Pegada de água x Outros sub-critérios</i>	296
	4ª linha: <i>Energia Incorporada x Desempenho</i>	297
F.5.2	<i>Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao fim de ciclo de vida e à reutilização de materiais com foco no metabolismo biológico</i>	297
	1ª linha: <i>Reusabilidade x Outros Subcritérios</i>	298
	2ª linha: <i>Reciclabilidade x Outros Subcritérios</i>	298
	3ª linha: <i>Renovabilidade x Outros Subcritérios</i>	299
	4ª linha: <i>Biodegradabilidade x Outros Subcritérios</i>	299
	5ª linha: <i>Rede de logística reversa x Desmontagem</i>	300
F.5.3	<i>Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao fim de ciclo de vida e à reutilização de materiais com foco no metabolismo tecnológico</i>	300
	1ª linha: <i>Reusabilidade x Outros Subcritérios</i>	300
	2ª linha: <i>Reciclabilidade x Outros Subcritérios</i>	301
	3ª linha: <i>Renovabilidade x Outros Subcritérios</i>	301
	4ª linha: <i>Biodegradabilidade x Outros Subcritérios</i>	302
	5ª linha: <i>Logística Reversa x Desmontagem</i>	302
F.5.4	<i>Análise comparativa entre os sub-critérios relacionados ao uso de água</i>	302
	1ª linha: <i>Fonte x Outros Sub-critérios</i>	303
	2ª linha: <i>Consumo na montagem x iniciativas de economia de água</i>	303
F.5.5	<i>Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao consumo de energia</i>	303
	1ª linha: <i>Fonte na montagem x Outros Subcritérios</i>	303
	2ª linha: <i>Consumo na cadeia x Iniciativas para economia de energia</i>	304
F.5.6	<i>Análise comparativa entre os subcritérios relacionados à Responsabilidade Social</i>	304
	1ª linha: <i>Certificação de responsabilidade social x Outros Sub-critérios</i>	304
	2ª linha: <i>Programa de desenvolvimento social x Princípio da precaução</i>	305

CAPÍTULO 1

1 Introdução

1.1 Contextualização

Ao longo de sua história, a humanidade vem interferindo no meio ambiente natural como nenhuma outra espécie. Em particular, as transformações técnicas produzidas a partir da revolução industrial alteraram mais e, em menor período de tempo, a forma com que algumas sociedades utilizam produtos e serviços, e os padrões adotados levavam a reconhecer, atualmente, a inviabilidade da exploração indiscriminada de recursos naturais. A construção destes padrões de produção e consumo ocorreu com mais evidência a partir da II Guerra Mundial, já que a industrialização cresceu cinquenta vezes ao longo do século XX e 80% deste aumento aconteceu depois de 1950 (W.C.E.D., 1987).

A preocupação em atender as necessidades do presente, mas garantindo que futuras gerações possam também satisfazer as suas necessidades, é o cerne do conceito de sustentabilidade (W.C.E.D., 1987). Mesmo dividido em diferentes campos de atuação (ambiental, social, econômico, político e cultural), uma visão fiel deste conceito deve ser abrangente, buscando envolver as várias faces de problemas como o desperdício e a escassez de recursos, a geração e acumulação de resíduos, os resultados dos eventos associados às mudanças climáticas e às pressões econômicas, além de definir como é possível melhorar a situação atual.

A discussão sobre as questões ambientais e as consequências das atividades humanas no planeta não é recente. No século XVIII, Thomas Malthus advertiu sobre a taxa de aumento da população, que crescia numa progressão geométrica, quando encontrava boas condições para isto, e sobre a taxa de aumento da produção de alimentos e meios de subsistência desta população, a qual crescia apenas em progressão aritmética (MALTHUS, 1960)). Suas ideias anteviam um limite para o crescimento populacional e mesmo econômico, de acordo com as possibilidades de sustento e regeneração natural, na qual era baseada a agricultura da época. Seu raciocínio foi criticado posteriormente, por não levar em consideração que muitas populações poderiam reduzir suas taxas de crescimento, sem mencionar a evolução dos métodos contraceptivos, além da evolução das técnicas de cultivo (CONNELLY, 2008). No entanto, o conteúdo de suas ideias ainda está presente em publicações importantes, mais de

dois séculos depois, como por exemplo em Ehrlich (1968), e Meadows, Randers *et al.* (2004). Ehrlich (1968) enunciou uma das mais populares equações sobre impacto ambiental:

$$\text{Impacto} = \text{população} \times \text{afluência (montante de tecnologia usada por pessoa)} \times \text{tecnologia}$$

Sendo que afluência é o PIB per capita. Em 1995, Thomas Graedel e Braden Allenby propuseram uma variação que representa uma forma direta para o cálculo desta equação:

$$\text{Impacto} = \text{população} \times \frac{\text{PIB}}{\text{população}} \times \frac{\text{poluição}}{\text{unidade de PIB (\$)}}$$

Em uma das análises possíveis desta equação, pressupõe-se que o controle populacional é uma questão abordada de diferentes maneiras entre as nações e seus cidadãos. Segundo estimativas da UNESCO a população mundial se estabilizará somente em 2045, em torno de 9 bilhões de pessoas. Assim, a população ainda continuará em crescimento e por questões éticas não deve ser indicada como uma variável a ser imposta por um controle rígido.

Por outro lado, dentro da compreensão econômica, é preciso que aumente o PIB per capita das nações ou então a distribuição de renda, de forma a prover boas condições de vida às populações. Assim, a variável tecnologia é o fator que deve ser trabalhado para a redução do impacto como um todo. No entanto, uma das discussões mais importantes, e que esta pesquisa toma como base, são os limites das soluções tecnológicas frente ao volumoso impacto produzido atualmente.

Meadows, Randers *et al.* (1974) previam cenários não otimistas para as próximas décadas, e em sua reedição, trinta anos depois, os pesquisadores afirmaram que um “*colapso, e conseqüente declínio, nas condições de vida da sociedade seriam resultado de uma preparação insuficiente para o futuro*” e mostram que as medidas internacionais para controlar as ações desfavoráveis ao meio ambiente e as ações em tecnologia estão, hoje, muito aquém do necessário (MEADOWS, RANDERS *et al.*, 2004).

Sobre a questão do volume populacional, porém, atualmente pode ser observado que existe uma grande assimetria no consumo e na distribuição de recursos no planeta. Países mais desenvolvidos, consomem uma quantidade desproporcional de recursos enquanto as nações menos desenvolvidas – com populações às vezes bastante superiores em número e com as maiores taxas de crescimento populacional – são os países que consomem menos

recursos naturais. Índices como a “pegada ecológica”, por exemplo, demonstram esta disparidade quando relatam que os maiores índices de utilização de recursos para satisfazer as necessidades de consumo e absorção de dejetos da população em hectares/pessoa, pertencem a países como EUA (9,4 ha/hab.); Dinamarca (8 ha/hab.), Austrália (7,8 ha/hab.), Nova Zelândia (7,7 ha/hab.) e Canadá (7,1 ha/hab.) (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2009b). É importante ressaltar que os dois países mais populosos do mundo, a China (1,3 bilhões) e a Índia (1,15 bilhões), que abrigam 37% da população mundial (C.I.A, 2008) têm hábitos ainda contidos. A China que, atualmente, é um país que concentra um volume considerável da produção mundial de artigos de consumo tem pegada ecológica de 2,1 ha/hab., enquanto a Índia tem em média uma pegada ecológica de 0,9 ha/hab., sendo que este índice vem crescendo anualmente (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2009b). O Brasil tem como pegada ecológica 2,4 ha/hab., no entanto, este número engloba diferenças significativas entre suas cinco macrorregiões e a distribuição de renda de sua população.

Os países de menor pegada ecológica são aqueles ainda carentes de condições básicas, como Afeganistão (0,5), Haiti (0,5) e Malawi (0,5). Além disto, em um panorama geral, sabe-se que aproximadamente 10% da população mundial, residente na América do Norte e Europa, consomem em torno de 50% dos recursos mundiais (HARTKOPF e LOFTNESS, 1999). Isto ilustra que não é necessariamente o número de pessoas o responsável pela devastação de recursos naturais, e sim a forma com que as sociedades os utilizam (CONNELLY, 2008).

É neste sentido, relacionando crescimento da população e crescimento de consumo que Thomas Friedman, em seu livro mais recente, faz a argumentação de que o planeta está cada vez mais “plano, quente e lotado”. Segundo ele, a ascensão à classe média de significativo número de pessoas em países como China e Índia, e podemos incluir também o Brasil, traz aumento na demanda de bens de consumo, agregando aumento na demanda de energia e matérias-primas, que, no modelo atual, em muitos casos, não são renováveis, como o exemplo do petróleo (FRIEDMAN, 2008). Atualmente, questões de energia, especialmente a dependência ao petróleo, não são mais apenas razão de protestos de ecologistas, pois passaram a serem questões de segurança nacional para muitos países.

Dentro desta discussão, um conceito importante de ser ressaltado é o termo ecologia, apresentado em 1870 pelo zoólogo Ernest Haeckel, aplicado ao estudo das inter-relações entre espécies na luta pela sobrevivência (CLEGG, HARDY *et al.*, 1996). Um século mais tarde, o

mesmo termo foi empregado para definir o estudo das populações humanas e a distribuição de organizações industriais, seus recursos e interação com o meio ambiente, na forma de ecologia do comércio (HAWKEN, 1993) e ecologia industrial (HARPER e GRAEDEL, 2004). Contudo, a relação entre as organizações humanas dentro da biosfera é definida especificamente pelo termo ambientalismo, ou seja, o estudo das interações entre sociedade, tecnologia e meio ambiente natural (CLEGG, HARDY *et al.*, 1996).

Este conceito de ambientalismo gerou três abordagens principais para definir a relação humano-meio ambiente: o paradigma social dominante, o ambientalismo radical e o ambientalismo renovado. O paradigma social dominante, perspectiva que remonta à antiguidade e chega ao iluminismo e à revolução industrial, define o ser humano como dominador da natureza, tendo uma visão antropocêntrica do mundo (CLEGG, HARDY *et al.*, 1996). Em forte oposição, o ambientalismo radical defende a mudança de objetivo na busca científica e tecnológica para reduzir a intervenção do ser humano no ambiente natural, incentiva uma postura anti-consumista e anti-materialista, como conduta apropriada em um mundo com recursos limitados e que vêm sendo exauridos. Esta abordagem, referida também por ecologia profunda, fundamenta-se em uma visão sistêmica, em que se reconhece a interdependência entre todos os fenômenos; assim indivíduos e sociedades estão inseridos como dependentes dos processos cíclicos da natureza (CAPRA, 1998).

Um ponto de vista mediador entre estas abordagens é configurado pelo ambientalismo renovado. Segundo esta abordagem, a tecnologia deve servir ao progresso científico, econômico e para prever e solucionar riscos ambientais, assim o meio natural deve influenciar as decisões industriais. Pretende-se uma reconciliação entre o crescimento econômico e a proteção ambiental, incluindo a preocupação social de distribuição de renda mais homogênea entre nações, para alcançar melhor gestão do ambiente comum, em que é ressaltado o papel governamental (CLEGG, HARDY *et al.*, 1996). É possível observar que o paradigma social dominante norteou o desenvolvimento das sociedades ocidentais desde o início da revolução industrial, e hoje está presente também em muitos países do oriente. Embora sua defesa pareça bastante difícil, observa-se que este paradigma ainda está no cerne de decisões em situações reais. Pode-se afirmar que as três abordagens continuam coexistindo nas diversas escalas: social, econômica e geográfica. Espera-se, porém, que ocorra uma migração lenta e gradual, em nível de conscientização da população e de ações práticas governamentais e de organizações privadas, do paradigma social dominante para os dois formatos de

ambientalismo. Cabe salientar que esta pesquisa é guiada segundo o paradigma do ambientalismo renovado.

Assim como as duas correntes do ambientalismo, segundo Nascimento et. al. (2008), existem duas posturas filosóficas que encaram de forma diferente a preocupação com o meio ambiente, a preservação e a conservação. Na preservação ambiental se entende que o ser humano não deve alterar um ecossistema de forma alguma. Esta abordagem é empregada nas áreas de preservação permanente, como parques florestais e áreas no entorno de cursos d'água. A conservação ambiental, por outro lado, refere-se ao aproveitamento controlado de recursos naturais, num ritmo que permita a reconstituição das propriedades do ambiente (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). Neste sentido, esta pesquisa está pautada pela conservação ambiental, objetivando estudar meios de produção que trabalhem de acordo com as regras do ambiente natural.

Segundo o *Office of Technology Assessment* do Congresso Americano, ao considerar o panorama econômico, a inserção da dimensão ambiental pode ocorrer de diversas formas. Entre as principais estão a proteção ambiental, o gerenciamento de recursos e o desenvolvimento eco. Um panorama de proteção ambiental - *Environmental Protection* - fica mais evidente em situações em que o meio ambiente é visto como fator externo à economia, e por isto deve ser protegido por meio de regulamentações (O.T.A., 1992). Este cenário é bastante perceptível nos países em desenvolvimento, que ainda possuem relativa abundância de recursos naturais e significativas pressões e dificuldades econômicas, fazendo com que a dimensão ambiental seja muitas vezes negligenciada. O princípio berço ao túmulo (*cradle to grave*) também pode ser entendido dentro desse paradigma, já que estabelece a responsabilidade dos produtores pelo descarte final de seu produto, por meio de legislação punitiva.

No gerenciamento de recursos - *Resource Management* - o meio ambiente é encarado como fator externo à economia, mas que precisa ser internalizado por meio de medidas de desempenho econômico e políticas de tomada de decisão (O.T.A., 1992). Já o desenvolvimento eco - *Eco Development* - proposto nos anos 70 por Maurice Strong e Ignacy Sachs, enfatiza a co-evolução da sociedade e do ecossistema em bases iguais. A terra é vista como um ecossistema fechado, assim o princípio é tornar a economia ecológica (O.T.A., 1992). Isto se deve à compreensão de que não é viável manter o crescimento da produção industrial, simplesmente desconsiderando a extinção de recursos naturais ou a geração de

resíduos não degradáveis, dentro do fluxo linear de produção, em que os recursos são transformados, utilizados e descartados e em que a poluição é amenizada com procedimentos de final de tubo.

Uma quebra de paradigma deve ocorrer para se alcançar o desenvolvimento eco. Para isto é preciso uma reflexão sobre a forma de alcançá-lo, visto que um dos principais questionamentos em relação à sua viabilidade é como fazer com que a escala de crescimento econômico e social atual comporte a co-evolução ambiental e econômica almejada. Um momento importante nesta quebra ocorre quando a concepção de produtos e sistemas produtivos deixa a lógica linear (*cradle to grave*) para assumir a lógica cíclica (*cradle to cradle*), em que os produtos e seus componentes devem ser criados para, ao final de seu uso, serem reutilizados com suas propriedades não desgastadas, como nutrientes tecnológicos no chamado metabolismo tecnológico, ou então voltarem à natureza como nutrientes biológicos e não como poluentes, através do metabolismo biológico (AYRES e SIMONIS, 1994; VAN DER RYN e COWAN, 1996; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002; GUIMARÃES, 2006).

Assim, acredita-se que para alcançar sustentabilidade deve-se trabalhar da forma mais abrangente possível, no desenvolvimento de novos produtos, para materializar novas formas de utilizar recursos. Este é o foco de discussão deste trabalho em Sistemas de Produção, ou seja, o estudo da inserção da dimensão ambiental no desenvolvimento de produtos e processos produtivos em cenários tradicionais, caracterizados pela lógica linear, com intuito de contribuir com a migração do paradigma social dominante para o ambientalismo renovado.

1.2 Justificativa e motivação

O alerta para a necessidade de transformações tem sido feito há várias décadas, porém mudanças efetivas têm ocorrido muito lentamente, fazendo com que alguns autores apontem que a civilização já tenha cruzado o limite em que seria possível reverter o quadro de degradação ambiental (LOVELOCK, 2006). Outros adotam uma postura menos pessimista e buscam a quebra de paradigmas. Neste caso, uma das áreas em que se devem concentrar esforços é na concepção e no desenvolvimento de produtos e processos produtivos, pelo considerável impacto que estas atividades impõem ao meio ambiente (HAWKEN, LOVINS *et al.*, 1999; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002). Afinal, como aponta Hawken (1993), o propósito das atividades econômicas não é, ou não deveria ser simplesmente gerar dinheiro, e sim aumentar as condições de conforto e bem estar da humanidade. Enquanto se ensina a

ganhar riqueza financeira, a compreensão ecológica demonstra que esta riqueza é ilusória, se não estiver baseada nos princípios e processos cíclicos da natureza (HAWKEN, 1993).

A atenção à questão ambiental, no contexto da engenharia de produção, vem do reconhecimento de que o crescimento das atividades produtivas, nos moldes tradicionais, é bastante limitado e pode se afirmar inviável, tanto em relação aos recursos naturais quanto à absorção dos dejetos gerados. Um exemplo disto é a estimativa de que em 2008 a população mundial viveu de acordo com a capacidade do planeta somente até dia 23 de setembro (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2009a). Isto significa que a partir desta data a humanidade viveu em débito ecológico até o final do ano, seguindo o conceito da pegada ecológica, ferramenta desenvolvida para avaliar a superfície produtiva necessária a uma população para sustentar suas necessidades, seu padrão de consumo e produção de resíduos, citada no item 1.1, para ilustrar recursos consumidos por países desenvolvidos e menos desenvolvidos.

Estima-se que a primeira vez que a humanidade entrou no “negativo ambiental” foi em 1987, no dia 19 de dezembro, e a cada ano esta data (conhecida como *overshoot day*) chega mais cedo (MEADOWS, RANDERS *et al.*, 2004). Segundo dados do relatório Planeta Vivo (HAILS, LOH *et al.*, 2006), mesmo em um cenário intermediário que contempla uma mudança significativa nos padrões de produção e consumo atuais, já foi acumulada uma dívida ecológica que demandará um período de três gerações para ser paga.

Por outro lado, aponta-se que uma forma de diminuir o desperdício de recursos é promover a qualidade de produção, e por isto algumas empresas já reconhecem que pode ser mais vantajoso vender menos quantidade de materiais a melhores preços, que simplesmente vender mais (HAWKEN, LOVINS *et al.*, 1999). Isto é alcançado por meio de soluções de projeto do produto e processo como um todo, e não na simples especificação de um componente, o que tange à seara do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) que, segundo Ulrich e Eppinger (2004) representa o conjunto de atividades, que se iniciam com a percepção de uma oportunidade de mercado, e que finaliza na produção do produto, sua venda e entrega para o consumidor final. Defende-se, assim, o re-projeto da produção industrial e a abrangência de usos de seus produtos, e aponta-se, como a próxima fronteira, o repensar de tudo que é consumido: o que é; de onde vem; para onde vai (HAWKEN, LOVINS *et al.*, 1999). O direcionamento das iniciativas de transformação, de forma sistêmica, relaciona-se ao conceito de ecoeficácia, em que se busca alcançar o sucesso em questões ambientais, em

longo prazo. Este conceito significa trabalhar nas coisas certas, em produtos e sistemas de serviços corretos, ao invés de amenizar coisas erradas (McDONOUGH e BRAUNGART, 2002).

Em paralelo a estas considerações, se reconhece que o passo inicial mais comum é a adesão às normas ambientais, o que pode ser considerado bastante positivo. Contudo, nas normas ISO14000, EMAS e BS 7750, o foco principal são procedimentos para redução de emissões, por meio de melhorias nos processos produtivos (AMMENBERG e SUNDIN, 2005), visando atender às legislações regionais. Porém, com o grande número de empresas certificadas, principalmente pela norma ISO 14001, questiona-se: em que medida tem-se obtido transformações significativas nos processos produtivos?

Neste contexto de amenizar ações desfavoráveis, estão os Protocolos de Montreal e de Kyoto. Este último acordo, além de redução de emissões, estabelece também cotas de emissões comercializáveis entre países. No caso de a meta de redução não ser alcançada, há possibilidade de compra de créditos, os chamados créditos de carbono. Como as nações que mais poluem são os países desenvolvidos, estes investiriam em projetos ambientalmente orientados, nos países em desenvolvimento. Aparentemente, esta política representaria investimentos em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (*Clean Development Mechanism*), a serem realizados nos países menos desenvolvidos. Por outro lado, para alguns, a aplicação destes mecanismos apresenta o risco de legitimar o “direito de poluir”. A possibilidade de investimentos interessa às empresas nacionais, para angariar investimentos e melhorar os preços de seus produtos no mercado internacional. Contudo esta é uma estratégia pouco explorada pelas empresas de médio e pequeno porte, por suas dificuldades em pesquisa e desenvolvimento.

Soma-se também, a crescente investigação, principalmente em países da União Europeia, de políticas públicas que incentivem a seleção dos resíduos sólidos, a produção de bens recicláveis e a atribuição, aos produtores, da responsabilidade pelo descarte de seus produtos, chamada “*extended producer responsibility*” ou EPR (CALCOTT e WALLS, 2005; STEFFEN, 2006; MILANEZ e BÜHRS, 2009). Além disto, as características relacionadas a todo o ciclo de vida do produto, principalmente aos parâmetros que indicam o quanto o produto é nocivo ao meio ambiente, têm aumentado sua importância e começam a interessar ao cliente final. Por estas razões, os setores produtivos devem iniciar transformações significativas em suas atividades, quer por consciência pessoal de seus

diretores, quer por visão empresarial de médio e longo prazo, em relação à competição de mercado e exigências de legislação.

No estudo prático desta pesquisa será abordado o setor calçadista, por representar um dos principais setores industriais do estado do Rio Grande do Sul (F.E.P.A.M., 2003). O setor coureiro-calçadista é o segundo em número de empresas no estado. De acordo com o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, representa um dos principais geradores de resíduos industriais perigosos². Além da sua relevância regional, a indústria coureiro-calçadista é importante no contexto nacional e mundial. Estima-se que a produção global de calçados, por exemplo, situa-se em torno de 20 bilhões de pares ao ano (aproximadamente três pares/ano/hab.) (Albers *et al*, 2008), o que representa um impacto ambiental considerável na produção e no descarte final.

O produto calçado atende a uma necessidade que pode ser considerada básica e relacionada à saúde dos indivíduos, e também possui um nível de complexidade instigante, em relação ao seu projeto, manufatura, distribuição, uso, descarte e/ou logística reversa. Além disto, o mercado de calçados apresenta peculiaridades, por exemplo, a influência das questões cambiais no caso da produção para exportação, que afetam significativamente as empresas e, muitas vezes, servem de argumento para que a organização da produção se mantenha nos moldes tradicionais, ou seja, na lógica linear.

Os estudos de caso se concentram em empresas brasileiras e americanas por apresentarem modelos de negócio distintos dentro da cadeia calçadista e por atenderem volumoso mercado consumidor que possui semelhanças na decisão de compra. Como é mostrado no capítulo 4 (Tabela 6), atualmente, Brasil e China são os países que estão entre os maiores produtores, exportadores e consumidores de calçados, no entanto, em geral grande parte da produção chinesa tem seu desenvolvimento de produtos conduzido por empresas americanas que apenas deslocaram sua estrutura de manufatura para outros países. Estas questões são mais bem discutidas ao longo do trabalho. Neste cenário bastante complexo e de muitos intervenientes, o estudo almeja abordar como estão sendo conduzidas iniciativas ambientais dentro do desenvolvimento de produtos e quais são os reflexos destas na estrutura de produção.

² Segundo a NBR 10004, os resíduos são classificados em classes: I - Perigosos; II - Não inertes; III - Inertes.

1.3 Questão de pesquisa

O presente estudo está centrado na investigação de uma questão principal:

- ⊕ Como viabilizar a transformação da lógica linear (berço ao túmulo) de produção e consumo para uma lógica cíclica (berço ao berço)?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Analisar iniciativas ambientais no desenvolvimento de produtos, segundo o conceito berço ao berço, tendo como objeto de estudo empresas calçadistas.

1.4.2 Objetivos específicos

De acordo com o objetivo geral, o estudo será direcionado para cumprir os seguintes objetivos específicos:

- ⊕ 1. Caracterizar o momento presente da indústria calçadista no Brasil, com sua estrutura de produção tradicional e como foi conduzida uma iniciativas em favor de tornar o produto mais ambientalmente amigável. Os estudos de caso nos EUA buscaram observar como trabalham duas médias empresas que têm em seu *core business* o comprometimento de fazer produtos ambientalmente orientados, e investigar como uma grande desenvolvedora de calçados – que nasceu dentro de um modelo tradicional – está fazendo a inserção da dimensão ambiental.
- ⊕ 2. Verificar se existem e quais são as particularidades do setor escolhido que podem representar dificuldades na mudança do conceito berço ao túmulo para o berço ao berço.
- ⊕ 3. Apresentar uma análise das iniciativas ambientais nas organizações estudadas em relação às variáveis ambientais.
- ⊕ 4. A partir de todas estas considerações, pretende-se apresentar algumas diretrizes sobre como analisar o impacto ambiental de alternativas de projeto ao longo do processo de desenvolvimento de produtos, considerando metabolismos biológicos e tecnológicos.

1.5 Desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento do estudo envolveu basicamente três linhas de ação: (i) a investigação das inter-relações dos problemas ambientais e das abordagens ambientalistas, através da revisão de literatura, (ii) o trabalho no desenvolvimento sustentável de produtos junto ao Projeto Fábrica Piloto Auto Sustentável e Inclusiva e (iii) os estudos de caso de iniciativas ambientais em empresas calçadistas brasileiras e norte-americanas.

Inicialmente, buscou-se caracterizar a situação mundial atual, com base na revisão de literatura, abrangendo questões atuais sobre meio ambiente, globalização, consumo e problemas sociais, entre outros tópicos inter-relacionados. Em meio a estes assuntos tão amplos, foram analisadas especificamente diferentes abordagens ambientais enunciadas nas últimas décadas, visando a compreensão de suas inter-relações, para a melhor definição da base conceitual da pesquisa: o conceito berço ao berço. Uma síntese do resultado desta etapa de estudo conceitual consta nos capítulos 2 e 3.

Em paralelo ao início da revisão de literatura e ao longo do curso das disciplinas no PPGEP, foi iniciado o acompanhamento das atividades do Projeto Fábrica Piloto Auto Sustentável e Inclusiva, conduzido junto ao Núcleo de Design, Ergonomia e Segurança do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (NDE/LOPP), sob a coordenação da professora Lia B. M. Guimarães. Este projeto acadêmico, desenvolvido com recursos do CNPq, teve como objetivo a aplicação do conceito de sustentabilidade, de forma ampla, no desenvolvimento de processos e produtos. O projeto foi destinado à melhoria social e resgate cultural de localidades no interior do RS, por meio da criação de cadeias produtivas sustentáveis. De acordo com a estratégia metodológica da pesquisa-ação, a pesquisadora foi membro da equipe de desenvolvimento do projeto, tendo participado da pesquisa, das reuniões e das discussões do grupo, de 2006 até o final de 2008. A participação neste projeto de pesquisa resultou em várias observações, que contribuíram nos estudos de caso, realizados em paralelo ou posteriormente.

No estudo aplicado dentro de empresas, buscou-se analisar como as organizações que desenvolvem produtos estão modificando suas práticas, tanto pela necessidade de atender legislações e exigências governamentais mais rígidas em termos ambientais, quanto para alcançar novos mercados consumidores ou manter suas parcelas já conquistadas. A investigação sobre as iniciativas ambientais foi conduzida com base em estudos de casos exploratórios realizados em empresas do setor calçadista, pela sua importância econômica e

ambiental dentro do Rio Grande do Sul e pelas características no contexto nacional, com dois polos consolidados (Vale do Rio dos Sinos, RS e Franca, SP) e outro em formação (Bahia), participando de uma cadeia que atualmente é globalizada. Neste contexto a própria caracterização das organizações analisadas é um elemento importante, bem como os diferentes modelos das estruturas produtivas (ver item 4.1). Além disto, o produto calçado em si, tem características históricas de produção, consumo e emprego de materiais e tecnologia que o fazem instigante para este tipo de análise, como é comentado no capítulo 4.

Os estudos de caso em empresas calçadistas começaram no segundo semestre de 2008, inicialmente com a coleta de dados do estudo piloto, realizada em uma empresa de porte médio, do Vale do Rio dos Sinos, com processo tradicional de produção e sem objetivos específicos de melhoria ambiental. Em seguida foi iniciada a coleta de dados do estudo de caso em uma grande empresa que possui uma linha verde³, dita ecologicamente amigável. Em ambos os casos foi solicitado às empresas que escolhessem um ou mais modelos representativos de suas vendas ou de suas iniciativas ambientais e foram coletados dados, seguindo, na medida do possível, os questionários presentes nos Anexos B, os quais abordam informações sobre cinco grandes áreas: (i) materiais, (ii) reutilização de materiais, (iii) energia, (iv) água e (v) responsabilidade social (ver itens 3.3 e 5.2).

Esta coleta de dados teve por objetivo o diagnóstico da estrutura produtiva da empresa e das características do produto escolhido, visando estabelecer as principais diferenças entre a produção e os produtos tradicionais, e as eventuais modificações que teriam ocorrido nos produtos verdes. As informações coletadas, quando confrontadas com os conceitos tratados na bibliografia – especialmente o conceito berço ao berço – oferecem material para a análise do entendimento da dimensão ambiental, na estrutura produtiva, e para a investigação de meios de transferência de tecnologia, informações e integração entre centros de pesquisas e indústrias. Desta forma, aproximam as ações de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das ações de design e produção. As barreiras enfrentadas também foram avaliadas nos resultados do estudo. O estudo de caso na empresa brasileira que possui produto verde, contou com a colaboração do estudo de mestrado (defendido em 2008), da pesquisadora Ronise Ferreira dos Santos, que apresenta o mapeamento do processo de desenvolvimento de produtos da empresa e várias observações sobre como se dá o desenvolvimento do produto calçado no Brasil.

³ Neste trabalho se faz a distinção entre produto verde (aquele que possui alguma melhoria em relação aos produtos tradicionais em termos ambientais) e produto sustentável (aquele que atenderia uma vasta gama de critérios em termos de sustentabilidade ambiental, econômica e social). (JACQUES, AGOGINO *et al.*, 2010)

Em janeiro de 2009, teve início o período de doutorado sanduíche, que possibilitou a realização de estudos de caso em empresas americanas, as quais desenvolvem produtos para o setor calçadista. Estes estudos, além de analisarem como as questões ambientais foram conduzidas, contemplaram um modelo de negócio distinto daquele comumente empregado pelas empresas brasileiras (ver item 4.1). O estudo foi sediado na Universidade da Califórnia - Berkeley, no Departamento de Engenharia Mecânica, junto ao grupo de pesquisa Berkeley Energy and Sustainability Technologies (BEST), coordenado pela Professora Alice M. Agogino.

1.6 Delimitação do trabalho

Esta investigação tem foco na interface entre o projeto e a produção de bens de consumo no que tange a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Neste contexto, verificou-se que várias áreas do conhecimento deveriam ser congregadas e que muitos dos conceitos tratados são de domínio específico de certo grupo de profissionais. Por isto, julgou-se fundamental a extensa revisão bibliográfica, enfatizando o detalhamento e ligação entre os vários assuntos tratados, os quais posteriormente são destacados nos estudos de caso.

A presente pesquisa tomou como foco dos estudos de caso o desenvolvimento de produtos no setor calçadista pelas razões já mencionadas no item 1.2 e que serão retomadas em maior detalhe no capítulo 4. Contudo, o trabalho como um todo não se limita ao setor calçadista, pois discute conceitos que dizem respeito a toda estrutura de desenvolvimento de produto e produção atual, o impacto ambiental do chamado “*business as usual*” e as iniciativas de mudanças que começam a ser planejadas com os mais diversos objetivos e seguindo diferentes estratégias. Em relação aos estudos de caso em si, uma limitação está relacionada à coleta de dados do trabalho aplicado que envolve as informações de domínio das empresas estudadas. Na análise das empresas brasileiras, os dados foram coletados diretamente com as equipes de projeto ou produção (o que em alguns casos exige confidencialidade e restringe a divulgação dos nomes das empresas), e o não fornecimento de informações também foi considerado no estudo. Nas empresas norte-americanas foram usadas principalmente informações de domínio público, divulgadas em meios de comunicação oficiais como em relatórios corporativos e websites específicos das empresas, os quais esclarecem aos consumidores as características dos produtos. As informações específicas à montante na cadeia de suprimentos, como por exemplo, a energia incorporada dos materiais empregados nos modelos analisados, foram estimadas de acordo com bases de dados usadas

para estudos de ACV ou softwares que auxiliam a escolha de materiais ambientalmente amigáveis. Tais fontes são mencionadas junto aos dados e constam nos anexos.

Por fim, enfatiza-se ainda que o trabalho não tem objetivo de comparar diretamente os produtos analisados nos estudos de caso, mas sim os resultados gerais das iniciativas ambientais de acordo com a realidade particular de cada empresa. Os dados quantitativos são utilizados principalmente para complementar as inferências baseadas nos estudos dos cenários de forma qualitativa.

1.7 Estrutura da tese

O primeiro capítulo desta tese apresenta, de forma ampla, a contextualização dos processos produtivos, e dos produtos gerados por eles, destacando as sociedades que têm acesso e interagem com os produtos de forma diferente, resultando maior ou menor impacto no ambiente natural. A seguir, é apresentada a definição do tema de pesquisa, o qual tem ênfase no estudo da transformação do modelo tradicional e linear de desenvolvimento de produtos e processos, para um modelo cíclico, considerando como meta para alcançar a produção sustentável, o conceito berço ao berço.

No segundo capítulo são apresentados os problemas relacionados ao impacto ambiental e social das atuais estruturas produtivas, assim como alguns pontos de vista que vislumbram oportunidades de melhorias, em resposta à chamada ‘crise ambiental’. Este capítulo busca destacar também a importância de abordar as transformações recentes, que estão ocorrendo do ponto de vista econômico, a respeito de mercados consumidores e necessidades a serem atendidas.

No capítulo 3 é enfatizado o referencial teórico que fundamenta o estudo, detalhando-se o conceito berço ao berço (*Cradle to Cradle* - C2C) como abordagem que pode aglutinar vários outros conceitos discutidos na literatura, como Ecologia Industrial, Método Zeri (*Zero Emission Research and Initiative*), Produção Limpa, Produção Mais Limpa, Cadeia Verde e Metabolismo Industrial.

O capítulo 4 descreve as particularidades do setor calçadista, abordado nos estudos de caso. Nesta seção, é brevemente descrita a evolução da indústria no Brasil e nos EUA, países em que foram estudadas as iniciativas ambientais no desenvolvimento de produtos ambientalmente amigáveis.

No capítulo 5 é apresentada a caracterização dos estudos de caso e uma proposta de método de análise, com detalhes sobre a coleta de dados e sobre as variáveis de avaliação escolhidas, as quais são baseadas na aplicação do conceito berço ao berço e estão relacionadas à sustentabilidade ambiental, social e econômica. O trabalho aplicado conta como objeto de estudo empresas do setor calçadista, no Brasil e nos Estados Unidos, dois países com modelos distintos em relação ao desenvolvimento e produção de calçados. Os estudos de caso no exterior fazem parte do período de dois anos de doutorado sanduíche junto à Universidade da Califórnia – Berkeley.

Os resultados de cada estudo de caso são apresentados no capítulo 6, em itens distintos: (i) estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção, (ii) materiais, (iii) fim de ciclo de vida e reutilização de materiais, (iv) uso de água; (v) consumo de energia e (vi) responsabilidade social. Neste capítulo são apresentadas, também, considerações sobre diretrizes para a transição rumo à adoção do conceito berço ao berço no desenvolvimento de produtos.

Comentários gerais que resgatam as ligações entre a revisão bibliográfica e os resultados dos estudos de caso iniciam o capítulo 7, que segue com as conclusões e os futuros rumos da pesquisa.

CAPÍTULO 2

2 A questão ambiental: problemas e caminhos para possíveis soluções

Este capítulo apresenta algumas discussões atuais sobre a relação humano-meio ambiente. Como foi comentado no capítulo 1, existe uma grande preocupação sobre o impacto ambiental que as atividades produtivas têm provocado no ambiente natural; por outro lado, pode-se observar uma série de fatores capazes de viabilizar um período de transformações.

Os tópicos tratados nesta seção são intensamente debatidos em foros acadêmicos e na sociedade em geral, e cada um deles contempla uma complexidade que não poderá ser exaurida neste estudo, por ir muito além dos objetivos enunciados. Mesmo assim, considera-se importante apresentar um panorama geral sobre as relações existentes entre os principais problemas e oportunidades relacionados à questão ambiental. Estes pontos estão separados em diversos itens, por questões de organização do texto, mas eles estão intrinsecamente ligados.

2.1 Principais problemas ambientais

A construção de boas condições de vida e conforto ainda está associada a altos níveis de degradação ambiental e às suas consequências. Com o objetivo de apresentar os principais pontos de atrito da relação humano-natureza, de forma ampla e genérica, optou-se por apresentar as questões que envolvem: (1) a exploração dos recursos naturais, (2) a geração de resíduos industriais e urbanos, (3) as emissões e o aumento da concentração dos gases do efeito estufa, (4) os fatores antropogênicos e as alterações climáticas, e (5) a relação entre meio ambiente e desigualdade social. As indagações sobre estes itens servem para o melhor entendimento do conceito berço ao berço, apresentado no próximo capítulo. Além disto, o pano de fundo traçado a partir destes itens ajuda a mostrar a complexidade proveniente de qualquer análise para tomada de decisão, ao longo do processo de desenvolvimento de produtos.

2.1.1 A utilização de recursos naturais

A extração e a utilização de recursos naturais e a capacidade de garantir as necessidades das populações é uma preocupação antiga, associada ao texto de Malthus de 1798, e ao atual conceito de pegada ecológica, como foi comentado no item 1.1. Malthus se referia principalmente, ao desafio de produzir alimentos suficientes frente ao rápido crescimento da população (que na época chegou a enfrentar períodos de intensa fome e

escassez, após poucos anos de safras desfavoráveis). Contudo, a produção de alimentos envolvia basicamente recursos rapidamente renováveis (derivados de fontes biológicas, como plantas e animais). Já no conceito atual de abastecimento das sociedades, os principais impactos ambientais estão associados ao consumo de recursos naturais não-renováveis, utilizados como matéria-prima para a fabricação de produtos utilizados nos mais diversos fins, ou como fonte de energia para garantir a mobilidade espacial de pessoas e bens, para dar suporte às atividades industriais, iluminar e climatizar edificações, etc.

Ao longo da história, a humanidade valorizou certos recursos naturais pelas suas propriedades e pela sua raridade, como os metais preciosos. Hoje isto vem acontecendo não apenas com recursos rapidamente renováveis, mas também com recursos não renováveis, como petróleo e carvão. Atualmente se discute a finitude destes recursos, porém sua extração e utilização ainda são consideradas de “baixo custo” e por isto eles continuam sendo empregados sem o devido cuidado.

Conforme o relatório “*International Energy Outlook 2009*”, da ‘*Energy Information Administration - EIA*’, órgão ligado ao Departamento de Energia dos EUA, apenas 8% da energia total consumida no mundo provém de recursos renováveis. Ou seja, 92% da energia consumida é obtida a partir de recursos naturais não renováveis, como ilustrado na Figura 1. O total de energia consumida anual é de aproximadamente 472,5 quadrilhões de Btus (E.I.A., 2009a). No Brasil, conforme mostra a Figura 2, aproximadamente 45% da energia provém de fontes renováveis (M.E.E., 2009). No estado do Rio Grande do Sul 76% da energia consumida é não renovável (C.E.E.E., 2008).

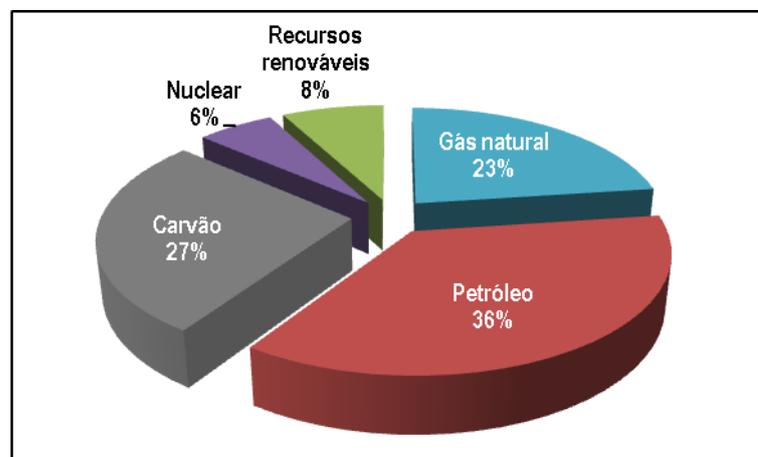


Figura 1 - Distribuição das fontes da energia consumida no mundo (E.I.A., 2009a)

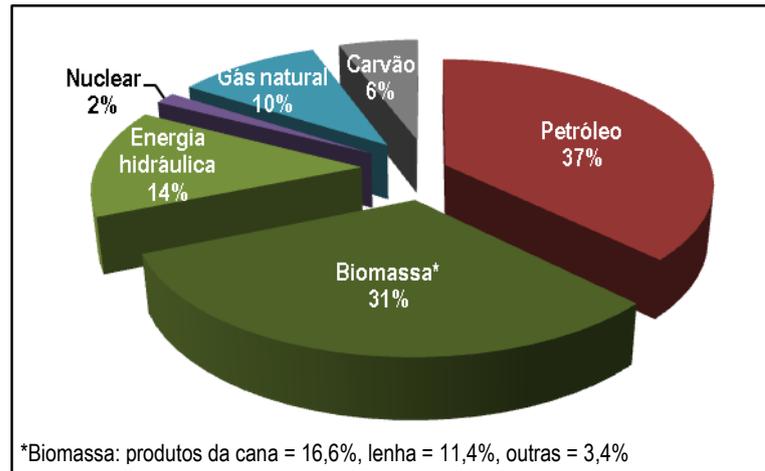


Figura 2 – Matriz energética nacional (M.E.E., 2009)

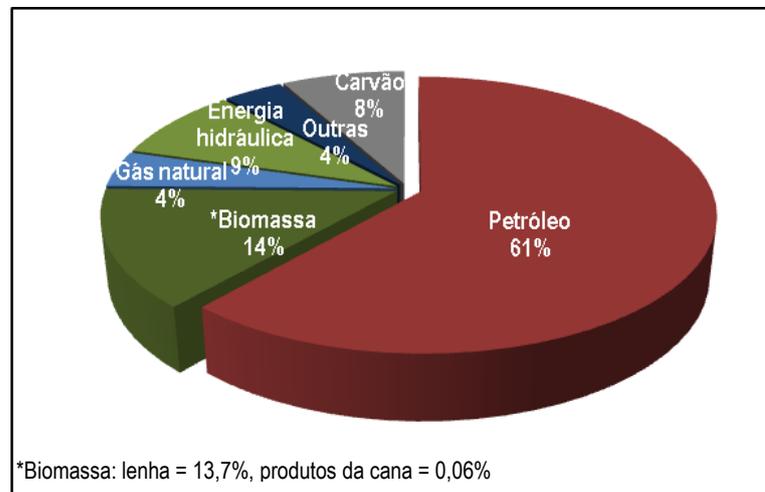


Figura 3 – Matriz energética estadual (C.E.E.E., 2008)

Como pode ser observado, tanto no contexto mundial, quanto nacional ou regional, o petróleo configura-se como a principal fonte energética. O petróleo, pode ser citado, hoje, como um dos mais controversos recursos naturais. Utilizado como matéria-prima na indústria química, para a fabricação de combustíveis e para a produção de polímeros, com as mais diversas utilidades, o petróleo tem um impacto ambiental altamente danoso (desde sua extração, produção e principalmente no seu uso), sendo responsável por um alto índice de emissões (a ser discutido no item 2.1.3) e toxicidade.

A primeira crise do petróleo, em 1973, acenou para o problema do monopólio e da dependência de um recurso natural não renovável. Passados mais de 30 anos, alguns países desenvolveram alternativas, em termos de geração de energia e combustíveis, como o Brasil (pioneiro na produção de biocombustíveis em larga escala), ou aumentaram os padrões de eficiência no consumo de combustível, como o Japão. Porém, mesmo com essas alternativas, nenhum país está em situação confortável, e a pesquisa sobre outras formas de geração de

energia e combustíveis começa a ser encarada como questão de segurança nacional, principalmente nos países mais dependentes de petróleo (FRIEDMAN, 2008). O uso do petróleo como combustível é apenas uma aplicação, possivelmente a mais visível pela questão de emissões atmosféricas, mas deve-se ressaltar sua aplicação como matéria-prima na produção de bens de consumo. Afinal, o petróleo é largamente empregado na produção de fibras, plásticos, borrachas, etc.

Outra fonte de energia não renovável largamente utilizada é o carvão, que tradicionalmente é considerado abundante e barato, mas que está associado a altos níveis de poluição e emissões, comentado no item 2.1.3. A aposta no carvão como fonte de energia para a produção industrial é fato na China, que constrói o equivalente a duas usinas termoelétricas de 500-megawatt a cada semana (FRIEDMAN, 2008). Mais de três quartos da eletricidade na China (78,5%) é gerada pela queima do carvão (O.E.C.D., 2009). No mundo, a porcentagem é de 41,3% (E.I.A., 2009a).

Em paralelo, a queima de gás natural gera aproximadamente 23% do total de energia consumida no mundo, e em torno de 20% da energia elétrica. Apesar de ser considerada uma fonte de energia mais “limpa” do que petróleo e carvão, o gás natural é também um recurso natural não-renovável (E.I.A., 2009a), sendo responsável por 20,2% das emissões anuais de CO₂, devidas ao uso de combustíveis fósseis em escala global, item 2.1.3.

Com base nos dados disponibilizados pela *Energy Information Administration* (E.I.A., 2009b), considerando-se as reservas provadas disponíveis e o consumo atual de petróleo, carvão e gás natural, pode-se calcular que estes recursos deverão se extinguir dentro de aproximadamente 43, 132 e 60 anos, respectivamente. Este cálculo simplificado não leva em consideração eventuais novas descobertas, nem o aumento esperado no consumo anual destes recursos (o consumo anual de carvão no mundo, por exemplo, aumentou 25% entre 2003 e 2007), mas ilustra claramente a urgência de se reduzir a dependência global de combustíveis fósseis e aumentar o uso sustentável de recursos naturais renováveis. Além da futura escassez de petróleo, carvão e gás natural, o uso destes recursos é responsável por aproximadamente 74% das emissões globais de CO₂, o principal gás causador do efeito estufa (ver itens 2.1.3 e 2.1.4). Isto ressalta a indicação da tecnologia como um fator importante da equação de impacto ambiental (item 1.1).

A análise das iniciativas em geração de energia em diferentes países desenvolvidos exemplifica que as decisões a respeito da matriz energética geram diferenças significativas de emissões, assunto discutido também no item 2.1.3. Naturalmente, as curvas de emissões por PIB mostradas no gráfico da Figura 4 também são influenciadas pelas atividades econômicas do país, pelos recursos naturais disponíveis, além das condições climáticas, pois quanto mais baixas as temperaturas mais necessidade de aquecimento. Porém, as decisões governamentais sobre a utilização dos recursos são fundamentais na redução do impacto ambiental (ASHBY, 2009).

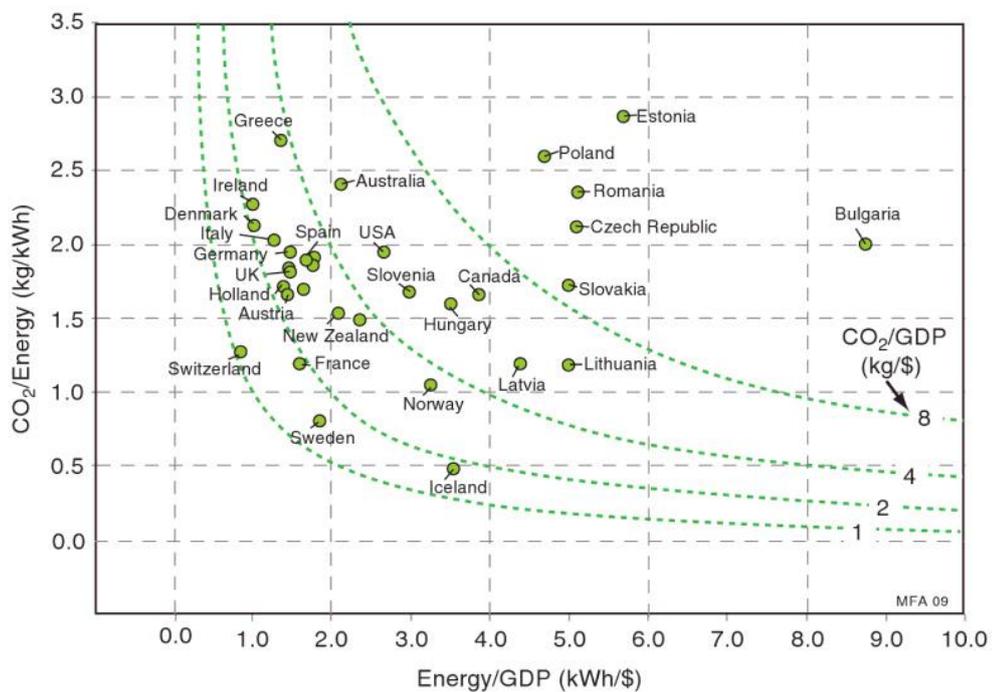


Figura 4 – Correlação entre emissões de CO₂ na geração de energia, e a energia gerada em relação ao PIB (GDP) do país (ASHBY, 2009)

Assim como alguns recursos têm seu valor reconhecido há muito tempo, outros estão sendo valorizados nos últimos anos, pela redução de sua suposta abundância, devido à estrutura de exploração nos moldes tradicionais. A importância da biodiversidade dos ecossistemas vem sendo reconhecida a partir da extinção de espécies e da redução dos benefícios alcançados em certas atividades econômicas. A pesca, por exemplo, antes considerada uma fonte inesgotável de alimento, vem apresentando considerável declínio, fato que é mascarado pela regularidade da oferta do produto (KURA, REVENGA *et al.*, 2004).

Outro recurso que começa a chamar a atenção é a água, que também está ligada à pesca. Embora em muitas regiões do planeta a água seja um recurso escasso, em outras foi sempre visto como abundante e por isto usado sem cuidado. Apesar da imagem de planeta

azul, a disponibilidade de água é preocupante, porque 97,5% de toda água do planeta é salgada. Dos 2,5% de água doce restante, 70% está congelado nas calotas polares no Ártico e na Antártica, e dos outros 30% a maioria permanece misturada ao solo ou se mantém em aquíferos profundos, os quais são, até o momento, inacessíveis ao uso humano. Por isto, menos de 1% da água doce do planeta, em torno de 0,007% do montante total, é disponível para o consumo humano, ou seja, está nos rios, lagos, reservas e no lençol freático e é renovado através de chuva e neve (U.N. WATER, 2009a).

Por outro lado, o uso de água cresceu mais que duas vezes a população no século XX. E é previsto um aumento de 50% nos países em desenvolvimento, e de 18% nos países desenvolvidos, até 2025, quando 1800 milhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez, e dois terços da população mundial pode estar em situação de alerta. Hoje, o uso da água se divide em irrigação (70%), industrial (22%) e doméstico (8%). A necessidade doméstica (beber, cozinhar e limpar) diária, por pessoa, está entre 20 a 50 litros. Porém, estima-se que uma em seis pessoas (894 milhões) não tenha acesso a este volume de água doce. Para atender somente à necessidade básica de beber água são necessários entre 2 a 4 litros, porém, para produzir o alimento diário, considerando práticas agrícolas e beneficiamento, são necessários 2000 a 5000 litros (U.N. WATER, 2009a). A preocupação com o uso da água está refletida nos índices da pegada ecológica de água – *water footprint* – e *virtual water*, os quais buscam quantificar o volume de água necessário para produzir uma quantidade X de um produto. Como exemplo, para se produzir 1 kg de arroz são necessários em torno de 1000 a 3000 litros de água (WATER FOOTPRINT NETWORK, 2009). Deste modo, é importante ressaltar que em 2025 a água utilizada na agricultura e na pecuária deverá sustentar 2,6 bilhões de pessoas a mais que hoje (U.N. WATER, 2009b).

Na análise da pegada ecológica da água, podem somar-se todos os outros recursos necessários para a produção das matérias-primas, como sol, terra e mesmo o trabalho humano no cultivo e/ou cuidado. A quantificação destes recursos envolve o conceito de emergia. Emergia é toda a energia usada para a materialização de um produto, e o método de medição propõe quantificar o trabalho da natureza para possibilitar a atribuição de valor monetário (ODUM e PETERSON, 1996). Comumente, um recurso rapidamente renovável na natureza (uma planta, por exemplo) tem menor valor monetário, porque é considerado abundante. No entanto, o valor do trabalho incorporado e de outros recursos como água, solo, sol não contam (ODUM, 2002). O conceito de emergia incita a discussão sobre o significado de “ambientalmente adequado”, porque nem sempre basta que um recurso seja rapidamente

renovável. A análise deve ser mais ampla e complexa pelo número de recursos envolvidos. Sobre esta lógica está baseado o conceito de capitalismo natural tratado posteriormente no item 3.2.

Assim, buscou-se demonstrar que a complexidade no julgamento do uso de recursos naturais é um importante item a ser considerado, na busca de novas formas de adequar às necessidades da sociedade atual à capacidade do planeta, bem como às necessidades das futuras gerações. Ressalta-se ainda que as decisões tecnológicas têm sido feitas para solucionar o presente e não o futuro. Neste sentido é interessante observar que Malthus, em 1798, comentava sobre a geração de alimento e uso de recursos renováveis enquanto, hoje, a pegada ecológica diz respeito ao impacto ambiental do consumo de recursos não-renováveis, utilizados principalmente para geração de energia e para o suporte das atividades industriais e produção de bens de consumo que têm ciclo de vida cada vez menor.

2.1.2 Geração e descarte de resíduos

Historicamente, os produtos seguem uma lógica linear de produção e consumo, ou seja, existe extração de recursos, transformação em um determinado produto que é vendido, utilizado e descartado, como mostra a Figura 5. Este modelo é definido como berço ao túmulo, e será abordado também no item 3.2.

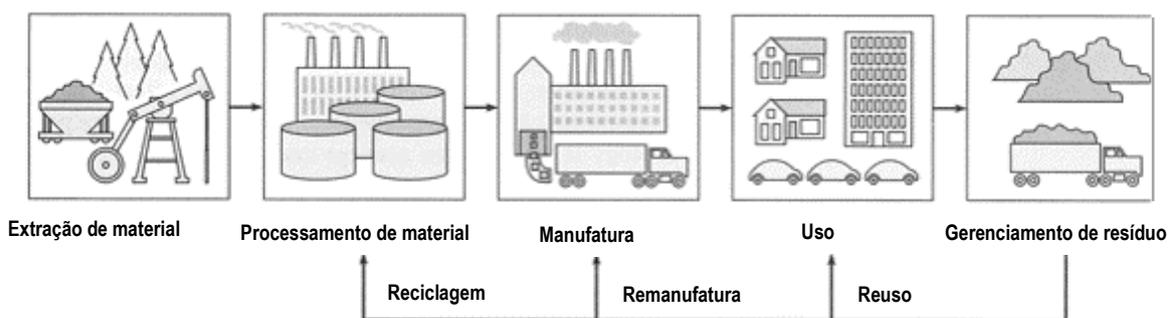


Figura 5 – Sequência linear de produção/consumo/reaproveitamento (RUBIN e DAVIDSON, 2001)

Ao longo dos processos que ocorrem de forma linear, geram-se muitas sobras, ou seja, resíduos, que podem ser inicialmente diferenciados entre aqueles gerados nos processos de extração e manufatura – os resíduos industriais – e os gerados no setor de serviços e nas residências – os resíduos sólidos municipais, ou simplesmente lixo urbano.

Os resíduos industriais foram classificados como resíduos sólidos perigosos e não perigosos em 1976, nos EUA, pela lei chamada *Resource Conservation and Recovery Act*. A

mesma classificação foi adotada no Brasil, em 1987, com a elaboração da norma NBR 10004 (Resíduos Sólidos – Classificação). Esta norma, revisada em 2004, se baseia no regulamento federal norte-americano CFR 40 (Proteção Ambiental), partes 260-265 (Resíduos Sólidos - Gerenciamento de Resíduos Perigosos) (A.B.N.T., 2004; C.F.R., 2009). Conforme a definição da NBR 10004, os “resíduos sólidos” (ditos de Classe I) também incluem, além daqueles nos estados sólido e semissólido, alguns lodos e determinados líquidos “cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível”.

Resíduos perigosos, por sua vez, são definidos como aqueles que, “em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar: (a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; (b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada”, ou ainda resíduos que apresentem inflamabilidade, corrosividade (substâncias extremamente ácidas ou básicas), reatividade (substâncias que reagem violentamente, inclusive com água, e podem causar explosões), toxicidade ou patogenicidade (A.B.N.T., 2004). De acordo com Rubin e Davidson (2001), entende-se por resíduos perigosos aqueles compostos sólidos, líquidos ou gasosos que tem possibilidade de: (i) causar ou contribuir para chance de morte ou doença irreversível ou incapacitante; ou (ii) conter substâncias que ofereçam risco à saúde humana e ao meio ambiente, quando não tratadas, transportadas ou descartadas adequadamente.

O tipo de resíduo industrial gerado varia significativamente com os tipos de indústrias em operação em determinada região. Contabilizando os resíduos industriais no Rio Grande do Sul, por exemplo, o maior produtor é o setor alimentício (665.941 ton./ano), no entanto, somente 0,07% deste montante são resíduos perigosos. Em seguida estão os setores metal-mecânico (459.186 ton./ano), químico (306.970 ton./ano) e coureiro calçadista (245.571 ton./ano) (F.E.P.A.M., 2003b). Porém, considerando somente o volume de resíduos perigosos se destaca principalmente o setor coureiro-calçadista seguido pelos setores mecânico e metalúrgico, conforme ilustrado na Figura 6.

Já nos EUA, a maior geração de resíduos perigosos está na indústria química (68%), seguida da produção de derivados de petróleo (11%) e do tratamento e descarte do próprio resíduo (4%), de um total de aproximadamente 46 milhões de toneladas (E.P.A., 2007).

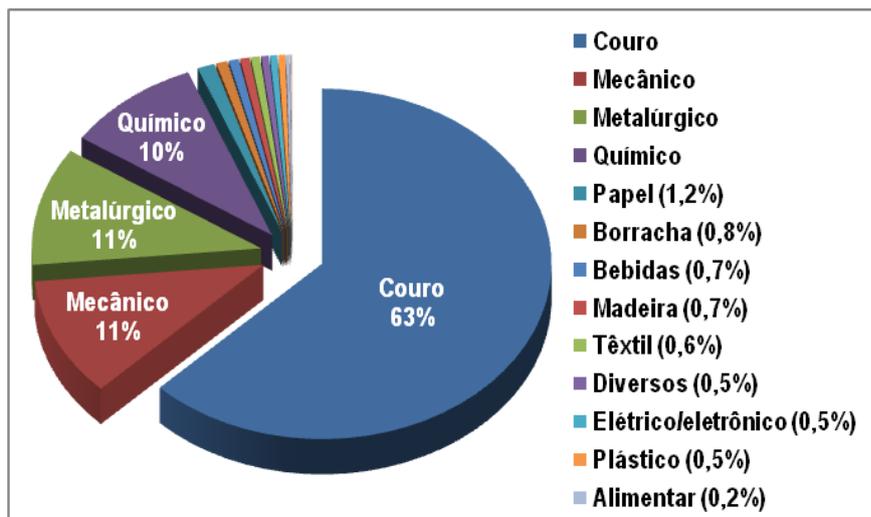


Figura 6 - Quantidades e fontes geradoras de resíduos sólidos perigosos no RS, por setor industrial (F.E.P.A.M., 2003b).

Por legislação, os resíduos industriais perigosos devem ser gerenciados do berço ao túmulo, ou seja, cuidados até seu descarte final. Segundo dados da EPA (2007), nos EUA, 46% dos resíduos perigosos são enterrados, seja em grandes profundidades ou em aterros superficiais, enquanto 9% são tratados com processos que utilizam água, 6% são incinerados, 24% recebem outros tratamentos não especificados e o restante é tratado de variadas formas, como para geração de energia, reaproveitamento de metais e solventes, etc. Contudo, muitos plásticos e fibras artificiais, que são considerados resíduos perigosos, são usados na fabricação de bens de consumo, os quais acabam sendo descartados como resíduos sólidos urbanos, tópico discutido mais adiante.

Um problema comum causado pelo descarte inadequado de resíduos é a contaminação de águas superficiais e do lençol freático. Segundo dados das Nações Unidas, em países em desenvolvimento, mais de 80% do esgoto é descartado sem tratamento, em rios, lagos e áreas costeiras. Quanto aos resíduos industriais, nos países em desenvolvimento, 70% são jogados em águas que poluirão as fontes de abastecimento. Muitas indústrias, algumas mesmo sabendo que trabalham com substâncias poluentes (como a indústria do couro e a química), tem transferido sua estrutura de produção de países desenvolvidos para países emergentes, levando consigo a problemática do tratamento de resíduos (U.N. WATER, 2009b).

Muitos acidentes, de significativas proporções, foram associados a problemas com gerenciamento de resíduos, principalmente em relação ao descarte indevido. No Rio Grande do Sul, um dos casos mais importantes, ocorridos nos últimos anos, foi a contaminação do Rio dos Sinos, em outubro de 2006. Naquele momento, o rio contava com apenas 10% da

vazão normal e o lançamento de substâncias químicas, provenientes de centrais de resíduos industriais e municipais, causaram a redução do nível de oxigênio na água (eutrofização), resultando na mortandade da fauna desde os arroios Portão e Cascalho até o rio dos Sinos. O acidente teve como consequência aproximadamente 86 toneladas de peixes mortos, de 16 espécies diferentes (AGUIAR, 2009). Este fato afetou o abastecimento de água e a pesca de subsistência da região.

Além dos resíduos perigosos, outra parcela importante corresponde aos resíduos industriais não perigosos (Classe II), resultantes de atividades de manufatura, mineração e escavação, agricultura, e geração de energia, entre outros. Diferentes destinos são dados aos resíduos não perigosos (classe IIA – não inertes, e IIB - inertes). Alguns deles retornam à sequência de produção/consumo, através do reuso (em que o componente ou produto é utilizado sem grandes modificações), da remanufatura (em que o produto é remontado com partes novas ou partes já utilizadas) ou reciclagem (em que o produto ou componente sofre reprocessamento). Outros ainda são utilizados para produção de energia, através da sua queima, como é o caso de vários resíduos agrícolas, e muitos destes resíduos industriais têm como túmulo os aterros ou, em casos piores, são descartados em áreas abertas, sem nenhum controle (FEPAM, 2003b).

Aos resíduos industriais são somados os resíduos sólidos urbanos (RSU), também considerados não perigosos, mas que contém as sobras de muitos produtos considerados perigosos nas indústrias, como latas de tinta, solventes, óleos de motores, baterias, etc. Os RSU, em sua grande maioria, são compostos de papéis, embalagens, restos de comida, vidros, madeira e equipamentos ou objetos descartados. Os materiais descartados, no entanto, variam bastante de acordo com a sociedade. Porém, pode-se observar semelhanças entre o lixo domiciliar de uma capital brasileira e a média dos EUA, um dos países que mais gera resíduos desta categoria, conforme a Figura 7 e a Figura 8. Segundo dados de 2007, nos EUA são geradas 230 milhões de toneladas anuais de RSU (2,1 kg/hab./dia), dos quais 33% são reciclados e 12,6% são destinados a processos de combustão com produção de energia (E.P.A., 2008).

No Brasil, estima-se que a geração média, per capita, de RSU é de aproximadamente 0,95 kg/dia (dos quais 0,74 kg/dia correspondem ao lixo domiciliar). Observa-se, ainda, uma tendência de aumento do volume de RSU gerado per capita, de acordo com o número de habitantes do município. Em cidades com até 100.000 habitantes, por exemplo, a quantidade

média coletada é inferior a 0,71 kg/hab./dia, enquanto em cidades com mais de 1.000.000 habitantes, esta quantidade fica em torno de 1,50 kg/hab./dia. Cabe ressaltar que em municípios com mais de 1 milhão de habitantes e equipados com balança para pesagem do resíduo, a quantidade de RSU per capita chegou a 2,04 kg/dia (I.B.G.E., 2002). Atualmente, em Porto Alegre, com população em torno de 1,41 milhões de habitantes, a geração total de RSU per capita é de 1,14 kg/hab./dia, sendo que a geração de lixo domiciliar é de 0,73 kg/hab./dia. De acordo com o IBGE, praticamente todas as residências da cidade são atendidas pela coleta domiciliar. A cidade utiliza quatro aterros, sendo o maior deles em cidade vizinha. A coleta seletiva no município recolhe aproximadamente 0,04 kg/hab./dia para reciclagem (RIBEIRO, 2008).

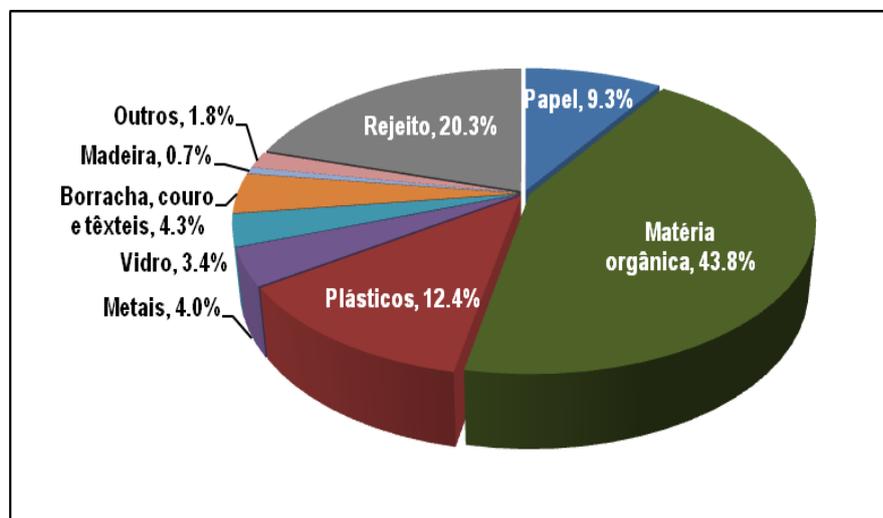


Figura 7 – Porcentagem de materiais descartados nos resíduos sólidos urbanos em Porto Alegre (BARCELLOS e REICHERT, 2004).

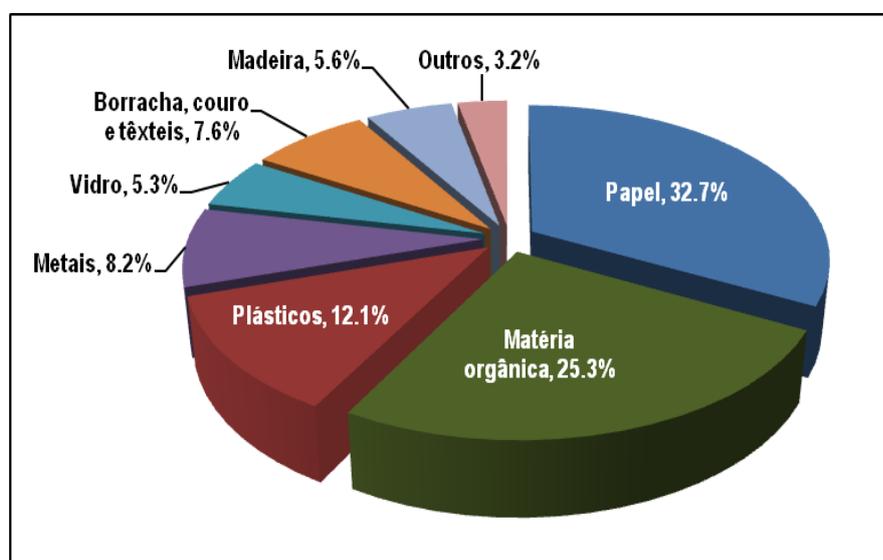


Figura 8 - Porcentagem de materiais descartados nos resíduos sólidos urbanos nos EUA (E.P.A., 2008).

A disposição dos resíduos sólidos urbanos, como os resíduos industriais, envolve questões logísticas complexas de coleta e transporte e diferentes opções de fim de ciclo de vida (*end of life- EoL*) como disposição em aterro, queima para produção de energia, reciclagem, remanufatura e reuso.

A disposição em aterro apresenta dificuldades desde a escolha do local, principalmente em relação à distância adequada de assentamentos urbanos. Os aterros modernos de RSU ocupam grandes extensões de terra, são construídos com alta tecnologia, para garantir capacidade de operação com segurança, ao longo de um determinado período, evitando que substâncias tóxicas lixiviem e percolem no solo e controlando emissões (de metano, CH₄, discutido no item 2.1.3). A solução de todas estas questões tem um custo significativo para as prefeituras. Aos custos de construção e manutenção, somam-se os custos de recuperação das áreas de aterro após seu esgotamento, visto que vários itens contêm substâncias com algum nível de toxicidade e que muitos dos dejetos não são de fácil decomposição, dificultada pelo pouco oxigênio nas camadas sobrepostas. Todos estes custos exemplificam o conceito de externalidade relacionado ao fim de ciclo de vida dos produtos, e o quanto a ausência de legislação que atribua responsabilidade ao produtor onera toda a sociedade. Segundo Van der Ryn e Cowan (1996), a externalidade cria tensão entre argumentos econômicos e razões ambientais, e comumente a minimização de custos econômicos traz aumento de custos sociais e ambientais, na forma de poluição, doenças e destruição do habitat natural.

Atualmente, conforme a pesquisa do IBGE (2007b), no Brasil apenas 47% dos resíduos sólidos urbanos gerados são destinados a aterros sanitários, enquanto aproximadamente 23% vão para aterros controlados e 30% seguem para lixões a céu aberto. Segundo Rathje (1984), a observação do lixo domiciliar, sob um ponto de vista arqueológico, diz muito sobre as propriedades dos produtos que são descartados. Muitas substâncias tóxicas e carcinogênicas são encontradas no lixiviado do lixo doméstico, muitas delas comumente usadas em resinas, plásticos, cosméticos, inseticidas e embalagens (como o PVC - polivinil cloreto, por exemplo).

Nem todos os produtos são completamente descartados, pois uma parcela (ainda bastante pequena) é recuperada por meio da coleta seletiva que visa, principalmente, a reciclagem. Entretanto, deve-se ter em mente que a reciclagem representa um novo processamento do material, no qual geralmente se reduz a qualidade da matéria-prima original, além de se gastar energia.

Por isto, a melhor solução, para qualquer tipo de resíduo, é evitar sua geração. Como ressaltado por Van der Ryn e Cowan (1996), Hawken e Lovins (1999) e McDonough e Braungart (2002), somente o ser humano produz lixo, enquanto todas as outras espécies vivem numa lógica cíclica, em que as sobras de uma espécie são alimentos de outra. Pensar a não-geração de resíduos traz a necessidade de fechar o ciclo do conceito berço ao túmulo, para alcançar o conceito berço ao berço, discutido em detalhe no capítulo 3. Para que isto aconteça, é imprescindível a compreensão sobre a geração e a gestão de resíduos pelos profissionais de desenvolvimento de produto, que busquem ser ambientalmente amigáveis. Porém, este ainda é um tema específico de profissionais que trabalham com SGA ou com gerenciamento de resíduos, o que faz com que o maior número das ações de melhorias seja em processos produtivos ou medidas de final de tubo, e não em decisões conscientes no projeto de produtos.

2.1.3 Emissões

Aos resíduos sólidos somam-se os produtos químicos, igualmente perigosos, que são dissipados ao longo dos processos produtivos e do uso dos produtos, gerando emissões atmosféricas, que podem afetar direta ou indiretamente a saúde e o bem-estar das pessoas e do meio ambiente (RUBIN e DAVIDSON, 2001). De maneira geral, neste item serão abordados três tipos principais de emissões: (i) os gases tóxicos poluentes do ar, (ii) gases que causam dano à camada de ozônio, (iii) gases do efeito estufa.

Já no final do século XIX, algumas comunidades percebiam que a fumaça das chaminés ou das locomotivas traziam mal-estar e dificuldades respiratórias. Mas até a metade do século XX, pouco se conhecia sobre os efeitos de substâncias dissipadas no ar. Um dos marcos entre as leis/ações ambientais sobre emissões foi o *Clean Air Act* de 1970, nos EUA, o qual unificou leis estaduais, criando padrões de proteção regulados pela *Environmental Protection Agency* (EPA).

Entre os primeiros poluentes controlados pela legislação estão o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂), o dióxido de nitrogênio (NO₂), o ozônio (O₃), o chumbo (Pb) e os particulados em suspensão, que são a mistura de pequenas partículas sólidas ou líquidas em suspensão (quanto menor o tamanho das partículas, mais danoso seu efeito para a saúde, pois é maior a possibilidade de penetração nos pulmões). Geralmente, a concentração de poluentes é detectada em 1m³ de ar e expressa em partes por milhão, por volume (ppmv). Segundo Rubin e Davidson (2001), baseados em dados da EPA, as maiores fontes de

emissões desses poluentes são a queima de combustível (em processos industriais e produção de energia), os processos industriais e os meios de transporte. Outras substâncias químicas podem ser emitidas, em quantidades bem menores, com resultados mais severos. Estes são os poluentes perigosos do ar, tais como asbestos, benzeno e metais pesados, que são carcinogênicos e mutagênicos e têm, como fonte principal, processos industriais (RUBIN e DAVIDSON, 2001). O controle destas substâncias é necessário para proteger trabalhadores e comunidades que vivem em torno de fontes geradoras. Este controle obedece às leis de cada país, como será comentado no item 2.2.3.

A mobilização para tratar da redução da camada de ozônio teve como marco o ano de 1987, no qual foi aberto, para adesões, o Protocolo de Montreal. No ano de 1988, em Toronto, aconteceu outro momento de discussão sobre o efeito de substâncias tóxicas na atmosfera e suas relações com mudanças climáticas. A *“International Conference of the Changing Atmosphere: Implications for Global Security”* concluiu que, mesmo existindo leis, estas ainda eram relativamente frágeis para proteger a atmosfera. Depois deste, outros fóruns de discussões entre cientistas foram realizados no Canadá, ainda na década de 80. Em 1989, entrou em vigor o Tratado de Montreal, no qual os países signatários se comprometeram em substituir totalmente as substâncias prejudiciais à camada de ozônio até o ano de 2010 (PNUD BRASIL, 2007). Estas substâncias, da família dos clorofluorcarbonos (CFCs), eram empregadas largamente em equipamentos de refrigeração e em latas de aerossol. Embora a produção destes gases tenha iniciado na década de 1940 e sua utilização tenha caído drasticamente a partir do Tratado de Montreal, estes gases permanecem no ar por 50 a 100 anos (MASTERS, 1997). Em alguns países, como o Brasil, embora existam soluções alternativas não poluentes, recentemente as empresas ainda esperavam o prazo do tratado para substituir os gases tóxicos de seus produtos (JACQUES, 2007).

No início da década de 1990, a preocupação ambiental passou a ser discutida de forma mais abrangente pela população mundial. O marco desta mudança foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), ou Rio92, congregando os mais diferentes grupos interessados no assunto, onde 150 nações assinaram o documento Agenda 21. Cinco anos mais tarde, na reunião chamada Rio+5, na cidade de Kyoto, foi elaborado o acordo internacional mais rígido até aquele momento, no qual o foco passou a ser as emissões dos gases do efeito estufa. Pelo Protocolo de Kyoto, 84 países assinaram compromisso de redução de emissões em 5,2% em relação aos níveis de 1990, entre 2008 e 2012, primeiro período de compromisso do tratado. Com a

proximidade da data limite de 2012, estabelecida pelo Protocolo de Kyoto, foram negociadas e discutidas novas propostas, por exemplo, na *United Nations Framework Convention on Climate Change*, realizada em Copenhague, em dezembro de 2009.

As emissões de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases do efeito estufa juntamente com o metano (CH₄), aumentaram consideravelmente no último século, e particularmente nos últimos anos⁴ (MARLAND, BODEN *et al.*, 2006). Enquanto na década de 1990 o acréscimo de emissões teve crescimento anual médio de 1,1%, no período de 2000 a 2004 o crescimento foi de 3,3% ao ano (RAUPACH, MARLAND *et al.*, 2007). Nas medições de concentração atmosférica de CO₂, o índice de 1990 era de aproximadamente 354ppmv, enquanto em 2004 o valor subiu para 377ppmv (KEELING e WHORF, 2005). Já em 2008, a concentração de CO₂ alcançou 386 ppmv. É importante ressaltar que até o ano 1850, o nível de concentração de CO₂ na atmosfera nunca tinha ultrapassado 285 ppmv. No entanto, nos encaminhamos para alcançar 400 ppmv muito em breve. Se forem mantidos os níveis de emissões do início da década de 1990, a concentração de CO₂ tenderá a atingir 500 ppm no ano 2100, ou seja, quase duas vezes maior que a concentração pré-industrial (MASTERS, 1997).

Além do CO₂, outros gases importantes também contribuem para o efeito estufa, como o metano (CH₄) e o óxido nítrico (N₂O). Assim como observado para o CO₂, as emissões de CH₄ e N₂O aumentaram significativamente a partir de 1750⁵ (I.P.C.C., 2007c). Os gráficos no anexo A mostram as concentrações históricas de CO₂, CH₄ e N₂O ao longo dos últimos 10.000 anos. Além destes, gases como HFCs, PFCs e SF₆ também contribuem para o efeito estufa, mas em menor escala.

Conforme o IPCC (2007c), atualmente as emissões de CO₂ respondem por 76,7% do total das emissões antropogênicas de gases do efeito estufa no mundo, enquanto as emissões de CH₄ correspondem a 14,3% do total, e a geração de N₂O equivale a 7,9%. Os gases HFCs, PFCs e SF₆ respondem pelo restante (1,1%). Em 2004, as emissões anuais de gases do efeito estufa alcançaram 49 bilhões de toneladas de CO₂-equivalente⁶, um aumento de quase 71% em relação ao nível de 1970 (28,7 GtCO₂-eq.) Em relação às emissões de CO₂, em particular, a grande maioria (73,8%) se deve ao uso de combustíveis

⁴ Ver gráfico no Anexo A, A.1

⁵ Ver gráfico no Anexo A, A.1

⁶ Por exemplo, o metano tem 21 CO₂e (é, portanto, 21 vezes mais nocivo que o CO₂) e o óxido nítrico tem 298 CO₂e.

fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e 22,5% resultam do desmatamento e queima de biomassa.

A geração de metano provém da utilização de combustíveis fósseis, de gases derivados da digestão animal, dos campos irrigados de arroz, aterros, resíduos animais e esgoto doméstico. Entretanto, apesar do aumento dramático verificado a partir de 1750, desde o início da década de 1990 as emissões de CH₄ têm se mantido relativamente constantes (I.P.C.C., 2007a). O óxido nítrico é gerado no cultivo dos solos, em processos industriais, na queima de biomassa, e na criação de gado (RUBIN e DAVIDSON, 2001); segundo o painel IPCC, o aumento das emissões de N₂O se deve à agricultura (I.P.C.C., 2007a). Pode afirmar, então, que as atividades que mais impactam no aquecimento global são a geração e utilização de energia e as atividades de agricultura e pecuária. Por isto, torna-se cada vez mais importante a atenção ao uso de energia e de matérias-primas cultivadas. Afinal, grande parte destas fontes geradoras são provenientes do abastecimento de bens de consumo e alimentos de sociedades, industrializadas ou não, urbanas e rurais. Segundo o IPCC (2007a), entre os anos de 1970 a 2004, as emissões dos gases do efeito estufa aumentaram em 80%, e mesmo que as emissões se mantenham constantes ao nível do ano 2000 estima-se que a temperatura aumentará significativamente nas próximas duas décadas.

Apona-se que, além do acréscimo de emissões, outro fator que favorece o aumento da concentração de CO₂ é o enfraquecimento da capacidade de absorção natural deste gás pelas florestas e oceanos (RAUPACH, MARLAND *et al.*, 2007). As emissões antropogênicas de CO₂ também estão relacionadas à acidificação dos oceanos: desde 1750, em média, houve um decréscimo do pH em 0,1 unidade, o que já pode comprometer certos ecossistemas marinhos, e projeta-se um decréscimo adicional de até 0,35 unidades, ao longo deste século (I.P.C.C., 2007a). Este fato está estreitamente ligado ao uso de recursos naturais, comentado no item 2.1.1.

2.1.4 Mudanças climáticas

Os relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC, cujas informações técnico-científicas e socioeconômicas são fruto do consenso entre vários grupos de pesquisa dos países membros do Pnuma e da Organização Meteorológica Mundial, atestaram a responsabilidade das atividades humanas sobre as alterações climáticas. O aquecimento global é comprovado principalmente por meio do aumento da temperatura média do ar, do derretimento das geleiras e do conseqüente aumento do nível dos oceanos. A causa é

o aumento do efeito estufa, devido à emissão dos gases comentados no item 2.1.4, provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis, das atividades industriais e do uso inadequado do solo (I.P.C.C., 2007b).

Os resultados destas mudanças estão afetando, primeiro, os ecossistemas marinhos e de água doce, mudando proporções de algas e plâncton, e alterando a quantidade de peixes (item 2.1.1). O Ártico também já mostra efeitos visíveis das mudanças climáticas, porque o degelo está sendo mais severo, já tendo alterado as condições de transporte sobre o gelo e as práticas de caça dos habitantes nativos (I.P.C.C., 2007a). Estima-se que as consequências serão mais severas com o aumento de ondas de calor e grandes precipitações, aumentos de enchentes, principalmente nas regiões de deltas e estuários; e aumento de seca, em regiões áridas e semiáridas.

O maior potencial de mitigação está no re-projeto dos meios de transporte, das edificações, dos processos industriais e das formas de cultivo. Todos estes itens estão interligados nos processos de produção e consumo de qualquer produto, fazendo com que as escolhas dos projetistas assumam maior complexidade e, ao mesmo tempo, contemplem grandes oportunidades, como será discutido 2.2.4.

O Relatório Stern, estudo do governo britânico para avaliar o impacto do aquecimento global na economia mundial e divulgado em Outubro de 2006, estimou que, a partir daquele ano, os custos e riscos das alterações climáticas seriam no mínimo de 5% do PIB mundial, podendo, inclusive, aumentar para 20% ou mais. No entanto, o custo de medidas preventivas, como a redução de emissões, pode ser restrito a 1% do PIB mundial ao ano (STERN, 2007). Segundo esse estudo e o painel do IPCC, a vulnerabilidade é maior em países menos desenvolvidos, já que este fator representa a capacidade de adaptação da sociedade. No entanto, os países desenvolvidos podem sentir os efeitos dos fenômenos naturais de grandes proporções, como ocorreu nos EUA, em 2007, com a passagem do furacão Katrina e mais recentemente, em abril de 2011, com o tornado em Arkansas. As parcelas da população mais atingidas serão as mais pobres, e entre elas, crianças e idosos; ou seja, é igualmente importante o cuidado com as questões sociais, visto que a vulnerabilidade pode aumentar, devido à desigualdade ao acesso de recursos, à insegurança de alimentação, à incidência de doenças epidêmicas, etc.

2.1.5 Desigualdade social

Nos últimos anos, os problemas ambientais passaram a ser entendidos numa perspectiva histórica e global, e assim também são as questões relacionadas à violação dos direitos civis, os regimes políticos autoritários e, por fim, a desigualdade econômica e social. Sob o termo ambientalismo, também é tratada uma complexa série de problemas sociais, com várias ramificações, como desenvolvimento econômico, qualidade de vida, relações entre países, investimentos estrangeiros, desigualdade, entre outros (LECHNER e BOLI, 2008). No texto do Relatório Brundtland, foi apontada a impossibilidade de separar questões econômicas e ambientais, já que o desenvolvimento nos padrões tradicionais levava ao aumento da pobreza e consequente vulnerabilidade, inclusive à vulnerabilidade resultante da própria degradação ambiental. Em consequência disto, pode-se entender que o conceito de sustentabilidade reage contra o progresso de apenas algumas regiões, em curto prazo, mas almeja o desenvolvimento de todo o planeta, de forma que possa ser mantido em longo prazo (W.C.E.D., 1987).

Medir a dimensão da desigualdade de condições de vida dentro de uma população ou entre populações, entretanto, é bastante difícil e traz muitas possibilidades de variação e, conseqüentemente, há uma grande margem de erro (WADE, 2008). Contudo, existem alguns indicadores que podem ser analisados, com a intenção de relacionar desenvolvimento econômico, social e impacto ambiental. O desenvolvimento econômico de um país é, normalmente, indicado pelo seu produto interno bruto (PIB). Porém, o crescimento do PIB nem sempre mostra melhoria na qualidade de vida da população. Afinal não basta gerar riqueza, ela tem de ser partilhada. Como medida de avaliação do compartilhamento, pode-se adotar o coeficiente GINI⁷. O Brasil, por exemplo, tem PIB em paridade de poder de compra (PPC) atual de 2,17 trilhões de dólares, sendo a 8^a economia no mundo. Porém, no ranque do PIB per capita, o País ocupa apenas o 71^o lugar (com \$11.239,00/ano) e tem índice GINI de 57, ocupando a 11^a posição entre os países mais desiguais do mundo. A comparação entre os índices pode mostrar avanços no sentido de combater problemas sociais. Quando se trata de desenvolvimento humano (IDH), o índice brasileiro é de 0,699, já considerado relativamente alto, mas o que dá ao país apenas a 73^a posição no ranking mundial (UNDP, 2010).

⁷ O Coeficiente GINI é uma medida estatística de desigualdade de distribuição, em que o valor 0 expressa total igualdade e o valor 1 máxima desigualdade. de desigualdade de distribuição, em que o valor 0 expressa total igualdade e o valor 1 máxima desigualdade. É geralmente aplicada na medição de desigualdade de distribuição de renda ou riqueza. (Poverty Reduction & Equity - Measuring Inequality, disponível em <http://web.worldbank.org>).

No contexto mundial, os cinco países de maior PIB, atualmente, têm características bastante diferentes (EUA, China, Japão, Índia e Alemanha, em ordem decrescente). As populações de países industrializados gozam de maior desenvolvimento humano (EUA – IDH 0,902 e PIB/pc/ano \$46.859; Alemanha – IDH 0,885 e PIB/pc/ano \$35.442; Japão – IDH 0,884 e PIB/pc/ano \$34.100), enquanto os países menos desenvolvidos não geram riqueza suficiente compatível com sua população (China – IDH 0.663 e PIB/pc/ano \$5.963; Índia – IDH 0.519 e PIB/pc/ano \$2.762).

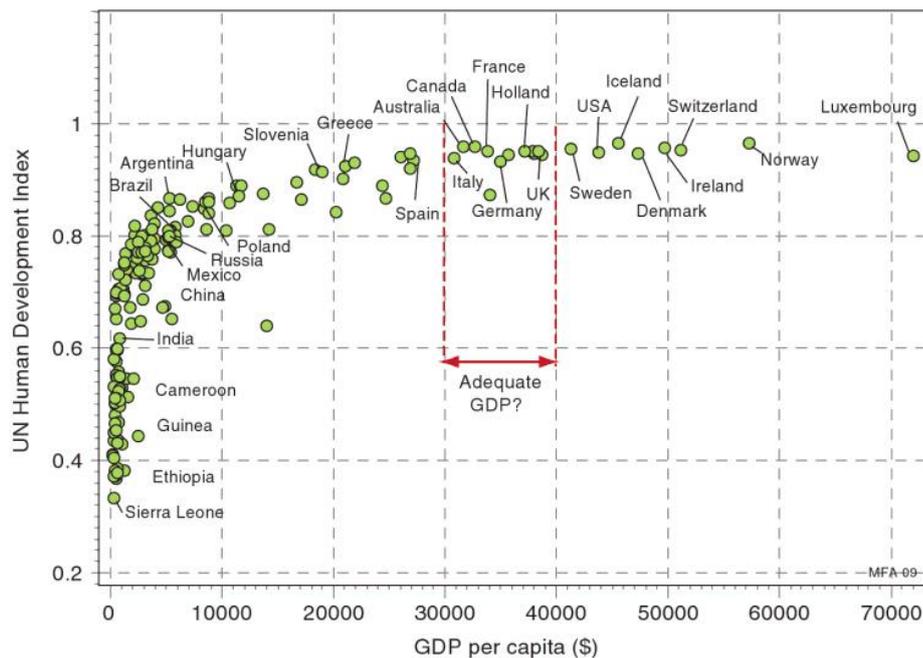


Figura 9 – Correlação entre PIB (GDP) per capita e Índice de Desenvolvimento Humano (UN HDI) (ASHBY, 2009)

Entretanto, conforme indica o índice de pegada ecológica, existe uma correlação entre boas condições de vida e impacto ambiental. O índice mostra que os países onde a população tem alta renda, e consequentemente alto IDH, são aqueles que mais impactam: como EUA (PE 9,4 ha/p), Emirados Árabes (PE 8,9 ha/p, IDH - 0,815), Dinamarca (PE 8,0 ha/p, IDH - 0.866). A análise destes índices mostra que ainda não ocorreu a transformação necessária nos meios produtivos, para viabilizar a sustentabilidade em longo prazo, mesmo passadas duas décadas do relatório Brundtland (“Nosso Futuro Comum”) da ONU. Para alcançar sustentabilidade, a humanidade precisa melhorar as condições de vida das populações mais pobres, enquanto ao mesmo tempo reduz o seu impacto total (pegada ecológica global), porque há uma única fonte de abastecimento: o planeta terra (MEADOWS, RANDERS *et al.*, 2004).

Em paralelo, um estudo encomendado pelo Pnuma e desenvolvido, em conjunto, pelas Universidades de Cambridge, Nova Delhi e Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de relacionar a degradação ambiental e a miséria dos povos, aponta que os indicadores de pobreza e meio ambiente, antes tratados em separado, quando relacionados indicam que 1% de degradação aumenta a pobreza em 0,26% (PNUMA e COMIM, 2007). A análise de dados deste estudo correlacionou a desnutrição, uma das principais evidências de pobreza, aos problemas ambientais em cada continente. Nas Américas, são apontados como causa da desnutrição o risco de erosão, a degradação severa da terra, o consumo de energia tradicional e as emissões de dióxido de carbono, enquanto na África, o que mais colabora é a baixa produção agrícola e o consumo de energia tradicional (PNUMA e COMIM, 2007).

Contrastando o estudo mencionado e os índices comentados anteriormente, tem-se uma noção da forma desigual como os recursos do planeta estão sendo usufruídos. Propõe-se correlacionar estes índices à pirâmide de necessidades de Maslow, bastante comentada na literatura de administração e marketing e que, segundo Guimarães (2006), também pode ser relacionada ao design quando associada às funções do produto.

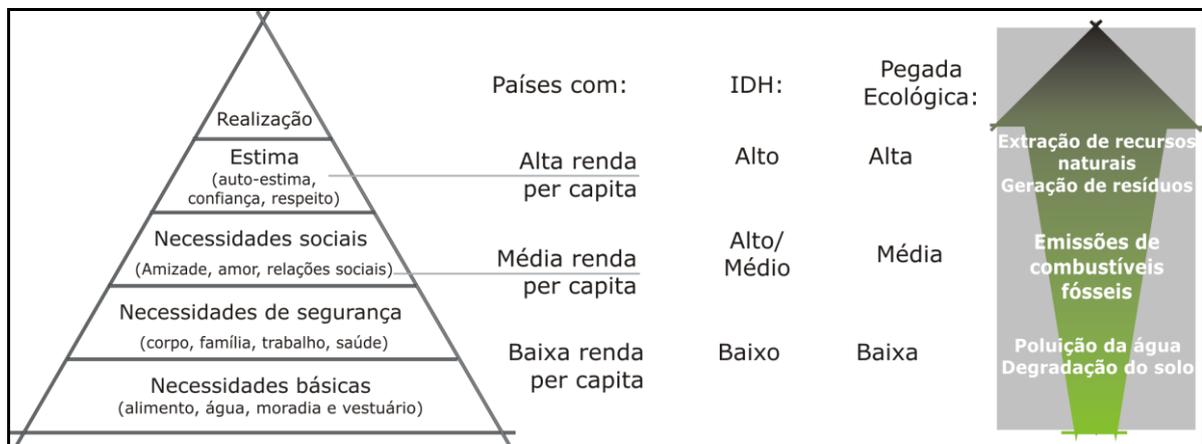


Figura 10 – Pirâmide de Necessidades de Maslow, Desenvolvimento Humano e Impacto Ambiental

Assim, a Figura 10 visa ilustrar que, conforme o nível de atendimento das necessidades, o impacto ambiental aumenta. Por exemplo, em certos cenários para prover o conforto a pegada ecológica está na ordem de 6 a 9 ha/pessoa, como ocorre nos países desenvolvidos. Além disto, cabe ressaltar que o impacto ambiental vai sendo acumulado. Enquanto nos países menos desenvolvidos os maiores problemas são a poluição da água e a degradação do solo, nos países mais desenvolvidos – além de se ter maiores problemas com os índices de emissões e uso de combustíveis fósseis – consome-se uma parcela maior dos recursos naturais e gera-se mais resíduos.

Todas as populações almejam e merecem boas condições de vida, e não apenas atendimento das necessidades básicas. Por isto, construir um modelo de produção/consumo que permita disseminar conforto, sem agredir o meio ambiente, é o desafio tanto para países desenvolvidos (os quais desejam manter sua qualidade de vida), quanto para países em desenvolvimento (que desejam alcançar esta mesma qualidade há muitos anos). Com base nos itens abordados neste capítulo, fica claro que, atualmente, ainda segue-se um modelo de desenvolvimento dentro do paradigma social dominante (item 1.1), de dominação do ser humano sobre a natureza e de sociedades sobre outras sociedades.

2.2 Caminhos para possíveis soluções

Historicamente, situações de crise, quando bem conduzidas, trazem oportunidades de melhoria. Atualmente, este é o argumento de muitos intelectuais, frente às dificuldades ambientais resultantes do modelo de produção e desenvolvimento tradicional. As transformações para fazer com que as atividades humanas respeitem a capacidade de regeneração do ambiente natural tem sido lentas, mesmo sendo extremamente necessárias. Contudo, pode-se destacar alguns fatos que podem servir como incentivo para a mudança na relação humano-natureza. Estes tópicos serão tratados nos próximos itens, em que se pretende ressaltar a inter-relação entre oportunidades e os vários problemas já comentados.

2.2.1 Repensar novos mercados consumidores

Uma parcela considerável da população dos países em desenvolvimento vive abaixo da linha da pobreza, e sobrevive com menos de 2 dólares (PPC) ao dia. A chamada base da pirâmide social (*bottom of pyramid - BOP*), é formada pela população com renda de até \$1.500 ao ano, que pertence ao quarto extrato social. Mundialmente, estima-se que esta população varia entre 2,6 bilhões (P.N.U.D. BRASIL, 2008) e 4 bilhões de pessoas (PRAHALAD, 2006), ou seja, entre 40% e 60% da população mundial. Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano (PNUD BRASIL, 2005), 21,2% da população brasileira é pobre ou está abaixo desta linha. Considerando a população atual do país, isto representaria aproximadamente 41 milhões de pessoas.

No cenário global é importante que estas pessoas saiam da faixa da pobreza e melhorem suas condições de vida, como foi comentado no item 2.1.5. Para isto, incentiva-se o empreendedorismo e a acessibilidade a linhas de crédito (YUNUS e JOLIS, 1999). Por outro lado, considerando os problemas já visíveis da sociedade de consumo implantada nos países desenvolvidos, é ambientalmente inviável a inserção dessa população BOP, seguindo a lógica

tradicional de produção e aquisição, ou numa tentativa de imitá-la. Assim, para atender a estas populações, deve haver a preocupação em projetar soluções simples e de baixo custo, desde etapas iniciais do processo de desenvolvimento de produtos, no planejamento do produto, levando em consideração a necessidade de enquadramento em políticas públicas de investimento, e adotando soluções ambientalmente amigáveis.

Pode-se perceber, contudo, que o mercado representado pela base da pirâmide se mantém de certa forma desconhecido, já que tradicionalmente não possui condições financeiras de consumo para atrair o interesse das grandes empresas. O Brasil é um bom exemplo deste desconhecimento, sendo um país territorialmente extenso e com grande diversidade cultural, climática e socioeconômica entre suas cinco macrorregiões. Esta diversidade está presente e influencia principalmente as comunidades que fazem parte da base da pirâmide, porque geralmente estas estão envolvidas em atividades com maior dependência do ambiente natural, como as populações rurais do sertão nordestino, ou as populações ribeirinhas da Amazônia, ou mesmo populações das cidades do interior da região sul, onde o agronegócio determina períodos de fartura ou empobrecimento, conforme as oscilações do mercado de determinado produto oriundo da atividade primária.

As reais necessidades destas populações não são bem identificadas ou são generalizadas, sendo a aquisição de bens determinada, principalmente, pela limitada oferta de produtos de baixa qualidade, com restrita durabilidade, projetados e produzidos para estilos de vida completamente diferentes daquelas populações (GUIMARÃES, 2009b). As iniciativas em projeto de produto têm foco nas necessidades básicas: moradia, saúde, água potável, educação, energia e transporte (DESIGN FOR THE OTHER 90%, 2009). Estas iniciativas, que muitas vezes ocorrem em países desenvolvidos para a população BOP de países em desenvolvimento (embora o termo bastante usado seja simplesmente “3º Mundo”), são em grande parte endereçadas ao continente africano e nem sempre há uma investigação profunda da realidade local. Esta realidade abre a oportunidade para que empresas e empreendedores locais atuem para atender as suas próprias necessidades.

Em paralelo à população da base da pirâmide, países com volumosa população estão alcançando estágios de desenvolvimento que vem permitindo o crescimento da classe média, conseqüentemente, aumentando o poder de consumo das populações, como é o caso da China, Índia e Brasil. No Brasil, segundo um estudo da Fundação Getúlio Vargas (NERI, 2008), a classe média brasileira (Classe C) aumentou de 42% para 52% da população, entre abril de

2004 e abril de 2008, enquanto a composição da parcela mais pobre (Classes D e E) reduziu de 46% para 33% da população. No mesmo período, o percentual da população nas classes A e B aumentou de 12% para quase 16%. A proporção entre gastos essenciais e não essenciais foi de aproximadamente 60% e 30%, respectivamente. Dentro dos principais gastos essenciais estão despesas com supermercado, energia elétrica e aluguel, enquanto as despesas com vestuário e combustível estavam entre os maiores gastos não essenciais (NERI, 2008).

Muitas das famílias alcançam esta faixa de renda e a possibilidade de usufruir certos benefícios pela primeira vez. Portanto, outro novo grupo de consumidores está surgindo, para os quais os itens mais visados são aquisição de eletrodomésticos e móveis e a realização de viagens e programas de lazer. Este fato significa que o atendimento a certas necessidades pode e deve ser alcançado de novas formas, com novos padrões, e os desenvolvedores de produtos devem estar preparados para reconhecer que a existência de limites do ritmo natural não significa uma dicotomia entre crescimento econômico e respeito ao meio ambiente.

2.2.2 Consumo sustentável

Em relação às questões de consumo, inicialmente é preciso evidenciar a diferença entre produto verde (*green product*) e produto sustentável. Produtos verdes serão considerados os produtos que contém alguma melhoria em relação ao seu equivalente tradicional, não significando que eles sejam absolutamente corretos dentro do conceito amplo de sustentabilidade (JACQUES, AGOGINO *et al.*, 2010). Atualmente observa-se que o apelo dos produtos verdes vem crescendo, acompanhando o crescimento do interesse e das informações disponibilizadas aos consumidores sobre as consequências do impacto que a estrutura de produção gera no ambiente.

A alternativa ambientalmente viável, para proporcionar boas condições de vida hoje, sem comprometer as gerações futuras, o que representa um dos desafios deste início de século, é guiar transformações no sentido de repensar o que é consumido e em que quantidade. Ou seja, agir para alcançar o consumo sustentável. Esse conceito envolve considerar o meio ambiente como fator decisivo desde a aquisição, ao longo do uso e no descarte de produtos (KRIEGER, MACIEL *et al.*, 2006). Isto porque não importa quão eficiente seja a produção e os produtos, se o nível de consumo permanecer mais alto que aquele que o planeta pode suportar em longo prazo (BOND, 2005). Envolve, também, o descarte correto dos produtos, o qual assume maior importância quando os consumidores passam a estar melhor informados e quando as legislações passam a ser mais restritivas.

Deste modo, o conceito de consumo sustentável está ligado ao conceito de suficiência (*sufficiency*) de necessidades e consumo. Suficiência envolve o objetivo de subsistir com menos. Isto é, reduzir o nível total de consumo de recursos e materiais, e, conseqüentemente, as emissões na transformação destes insumos. Suficiência procura responder ao desafio do crescimento, por meio da autolimitação das necessidades (HUBER, 2004).

Na década de 1990, o conceito de suficiência foi criticado por não apresentar uma resposta real ao problema da sustentabilidade (HUBER, 2004). Na verdade, as questões de consumo podem ser bastante controversas, porque sociedades que agora estão atingindo melhores padrões econômicos almejam o mesmo modelo dos países desenvolvidos. O fortalecimento econômico é benéfico, mas o aumento do consumo aos moldes tradicionais é inviável, devido às questões comentadas no item 2.1. Entre os países desenvolvidos, no entanto, já existem grandes diferenças. Segundo Friedman (2008), a Europa demonstra que é possível a classe média ter um estilo de vida menos consumista que o padrão americano. Porém, o padrão americano é o mais reproduzido.

Assim, mais significativo que o crescimento populacional em si, é o crescimento do número de pessoas vivendo no estilo de vida de consumo excessivo (FRIEDMAN, 2008). Em paralelo, há o aumento da divulgação e discussão das questões ambientais e a conscientização das populações, que também observam as características naturais de suas regiões se alterarem. Pode-se observar, inclusive, um uso inadequado das expressões como ‘eco’ e ‘verde’, junto com a proliferação de produtos direcionados aos consumidores que consideram o impacto ambiental na decisão de compra.

Para monitorar, em diferentes países, o progresso dos consumidores em considerar as características ambientais, e para criar um índice de medição do consumo ambientalmente sustentável, a National Geographic Society e a empresa de pesquisa de opinião canadense Globo Scan realizaram uma pesquisa, em 2008 e 2009, a respeito do comportamento em relação à energia e conservação, à escolha de meio de transporte, às fontes de alimentos, ao uso de produtos ‘verdes’ versus produtos tradicionais, às atitudes e ao conhecimento sobre questões ambientais. A pesquisa de 2009 foi realizada em 17 países, e gerou o indicador chamado “Greendex”. Segundo o método utilizado, os dados foram coletados com base em amostras representativas do perfil de cada país, segundo as informações do último censo demográfico. Os resultados mostram os consumidores da Índia, do Brasil e da China, em ordem decrescente, como os primeiros e mais conscientes no ranque, enquanto que na

penúltima e última posição estão os consumidores do Canadá e EUA (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2009).

Entre várias perguntas, aproximadamente 60% dos consumidores brasileiros responderam evitar produtos ambientalmente danosos, da mesma forma que afirmaram dar preferência à compra de produtos ambientalmente amigáveis, seguidos de aproximadamente 50% dos consumidores indianos e mexicanos. Para os realizadores da pesquisa, a mensagem dos resultados, para aqueles que fornecem produtos e para aqueles que fazem as legislações, é que agindo de forma correta, provendo as oportunidades certas, os consumidores farão as decisões corretas (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2009).

Dados como estes demonstram que os países que agora chegam a melhores condições econômicas, mostram atitudes positivas em relação ao meio ambiente. Assim, a oportunidade está em possibilitar a estas populações alternativas tecnológicas para satisfazer suas necessidades, em todos os níveis, sem agredir o meio ambiente.

2.2.3 Legislações e certificações ambientais

A legislação e a formulação de políticas públicas cumprem papel fundamental para incentivar a busca de transformações, embora não seja o fator único para que a inovação aconteça. Isto ocorre porque as organizações industriais ou a sociedade civil não possuem certas prerrogativas que o estado possui, tais como a criação e a aplicação de leis ou o recolhimento de impostos e taxas (HUBER, 2004). A força das ações governamentais fica evidente, mesmo sobre os tratados internacionais. Neste sentido, o Protocolo de Kyoto exemplifica uma ação mais normativa que efetiva, pois muitos países com significativos níveis de emissões se recusaram, ao longo de anos, a ratificar o acordo. Enquanto isso, mesmo nos países signatários, a implementação não alcançou os índices esperados (HUBER, 2008a), como foi comentado no item 2.1.3.

As inovações tecnológicas ambientais, tema a ser abordado no item 2.2.4, são preparadas e acompanhadas por legislações restritivas, as quais tendem a dar melhores resultados quando estabelecem padrões de desempenho e não padrões prescritivos (HUBER, 2008a). Um exemplo importante é a eficiência no consumo de combustível dos automóveis. Nos EUA, após a primeira crise do petróleo, entre 1975 e 1985 a média de eficiência de milhagem passou de 13,5 milhas/galão para 27,5 milhas/galão, como resultado da lei *Energy Policy and Conservation Act*, aprovada pelo congresso em 1975 (FRIEDMAN, 2008).

Atualmente, nova regulamentação propõe que as empresas melhorem em 5% a eficiência dos motores, a cada ano, até 2016, o que significaria atingir uma média geral de 35,5 milhas/galão dentro do índice *corporate average fuel economy* (CAFE) (RAHIM, 2009). Cabe salientar que este padrão, que preocupa os fabricantes de automóveis americanos, já é alcançado pelos veículos europeus e japoneses, a partir do projeto de carros compactos e híbridos (FRIEDMAN, 2008). Os chineses também alegam que este consumo já é atingido pelos veículos novos em seu país e que a meta para 2015 é de uma média de 42.2 milhas/galão (BRADSHER, 2009). Isto demonstra a influência da legislação sobre as decisões de grandes corporações.

As legislações e certificações ambientais têm crescido em número, abrangência e importância. A este respeito, o mercado europeu é aquele que apresenta maiores restrições. Em alguns países, já são aplicadas legislações que atribuem responsabilidade ao fabricante pelo destino do produto e/ou sua embalagem, após seu uso, quer seja pela toxicidade de certos componentes, quer seja pela possibilidade de reuso ou remanufatura (CALCOTT e WALLS, 2005; STEFFEN, 2006). Nas décadas de 1970 e 1980, o Princípio Poluidor Pagador fundamentava a legislação da Europa Ocidental. Naquele período, os poluentes eram facilmente identificáveis. Porém, no final da década de 1980, o resíduo municipal tornou-se um motivo de preocupação, pela falta de espaço para novas áreas de aterro e a oposição da opinião pública a respeito da incineração e o aumento do custo da reciclagem. Neste contexto, surgiu o conceito de EPR (*Extended Producer Responsibility*,) no início da década de 1990, para estimular o reprojeto de produtos e processos (MILANEZ e BÜHRS, 2009).

Entre os países pioneiros neste tipo de legislação está a Alemanha, que, em maio de 1991, promulgou uma lei responsabilizando fabricantes e revendedores pela coleta e reciclagem de resíduos de embalagens. Posteriormente, o mesmo princípio foi aplicado aos bens duráveis como eletrodomésticos e automóveis, em lei de *take-back-and-recycle*, incentivando o planejamento da logística reversa e reciclagem por parte das empresas (O.T.A., 1992).

O governo dos Países Baixos elaborou, em 1989, um Plano Nacional de Política Ambiental, com o objetivo de harmonizar desenvolvimento econômico e ambiental, baseado em adesão voluntária e negociação com a indústria, além de investimentos vindos do orçamento público. Como pontos-chave estão a identificação e eliminação de substâncias perigosas de todas as etapas do processo produtivo; e a redução, em áreas prioritárias, do

volume de resíduos sólidos produzidos e acordos sobre resíduos de embalagem. Banir substâncias tóxicas também foi uma das estratégias usadas nos Países Nórdicos: a Suécia banuiu o uso de cádmio, na década de 1980, além de reduzir o consumo de recursos não renováveis. Em 1991, o Japão aprovou uma lei que fixava uma meta de 60% de reciclagem para a maioria dos produtos, para a metade da década de 1990. Apesar de, naquele momento, o Japão ter pouca tradição em medidas em prol do meio ambiente, a escassez de área territorial justificou os objetivos de reciclagem (vidro, papel, latas de alumínio e ferro e baterias) (O.T.A., 1992).

No Brasil, a Lei nº 6939, em 1981, estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente e definiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o qual determinou que as organizações estão sujeitas às legislações e aos órgãos de fiscalização específicos nos âmbitos: federal, com o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); estadual (no Rio Grande do Sul com a FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental); e municipal (em Porto Alegre com a SMAM – Secretaria Municipal do Meio Ambiente). O âmbito federal é responsável, principalmente, por diretrizes e políticas governamentais, legislação em nível geral tendo também função de fiscalização, realizada pelo IBAMA. Já os órgãos estaduais e municipais atuam na execução de projetos e programas de controle e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras. Para cumprir este objetivo no Rio Grande do Sul, a Lei Estadual nº 10330, de 1994, envolveu a organização do Sistema Estadual de Proteção Ambiental. A gestão de resíduos sólidos está disposta na Lei Estadual nº 9921 e no Decreto Estadual nº 38356, ambos de 1993. Em 2000, foi instituído o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei Estadual nº 11520). Cabe salientar que a Lei Estadual nº 9921 prevê, como meta principal, a não-geração de resíduos, apontando que o sistema de gestão deve buscar a redução, reutilização, reciclagem, tratamento, processamento ou destinação final, sendo todas estas tarefas de responsabilidade da fonte geradora.

Cabe ressaltar que, em nível federal, até 1996 não existia política pública no Brasil para tratar do assunto de resíduos sólidos. Naquele ano, o CONAMA formou um grupo de trabalho para discutir e propor alternativas de regulação, com uma clara inspiração no conceito de EPR. Contudo, esta legislação não conseguiu tramitar na Câmara dos Deputados e não foi avante devido à oposição das indústrias (MILANEZ e BÜHRS, 2009). O projeto de lei PL-3029, de abril de 1997, foi proposto pelo deputado paulista Luciano Zica. A ementa da proposta era de instituir a Política Nacional de Resíduos e criar o Sistema Nacional de

Resíduos - SISNARES, que disciplinaria os tratamentos e as disposições finais dos resíduos industriais, domésticos e hospitalares, bem como as emissões gasosas, de particulados e outros resíduos provenientes do processo produtivo industrial (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2007b). No texto deste projeto de lei se estabelecia que “ao setor privado, industrial e comercial, caberá a responsabilidade pela geração de seu produto até a sua disposição final – princípio do berço ao túmulo – obedecendo às regulamentações de coleta, pré-tratamento, tratamento, pós-tratamento, disposição final e estocagem dos resíduos” (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2007b). No entanto, este projeto tramitou até 2005, sendo retirado pelo seu autor. Atualmente, encontra-se pronto para votação o projeto de lei PL-203 de abril de 1991, que aborda especificamente resíduos de serviços de saúde, embora tenha o nome de ‘Política Nacional dos Resíduos’. A ementa define que a lei disporá sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2007a).

Existem ainda duas legislações específicas, as Resoluções 257/99 e 258/99, sendo que a primeira trata do resíduo de baterias e a segunda de pneus. As dificuldades em implementar políticas de EPR no Brasil demonstram que os responsáveis pelas políticas públicas trabalham apenas um dos dois pontos-chaves deste tipo de legislação – a atribuição da responsabilidade do resíduo descartado. Entretanto, para completar o objetivo principal da EPR, falta trabalhar a inovação e o reprojeto do produto. Principalmente no caso dos pneus, foi apenas intensificado o uso de tecnologias com baixo nível, estratégias de final de tubo e baixo custo operacional (MILANEZ e BÜHRS, 2009). Em paralelo, a atribuição da responsabilidade pelo resíduo pode também ser considerada como responsabilidade social, recaindo na discussão sobre externalidade, comentada no item 2.1.2.

Além das legislações disciplinadoras, que impõem uma conduta homogênea entre as empresas, há iniciativas voluntárias, como a adesão às boas práticas que qualificam aos selos verdes ou selos ambientais, sendo alguns dos mais reconhecidos mostrados na Figura 11. Estas iniciativas buscam apontar ao consumidor, entre todos os produtos, aqueles que procuram abranger características mais ambientalmente amigáveis, sendo estas características elencadas de acordo com cada organização, que pode ser governamental ou ONG. O selo Anjo Azul, da Alemanha, embora seja o mais antigo, datando de 1978, estabelece o critério de julgamento de acordo com o produto e não todo o ciclo de vida. Por exemplo, em detergentes avalia a água residual, e em *sprays* a eliminação dos gases propelentes de aerosol (O.T.A., 1992).



Figura 11 – Selos verdes tradicionais segundo (O.T.A., 1992)

Os selos ambientais favorecem o marketing verde. Mas como existe uma grande variedade de selos, é possível que organizações utilizem de forma inadequada a expressão ‘eco’ ou ‘verde’ em produtos que não sejam socioambientalmente responsáveis. Isto pode, em um primeiro momento, surtir resultados positivos, mas em médio e longo prazos, representa o risco de abalar a imagem da empresa perante seu público (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008).

Enquanto os selos ambientais se destinam aos consumidores finais, as certificações ambientais congregam institutos nacionais de padronização e visam estabelecer padrões internacionais reconhecidos, para facilitar o comércio entre empresas, promovendo confiabilidade aos produtos, dentro da cadeia produtiva e também para o consumidor final. A mais antiga foi a norma inglesa BS 7750 da *British Standards Institution* - BSI, homologada em março de 1992 e já desativada, que teve como base a norma de qualidade BS 5750. No Brasil, a mais popular das certificações é a ISO 14000. As primeiras normas desta série, homologadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), foram a NBR ISO 14001/1996 – Especificações e Diretrizes para Uso - e NBR ISO 14004/1996 - Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio - de um conjunto que atualmente conta com 23 normas. A família ISO 14000 abrange seis áreas principais: sistema de gestão ambiental (SGA), auditorias ambientais, avaliação de desempenho ambiental, rotulagem ambiental, aspectos ambientais nas normas de produtos e análise do ciclo de vida do produto, não especificando níveis de desempenho ambiental (I.S.O., 2009). As normas da família ISO têm como objetivo a criação de um SGA que auxilie as organizações a cumprirem metas em prol do meio ambiente, e possibilitam uma diferenciação, em relação a outras empresas, que apenas cumprem as restrições de legislação (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). No entanto, a norma ISO 14001 pode certificar empresas que não tenham atingido o melhor

desempenho ambiental possível, nem estejam utilizando as melhores tecnologias disponíveis (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008).

De acordo com a ISO (2009), em dezembro de 2006, no mundo havia 129.199 organizações certificadas com normas da família ISO 14000, e em 2007 eram 154.572, em 148 países. Em 2006, o Japão era o país com mais empresas certificadas, 22.593, seguido pela China, com 18.842. Em 2007, a China (já com 30.489 empresas certificadas) ultrapassou o Japão (27.955 empresas certificadas). O Brasil tinha, em dezembro de 2006, 2.447 certificações ISO 14000, representando um aumento de 18,7% em relação a 2005. Porém, a metodologia foi alterada e, no final de 2007, eram 1.872 empresas (I.S.O., 2009). Entretanto, o grande número de empresas certificadas dá margem ao questionamento sobre os resultados reais da norma ISO 14000, no sentido de alterar, de forma significativa, o quadro tradicional de prejuízo ambiental nas atividades produtivas. Afinal, a certificação é uma diretriz bastante genérica, ou seja, um início, para que as empresas comecem a pensar sobre o impacto do seu sistema produtivo e pensem sobre sustentabilidade, com base em certos procedimentos gerais; mas este é apenas um primeiro passo.

As certificações auxiliam, por trazerem um efeito de propagação de melhores práticas, impostas nas relações entre empresa e fornecedores. Observa-se que, por exigência das normas da família ISO 14000, por exemplo, as empresas tomam uma postura mais seletiva em relação aos seus fornecedores, obrigando-os também a certificarem-se ou obterem pelo menos o licenciamento ambiental junto aos órgãos fiscalizadores, o que acaba por trazer resultados favoráveis. No entanto, os SGA e as normas específicas têm objetivo de estabelecer metas que estejam de acordo com a legislação ambiental local, e programas para alcançar estas metas, incluindo monitoração e medição de eficácia para a correção de problemas. Contudo, quais metas estão sendo definidas? Talvez as metas às quais as organizações se propõem sejam pouco ambiciosas, e estejam aquém do necessário. Algumas empresas, por exemplo, puderam fixar seus prazos de acordo com exigências como o Protocolo de Montreal, para eliminação total das substâncias prejudiciais à camada de ozônio (como gases CFC), mesmo que a tecnologia para isto já estivesse disponível vários anos antes. Esta discussão envolve a observação de McDonough e Braungart (2002) de que a legislação também pode restringir iniciativas positivas em questões ambientais e, muitas vezes, conduzem a objetivos menos exigentes, no que diz respeito a reais transformações.

Um estudo qualitativo, realizado no primeiro semestre de 2006, mostrou que a realidade das empresas do Rio Grande do Sul apresenta um cenário de transformação bastante lenta e que ainda está dentro de um contexto de desenvolvimento de produtos tradicional (JACQUES e PAULA, 2007). As empresas tentam ser menos danosas, dentro de uma abordagem de proteção ambiental, em que o meio ambiente é visto como fator externo, como comentado no item 1.1. As mudanças ocorrem com maior impacto em pontos específicos dos processos produtivos, não de forma ampla no projeto de sistemas e de produtos. A própria norma ISO 14000 enfatiza mais o cumprimento da legislação, esperando com isto incentivar a redução de emissões e a prevenção e tratamento de resíduos. Porém, uma mudança efetiva de entendimento da dimensão ambiental, encarada também como uma necessidade e exigência dentro do contexto produtivo, não é incisivamente buscada (JACQUES e PAULA, 2007).

O emprego da mudança de paradigma traz importantes consequências e avanços no desenvolvimento de produtos, pois, em relação às questões ambientais, geralmente pensa-se em ser menos poluente, menos danoso, ou atingir os índices estipulados pela legislação reguladora. Isto pode ser perigoso, pois apenas investigam-se níveis de poluição ou toxicidade aceitáveis. Contudo, estes são aceitáveis em curto prazo e apenas asseguram um processo de degradação mais lento e menos visível.

Como será comentado adiante, observa-se que as iniciativas de maior impacto são aquelas que estão relacionadas com a mudança do conceito nos processos e produtos, ou de como eles são consumidos, o que destaca a importância das etapas iniciais do desenvolvimento de produtos. Além disso, atualmente podem-se entender estas iniciativas como diferenciação ou como oportunidade tecnológica no desenvolvimento de novos produtos. Porém, é bem possível que, em um futuro próximo, as características eco ou ambientalmente amigáveis sejam itens básicos para a maior parte dos bens de consumo (FRIEDMAN, 2008).

2.2.4 Desenvolvimento de novas tecnologias ambientalmente amigáveis

É preciso considerar que, apesar da mudança de mentalidade dos consumidores, atingindo uma ética ambiental, ou de legislações mais restritivas, acompanhadas de mecanismos econômicos, as transformações nos processos produtivos, ou no metabolismo da sociedade, só serão alcançadas com novas tecnologias e práticas que mudem a estrutura de operação da produção e do consumo. Afinal, os consumidores têm poder seletivo no produto final, mas não controlam as decisões, nem têm a compreensão sobre toda a cadeia de

produção (HUBER, 2008a). No entanto, as legislações também podem ser derrubadas por *lobby* e alegações a respeito de ausência de tecnologia compatível.

Como foi comentado no item 1.1, seguindo a equação enunciada por Elrich, pode-se pressupor a tecnologia como o principal fator de atuação sobre o impacto ambiental, já que o controle populacional é uma questão delicada em muitos países, enquanto a afluência ou prosperidade deve ser elevada em todas as nações, como foi comentado no item 2.1.5. As inovações tecnológicas ambientais - ITA (*Technological Environmental Innovations—TEIs*) podem estar relacionadas às estratégias verdes, como gerenciamento de recursos, tecnologias limpas, substituição de substâncias perigosas, Design para o meio ambiente (*Design for Environment* ou DfE), biomimetismo, tecnologias para controle de emissões e processamento de resíduos, EPR, entre outras. Ou então se determina que uma inovação tecnológica é ambiental, se ela contribui para aumentar a ecoeficiência de um produto ou processo (HUBER, 2008b).

Neste contexto, o Protocolo de Kyoto propôs incentivar o desenvolvimento e aplicação de ITAs em países em desenvolvimento, com suporte financeiro de países desenvolvidos, através dos MDLs (CDM – *Clean Development Mechanism*). O tratado de Kyoto previa, também, a *Joint Implementation*, sistema no qual parte da redução de emissões de um país desenvolvido, alcançada através de investimentos de outro país desenvolvido, era creditada ao país investidor. Os chamados créditos de carbono, ou as cotas de emissões comercializáveis entre países, são a redução de emissões resultante do aumento da *Environmental-Efficiency* (discutida no item 3.2.2), creditadas aos países desenvolvidos ou em desenvolvimento. O sistema de MDL, no entanto, não alcançou plenamente o objetivo de transferência ou desenvolvimento de tecnologia e a própria redução significativa de emissões, em parte, pelas diferenças na condução da avaliação dos critérios de sustentabilidade e pela falta de um padrão internacional de relatório e avaliação (OLSEN e FENHANN, 2008).

Junto às ITAs, é necessário considerar a questão do valor, comentada no item 2.1.1. Afinal, de acordo com Friedman (2008), é preciso fazer com as soluções tecnológicas alcancem preços que os consumidores da China, Índia e Brasil possam pagar. É importante também considerar que, depois de uma tecnologia atingir significativo estágio de maturidade em um determinado país, ela pode pular estágios e ser implementada com mais facilidade a custos menores, sem a necessidade de passar pelos estágios iniciais que o país pioneiro passou. Como exemplo, tem-se o uso de bulbos compactos fluorescente combinados com

painéis fotovoltaicos para fornecer luz em comunidades rurais, com investimento mais baixo que a construção de uma central geradora de energia, ou mesmo a rede de distribuição (GOLDEMBERG, 1998). Este fato é comprovado na diferença dos picos de intensidade de energia, ao longo do processo de industrialização dos países desenvolvidos – aqueles que se industrializaram primeiro tiveram picos maiores, como o Reino Unido, os EUA e a Alemanha. Os países que aceleraram a produção industrial mais tarde, como França e Japão, se beneficiaram das melhorias na eficiência energética dos primeiros (GOLDEMBERG, 1998). Esta é uma situação que pode ocorrer com as inovações tecnológicas ambientais, se houver boas alternativas disponíveis.

Segundo Huber (2008a), ITAs tendem a ser complexas e geralmente requerem modificações ou mesmo um novo projeto na cadeia, por isto envolvem riscos e muitas indústrias preferem não assumir tal incerteza, num primeiro momento. Um novo projeto para a cadeia produtiva pode também significar uma transformação no modelo de negócios. Geralmente, os atores que possuem o poder de decisão, neste caso, são grandes produtores ou revendedores de produtos finais, assim como empresas automobilísticas ou aeronáuticas, companhias fornecedoras de energia, produtores de fármacos, tintas, detergentes, objetos domésticos e de escritório, etc. Entre esses atores, são as empresas que mantêm relações internacionais as que mais contribuem para a difusão de inovações, seja através das vendas internacionais, da coprodução ou da subcontratação internacional, P&D em diferentes países, etc. Assim, ITAs tendem a ocorrer nos líderes de mercados e em países pioneiros. Como, por exemplo, a liderança em tecnologia para geração de energia eólica, alcançada pela Dinamarca desde a década de 1980, ou, no mesmo período, o polpeamento de celulose livre de cloro, desenvolvido na Finlândia e Suécia, uma tecnologia que foi adotada em seguida pelos EUA, Canadá, Áustria, Alemanha e, posteriormente, pelo Brasil e Sudeste Asiático (HUBER, 2008a).

A corrida para geração de tecnologias ambientalmente amigáveis é uma tendência mundial, e os desenvolvedores que alcançarem alternativas com bons resultados, a custos aceitáveis, obterão as vantagens da liderança. Neste contexto, as pesquisas são endereçadas às mais variadas aplicações. Porém, grande esforço está sendo concentrado nas maiores fontes de impacto, comentadas no item 2.1, ou seja, a produção de energia e combustíveis, as atividades industriais e a produção de alimentos. Tornar as fontes de energia limpas, renováveis e cada vez mais eficientes é o objetivo do esforço em pesquisa e desenvolvimento de muitos centros atualmente. Por exemplo, no orçamento aprovado de 2009, o governo dos

EUA determinou que \$150 bilhões fossem investidos no desenvolvimento de fontes renováveis de energia e na melhoria da eficiência energética. No total, o país pretende investir mais de 3% do seu PIB em ciência e tecnologia, o que excede inclusive o montante investido no período da corrida espacial (HULSE, 2009).

As fontes de energia limpa que apresentaram maior crescimento entre os países da OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*), entre 1990 e 2004, são a eólica (crescimento em torno de 25%), queima de biomassa (crescimento em torno de 10%), e a solar, apesar de contribuírem atualmente com apenas 2% do total de energia consumido (CONNOR e RAST, 2009; U.N. WATER, 2009b). A expansão da energia hidroelétrica tem como fator limitante o potencial dos rios e o custo econômico, ambiental e social das represas (CONNOR e RAST, 2009). Outra alternativa é a descentralização da produção de energia, em que a rede de fornecimento também recebe energia de múltiplos produtores (JONES e CONRAD, 2008); ou seja, se uma indústria ou estabelecimento rural produz mais energia que necessita, pode retornar esta energia ao seu fornecedor, recebendo uma compensação financeira. Desta mesma forma, até uma residência que utilize painéis solares pode contribuir e também se beneficiar.

Dentro do tema energia, destaca-se a busca de combustíveis que substituam os combustíveis fósseis, como os biocombustíveis. A importância das ações governamentais e do fator custo, na questão de energia, pode ser observada no desenvolvimento e uso do etanol no Brasil. Na década de 1980, a popularização dos carros a álcool, foi resultado do investimento do Programa Proálcool em pesquisa, a partir da primeira crise do petróleo, em 1973. Devido ao preço mais baixo do biocombustível, em relação à gasolina, houve uma ascensão de vendas, enquanto havia incentivos do governo para os produtores de cana-de-açúcar. Depois, houve o declínio na produção deste tipo de veículo e seu ressurgimento, em 2003, de forma inovadora com os motores Flex, que possibilitam a escolha do consumidor, guiada pelo mais baixo custo. O uso do combustível etanol no Brasil ilustra a linha tênue entre pontos positivos e negativos dos biocombustíveis, porque a queima de etanol é poluente. Apesar de ser menos poluente que a gasolina, a queima do etanol lança monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO e NO₂) e hidrocarbonetos (compostos de hidrogênio e carbono). Também há poluição no processo produtivo, como o resíduo do vinhoto. Para cada litro de etanol são gerados 13 litros deste ácido tóxico. Além disto, mesmo que apenas 1% (3,6 milhões de hectares) das terras aráveis brasileiras seja atualmente utilizada para a produção de cana-de-açúcar (que gera 6.000 litros de etanol para cada hectare plantado), sua produção exige solo agricultável,

somando-se ao fato de quando a colheita não é mecanizada, exige trabalho intensivo e a queima da palha da cana (DUALIBI, 2008).

Assim, paralelo ao estudo de biocombustíveis, faz-se necessário pesquisas na área agrícola, para possibilitar aumento da produção na mesma porção de solo, visando também a redução do uso de água e pesticidas (CONNOR e RAST, 2009). Buscando alternativas para a ocupação de terra arável, algumas pesquisas objetivam desenvolver uma segunda geração de fontes de bioenergia, convertendo madeira e resíduos de plantas e outras fontes de biomassa em combustíveis líquidos, além do estudo de plantas que não requeiram tantos cuidados intensivos ou solos tão férteis para o seu crescimento, quanto aquelas espécies destinadas à alimentação (CONNOR e RAST, 2009).

Outro campo de desenvolvimento de novas tecnologias ambientais pode ser a nanotecnologia, com potencial para promover melhorias na qualidade e quantidade de água doce em processos de tratamento, reuso e reciclagem, ou em processos de dessalinização. Porém, deve-se considerar que pouco se sabe sobre a interação entre estes materiais artificiais e os organismos biológicos, sendo possível certo grau de toxicidade (CONNOR e RAST, 2009).

O desenvolvimento de tecnologias ambientalmente amigáveis envolve o repensar de todo o sistema produtivo. Neste sentido é preciso questionar: qual é o efeito potencial, em todo o sistema industrial, da combinação destes pontos (efetividade e longevidade do produto, projeto e manufatura com mínimo uso de materiais, reaproveitamento de sobras, reuso, remanufatura, reciclagem, e economia de materiais), alcançados por meio de melhor qualidade e projeto inteligente? (HAWKEN, LOVINS *et al.*, 1999) Um estudo realizado por Huber (2008b), com 305 casos de ITAs documentados pelo Iniciativa em Inovação e Sustentabilidade do governo alemão (*Federal Research Ministry*), de 2000 a 2004, apontou que 85% dos casos representavam soluções integradas, enquanto apenas 15% eram adições pontuais de uma determinada tecnologia. Entre as soluções integradas, 49% tiveram objetivos ambientais como metas principais no seu desenvolvimento, quando se pode afirmar que 36% não tiveram objetivos ambientais entre seus impulsionadores. O mais significativo resultado deste estudo, segundo seu autor, foi observar que a maior parte das ITAs, e as mais importantes ou mais impactantes, ocorreram nas fases iniciais da cadeia de produção. Segundo os dados, 44% dos casos eram decisões sobre processamento ou preparação de matérias-primas (como aço, alumínio, cimento, polpeamento, curtimento), na definição de

combustível ou de fonte de energia, ou nas decisões sobre reciclagem; 27% envolviam o processamento intermediário de produtos, como a manufatura de tecidos, produção de mobiliários, processamento de alimentos, incluindo o abastecimento de energia para estas atividades e os processos de purificação; 25% estavam relacionados à montagem do produto final, como edificação, veículos, bens de consumo (por exemplo, aquecimento de edificações, demanda energética dos aparelhos); e apenas 4% diziam respeito aos hábitos dos consumidores (como evitar desperdício de energia, uso compartilhado de veículos, etc.).

Como foi visto, há muitas possibilidades de pesquisa, desenvolvimento e aplicação de inovações tecnológicas ambientais, sendo que a responsabilidade em tornar estas possibilidades reais deve ser compartilhada entre governos, empresas e consumidores. Entretanto, como foi comentado, com maior ênfase sobre governos e empresas. Como destaca Friedman (2008), a respeito da geração de energia: *“energia limpa será o padrão global dentro da próxima década, energia limpa será a próxima grande indústria, e o país que produzir mais e vender mais disto terá uma vantagem competitiva. Estes países terão ambos, ar mais limpo e um negócio de crescimento rápido.”*

2.2.5 Geração de empregos a partir de iniciativas ambientalmente amigáveis

As transformações necessárias para aliar produção e meio ambiente podem trazer benefícios, além das questões ambientais em si. Tais oportunidades estão, principalmente, na geração de empregos ‘verdes’. Argumenta-se que, para promover eficiência energética e desenvolver tecnologias ambientais em larga escala, será necessário um significativo número de trabalhadores capacitados (JONES e CONRAD, 2008). Neste caso, a capacitação envolve diversas áreas de atuação, desde o fortalecimento das atividades de pesquisa, de base e aplicada, até o treinamento de mão-de-obra para atividades industriais e comunitárias.

Segundo Van Jones e Conrad (2008), na realidade dos EUA, a eletricidade proveniente de fontes renováveis cria duas vezes mais empregos por unidade de energia e por dólar investido, que a tradicional eletricidade baseada em combustíveis fósseis. Estes autores destacam, em seu livro *“The Green Collar Economy”*, toda a geração a partir da necessidade de readaptar a estrutura industrial e residencial às tecnologias ambientalmente amigáveis, envolvendo o considerável trabalho de renovação de edificações, para adequação aos novos padrões de desempenho ambiental, como aqueles enunciados pela norma LEED – *Leadership in Energy and Environment Design*. Dentro deste contexto, é observado o investimento do governo americano, através do *Green Job Act* de 2007, que previa o investimento de \$125

milhões em programas de treinamento profissional para superar a carência na área de ‘indústrias verdes’, como a eficiência energética em edificações, energia elétrica renovável, eficiência energética de veículos e desenvolvimento de biocombustíveis (SOLIS, 2007). A previsão atual de investimentos é bem maior.

Entretanto, para implementar transformações é necessário, primeiro, dar condições para sua criação. Para isto, investir na formação de profissionais, que pesquisem e desenvolvam soluções ambientalmente amigáveis é fundamental. A Figura 12 relaciona os investimentos públicos em ciência e tecnologia dos países e o número de cientistas e engenheiros que estes países contam para projetar novas tecnologias e produtos. Os investimentos são comparados em percentual do PIB de cada país, sendo que a dimensão dos círculos expressa o tamanho do PIB em si, por isto EUA e Japão e Alemanha têm maiores dimensões.

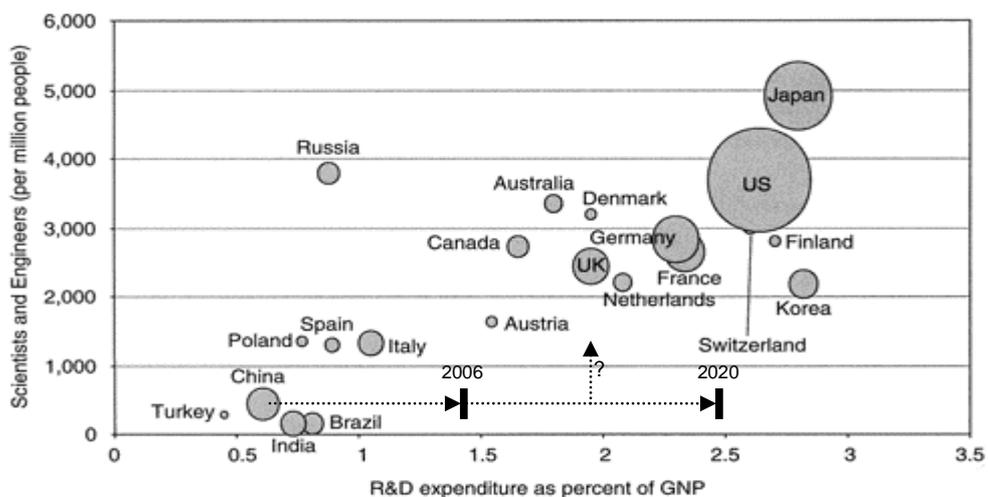


Figura 12 – Esforço Global em P&D: número de cientistas e engenheiros (por milhão de hab.) e percentual do PIB investido, dados de 2002 em PPC (DAHLMAN, 2007). Dados atualizados da China conforme Zhou and Stembridge (2008.)

Os dados são de 2002, mas a situação ainda é válida, visto que, em geral, os países desenvolvidos dispõem de maior volume de investimentos e profissionais. Índia, Brasil e China encontram-se agrupados, buscando competir, mesmo tendo menor número de profissionais e menores proporções de investimento. Ainda é uma situação de desigualdade, no entanto, pois se observa que a China vem aumentando anualmente seus investimentos e vem formando mais profissionais, incentivando a formação superior em alto nível. Isto vem ocorrendo principalmente em carreiras relacionadas ao desenvolvimento de tecnologia, como as engenharias e o design, e alguns resultados já podem ser observados, como um aumento

expressivo no número de registro de patentes (entre 2003 e 2007, o número de patentes na China cresceu, em média, 34,4% ao ano). Conforme indicado na Figura 12, o governo Chinês tem aumentado consideravelmente os investimentos públicos em ciência e tecnologia, passando de 0,6% do PIB em 2002, para 1,4% em 2006, com o objetivo de alcançar 2,5% do PIB em 2020 (ZHOU e STEMBRIDGE, 2008). Esta é uma área de atuação que também pode receber incentivos no Brasil e na Índia. No Brasil, conforme os dados mais recentes do Ministério da Ciência e Tecnologia (M.C.T, 2009), os investimentos públicos na área, em 2007, foram equivalentes a 0,77% do PIB, com um acréscimo de apenas 13%, em relação a 2002. Somando-se os investimentos privados, o total de investimentos em ciência e tecnologia no país ficou em 1,46% do PIB nacional, um percentual que também pouco se alterou desde 2002.

Cabe ressaltar que a disparidade nos investimentos em pesquisa é ainda maior em termos absolutos, devido à diferença no PIB dos países. Por exemplo, o PIB em paridade de poder de compra (PPC), de Estados Unidos, China, Japão, Índia e Brasil, respectivamente, é de aproximadamente 14, 8, 4, 3 e 2 trilhões de dólares (F.M.I, 2009).

Não só a formação técnica e científica é importante, mas também o ensino sobre sustentabilidade. Como apontam Carew e Mitchell (2008), o conceito de sustentabilidade pode ser entendido de uma maneira bastante pessoal, porque se baseia em componentes factuais e de juízo de valor. Assim, já na formação em nível de graduação, além do ensino de ferramentas ou ações específicas, é fundamental o conjunto de valores e conteúdos ligados à tomada de decisão adequada à sustentabilidade (CAREW e MITCHELL, 2008).

Junto à oferta de pessoas capazes de projetar, é preciso também empreendedores que estejam dispostos a investir. Afinal, construir competência em ciência, tecnologia e inovação não é um investimento unilateral – mas sim que envolve toda a sociedade – fechando o ciclo e interligando os pontos que, neste estudo, foram destacados como oportunidades. Assim, a necessidade de reduzir o impacto ambiental pode ser um dos principais incentivos para geração de empregos, combate à desigualdade social e fortalecimento de atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

2.3 Considerações finais

Apesar de serem bastante debatidos atualmente, os tópicos abordados neste capítulo fornecem a base que fundamenta o conceito berço ao berço, bem como outras abordagens

ambientais, tratadas a seguir no capítulo 3, e por isto julgou-se necessária sua discussão nesta pesquisa. Buscou-se, também, destacar a intrincada rede que conecta problemas socioambientais às possíveis oportunidades de transformação da relação humano-meio ambiente.

A utilização de diversos índices e fontes de dados teve como objetivo traçar um panorama amplo, visando informar a situação atual e ressaltar a complexidade de qualquer análise de cunho ambiental, dentro do desenvolvimento de produtos e processos. O item 2.1.1, por exemplo, ressaltou a complexidade da análise sobre o uso dos recursos naturais. Afinal, para o desenvolvimento sustentável de produtos é imprescindível o conhecimento não somente das propriedades físicas e químicas das matérias-primas, como também seu impacto ambiental de uma forma abrangente. A discussão sobre este tema será retomada no item 3.3, onde é apresentado o conceito berço ao berço no contexto das abordagens ambientalistas e são detalhadas as suas áreas de atuação principais (materiais, reutilização de materiais, consumo de água, energia e responsabilidade social).

Assim, a partir da visão ampla apresentada aqui, no capítulo seguinte o estudo abordará mais especificamente as questões relativas às atividades industriais e o meio ambiente.

CAPÍTULO 3

3 O conceito berço ao berço como estratégia de transformação do desenvolvimento de produtos e processos

Várias correntes de pensamento enunciam abordagens visando melhorar a relação ser humano-meio ambiente. Entre essas abordagens, ocorrem semelhanças e sobreposição de conceitos e, atualmente, ao se propor uma iniciativa concreta, geralmente utiliza-se a soma de vários enunciados. Por isto, ao realizar-se um estudo sobre o tema ambiental se percebe que é necessário unir elementos de diversas abordagens ambientalistas.

Este capítulo trata, inicialmente, dos diferentes níveis de abrangência das abordagens ambientais, contextualizando o conceito berço ao berço junto a outras abordagens no nível mais abrangente. Posteriormente, busca-se detalhar as principais áreas abordadas no conceito berço ao berço. Entre eles estão os conceitos de metabolismo e ecoeficácia; a análise sobre o uso de materiais, energia e água; a reflexão sobre a responsabilidade social e os principais estágios pelos quais as empresas passariam na implementação do conceito berço ao berço. Todos estes tópicos servem de base teórica para o trabalho aplicado, que será descrito nos capítulos 4 e 5.

O conceito berço ao berço tem seu enunciado ligado à publicação de McDonough e Braungart (2002). Porém, a ideia de que os processos produtivos deveriam obedecer a um fluxo cíclico não é recente. Ao longo do livro, pode-se observar que muitos pontos envolvem vários outros conceitos e ferramentas presentes na literatura, e mesmo a expressão “berço ao berço” vem, em oposição, a “berço ao túmulo”, largamente empregada, inclusive nas legislações concernentes à disposição de resíduos. O conceito de metabolismo aplicado à tecnologia e à produção, por exemplo, tem raízes na década de 1960 (KUROKAWA, 1977; FISCHER-KOWALSKI, 1998), enquanto a interligação das atividades produtivas, com objetivo de beneficiar a coletividade, foi enunciada no método Zerri (JOHANSEN e SWIGART, 1994), na década de 1990, além de estar presente também no conceito de ecologia industrial (AYRES e SIMONIS, 1994; FISCHER-KOWALSKI, 1998; HARPER e GRAEDEL, 2004). Assim, requer-se uma revisão cuidadosa, que esclareça estas ligações, e este é também um dos objetivos deste capítulo. O conceito berço ao berço, nesta pesquisa, é adotado como uma estratégia de orientação no processo de desenvolvimento de produtos, o qual deve ter como meta um modelo cíclico de produção e consumo. Em paralelo, analisa-se a certificação berço ao berço da empresa MBDC (McDonough & Braungart Design and

Chemistry) como ferramenta para coleta de dados e comparação entre produtos, ou seja, dentro de um contexto operacional.

3.1 Níveis de abrangência das abordagens ambientalistas

Neste estudo, propõe-se a caracterização da abrangência de alguns dos principais conceitos, abordagens e estratégias que tratam do impacto ambiental dos processos produtivos. Há abordagens que envolvem o repensar de toda a organização da sociedade, de maneira sistêmica, em que se insere extração, processos produtivos, consumo e organização social. Estas extrapolam os limites de uma fábrica e tratam de mudanças em toda a cadeia produtiva, ou mesmo em várias cadeias, que chegam a formar uma grande teia, como propõe Capra (1998), e são consideradas as mais abrangentes. Algumas abordagens envolvem a investigação, em profundidade, do impacto ambiental de uma cadeia produtiva ou de determinado setor apenas, e outras ainda se concentram na identificação de possibilidades de melhorias em processos produtivos específicos. Nesta diferenciação, em três níveis de abrangência, como mostra a Figura 13, as abordagens mais específicas estão contidas dentro das mais amplas.



Figura 13 – Definição dos três níveis de abrangência conceitual de estratégias de implementação de boas práticas ambientais

As abordagens mais abrangentes – 3º Nível – são aquelas que propõem fechar o fluxo produção/consumo. Ou seja, quebrar o paradigma sequencial e transformá-lo em cíclico. Estas abordagens envolvem transformações na compreensão do negócio, como o capitalismo natural, com o enunciado “o objetivo do negócio não é simplesmente ganhar dinheiro e sim, promover conforto e bem estar à humanidade” (HAWKEN, LOVINS *et al.*, 1999). Para

alcançar o bem estar humano não é possível ignorar a saúde do meio ambiente. Entende-se o ser humano como parte da natureza, interagindo em seu meio e colhendo as consequências de suas ações. Por isto, a necessidade de aplicação de uma compreensão cíclica nos processos produtivos (conceito berço ao berço, método Zeri, produção limpa, ecologia industrial), em contraposição à linear, o que será aprofundado no item 3.2. Estas abordagens são de fundamental importância em ações de larga escala, como a inserção do atendimento das necessidades da população BOP, evitando o impacto ambiental, característico do modelo de produção/consumo tradicional, comentado no capítulo 2.

Já as transformações nas instalações industriais são iniciativas que auxiliam na implementação de melhores práticas (cadeia verde, logística reversa, etc.), porém, conceitualmente, não representam uma mudança significativa em relação às características dos produtos. Por isto, são definidas como 2º Nível, mas cumprem o papel de auxiliar no alcance das abordagens de 3º Nível e estão contidas no nível mais abrangente.

As transformações internas à fábrica, relativas aos processos e à mudança de algumas características do produto, impulsionadas por medidas de P+L, SGA, DfE e outros, são consideradas no 1º Nível de mudança, e podem representar o primeiro passo para se alcançar o 3º Nível. Em todos os níveis podem ser aplicados princípios do conceito berço ao berço, com diferentes metas.

Uma diferenciação de abordagens ambientais é proposta por Nascimento et al. (2008), relacionando também três níveis dentro da gestão socioambiental estratégica: macroambiente, microambiente e ambiente interno. No macroambiente estão as abordagens como o capitalismo natural, o conceito de desenvolvimento sustentável e a Agenda 21, os quais estão relacionados às variáveis econômicas, tecnológicas, demográficas, socioculturais, político-legais e competitivas. Já as abordagens dentro do microambiente estão ligadas a variáveis como fornecedores, concorrentes, intermediários de mercado, grupos de interesse (*stakeholders*) e clientes; neste contexto estão a produção limpa, a emissão zero (Zeri) e a permacultura. O ambiente interno se refere à estrutura interna da organização, em termos das funções de marketing, P&D, compras, produção, finanças, recursos humanos e alta administração. Entre as abordagens ligadas ao ambiente interno estão: a gestão ecológica (*ecomangement*), gestão sustentável da cadeia de suprimentos (*green supply chain*), P+L, neutralização de carbono, ecodesign, ISO 14000, norma AA1000 e procedimentos do GRI (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008).

Todas estas abordagens – das mais abrangentes às mais específicas – serão discutidas com mais detalhe no próximo item, buscando sempre a relação com o conceito berço ao berço.

3.2 Revisão das principais abordagens ambientalmente orientadas e a sua relação com o conceito Berço ao Berço

O desenvolvimento de produtos, em que se projeta o ciclo de vida partindo da extração e processamento de matéria-prima, indo para manufatura, uso e prevendo a disposição em aterro ao final da vida do produto, é o chamado fluxo berço ao túmulo – *cradle to grave* (EL-HAGGAR, 2007), introduzido nos itens 1.1 e 2.1.2. Embora considerando a possibilidade de reuso, remanufatura ou reciclagem de materiais, ao longo do processo, dentro do fluxo linear berço ao túmulo, existe um fim, seja do produto ou de seus componentes. A aplicação deste modelo tradicional traz resultados negativos, relacionados a todos os pontos comentados no item 2.1. Considerando os insumos necessários para a produção de bens, na forma convencional ainda há extração, em certo sentido ilimitada, de recursos naturais, renováveis ou não, que servem de matéria-prima (item 2.1.1), e a geração de um significativo volume de resíduos (item 2.1.2). Estes resíduos são normalmente de difícil decomposição e envolvem a disposição em aterro (o túmulo) de lixo urbano e industrial, inertes ou de alta periculosidade (O.T.A., 1992; AYRES, 1996). Outra expressão relacionada a este conceito é do berço ao portão – *cradle to gate* – que designa o controle ou mesmo a responsabilidade do produto pelo fabricante do processamento e manufatura até a saída da fábrica.

O conceito berço ao berço (*cradle to cradle* – C2C) se coloca em oposição à lógica ou ao fluxo linear, ou berço ao túmulo. O conceito berço ao berço tem como objetivo uma mudança em relação à lógica berço ao túmulo, propondo, principalmente, resgatar o princípio cíclico da natureza, onde dejetos de uma espécie ou de uma atividade servem de alimento à outra, pois a produção de lixo é uma característica da ação humana (HAWKEN, 1993; VAN DER RYN e COWAN, 1996; McDONOUGH e BRAUNGART, 2002). Este é um dos princípios básicos na visão berço ao berço: lixo pode ser alimento (VAN DER RYN e COWAN, 1996; McDONOUGH e BRAUNGART, 2002). Afinal, como argumentaram Ayres e Kneese, em 1969, “*resíduos, tanto da produção, quanto do consumo, acarretam desserviços ao invés de serviço à sociedade*”; por isto eles propunham que o problema da poluição e de seu controle fosse visto como um problema de balanço de materiais, para toda a economia (AYRES e KNEESE, 1969). A eliminação de resíduos e desperdício é uma ideia bastante antiga dentro da engenharia de produção, defendida por Ford – que também usava a

estratégia de remanufatura (FORD e CROWTHER, 1922) e Deming, e que atualmente é a tônica da lógica *lean*, estando ligada ao conceito de eficiência nessas abordagens.

A questão é que, na lógica berço ao túmulo, o desenvolvimento de produtos tem foco apenas nos usuários finais, aqueles que usam o produto, por exemplo, na lógica *lean* se busca ressaltar aquilo que agrega valor na perspectiva do consumidor (usuário final). No entanto, segundo Guimarães (2006), existem ainda os usuários primários, aqueles que produzem, e os intermediários, que transportam, vendem e fazem a manutenção do produto, e também a sociedade pode ser considerada usuária indireta do produto, quando afetada de alguma forma. No modelo berço ao túmulo, a sociedade não é considerada, pois a coletividade acaba arcando com a responsabilidade de manejo e descarte seguro dos resíduos gerados individualmente. Nesta discussão, estão o conceito de externalidade (item 2.1.2), as legislações de EPR e a responsabilidade que as empresas deveriam assumir por aquilo que produzem (itens 2.1.2 e 2.2.3), ou seja, responsabilidade social.

Como mostra a Figura 14, no conceito berço ao berço, destaca-se a necessidade de fechar o ciclo, o que ocorre de duas formas: (i) os materiais e componentes retornam para a indústria, como matérias-primas ou (ii) são decompostos na natureza com segurança (M.B.D.C., 2007), dentro da ideia de metabolismo, descrita em detalhe no item 3.2.1.

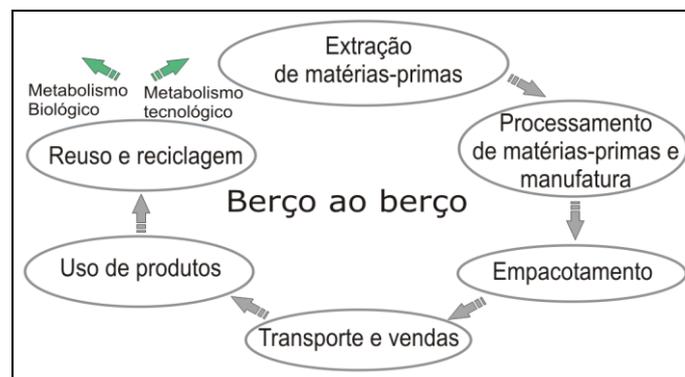


Figura 14 – Ciclo de vida Berço ao Berço - Adaptado de El-Haggar (2007)

Esta transformação da lógica linear para cíclica, em que está baseado o conceito berço ao berço está presente, de certa forma, em todas as abordagens mais abrangentes, de 3º Nível. Anterior ao enunciado do conceito berço ao berço, o método Zeri já previa uma visão holística dos sistemas produtivos, destacando também a importância do fator social e da geração de empregos, unida à conservação do meio ambiente, o que será comentado no item 3.3.5. O método Zeri (*Zero Emissions Research & Initiatives*) propõe um fluxo cíclico,

visando harmonizar as necessidades humanas com a utilização de processos produtivos, que preservem a capacidade de reposição dos recursos no planeta, incentivando intervenções positivas sobre o meio ambiente e a ampliação da visão tradicional de produção, para analisar oportunidades onde, geralmente, se impõe o antagonismo produto versus resíduo (GLOBAL ZERI NETWORK, 2007).

O método Zeri defende que, ao desenvolver produtos e pensar sistemas produtivos, os resíduos de uma atividade devem ser considerados matéria-prima para outra (PAULI, 1998), sendo que o mesmo preceito aparece no conceito berço ao berço (PAULI, 1998; McDONOUGH e BRAUNGART, 2002; GUIMARÃES, 2006). As organizações industriais também podem estruturar-se de maneira que o resíduo de uma seja matéria-prima para outra, seguindo o conceito de ecologia industrial (GRAEDEL e HOWARD-GRENVILLE, 2005).

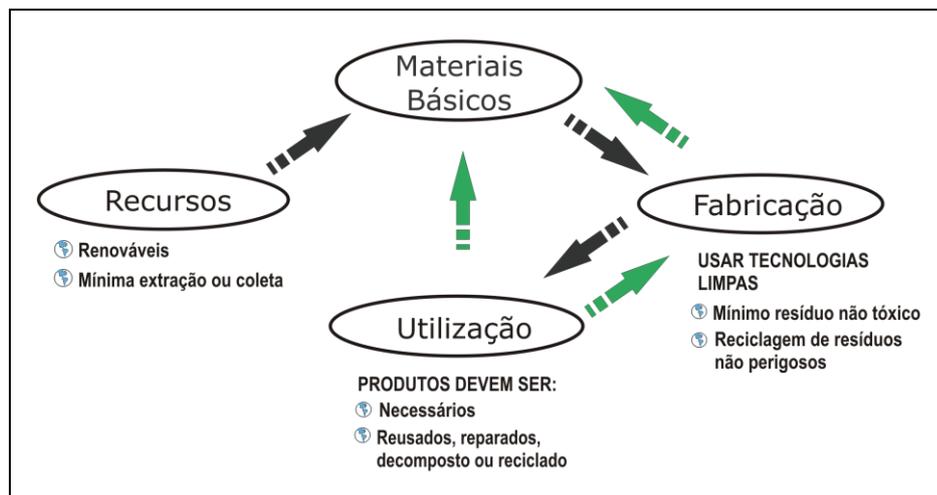


Figura 15 – Visão cíclica da economia segundo a Produção Limpa - Adaptado de Thorpe (1999)

O conceito produção limpa, enunciado pela ONG Greenpeace, na década de 1990, também compartilha da quebra de paradigma, no sentido de transformação do fluxo tradicional para o cíclico, como mostra a Figura 15. Esta abordagem também aponta que os sistemas de produção e os produtos não deveriam ser poluentes, mas sim preservar a diversidade na natureza e na cultura, garantindo também, às gerações futuras, a satisfação de suas necessidades. Estruturada em quatro elementos principais, a produção limpa tem: (i) enfoque precautório, o qual aponta que os problemas ambientais são consequentes da forma e do ritmo com que consumimos (consumo sustentável, item 2.2.2); (ii) enfoque preventivo, enfatizando que os danos ambientais devem ser evitados na fonte, ao invés de controlados posteriormente (desenvolvimento de tecnologias ambientais, item 2.2.4); (iii) participação de trabalhadores e comunidade, através de informação sobre políticas de gestão ambiental das

empresas e características de seus produtos; e (iv) abordagem integrada para o uso de recursos ambientais (THORPE, 1999).

O ritmo de consumo e a busca pelo uso responsável dos recursos naturais estão relacionados à necessidade de descarte correto dos produtos, para que não se tornem dejetos e voltem para o ciclo produtivo. Segundo Guimarães (2009a), em seu modelo conceitual de Design Sociotécnico, os recursos não devem morrer, mas reencarnar em sua forma original ou de maneira diferente, e isto deve ser pensado em termos de produção, de uso e de logística. Quanto mais reencarnações, mais ‘verde’ será o produto (GUIMARÃES, 2009a).

Para fechar o ciclo, é preciso colocar em prática abordagens em todos os níveis (ver item 3.1), desde dentro da fábrica, até entre setores produtivos e na organização das cadeias de produção. Esta transformação pode ser impulsionada por políticas públicas e legislações (item 2.2.3), que incentivem a seleção dos resíduos sólidos, a produção de bens recicláveis e a atribuição, aos produtores, de responsabilidade pelo destino de seus produtos, após o uso – EPR. Esta atribuição de responsabilidade implica no planejamento do retorno do produto após o uso, ou seja, da logística reversa e no conceito de cadeia verde. No caso da Logística Reversa, esta envolve todas as operações relacionadas à reutilização de produtos e materiais, englobando as atividades logísticas de coletar, desmontar e reprocessar produtos, materiais e peças usados, a fim de assegurar uma recuperação sustentável (DAHER, FONSECA *et al.*, 2003). Para a coordenação eficiente entre os processos de manufatura e remanufatura, é necessário a análise acurada de informações, como tempo de uso e qualidade dos produtos devolvidos, particularmente quando a taxa de retorno não é alta (KETZENBERG, 2009)

Segundo Vachon e Klassen (2006), a Cadeia Verde é definida como a interação entre as organizações, dentro da cadeia de produção, com relação à prevenção da poluição na fonte, o que pode ocorrer à montante, em negociações com fornecedores, e à jusante, no contato com os consumidores. Esse tipo de interação colabora para resultados significativos de melhoria de desempenho ambiental e de produção, ao longo da cadeia (VACHON e KLASSEN, 2006). Porém a estrutura da cadeia de suprimentos verde é bastante complexa como exemplificado na representação gráfica do sistema de ciclo fechado de desenvolvimento de produtos e reciclagem elaborado para a empresa Ricoh, mostrado na Figura 16.

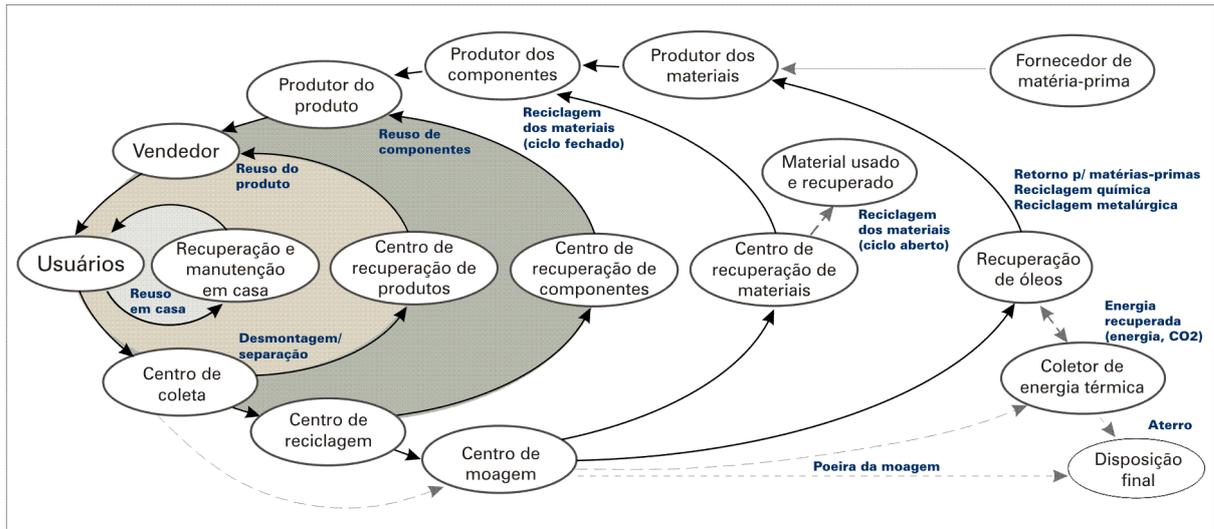


Figura 16 - Representação gráfica do sistema de ciclo fechado de desenvolvimento de produtos e reciclagem (Adaptado de Ricoh, Co. (TAKATA, KIRNURA *et al.*, 2004))

Na Figura 16, estão representados vários ciclos possíveis de reaproveitamento. Atualmente, o maior número de aplicações de ciclo fechado está no reaproveitamento por meio da reciclagem de materiais e a geração de energia. No entanto, argumenta-se que para alcançar benefícios ambientais reais em termos de redução de impacto, os ciclos mais adequados seriam os de reuso (destacados em cores na figura).

Na busca da análise do impacto ambiental de uma cadeia produtiva, destaca-se a ferramenta de Análise do Ciclo de Vida de produtos (ACV) – *Life Cycle Assessment*, a qual objetiva levantar dados sobre todo o impacto ambiental de um produto ou serviço, de seu berço até seu túmulo, ou seja, do início da extração de matérias-primas até o descarte final (AYRES, 1996). Segundo a UNEP (2004), a ACV é um processo usado para analisar as escolhas econômicas e ambientais de um produto ou tecnologia. Esta ferramenta possibilita quantificar o impacto ambiental, fundamentando a comparação objetiva entre insumos e processos de transformação, auxiliando a identificar pontos críticos ao longo da cadeia. A metodologia consiste em quatro estágios: (i) definição de objetivos e escopo, determinando os limites do estudo, (ii) coleta de dados, análise do inventário e cálculo do impacto ambiental, associado às unidades funcionais, em cada estágio do ciclo de vida; (iii) avaliação do impacto na saúde humana, resultado das emissões no âmbito regional e global e (iv) interpretação dos resultados e comunicação aos interessados (US EPA, 2006). Os resultados das análises realizadas em softwares específicos (como GaBi) podem ser agrupados em diferentes áreas, como mudanças climáticas, utilização e escassez de recursos, saúde humana e toxicidade, poluição do ar, entre outras (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008)

No entanto, é importante ressaltar que comparações são possíveis somente para produtos e processos que tenham o mesmo fim, ou que estejam dentro de um mesmo contexto, pois os dados que fundamentam um estudo de ACV podem diferir, conforme a localização geográfica e o cenário sócio político. Assim, cada país deveria formular sua própria base de dados.

Menos abrangente que a análise da cadeia, mas igualmente importante, é a investigação de melhorias de processos específicos. Entre as estratégias ambientalistas mais focadas está a Produção Mais Limpa (P+L), definida como a aplicação contínua e integrada de estratégias preventivas em processos, produtos e serviços, para aumentar a ecoeficiência e reduzir riscos para os seres humanos e o meio ambiente (GUNNINGHAM e SINCLAIR, 1997). A ecoeficiência está relacionada ao conceito dos 3R – Redução, Reuso e Reciclagem – para alcançar melhorias em relação ao impacto ambiental de processos e produtos. A prática da P+L está relacionada à identificação e solução de problemas específicos no processo produtivo que levem à minimização ou reutilização de resíduos e emissões (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). Por meio da prática da P+L, pode-se economizar matéria-prima e energia, assim como reduzir ou eliminar materiais tóxicos (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). Apesar de apresentar grandes possibilidades de aumento da competitividade, por meio de economia de energia e matérias-primas, diminuição de despesas com armazenagem de resíduos, economia em controle de poluição e ainda ganhos em saúde, segurança e motivação dos trabalhadores, a aplicação da P+L enfrenta barreiras.

Entre estas barreiras estão a falta de informação sobre tecnologias alternativas, que sejam mais limpas, ou sobre as prioridades competitivas da empresa, principalmente em relação a pressões de curto prazo, ou mesmo falhas nas legislações existentes (GUNNINGHAM e SINCLAIR, 1997). Cabe salientar que o significado de P+L difere do conceito de produção limpa. Produção mais Limpa, como o próprio termo indica, refere-se a melhorias aplicadas em processos produtivos, os quais se tornam mais limpos que os existentes anteriormente, através da comparação entre duas ou mais formas de produção. Enquanto, produção limpa é uma meta a ser alcançada pelo sistema de produção, no qual exista transparência nas iniciativas das empresas, aliada à participação de seus consumidores para ações preventivas ao impacto ambiental (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). Contudo, para agir sobre pontos críticos de impacto ambiental, é preciso decisões de projeto, orientadas à redução e/ou reciclagem de recursos, para as quais a ACV serve de fonte de informações.

Entre as ferramentas que relacionam a atividade de projeto de produtos e a preocupação ambiental, uma das mais antigas é o *Design for Environment* (DfE) ou projeto para o meio ambiente, que é uma das várias modalidades de *Design for X abilities*, dos quais o mais antigo é o *Design for Manufacture* (DfM) ou Projeto para Produção, surgido na década de 1980. O DfE busca antecipar a análise dos impactos ambientais negativos no desenvolvimento de produtos e processos, trabalhando segundo parâmetros de engenharia de manufatura (GUIMARÃES, 2009b). Para isto, trata de atributos como reciclagem, desmontagem, manutenção, facilidade de conserto ou renovação e reuso, como objetivos de projeto e não restrições (ASHLEY, 1993). O DfA, *Design for Assembly* ou projeto para montagem, e principalmente o DfD, *Design for Disassembly* ou projeto para desmontagem, também são exemplos de projetos que têm metas específicas e auxiliam o DfE.

A desmontagem é o processo sistemático de remover os subconjuntos de partes e componentes de um determinado produto, de forma destrutiva (com objetivo de reciclagem) ou não-destrutiva (com objetivo de reuso ou remanufatura), sendo o último e mais importante processo, antes das operações de reaproveitamento, as quais adicionam valor ao produto descartado. A desmontagem é definida por questões de geometria dos componentes e condicionantes de montagem, bem como os requisitos dos usuários (XANTHOPOULOS e IAKOVOU, 2009) e a facilidade de desmontagem é avaliada principalmente pelo tempo consumido nesta tarefa. A desmontagem deve envolver tanto os aspectos financeiros, quanto os ambientais, e entre eles estão custo do processo de desmontagem, custos dos benefícios do reuso e da reciclagem, em relação ao custo de descarte, além do impacto ambiental de todo o reaproveitamento (HARJULA, RAPOZA *et al.*, 1996).

Outra ferramenta relacionada ao projeto, e uma das mais comentadas, é o ecodesign, proposto pela UNEP (*United Nations Environment Programme*), e descrito na norma ISO TR 14062. O ecodesign busca orientar as decisões dos projetistas no sentido de escolhas que tenham menos impacto ambiental, e para isto, analisa toda a cadeia de produção, uso e descarte, contando muitas vezes com o auxílio da ferramenta de ACV (WIMMER, ZÜST *et al.*, 2004; GUIMARÃES, 2006).

O ecodesign apresenta, como forma de analisar uma solução ou guiar propostas de projeto, a “teia de estratégias”, proposta pela UNEP em 1996, cujos princípios estão descritos na Tabela 1. Nesta teia, as estratégias são dispostas na forma de radiais de círculos concêntricos, que representam o nível de avaliação que a solução atinge (GUIMARÃES,

2006; NASCIMENTO e VENZKE, 2006). O ecodesign tem objetivo de reduzir o impacto ambiental, em todo o ciclo de vida do produto, principalmente na sua utilização, porque, como aponta Guimarães (2006), as oito estratégias descritas na Tabela 1 referenciam três questões básicas: há preocupação com o usuário interno, saúde e segurança na fábrica? Há preocupação com o usuário externo, saúde e segurança no uso? Há preocupação com o ambiente geral?

Tabela 1 – Princípios do Ecodesign (U.N.E.P, 1996)

1.	Desmaterialização do produto, uso compartilhado do produto e/ou integração de funções.
2.	Adoção de materiais não agressivos, renováveis, recicláveis, reciclados e/ou de baixo conteúdo energético.
3.	Redução de peso, volume e racionalização de transportes.
4.	Adoção de técnicas de produção alternativas, redução de etapas de processo de produção e do consumo, uso racional de energia com energias mais limpas, redução da geração de refugos/resíduos e uso racional de insumos de produção.
5.	Redução e utilização racional de embalagens e uso de sistemas de transporte eficientes, com logística eficiente.
6.	Uso de fontes de energias mais limpas; uso racional e redução de insumos durante a aplicação, utilização de insumos limpos e prevenção de desperdícios, através do design.
7.	Garantia de confiabilidade e durabilidade, facilidade de manutenção e reparo.
8.	Planejamento da reutilização do produto; condicionamento e remanufatura, incineração limpa e reaproveitamento energético.

Outra abordagem bastante semelhante é o *Green Design*, proposto pela OTA (1992), o qual enfatiza ações em dois objetivos gerais: a prevenção de dejetos e a melhor gestão de materiais. Esta abordagem envolve a aplicação do ecodesign e do DfE, que utilizam técnicas de análise, como a ACV, e técnicas de melhorias, como o EcoQFD ou QFDE, *Quality Function Deployment for Environment* (WIMMER, ZÜST *et al.*, 2004; GUIMARÃES, 2008; 2009b). Estas técnicas tratam da contribuição e do poder das decisões de projeto, para alcançar mudanças rumo à sustentabilidade de processos produtivos, especialmente abordados no DfE; e de produtos, enfatizados principalmente no ecodesign.

Dentro da mesma lógica pode-se citar os doze princípios da engenharia verde ou *green engineering* (McDONOUGH, BRAUNGART *et al.*, 2003), apresentados na Tabela 2. Muitos dos princípios da engenharia verde são semelhantes a alguns princípios do DfE ou aos utilizados no ecodesign.

Quando se observa estas abordagens de projeto questiona-se: porque elas ainda não surtiram resultados mais significativos na estrutura de produção e consumo? Uma das possíveis razões é que, enquanto a aplicação de programas de DfE e Ecodesign nas empresas direcionam-se para o redesenho e otimização de produtos existentes, para aumentar a competitividade, por meio da qualidade ambiental, o que deveria ocorrer seria a busca da

mudança do conceito do produto, ao longo de todo o desenvolvimento, abrangendo os processos produtivos, a cadeia e as relações entre setores, no sentido de promover ciclos tecnológicos mais amplos. Esta diferença está relacionada à orientação à eco inovação, apontada como um passo à frente do ecodesign, por buscar atender as necessidades dos usuários, através de novos conceitos, pensados desde as fases iniciais de desenvolvimento de produtos, como planejamento estratégico (GUIMARÃES, 2009b).

Tabela 2 – Princípios da Engenharia Verde, adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005)

1.	Projetistas precisam assegurar, tanto quanto possível, que todo o material e energia utilizados ou produzidos não gerem riscos ambientais.
2.	É melhor prevenir resíduos, que tratá-los ou limpá-los, depois de serem gerados;
3.	Operações de separação e purificação devem ser planejadas minimizando o consumo de energia e o uso de materiais.
4.	Produtos, processos e sistemas devem ser planejados para maximizar a eficiência no uso de materiais, energia, espaço e tempo.
5.	Produtos, processos e sistemas devem focar mais no resultado (<i>output</i>) desejado, e não apenas no insumo (<i>input</i>), no que diz respeito ao uso de energia e materiais.
6.	A complexidade do projeto deve ser vista como um investimento, quando diz respeito a decisões sobre opções de reciclagem, reutilização ou descarte benéfico.
7.	Meta de durabilidade, mas não de imortalidade, deve ser um objetivo de projeto.
8.	Projetar soluções com atributos ou capacidades desnecessários deve ser considerado uma falha de projeto.
9.	Diversidade de materiais em produtos com multicomponentes deve ser minimizada, para promover fácil desmontagem e retenção de valor.
10.	O projeto de produtos, processos e sistemas deve incluir integração e interconexão, em relação à avaliação de fluxos de energia e materiais.
11.	Produtos, processos e sistemas devem ser projetados visando o desempenho também no término de seu ciclo de vida útil, <i>afterlife</i>
12.	Insumos de materiais e energia devem ser renováveis e não exauríveis

Junto aos princípios de Engenharia Verde, DfE e Ecodesign existem os princípios da Química Verde (Graedel e Howard-Grenville (2005), listados na Tabela 3. O termo Química verde foi cunhado na década de 1990 pela agência americana EPA, e descreve atualmente o movimento pelo desenvolvimento de processos e produtos ambientalmente aceitáveis. Para isto busca envolver educação, pesquisa e aplicação comercial ao longo de toda a cadeia de suprimentos da indústria química (CLARK, 2005). Segundo Sheldon (2000) a Química Verde abrange dois principais componentes, um diz respeito à utilização eficiente de matérias-primas e a eliminação de resíduos, outro envolve a saúde e a segurança da produção química. Alguns autores ainda fazem a diferenciação entre química verde, química sustentável e química ambiental (BÖSCHEN, LENOIR et al., 2003). Química verde (*Green Chemistry*) objetiva o desenvolvimento desde o início de processos e produtos ambientalmente benéficos, enquanto, a Química Sustentável (*Sustainable Chemistry*) é definida como a pesquisa que

objetiva otimizar produtos e processos químicos a respeito do consumo de energia e materiais, segurança, toxicidade. Já a Química Ambiental (*Environmental Chemistry*) é encarada como um conceito mais amplo que se refere ao campo multidisciplinar que analisa as substâncias e processos químicos em diferentes ambientes, envolvendo disciplinas como hidrologia, ciência dos solos, química, física, etc. Contudo, é importante observar que existe o movimento no sentido de buscar soluções ambientalmente amigáveis em produtos e processos químicos.

Mesmo com suas especificidades, há muitas semelhanças entre os enunciados da Engenharia e da Química Verde, como a atenção à toxicidade, ao reconhecimento da prevenção da poluição como melhor conduta que o tratamento posterior, à busca da eficiência energética, à preocupação com o final do ciclo de vida do produto, além do reconhecimento que matérias-primas devem ser renováveis e não exauríveis.

Tabela 3 – Princípios da Química Verde, adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005)

1.	Sempre que possível, a produção de sintéticos deve ser projetada para usar e gerar substâncias que possuam pequena ou nenhuma toxicidade à saúde humana e meio ambiente.
2.	É melhor prevenir resíduos, que tratá-los ou limpá-los, depois de serem gerados.
3.	A produção de produtos sintéticos deve ser projetada para maximizar a incorporação, ao produto final, de todos os materiais utilizados no processo.
4.	Produtos químicos devem ser formulados para preservar a eficácia da sua função, ao mesmo tempo em que reduzam a toxicidade.
5.	A utilização de substâncias auxiliares (ex. solventes) deve ser evitada, sempre que possível, e inócuos, quando utilizados.
6.	A demanda de energia deve ser adequada ao impacto ambiental e econômico e deve ser minimizada. A produção de sintéticos deve ser conduzida à temperatura e pressão ambiente.
7.	Produtos químicos devem ser formulados para que, ao final de sua função, não continuem no meio ambiente, mas sejam decompostos em elementos inócuos.
8.	Substâncias e compostos utilizados nos processos químicos devem ser escolhidos para minimizar o potencial de acidentes químicos, incluindo emissões, explosões e incêndios.
9.	Matérias-primas devem ser renováveis, ao invés de exauríveis, sempre que viável técnica e economicamente.

Na busca de produtos com menos impacto ambiental, além dos princípios da Química Verde, deve-se investigar, sempre que possível, a substituição de processos químicos por processos mecânicos ou biológicos, como a utilização de microrganismos. Com relação a solventes e produtos químicos perigosos que são, muitas vezes, considerados de suma importância, deve-se buscar alternativas com menor toxicidade e risco.

Outra ferramenta bastante específica de avaliação ambiental é o balanço de massa, que está baseado na lei da conservação de massa – um dos dois princípios fundamentais da química – ou seja, em toda a reação química a quantidade de massa que existe antes e depois da reação é a mesma (OXTOBY, GILLIS *et al.*, 1999). O primeiro passo nesta análise é a

definição de um limite ou processo de transformação específico a ser avaliado. Segundo este conceito, busca-se, então, seguir o fluxo dos materiais ou elementos químicos dentro do processo, sabendo que, para cada substância que entra, três situações são possíveis: pode sair do processo não modificada, pode permanecer acumulada dentro do processo, ou pode ser transformada em outra substância (MASTERS, 1997), como é representado na Figura 17.

Outro ponto importante é que, reduzindo a massa do produto, reduz-se seu impacto ambiental. Isto ocorre no final de sua vida útil, onde um produto com menos massa gera menos resíduo, e também um produto com menos volume de material traz menor montante de matéria-prima, que foi gerada com menos quantidade de emissões, etc.

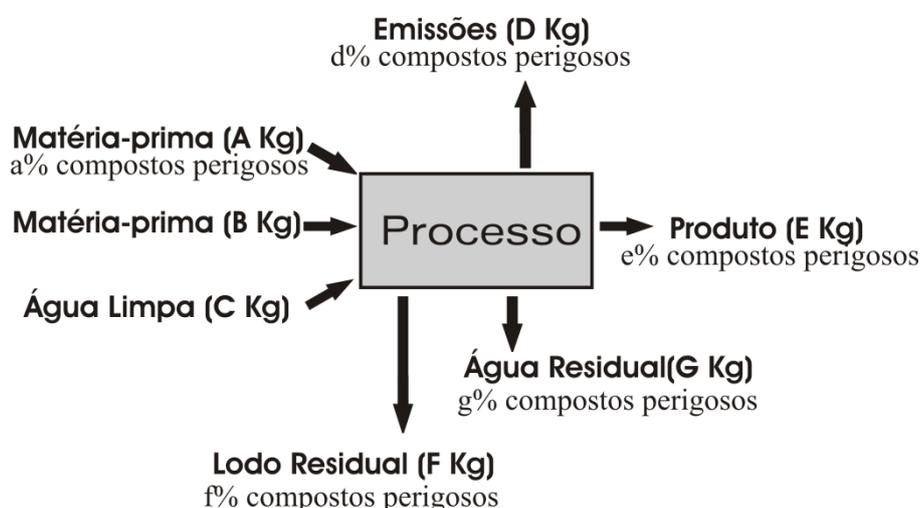


Figura 17 – Análise centrada no fluxo de materiais - adaptado de Graedel e Howard-Grenville (2005)

A correlação entre todos os conceitos apresentados acima⁸ (partindo-se de uma análise holística, até a investigação de um processo específico, passando pelo estudo da cadeia produtiva), pode ser facilmente percebida, a diferença estando na escala de abrangência dos objetivos de cada abordagem e/ou ferramenta. Por isto, a compreensão específica destes conceitos é importante e permite contextualizar as abordagens, de forma a servir de fundamento teórico em estudos que tenham, por meta, a produção industrial em consonância com o meio ambiente, como no caso desta pesquisa. Assim, fechar o ciclo de produção/consumo implica em projetar usando o princípio do metabolismo, que existe no ambiente natural, e cuja aplicação será detalhada a seguir.

⁸ Um quadro com o resumo dos conceitos apresentados é descrito no Anexo A, item A.2

3.2.1 Metabolismo dentro da Cadeia Produtiva

Na biologia, *metabolismo* é o conjunto de reações que convertem matérias-primas, obtidas do meio ambiente, em proteínas e outros compostos, dentro dos organismos vivos, e se refere a um complexo processo autorregulado que os organismos buscam manter em diversos ambientes (FISCHER-KOWALSKI, 1998). Segundo Fischer-Kowalski (1998), o metabolismo, gradualmente, tomou a forma de um conceito interdisciplinar e um dos mais importantes nas análises empíricas sobre a interação sociedade-natureza.

Na área das ciências sociais, os primeiros autores que utilizaram o termo metabolismo foram Marx e Engels, os quais se referiam às relações de troca entre seres humanos e meio ambiente, e à mútua interdependência. No século XIX, outros autores fizeram uso da expressão ‘metabolismo social’, como Herbert Spencer que, em 1862, argumentou que o progresso das sociedades era baseado num saldo positivo de energia, que primeiro permitia o crescimento e a diferenciação e depois as atividades sociais, além das necessidades básicas. O químico Wilhelm Ostwald, em 1909, argumentava que minimizar a perda de energia deveria ser o objetivo, em todo o desenvolvimento cultural. Este autor já destacava as limitações dos combustíveis fósseis. Acreditava que a única energia durável e econômica seria a solar, e avisava que cada sociedade deveria estar atenta sobre o ‘imperativo energético’, ou seja, “*não desperdice energia, use-a*” (FISCHER-KOWALSKI, 1998).

A compreensão da sociedade e do processo produtivo, em uma escala macro, é devida ao economista Patrick Geddes que, em 1885, numa palestra na *Royal Society of Edinburgh*, demonstrou a questão de insumos/produtos em uma tabela que listava as fontes de energia e materiais que eram transformados em produtos em três estágios: (i) extração, (ii) manufatura, (iii) transporte e venda. Entre estes estágios, ocorriam perdas comprovadas pelo fato de que o produto final era surpreendentemente pequeno, em proporção ao montante de todos os insumos (FISCHER-KOWALSKI, 1998). A primeira análise de fluxo de materiais, em macro escala, foi realizada por Robert U. Ayres e Allen V. Kneese e publicada em 1969, apontando que a economia estava fortemente baseada em bens ambientalmente valiosos, como ar e água, e que estes bens estavam se tornando escassos nos países desenvolvidos (AYRES e KNEESE, 1969). Como estes autores, vários outros usaram o termo metabolismo, para ilustrar a relação humano-meio ambiente, até 1960, quando sua aplicação ligou-se às sociedades industriais (WOLMAN, 1965 *apud* (FISCHER-KOWALSKI, 1998)), por exemplo, afirmou que “*os requisitos metabólicos de uma cidade poderiam ser definidos como materiais e commodities*

necessários para sustentar seus habitantes, em casa, no trabalho, e no lazer (...). O ciclo metabólico não está completo até que os dejetos e resíduos do dia-a-dia sejam removidos e dispostos, com o mínimo de dano ou risco". O termo metabolismo industrial, contudo, foi cunhado por Ayres e Simonis (1994).

Outra apropriação deste conceito, fora da biologia, foi o movimento arquitetônico chamado Metabolismo em Arquitetura, surgido no Japão no período de preparação para a *World Design Conference*, em 1960. De acordo com a declaração deste movimento:

"A razão pela qual usamos a palavra metabolismo é por acreditarmos que projeto e tecnologia devem denotar a vitalidade humana. (...) Primeiro, metabolismo reflete nosso sentimento de que a humanidade deve considerar-se como uma parte do todo natural, que segue continuamente e inclui todos os animais e plantas. Segundo, metabolismo expressa nossa crença de que tecnologia é uma extensão da humanidade. Esta crença contrasta com o pensamento ocidental de que modernização é a repetição do conflito entre tecnologia e humanidade".

(Kisho Kurokawa, 1977, pg. 27)

Segundo a noção da cidade, como um organismo que mudava em variadas velocidades, o arquiteto Kurokawa faz a comparação de edifícios e cidades com fluxos de energia, encontrados em todas as formas de vida. Esta ideia contém elementos da filosofia budista, que postula a infinita transformação e a crença da permanente reencarnação. O movimento Metabolismo questionava: por que não pensar edificações segundo ciclos de transformação? Apoiado em elementos da arquitetura tradicional japonesa, como a modulação, as edificações projetadas dentro destes princípios seguiam a estratégia de encapsulamento e pré-fabricação, para proporcionar mobilidade e facilitar a substituição ou transferência das edificações, parte delas ou mesmo espaços abertos (KUROKAWA, 1977).

Assim, no presente estudo, metabolismo é o processo para o qual é necessário certo material de insumo vindo do ambiente, e que retorna para o ambiente de forma diferente, entendido em outras áreas além das ciências naturais (teoria social, antropologia cultural, geografia social, arquitetura, engenharia de produção e design).

Segundo McDonough e Braungart (2002), para tentar eliminar o conceito de resíduo, os produtos e seus componentes deveriam ser criados para, ao final de seu uso, ter condições

de voltarem à natureza – não como poluentes, mas como nutrientes biológicos – ou de serem reutilizados como nutrientes tecnológicos, recuperando em parte o valor de seus componentes (M.B.D.C., 2007). Portanto, deve ser previsto o metabolismo tecnológico ou o biológico, como ilustra a Figura 18. O ciclo tecnológico diz respeito ao reuso, remanufatura e, como última opção, a reciclagem. Afinal, a reciclagem da grande maioria dos materiais atuais não pode ser realizada tantas vezes quanto se queira, devido ao desgaste das propriedades originais dos materiais (HUBER, 2004).

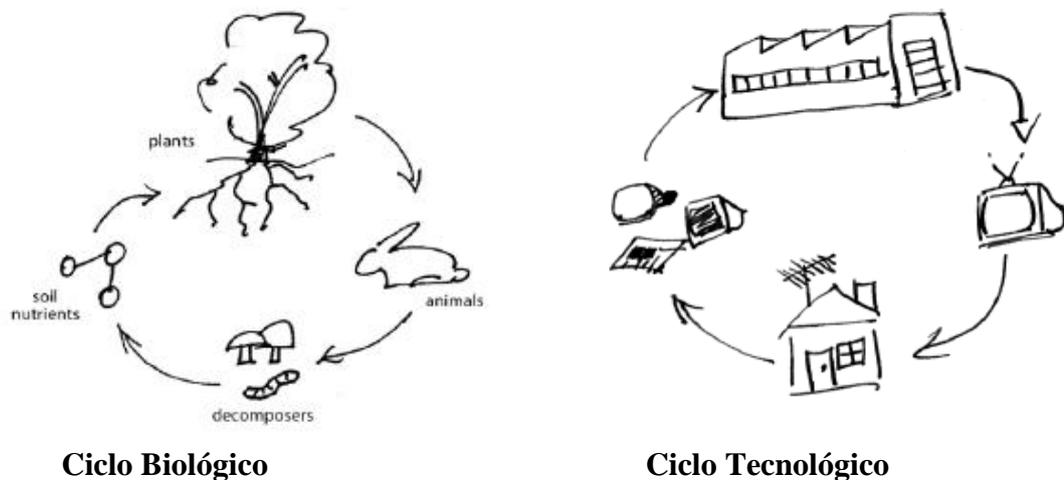


Figura 18 – Ciclo de Nutrientes Biológicos e Tecnológicos, segundo MBDC (2007)

Projetar para que os dois metabolismos ocorram, exige um esforço maior na definição da logística reversa, ou seja, como o produto retornará ao fabricante, envolvendo também a desmontagem e o reuso de componentes. Este retorno diz respeito, principalmente, às abordagens que remetem à organização da cadeia produtiva específica ou de um setor. Pensar a forma de retorno de produtos e o metabolismo tecnológico deve também envolver a negociação com fornecedores e a adoção de iniciativas, que caracterizem uma relação em prol do meio ambiente, entre os parceiros da cadeia de suprimento, alcançado na gestão sustentável da cadeia de suprimentos - *green supply chain management* (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008)

Neste contexto, quanto maior a complexidade do produto e da cadeia produtiva, mais difícil pode se tornar a implementação do metabolismo tecnológico. Cabe ressaltar que a atual realidade da globalização da produção, descrita por Friedman (2007), contribui para a diminuição do controle sobre a cadeia produtiva e apresenta um desafio adicional neste aspecto. Este fato será abordado no item 5.1, especificamente sobre a cadeia calçadista.

Somado ao metabolismo, o termo *consistência metabólica* se refere à forma com que o metabolismo industrial pode ser reincorporado ao metabolismo natural, através da introdução de um novo sistema tecnológico, ou de regimes e práticas que mudem estruturas tecnológicas ou propriedades metabólicas de produtos e processos. Relaciona-se mais às questões qualitativas, que quantitativas. Assim, por exemplo, o conceito de eficiência está relacionado ao volume de energia consumido, enquanto o conceito de consistência considera que ela deve ser limpa e renovável. Desta forma, ressalta-se a importância do incentivo às inovações tecnológicas ambientais (HUBER, 2008b).

3.2.2 Ecoeficiência e Ecoeficácia de Produtos e Processos

Segundo Krieger et. al. (2006), ecoeficiência se refere ao “*modelo de produção de bens e serviços, baseado nos princípios de máxima utilização de matérias-primas, água e energia. A produção ecoeficiente sustenta-se sobre sete elementos básicos: redução da intensidade de material utilizado; redução da intensidade de energia utilizada nos bens e serviços, redução da dispersão de qualquer material tóxico, apoio à reciclagem; maximização do uso sustentável dos recursos naturais, extensão da durabilidade dos produtos e aumento do nível de bens e serviços*”.

O primeiro aspecto a ser observado sobre a eficiência direcionada a questões ambientais é que os ganhos, por unidade, gerados com melhorias incrementais, são parte da curva de aprendizagem natural do sistema, que ocorrerão de qualquer forma e não necessariamente produzirão economia absoluta de recursos e energia. Outro ponto salientado é que ganhos em eficiência ocorrem, geralmente, no período de crescimento do sistema tecnológico, em termos de seu ciclo de vida de marketing. Assim, quando se atinge a maturidade do produto, pôr em prática melhorias torna-se cada vez mais difícil (HUBER, 2004).

Ser ecoeficiente também pode significar ser apenas menos poluente - menos danoso - ou atingir os índices estipulados pela legislação reguladora. Por exemplo, tradicionalmente, a engenharia de produção avalia diversas métricas de eficiência que podem ser relacionadas a objetivos ambientais, tais como: a taxa de defeitos (Defect rate - q) e uso de material. Elas objetivam evitar o desperdício de recursos, no entanto, podem ser empregadas em processos altamente nocivos à saúde ambiental.

Ao invés disto, a ecoeficácia significa trabalhar nas coisas certas, em produtos e sistemas de serviços corretos, ao invés de amenizar coisas erradas (McDONOUGH e BRAUNGART, 2002). Como comenta Huber (2004), se os combustíveis fósseis são considerados os principais responsáveis pelas causas antropogênicas das mudanças climáticas faz pouco sentido aumentar a eficiência de tecnologias que queimam combustíveis fósseis. É o caso de concentrar investimentos e esforços em inovações em energias limpas (HUBER, 2004).

Este conceito se refere, além das implicações ambientais, também ao impacto social das práticas produtivas e comerciais. Ter ecoeficácia significa aliar comércio e bem comum ou atender às questões econômicas, ambientais e sociais (McDONOUGH e BRAUNGART, 2002). Pelo conceito de ecoeficácia, propõe-se a avaliação das decisões de projeto e desenvolvimento de produtos por meio da tríade Ecologia, Economia, e Equidade. O desejável é a busca do equilíbrio entre os três.

Esta questão pode ser relacionada à diferença entre produto verde e produto sustentável. Produtos verdes serão considerados os produtos que contém alguma melhoria em relação ao seu equivalente tradicional, não significando que eles sejam absolutamente corretos dentro do conceito amplo de sustentabilidade (JACQUES, AGOGINO *et al.*, 2010).

A busca por processos e produtos que realmente apresentem uma diferença significativa em termos de sustentabilidade passa também pelo questionamento sobre o tipo de *looping* alcançado em determinadas cadeias, como foi mencionado no item 3.2 a respeito da Figura 16. Porque considerando de forma ampla o uso correto dos recursos naturais, principalmente a energia consumida ao longo da cadeia, o retorno ao ciclo deveria ser fechado nos processos de manufatura e montagem e não nos processamento primário de materiais, como ocorre atualmente nos exemplos mais frequentes de recuperação e reciclagem (papel, latas de alumínio, PET, etc.).

Contribuindo para desfazer a ideia tradicional de antagonismo entre a dimensão ambiental e a econômica, a utilização de recursos de forma responsável e a aplicação do conceito berço ao berço, ao projeto do ambiente produtivo, vêm obtendo benefícios econômicos, como menor consumo de energia e materiais. Além disto, também são alcançados ganhos qualitativos de produção, com o aumento da satisfação dos trabalhadores, que passam a usufruir de ambientes mais salutar (HARTKOPF e LOFTNESS, 1999;

McDONOUGH, BRAUNGART *et al.*, 2003; SEGARS, BRADFIELD *et al.*, 2003), cumprindo a intenção de alcançar ganhos nas três áreas: ecologia, igualdade e economia.

3.3 Principais áreas de atuação dentro do conceito Berço ao Berço

Como foi visto no Capítulo 2, analisar a sustentabilidade de uma forma abrangente não é uma tarefa fácil e contempla um grande número de variáveis. Um único indicador de sustentabilidade parece não existir, devido à variedade de fatos, valores e incertezas em qualquer debate sobre desenvolvimento sustentável (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006). Uma das diferenças marcantes entre as abordagens ambientalistas é que as mais abrangentes estão no nível conceitual, representando princípios e diretrizes de como cadeias produtivas, organizações e fábricas deveriam ser estruturadas. Por outro lado, as abordagens menos abrangentes agrupam as ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas em nível operacional. Desta forma, o conceito berço ao berço é neste estudo considerado uma meta, e pode ser usado como uma estratégia de pensamento ao analisar a situação de um produto, empresa ou cadeia produtiva.

A certificação berço ao berço.- *Cradle to Cradle (C2C)* foi estabelecida pela empresa americana MBDC (*McDonough Braungart Design and Chemistry*), fundada pelos autores do livro com o mesmo nome, e trabalha desde 1995, em estudos de avaliação científica e projeto de materiais. Estes estudos e a abordagem da certificação C2C têm como objetivo o reprojeto do sistema industrial. E este é seu diferencial perante as demais certificações (STEFFEN, 2006). Com base na convicção de que ciência e design podem fazer com que a indústria vá além das preocupações com “sustentabilidade” nos moldes tradicionais (que, segundo os autores, se reduzem a limitar a destruição, mantendo os níveis atuais de desempenho) e alcance a ecoeficácia, onde crescimento é visto como algo favorável ambientalmente, quando reflete o processo regenerativo que se observa na natureza (M.B.D.C., 2007). Assim, embora o conceito berço ao berço, seja bastante abrangente, como foi visto nos itens anteriores, a certificação C2C pode ser encarada como uma ferramenta de análise de produtos e componentes, com objetivo de indicar pontos a serem trabalhados.

Neste trabalho, foi adotada a estrutura das cinco grandes áreas previstas na certificação C2C, cujos formulários constam no Anexo B: (1) materiais, (2) reutilização de materiais, (3) energia, (4) água e (5) responsabilidade social.

Na estrutura proposta pela MBDC, há duas formas de certificação paralelas: (i) produtos em si, e (ii) produtos como nutrientes biológicos ou tecnológicos, seguindo os ciclos berço ao berço. Isso pode ser aplicado para materiais, componentes e produtos finais. A certificação apresenta três níveis, conforme o alcance de metas em cada estágio, em ordem crescente de avanço: prata (1º nível), ouro (2º nível) e platina (3º nível).

Considera-se que a implementação da certificação é um dos possíveis caminhos para alcançar o conceito berço ao berço. Dentro de cada área, porém, existem muitas ferramentas específicas que não são contempladas, ou assuntos não discutidos na certificação berço ao berço. Por isto ressalta-se que, nos itens a seguir, além da descrição das definições e exigências da certificação C2C, também foram acrescentados conteúdos adicionais sobre as áreas citadas, os quais não são de autoria da MBDC. Assim, buscou-se fazer uma análise crítica dos formulários da certificação e montar um apanhado sobre o que existe de maior relevância na literatura, para construir o embasamento para a seleção das variáveis de avaliação do trabalho aplicado nesta pesquisa, as quais serão detalhadas no item 5.2.1.

3.3.1 Materiais

Para a área de materiais, a certificação C2C tem como foco principal a avaliação da toxicidade das substâncias que compõem as matérias-primas do produto. O primeiro passo desta avaliação envolve a identificação de todos os componentes e substâncias, a partir da proporção de 100 ppm (partes por milhão), e a caracterização destes, com base no impacto à saúde humana e ambiental. Portanto, a toxicidade é o primeiro ponto de análise. Para isto, na certificação C2C, é estabelecida uma escala de impacto, em que o componente é classificado, conforme descrito na Figura 19.

	Verde - A e B -	São aqueles que apresentam baixo ou nenhum risco associado. Sua utilização é aconselhada.
	Amarelo - C -	São as substâncias que apresentam risco de baixo a moderado. São aconselhados a menos que alternativas A e B estejam disponíveis.
	Vermelho - X -	Indica periculosidade e risco associado ao uso da substância. É aconselhada a substituição gradual da substância.
	Cinza	Quando os dados são incompletos e não permitem uma caracterização conclusiva.

Figura 19 - Classificação dos Materiais na Certificação C2C - adaptado de MBDC (2007)

Para a avaliação das substâncias, são estabelecidos critérios de saúde humana e saúde ambiental, descritos na Figura 20. Os critérios de saúde humana são subdivididos em prioritários e adicionais, sendo que as substâncias que não passam pelos prioritários, são classificadas automaticamente como ‘vermelhas’, passando a valer a recomendação dada a

esta classe. Já os critérios de saúde ambiental formam um único grupo. Além destes, são previstos os critérios dentro da classificação vermelha, para substâncias que, ao longo do ciclo de vida do produto, tendem a ser persistentes, bioacumulativas e tóxicas, tais como: (i) organo-halogênicos, substâncias ou materiais com presença de carbono-halogênio (cloretos, brometos ou fluoretos); e (ii) metais pesados, como antimônio, arsênico, cádmio, cromo, cobalto, mercúrio, níquel, entre outros.

Saúde Humana		Saúde Ambiental	
Critério	Descrição	Critério	Descrição
Prioritários			
Carcinogênicos	Potencial de causar câncer	Toxicidade em peixes	Medição da intensidade de toxicidade em peixes
Disfunção endócrina	Tem potencial de causar efeitos negativos no funcionamento hormonal e impacto no desenvolvimento	Toxicidade em <i>Daphnia</i>⁹	Medição da intensidade de toxicidade de soluções
Mutagênico	Potencial de alterar o DNA	Toxicidade em algas	Medição da intensidade de toxicidade em plantas aquáticas
Teratogênico	Potencial de causar malformações fetais	Persistência/ Biodegradação	Índice de degradação da substância no meio ambiente (ar, solo ou água)
Toxicidade Reprodutiva	Potencial de impactar negativamente o sistema reprodutivo	Bioacumulação	Potencial da substância em acumular-se em tecido adiposo e se maximizar, ao longo da cadeia alimentar
Adicionais		Relevância Climática	Medida do impacto que a substância tem no clima (alteração na camada de ozônio, aquecimento global).
Toxicidade Intensa	Potencial de causar risco, com pequena exposição	Outros	Características adicionais (toxicidade de organismos do solo, risco ao lençol freático) relevantes à avaliação, mas não incluída nos critérios anteriores
Toxicidade Crônica	Potencial de causar risco, com uso frequente, exposição em longo prazo		
Irritação na pele, mucosas e membranas	Potencial de irritar olhos, pele e sistema respiratório		
Sensibilização	Potencial de causar reações alérgicas, com exposição da pele e vias respiratórias		
Outros	Características adicionais (potencial de causar inflamações, potencial de penetração na pele) relevantes à avaliação, mas não incluída nos critérios anteriores		

Figura 20 - Critérios de Classificação de Substâncias na Certificação C2C - Adaptado de MBDC (2007)

Nas empresas em processo de certificação C2C, uma vez identificadas as substâncias problemáticas, se dá início à fase de eliminação através da elaboração de um plano com a devida previsão de prazos e orçamentos, cuja implementação deve ser alvo de avaliação

⁹ *Daphnia* (organismos invertebrados aquáticos): Micro-crustáceo utilizado como organismo-teste em alguns ensaios de toxicidade de efluentes.

anual, para julgar se foi alcançado progresso suficiente e se apresenta méritos para continuar certificado. Apenas no primeiro nível – Prata – o produto pode conter PVC ou estar fora dos padrões de emissões estabelecidos na certificação. O padrão de emissão de compostos orgânicos voláteis total é de TVOC < 0.5 mg/m³, e individuais VCOs < 0.1, do valor limite TLV (*threshold limit value*) ou MAK (*Maximal Admissible Concentration*).

Em relação aos compostos orgânicos voláteis (VCOs) não detectáveis, mas com suspeita de incidirem nos critérios da Figura 20, para efeitos de certificação, são desconsideradas apenas quantidades de abaixo 2 µg/m³.

No entanto, além da toxicidade dos materiais, neste estudo propõem que outras variáveis que não constam da certificação C2C devam ser consideradas na tomada de decisão, para alcançar um produto berço ao berço, como o nível de emissões na sua geração e ao longo de seu uso. Como foi comentado no item 2.1.3, o CO₂, por exemplo, não é um gás tóxico, mas o aumento de sua concentração tem trazido um impacto ambiental bastante negativo. O consumo de água para gerar determinada matéria-prima também está associado à escolha de material, bem como a contribuição de todo o meio ambiente, dentro do conceito de energia (introduzido no item 2.1.1). Ferramentas que auxiliam nesta análise mais ampla são a pegada ecológica (item 1.1) e a ACV (item 3.1), entre outras.

Devido à considerável complexidade que incide sobre a discussão a respeito da seleção de materiais, no trabalho prático desta pesquisa verificou-se quais são as estratégias ambientais que as empresas utilizam (ou se utilizam alguma estratégia) neste tipo de decisão.

3.3.2 Reutilização de materiais

Segundo Graedel e Klee (2002), é preciso usar métricas para o conceito de sustentabilidade. Estes autores propõem considerar como métrica a taxa com que são empregados os recursos naturais. Para isso, inicialmente (i) se estabelece o montante de material virgem que pode ser usado anualmente durante um período determinado (por exemplo, 50 anos, ou seja duas gerações) segundo as reservas estimadas, depois (ii) calcula-se o montante do material que pode ser usado anualmente por habitante, (iii) soma-se à quantidade de material reutilizado e por fim, compara-se ao consumo real (GRAEDEL e KLEE, 2002). O resultado deste cálculo vem confirmar que o consumo de muitos dos recursos naturais vem ocorrendo de forma insustentável e, assim, cresce a importância da reutilização de materiais para enfrentar esta realidade.

A análise da reutilização de materiais, segundo a MBDC (2007), envolve a definição do ciclo apropriado – biológico ou tecnológico – para o produto, e o desenvolvimento de um plano de logística reversa, com a definição do escopo, prazo e orçamento. Além disto, determina-se, para cada componente, os percentuais de conteúdo:

⊕ *Reciclado*: material reaproveitado vindo de um uso prévio, recuperado de outro sistema industrial antes do descarte ("pós-industrial") ou coletado após o uso de um determinado produto ("pós-consumidor"). É considerado somente se não contiver substâncias problemáticas, que tragam risco à saúde humana e ambiental.

⊕ *Rapidamente renovável*: refere-se ao material derivado de fontes biológicas (ex., plantas ou animais), que pode facilmente se regenerar em um curto período de tempo. Isto é, pode renascer ou ser replantado e crescer rapidamente, para substituir a quantidade utilizada na produção do produto.

⊕ *Reciclável*: material reciclável por processos mecânicos, químicos, ou outros meios, em escala comercial, experimental ou teoricamente.

⊕ *Compostável*: contém ingredientes reconhecidos como seguros para compostagem em sistemas públicos ou privados e, quando combinados com aditivos, não deixem de ser compostos seguros.

Para todos os tipos de materiais, o fornecedor ou produtor do material deverá prover informações sobre as propriedades ainda não conhecidas da empresa como, por exemplo, reciclabilidade e compostabilidade. Na sequência, para empresas que pretendam alcançar o nível mais avançado – Platina – deve-se definir se o produto será remanufaturado ou reciclado em um produto de igual ou maior valor. No sentido de estabelecer uma classificação quanto ao nível de reutilização dos materiais, é indicado um ‘escore de reutilização do componente’, calculado com base na fórmula abaixo, que representa a combinação de conteúdo reciclável/compostável e reciclado/renovado presente no produto.

$$\frac{\left(\begin{array}{l} \% \text{ do produto considerada} \\ \text{reciclável ou compostável} \end{array} \right) \times 3 + \left(\begin{array}{l} \% \text{ do produto que utiliza material reciclado} \\ \text{ou rapidamente renovável} \end{array} \right) \times 1}{4}$$

Como este escore deve seguir os critérios de saúde humana e ambiental, a reciclagem de PVC, por exemplo, não é considerada. Os estágios são definidos pelas seguintes faixas:

- ⊕ $\text{escore} \geq 50 = 1^\circ \text{ nível} - \text{prata}$
- ⊕ $\text{escore} \geq 70 = 2^\circ \text{ nível} - \text{ouro}$
- ⊕ $\text{escore} \geq 85 = 3^\circ \text{ nível} - \text{platina}$

Neste escore se valoriza mais as características que tornam o produto apto a seguir ou o metabolismo biológico (compostável) ou tecnológico (reutilizável, remanufaturável ou reciclável), que a proporção de material reciclado contida em seus componentes. Desta forma, pode-se afirmar que o escore privilegia mais as decisões sobre o fim da vida útil do produto projetado.

Porém, deve-se observar que o escore proposto na certificação C2C não avalia perda de propriedades na reciclagem, nem em quantos ciclos o material poderá ser reciclado, nem a proporção ou o destino do material que sobra no processo de manufatura.

Além disto, no contexto do metabolismo, é fundamental a análise da forma com que os materiais/componentes são misturados, anexados ou montados e estas questões não são discutidas na certificação. Esta é a avaliação contemplada no DfD (Design for Desassembly – Projeto para Desmontagem), neste caso, a complexidade e o tipo de desempenho esperado do produto terá papel importante no alcance das metas berço ao berço. Como demonstrado por Gam (2002), para uma peça de roupa composta de um tecido único, é possível considerar apenas o metabolismo biológico; desde que seja assegurada a não toxicidade das fibras (algodão orgânico) e dos corantes (corantes e fixadores naturais) o produto pode ser considerado berço ao berço. Contudo, as questões de consumo de água no algodão orgânico¹⁰, por exemplo, ainda necessitam ser mais bem tratadas, e é este tipo de questão que deve motivar projetistas a tentar entender todas as interfaces e o resultado de suas escolhas.

Contudo, como destacam Staikos e Ramihifard (2007b), a reutilização de materiais deve ser avaliada também segundo critérios econômicos, tais como:

(i) custo benefício de revenda: $(CB_{rev} = \frac{\Sigma B}{C_{coleta} + C_{trans} + C_{reparo}})$;

(ii) custo benefício de reciclagem: $(CB_{rec} = \frac{B_{peso} \times B_{valor}}{C_{coleta} + C_{trans} + C_{separação} + C_{moagem}})$;

¹⁰ Comentado em detalhe no Anexo E.

$$(iii) \quad \text{custo benefício da energia: } (CB_{ene} = \frac{B_{energia} \times \text{preço}}{C_{coleta} + C_{transporte}});$$

$$(iv) \quad \text{custo de disposição final: } (CB_{dis} = \frac{0}{C_{transporte} + (\text{Peso calçado} \times C_{aterro})})$$

A combinação destes critérios pode tornar a argumentação em favor da reutilização difícil ou mesmo inviável.

3.3.3 Água

Em relação à utilização dos recursos hídricos, a certificação C2C prevê a criação ou adoção de princípios de gestão de água e indica, como exemplos, as estruturas apresentadas nos sites do ‘*World Business Council for Sustainable Development – Water Principles*’, da ‘*Hannover Principles: Design for Sustainability – Water*’ e do ‘*Water Management Principles of the Ministry of Water, Land and Air Protection from the Government of British Columbia*’.

Tabela 4 – Princípios para considerar os recursos hídricos no projeto na certificação C2C, adaptado de McDonough (2000)

1.	Proteger fontes de água da contaminação e aumentar a eficiência do aproveitamento em cada etapa.
2.	O consumo de água potável deve ser utilizado somente para abastecer os seres vivos.
3.	Águas provenientes de aquíferos, chuvas, águas correntes, águas residuais e quaisquer águas utilizadas em transporte de efluentes ou processos produtivos devem ser consideradas dentro de um conceito cíclico.
4.	Águas residuais devem retornar ao ambiente de maneira benéfica. Para isto, tratamentos orgânicos devem ser considerados.
5.	Águas subterrâneas não devem ser contaminadas pela construção ou operação de fábricas.
6.	O projeto deve considerar as águas correntes e da chuva em usos que não exijam água potável (limpeza, descarga de sanitários, sistemas de climatização).
7.	O projeto deve minimizar a extensão de solo com cobertura impermeabilizada.
8.	Águas residuais devem ser tratadas para serem utilizadas em funções menos nobres, de acordo com suas características.
9.	Em qualquer organização, as águas utilizadas em processos devem ser colocadas em circulação, e substâncias tóxicas ou metais pesados devem ser minimizados. Todas as águas residuais devem estar dentro dos padrões de água potável.
10.	Água, quando utilizada para tratamento ou transporte de esgoto, deve ser tratada e retornar para a distribuição e reuso, dentro dos padrões de água potável.

Para a Feira Mundial de Hannover – EXPO 2000 – foi preparado um documento com princípios de sustentabilidade, entre os quais se destacava que o uso da água deveria ser considerado cuidadosamente, em todo o processo de projeto, de acordo com os princípios elencados na Tabela 4.

Nos níveis 2 (ouro) e 3 (platina) da certificação, é prevista a caracterização do fluxo de água, associado à fabricação do produto, e o estabelecimento de medidas para a conservação deste recurso. Isso inclui a descrição:

- a) das fontes de água que a fábrica utiliza: (i) fontes pagas – fornecimento do município ou transportadas; (ii) água bombeada – da superfície ou do subsolo; (iii) água coletada da chuva; etc.;
- b) da quantidade de água armazenada no final do ano e no início, o que é chamado rede de armazenamento;
- c) do uso da água: (i) na montagem, (ii) nos processos e equipamentos, (iii) para refrigeração e aquecimento, (iv) em outras tarefas de suporte, (v) no uso pessoal, (vi) doméstico e sanitário; (vii) nos espaços externos, etc.;
- d) da quantidade e qualidade da água efluente: (i) medida ou taxada – na estação de tratamento própria ou transportada; (ii) descarte direto em águas superficiais, subterrâneas ou outro tipo de descarte;

Com estes dados, sugere-se fazer um balanço de água, no qual se somam o volume das fontes e água armazenada (itens a e b) e se subtraem, deste montante, o volume de águas usadas e efluentes (itens c e d). A partir desta caracterização, deve-se quantificar o volume de água utilizada, por unidade produzida e propor a implementação de medidas de conservação da água. Para que se alcance o mais alto nível da certificação, é necessário apresentar documentação que comprove medidas tomadas nos últimos cinco anos, para reduzir consumo doméstico e sanitário, expressas em litros/kg, para todos os produtos finais. Incentiva-se, também, a implementação de medidas inovadoras para promover qualidade à água descartada no processo (M.B.D.C., 2007).

Quanto à fonte, avalia-se a proximidade das instalações fabris de áreas protegidas, principalmente aquelas incluídas na lista da Convenção de Ramsar, Convenção sobre as Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente enquanto habitat de aves aquáticas, a qual ocorreu no Irã em 1971. Por esta convenção, os países participantes tomaram, como obrigação, indicar áreas em seus territórios para compor a Lista de Zonas Úmidas de Importância Internacional. Atualmente, há 158 países signatários e 1.847 locais incluídos na lista, com área maior que 181 milhões de hectares.

O Brasil participa da convenção desde 1993, e é considerado o 4º país do mundo em superfície, na Lista Ramsar, com uma área em torno de 6,4 milhões de hectares, distribuídos em 8 sítios: Lagoa do Peixe, RS - 34.400 ha; Parque do Pantanal Mato-grossense, MT - 135.000 ha; Parque Nacional do Araguaia, TO - 562.312 ha; Reentrâncias Maranhenses, MA - 2.680.911 ha; Reserva de Mamirauá, AM - 1.124.000 ha; Baixada Maranhense, AM - 1.775.036 ha; Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luiz, incluindo os Baixios do Mestre Álvaro e do Tarol, MA - 45.237 ha (THE RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS, 2009).

Todo este conjunto de informações sobre o uso da água nas instalações fabris pode ser bastante positivo, como ferramenta de identificação de melhorias na fábrica e no seu entorno. Contudo, é preciso destacar a importância do uso da água ao longo de toda a cadeia, principalmente na produção de matérias-primas. Assim, neste estudo, propõe-se a inclusão de ferramentas como ACV e pegada de água, como elementos relevantes na análise do uso da água.

O conceito de pegada de água de um país é definido pelo volume total de água doce usada para produzir bens e serviços consumidos por seus habitantes. Similar ao conceito de pegada ecológica, o qual mede a quantidade de terra, a pegada de água está relacionada ao consumo e não somente às demandas de produção como indicadores anteriores. (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006). Deste modo, tão importante quanto o conceito de “pegada de água” é o conceito de “água virtual”, que é o volume de água utilizado para produzir uma commodity ou um bem, conceito que se assemelha ao de energia incorporada – *embodied energy* (HOEKSTRA e HUNG, 2005). Nesta pesquisa, estes dois conceitos são importantes, pois como será comentado nos capítulos seguintes, a produção de matérias-primas representa uma longa cadeia que envolve vários estágios realizados muitas vezes em diferentes países, o que traz significativos desafios na análise do impacto ambiental.

A pegada de água total inclui dois componentes: (i) parte da água que está disponível (chuva, degelo, etc.) dentro do país (pegada de água interna) e (ii) parte da água vinda de outros países (pegada de água externa) (HOEKSTRA e HUNG, 2005). É relevante destacar que os estudos atuais não se limitam a quantificar apenas o uso do recurso em si, e quantificam também o impacto da poluição. No cálculo da pegada de água, considera-se o volume necessário para diluir os resíduos efluentes até que se atinjam os níveis aceitáveis de qualidade da água (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006).

3.3.4 Energia

Na certificação C2C, em todos os níveis, é necessário caracterizar a fonte da energia utilizada para produção e montagem do produto, assim como o consumo de energia em cada atividade. Com isto, é possível identificar a quantidade consumida em uma unidade do produto e verificar a porcentagem proveniente de fontes renováveis e não renováveis. O objetivo fim de um projeto berço ao berço, segundo a MBDC (2007), deve ser de utilizar somente fontes limpas de energia, tais como eólica, biomassa, hidro e solar.

Por outro lado, a certificação C2C não menciona a energia necessária para o funcionamento do produto, se ele possibilita o uso de energia limpa, se pode admitir dois ou mais tipos de abastecimento, se é também gerador de energia, etc. Estas escolhas influenciam e direcionam à eco inovação e são bastante importantes no desenvolvimento de produtos. O uso de motores híbridos, por exemplo, representam um passo importante na transição de tecnologia, demonstrando, na prática, que alternativas são possíveis, dando a confiabilidade necessária aos consumidores mais tradicionais. Junto a isto, a certificação não menciona a energia utilizada no transporte de matérias-primas e na entrega do produto ao consumidor.

Na implementação da certificação C2C uma vez identificadas as fontes de energia da manufatura, caso elas não sejam limpas, deve-se desenvolver um plano, com prazos (datas marco) e metas mensuráveis, para a implementação do uso de energia limpa, tanto no sistema produtivo, como no produto em si (M.B.D.C., 2007). Como a certificação prevê que os fornecedores também divulguem as informações, a energia consumida na cadeia é também mapeada.

Para alcançar o 2º nível da certificação, o plano acima comentado deve estar completamente implementado. Ou seja, toda a energia despendida na fabricação e montagem do produto deve ser limpa. No nível mais avançado – platina – é exigido o uso de energia limpa, em toda a cadeia de produção (fabricação dos componentes, etc.) e no uso do produto. Além da fonte, há a preocupação de quantificar o volume do consumo, por unidade de produto (M.B.D.C., 2007).

No entanto, é preciso considerar que, para várias empresas, principalmente as pequenas e médias, a opção sobre o fornecimento de energia, geralmente, é uma decisão governamental e está condicionada à matriz energética do seu país ou região. Segundo o Balanço Energético Nacional (MME, 2009), no caso específico do Rio Grande do Sul,

aproximadamente 64% da energia elétrica é gerada em hidroelétricas, 33% em termoelétricas, e o restante é energia eólica. Entretanto, considerando-se o balanço energético total do estado (CEEE, 2008), tem-se que apenas 24,5% da energia consumida vem de fontes renováveis (ver item 2.1.1). A matriz energética é responsável pelo critério de intensidade de CO₂ decorrente da geração de energia ou *carbon intensity of energy*. Este índice, bastante comentado atualmente e que não é diretamente discutido na certificação CO₂, mostra o quanto de CO₂ é emitido na geração de um kWh de energia (ASHBY, 2009).

Parte da energia consumida na manufatura está relacionada à edificação que abriga as instalações, por isto, o presente estudo considera a diferenciação dada pela certificação LEED. A certificação LEED é outorgada pelo *U.S. Green Building Council* (USGBC), organização que desde o final da década de 1990 vem desenvolvendo parâmetros para “edificações verdes” (*green building*). Dividida em vários níveis (platina, ouro e prata) a certificação envolve várias áreas, com o objetivo de fornecer uma estrutura concisa, que permita identificar e implementar verificações sobre soluções de projeto, de construção, de operações e de manutenção das edificações avaliadas (L.E.E.D., 2009).

Além disto, é importante lembrar que na escolha de materiais também está implícita a análise da energia necessária para a sua extração e transformação, ou seja, a energia incorporada (*embodied energy*) ao material (ASHBY, 2009). Cabe salientar que, neste estudo, a verificação da energia incorporada é contemplada na área ‘Materiais’, por ser uma variável determinante para a seleção dos mesmos.

Assim, considera-se que as decisões que afetam o consumo de energia contemplam considerável complexidade e estão disseminadas em várias escalas de decisão, as quais a empresa tem maior ou menor domínio.

3.3.5 Responsabilidade Social

A responsabilidade social é atualmente relacionada à postura das empresas em relação aos seus funcionários, e às legislações e normas internacionais de saúde e segurança do trabalho. Neste estudo, além do domínio tradicional da responsabilidade social será também discutida a importância do princípio da precaução (*precautinary principle*) como evidência da responsabilidade da empresa para com seus consumidores, em específico, e a sociedade de modo geral.

Sobre a responsabilidade social no tradicional âmbito da saúde e segurança no trabalho, a certificação C2C prescreve que a empresa deve disponibilizar sua declaração sobre as práticas relacionadas à ética e ao trabalho, adotadas em toda a cadeia. Para isto, aconselha a adoção dos modelos da *UN Global Compact*, uma iniciativa de política estratégica para empresas comprometidas em direcionar suas operações com os dez princípios universalmente aceitos, nas áreas de direitos humanos, trabalho, meio-ambiente e anticorrupção, descritos na Tabela 5 (U.N. GLOBAL COMPACT, 2009).

Tabela 5 – Dez Princípios enunciados pela UN Global Compact (2009)

Direitos Humanos	1. Empresas devem dar suporte e respeitar a proteção dos direitos humanos internacionalmente proclamados.
	2. Empresas devem estar certas de que não são cúmplices de abusos aos direitos humanos.
Padrões de Trabalho	3. Empresas devem defender a liberdade de associação e reconhecer, efetivamente, o direito de barganha da coletividade.
	4. Eliminar todas as formas de trabalho forçado e compulsório.
	5. Abolir efetivamente o trabalho infantil.
	6. Eliminar a discriminação em relação ao emprego e ocupação.
Meio-Ambiente	7. Empresas devem dar suporte a abordagens preventivas em relação ao meio ambiente.
	8. Empresas devem tomar a responsabilidade sobre iniciativas que promovam significativa responsabilidade ambiental.
	9. Empresas devem encorajar o desenvolvimento e difusão de tecnologias ambientalmente amigáveis.
Anticorrupção	10. Empresas devem trabalhar contra a corrupção, em todas as suas formas, incluindo extorsão e propina.

Na certificação C2C, os princípios mínimos listados são: (i) a ausência de trabalho infantil; (ii) saúde e segurança; (iii) ausência de trabalho forçado; (iv) liberdade de organização sindical e negociação; (v) ausência de discriminação; (vi) ausência de assédio (moral e sexual) e (vii) remuneração justa (M.B.D.C., 2007).

Na avaliação da responsabilidade social, na certificação C2C, se aceita certificações fornecidas por terceiros e são sugeridos os sistemas da SA8000 - *Social Accountability International*, da *Fair Labor Association* ou da *Worldwide Responsible Accredited Production*. A *Social Accountability International* (SAI), instituição responsável pela SA 8000, foi fundada em 1997 e reúne parcerias internacionais, para desenvolver padrões e sistemas direcionados aos direitos dos trabalhadores. Representantes de uniões de comércio, organizações de direitos humanos, academia, revendedores, produtores e contratantes, assim como consultores e empresas de certificação cooperaram e desenvolveram, em consenso, a norma *Social Accountability 8000* (SA8000), publicada em 1997 e revisada em 2001 (SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL, 2009).

Em atividade desde 1999, a *Fair Labor Association* (FLA) é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, que congrega esforços de empresas socialmente responsáveis, faculdades, universidades e organizações da sociedade civil, para melhorar as condições de trabalho em fábricas de todo o mundo. O código de conduta da FLA foi baseado nos padrões da Organização Internacional do Trabalho (OIT), agência das Nações Unidas (I.L.O, 2009), e tem o objetivo de monitorar, corrigir e verificar o alcance dos padrões de condições justas de trabalho (FAIR LABOUR ASSOCIATION, 2009). Com objetivos semelhantes, a *Worldwide Responsible Accredited Production* (WRAP) é uma organização independente e sem fins lucrativos, que certifica mundialmente fábricas legalizadas, humanas e éticas (W.R.A.P., 2009).

Cabe salientar que todas estas organizações trabalham com procedimentos voluntários, em padrões internacionais. Assim, a adoção dos princípios e a busca de excelência nas condições de trabalho na empresa está diretamente relacionada à decisão das diretorias. Além destas certificações, existem outros padrões que abordam a responsabilidade social na gestão, não citados pela MBDC, mas bastante reconhecidos internacionalmente, como a norma não-certificável *AccountAbility 1000 – AA1000 –* desenvolvida pelo *Institute on Social and Ethical Accountability*, em 1999, e a norma OHSAS 18000.

Quando foi lançada a AA1000, seu objetivo era dar suporte ao aprendizado organizacional, ao desempenho e melhorar auditorias e relatórios sobre desenvolvimento sustentável. Em 2008, com a revisão dos seus princípios e padrões, a série AA1000 tornou-se um dos principais padrões de referência de melhores práticas, contribuindo em parcerias com outras instituições da área, como *Global Reporting Initiative* (GRI), *Transparency International* e *ISO Social Responsibility Working Group* (ACCOUNTABILITY, 2009). Segundo Nascimento et al. (2008), um dos pontos mais importantes desta norma é a sistematização do relacionamento com os *stakeholders*, que se dá num ciclo de cinco fases: (i) planejamento, (ii) contabilidade, (iii) auditoria e relatório, (iv) integração dos sistemas e (v) engajamento das partes interessadas.

A norma OHSAS 18000 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) é um sistema internacional de gestão de saúde e segurança no trabalho, constituído de duas partes (18001 e 18002) e que envolve a BS8800 e outras publicações, e entrou em vigor em 1999 (O.H.S.A.S., 2009). Esta norma não estabelece requisitos de desempenho em saúde e segurança no trabalho, mas exige que a empresa cumpra integralmente a legislação e advoga

que a empresa deve comprometer-se com o aperfeiçoamento contínuo de seus processos. Segundo Nascimento et al (2008), as principais aplicações da OSHA 18001 são: (i) estabelecer um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho, que minimize ou elimine riscos aos trabalhadores; (ii) manter e melhorar continuamente este sistema de gestão; (iii) assegurar atenção às políticas de segurança e saúde no trabalho; (iv) fazer autodeclararção de conformidade em relação à norma.

Além dos princípios e da construção de indicadores, formatar os dados de maneira que eles possam ser entendidos e comparados internacionalmente, também é importante. Este é o objetivo do *Global Reporting Initiative* (GRI), instituição dedicada ao desenvolvimento de uma estrutura de princípios e indicadores organizacionais, que podem ser usados para medir e relatar o desempenho econômico, ambiental e social (G.R.I., 2009).

No Brasil, o Instituto Ethos, criado em 1998, como uma organização da sociedade civil, de interesse público e sem fins lucrativos, objetiva auxiliar as empresas na análise de suas práticas de gestão, direcionadas à responsabilidade social e ao desenvolvimento sustentável (ETHOS, 2009). Os indicadores Ethos estão divididos nos seguintes temas: (i) valores, transparência e governança; (ii) público interno; (iii) meio ambiente; (iv) fornecedores; (v) consumidores; (vi) comunidade; (vii) governo e sociedade. Os indicadores trazem uma abordagem quantitativa aos benefícios socio-econômicos-ambientais. O melhoramento social de um projeto, por exemplo, pode ser traduzido na quantidade de pessoas beneficiadas, ou mesmo, o aumento da renda per capita da comunidade envolvida (NASCIMENTO, LEMOS *et al.*, 2008). Este tipo de avaliação é diferenciada em relação às normas, porque estas estão focadas nas condições de trabalho em si, dentro dos limites da fábrica, enquanto uma visão social mais abrangente considera a influência fora da fábrica.

Em acréscimo à este entendimento tradicional da responsabilidade social, este estudo propõe a inclusão do princípio da precaução na análise de responsabilidade social. Este conceito foi cunhado na década de 1970, quando cientistas e responsáveis por políticas públicas tentavam lidar com um fenômeno chamado a morte das florestas e suas possíveis causas, incluindo a poluição do ar. Por isto, uma das primeiras legislações em que aparece este conceito é o '*German Clean Air Act*', de 1974 (HARREMOËS, GEE *et al.*, 2002).

O principal elemento do princípio da precaução é a regra geral de ação em situações potencialmente sérias e de dano irreversível à saúde ou ao ambiente, onde é necessário agir

para reduzir o perigo antes de existir uma forte prova de risco. Este tipo de regra é usado principalmente em casos de saúde pública. Contudo, defende-se que o princípio da precaução deve ser empregado de forma abrangente principalmente nas legislações que regulam a produção industrial. Isto porque, em muitos casos, informações adequadas sobre o risco potencial de substâncias e de processos industriais são conhecidos muito tempo antes que algum tipo de regulação seja proposto (HARREMOËS, GEE *et al.*, 2002).

Um comportamento proativo pode ser tomado pelas empresas quando decidem banir certas substâncias ou materiais suspeitos de serem danosos. Ações deste tipo estendem o conceito tradicional de responsabilidade social além da responsabilidade da empresa com seus funcionários, mas também com toda a sociedade em seu tempo e nas gerações futuras. Neste estudo, entende-se responsabilidade social desta forma mais abrangente.

3.4 Estágios na adoção de iniciativas em direção à sustentabilidade

Além do resgate do princípio cíclico da natureza, o conceito berço ao berço apresenta outra quebra de paradigma, que diz respeito principalmente às metas do desenvolvimento de produtos. Ao invés de projetar para minimizar o impacto ambiental, o objetivo do projeto deveria ser: como um produto pode agregar mais ao meio ambiente ao longo e após o uso (McDONOUGH e BRAUNGART, 2002)? Ou seja, como um produto poderia ‘limpar’ o ar ou a água, ou gerar energia limpa ao longo de seu uso. Esta noção está ligada ao conceito de ecoeficiência, comentado no item 3.2.2.

Como a inserção da dimensão ambiental desta forma no processo de desenvolvimento de produtos, é uma quebra com o paradigma social dominante em que o ser humano domina a natureza (item 1.1), e parte para a inserção das atividades humanas dentro de um ciclo colaborativo, esta transição não é simples. Considerando a complexidade desta transição, McDonough e Braungart (2002) enunciaram cinco estágios para alcançar um novo paradigma para pensar o produto:

⊕ Primeiro estágio: baseia-se na busca por um produto livre de substâncias amplamente reconhecidas como perigosas ou mesmo práticas mal vistas.

⊕ Segundo estágio: ocorre quando a empresa pode e faz questão de deixar claro aos clientes as propriedades dos materiais e os processos envolvidos na produção de seus produtos.

⊕ Terceiro estágio: fundamenta-se na criação de uma lista das substâncias saudáveis a serem adotadas, tomando uma postura realmente proativa, e realizando assim uma lista positiva.

⊕ Quarto estágio: caracteriza-se pela busca de ciclos, tecnológicos e biológicos, mais salutareos, pondo em prática a lista positiva.

⊕ Quinto estágio: prevê reinventar conceitos, fazer produtos que, além de não serem prejudiciais ao meio ambiente, contribuam e melhorem o meio durante e, após sua vida útil, isto associado à resolução da infraestrutura necessária ao uso do produto.

Na análise realizada neste estudo, o primeiro estágio contempla, além do respeito às legislações, o princípio da precaução. Isto implica que não seja necessário uma substância ser banida por lei para não ser utilizada em um produto, mas que se existe suspeitas sobre seus riscos ela é desaconselhável.

O segundo estágio, apesar de parecer simples, não é muito comum como será discutido nos estudos de caso. De uma maneira geral, pode-se afirmar que poucas empresas disponibilizam uma lista de materiais e/ou substâncias que fazem parte dos produtos. Somado a isto, existe o desconhecimento dos consumidores sobre as implicações ambientais dos materiais, mesmo os amplamente utilizados, como os plásticos.

A postura proativa, comentada no terceiro estágio, está relacionada às empresas cuja imagem está associada a iniciativas ambientais, como será demonstrado nos estudos de caso. O mesmo ocorre em relação ao projeto para o metabolismo no final do ciclo de vida, indicado no quarto estágio. A partir deste estágio, pode-se relacionar práticas de ecodesign (WIMMER, ZÜST *et al.*, 2004) e de projeto verde, ou *green design* (O.T.A., 1992).

Finalmente, para que se alcance o quinto estágio, por meio da transformação do conceito dos produtos, é necessário um maior contato com grupos de pesquisa e, para isto, faz-se necessário uma aproximação de pesquisadores e profissionais que atuam no desenvolvimento de produtos.

Os cinco estágios contemplam ações nas cinco áreas comentadas no item 3.3, para que se alcancem características cíclicas e regeneradoras como as que ocorrem nos processos naturais, ações que podem ocorrer com o uso das ferramentas e abordagens descritas no item 3.2.

Pode-se fazer um paralelo com os níveis de interferência comentados por Manzini e Vezzoli (2002) que contemplam o (i) redesign ambiental daquilo que já existe, (ii) o projeto de novos produtos ou serviços que substituam os atuais, (iii) o projeto de novos produtos-serviços intrinsecamente sustentáveis e por fim (iv) a proposta de novos cenários conforme um estilo de vida sustentável.

3.5 Considerações Finais

As abordagens ambientalistas foram tratadas com foco no processo de desenvolvimento de produtos, tendo o conceito berço ao berço como estratégia principal. Evidenciou-se que as diversas abordagens ambientalistas existentes se somam e se completam, em diferentes níveis de abrangência. Destacaram-se, também, os fundamentos básicos, nos quais esta pesquisa está ancorada: (i) a noção de que se deve buscar o fluxo cíclico de produção/consumo, ou seja, fechar o ciclo berço ao berço; e (ii) buscar a ecoeficácia, com a transformação no conceito do produto, através da eco inovação. Por fim, a certificação C2C, apresentada neste capítulo, cujos formulários constam no Anexo B, inclui algumas das informações elencadas como variáveis do estudo prático, descrito nos capítulos seguintes.

CAPITULO 4

4 O produto calçado

“Calçados são mais que simples envoltórios ou proteção para os pés. A noção de que os calçados são um bom indicativo sobre o gosto de uma pessoa (ou seu desdém por certas coisas), sua identidade – nacional, regional, profissional – sua classe e gênero, não é uma invenção moderna (...). Calçados do dia-a-dia, nos permitem caminhar até o trabalho, correr para o ônibus, e parecer legais numa festa. Calçados hightech têm permitido um significativo melhoramento no recorde mundial dos 100 metros ao longo dos últimos 100 anos. Portanto, calçados estendem nossas capacidades sociais e emocionais, bem como nossa capacidade física. (RIELLO e MCNEIL, 2006)”

O calçado possui características que fazem dele um produto bastante interessante, como objeto de um estudo sobre sustentabilidade, conforme comentado no item 1.2. Inicialmente, o calçado é um produto que atende a uma necessidade básica de proteção do corpo. Sendo assim, está presente em todo o mundo, nos mais diversos contextos culturais (DEMELLO, 2009). Até a Idade Média, os calçados mais utilizados eram sandálias e mocassins, os quais envolviam ferramentas e técnicas simples de confecção. No século XVIII, na Europa, os calçados se tornaram mais elaborados, com maior número de partes. Desta forma, antes da industrialização, para fazer um sapato eram necessários dois ou três dias. Em 1845, foi inventada a máquina de compactação do couro que, combinada com a máquina de costura para cabedais, em 1846, e posteriormente, em 1858, com a máquina que costurava cabedais ao solado, conhecida como McKay, tornaram o processo mais rápido e reduziram significativamente seu custo. Em 1889, a criação de uma máquina para conformação de calçados representou um dos últimos avanços rumo à mecanização, e possibilitou a substituição dos artesãos habilidosos por trabalhadores com menos treinamento neste tipo de atividade (DEMELLO, 2009).

As características do calçado também contemplam as três principais funções do produto, enunciadas por Löbach (2001) – prática, simbólica e estética – sendo que a função ecológica, descrita por Guimarães (2006), é o próprio objeto deste estudo. Como destaca Santos (2008), da mesma forma que o calçado envolve as três funções do produto, há exemplos do produto que estão relacionados a todos os níveis da pirâmide de necessidades de Maslow, descrita no item 2.1.5. Além disto, por ser um produto ancestral, o calçado traduz na sua história a evolução dos processos e da organização do trabalho e da produção (RIELLO,

2006). Atualmente, o produto envolve um complexo conjunto de requisitos de desempenho, conforme a atividade específica a qual se destina, podendo ser extremamente simples ou bastante sofisticado, em termos de materiais, conformação e desempenho. Suas principais partes estão indicadas na Figura 21, e podem variar bastante a conformação e os materiais utilizados conforme o tipo de calçado.

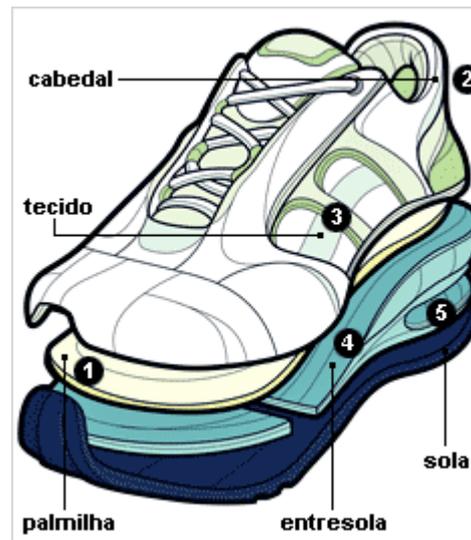


Figura 21 – As principais partes de um calçado (Fonte: www.saude.abril.com.br).

Os calçados esportivos têm a função prática, de auxílio ao desempenho dos atletas, como o principal objetivo no projeto do produto. Atualmente, cada esporte tem mapeadas as características de movimento (corrida, impulsão, amortecimento, frenagem) e ambiente (quadras pavimentadas, campo, piso urbano, ambiente natural), e o calçado é projetado de acordo. No entanto, toda esta diversidade é relativamente recente. Segundo DeMello (2009), os calçados esportivos, como se conhece hoje, são resultado principalmente do desenvolvimento do uso da borracha para solado (descrito a seguir no item 4.4) e, claro, do movimento pró-exercício, a partir da metade do século XIX. Atualmente, o projeto de calçados esportivos emprega sofisticada tecnologia, variedade de materiais e estão entre os mais consumidos.

Por outro lado, o calçado pode ser visto como um produto de moda, em que as funções estética e simbólica são predominantes (Linden, 2004). Neste contexto, a evolução dos sapatos femininos, desde o final do século XIX, mostra como a variedade alcançada pela indústria, nos primeiros tempos da mecanização, influenciou novos padrões de consumo. Por exemplo, até meados dos anos 1860, as consumidoras norte-americanas das classes mais favorecidas, tinham basicamente dois tipos de calçados para escolher, botas e sapatilhas. Isto

mudou radicalmente e, já no início do século XX, graças à mecanização, os fabricantes proporcionavam em torno de uma dúzia de tipos de calçados, cada um de acordo com ocasiões sociais e ocupações específicas (REXFORD, 2006). Hoje, é difícil determinar ao certo o número de tipos de calçados femininos disponíveis no mercado e o tempo de vida útil.

Segundo Santos (2008), sobre o pensamento dos projetistas de calçados no Vale dos Sinos e Paranhana (RS): *“a função estético-simbólica do calçado é, de longe, a que tem maior peso, ficando a função prática com pouca força, envolvendo apenas mínimas questões de biomecânica. Antropometria não foi sequer mencionada, assim como nenhuma referência foi feita ao ser humano que atua no processo de fabricação do calçado (ou seja, o sapateiro) e que deveria ser considerado, pelo designer, com boa formação.”* O mesmo estudo afirma que, segundo os sapateiros, aqueles que fazem calçados, a função prática do produto é fundamental, e se reconhece que o atendimento desta função depende muito da mão de obra.

A produção do calçado atualmente configura uma das cadeias globalizadas mais características, em que a produção se localiza em certas regiões e o desenvolvimento de produtos pode ocorrer em lugares distantes, resultado da transformação no modelo de negócio, ocorrida a partir da década de 1970.

4.1 A evolução da cadeia calçadista

A forma como estão estruturados o projeto e a produção de sapatos no mundo é bastante instigante, do ponto de vista da globalização, o que remete às questões sobre relações de mercado mundial, de distância entre equipe de desenvolvimento, produção e mercados consumidores, de impacto ambiental e de responsabilidade social. Há grande demanda de consumo, demonstrada pela produção mundial esperada, para 2010, de 20 bilhões de pares – em torno de 3 pares/habitante/ano (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Soma-se ainda, a característica de grande concentração em determinados países, tanto do desenvolvimento de produto quanto da produção.

Desde tempos remotos, o feitiço de sapato esteve ligado à preparação de uma de suas principais matérias primas – o couro, sendo o curtimento de peles uma atividade ancestral. O sapateiro era um dos principais moradores das vilas e pequenas cidades e é personagem de muitas histórias da vida cotidiana europeia (RIELLO e MCNEIL, 2006).

A produção fabril de calçados teve início no século XIX, visto que, antes disso, entende-se esta atividade como produção artesanal. Em alguns países, já no final do século

XVIII, havia a divisão do processo de fabricação de alguns componentes (WILES, 1990). O século XIX foi marcado pelas grandes marchas dos exércitos europeus, o que abriu oportunidades de compra de uniformes militares, para atender à demanda. Marc Isambard Brunel, em 1810, patenteou maquinário para produção de botas militares e abriu uma fábrica em Battersea, próximo à Londres. O produto tinha problemas de acabamento que prejudicava o conforto, mas a produção desta fábrica atingiu 400 botas/dia, número significativo para a época, fabricados por aproximadamente vinte e cinco funcionários, cada um realizando apenas uma operação, preconizando a mecanização que ocorreria somente no final daquele século e o Taylorismo (DAVID, 2006). Cem anos depois, a I Guerra Mundial contou com fábricas totalmente mecanizadas sediadas em cidades específicas como Northampton, Reino Unido, e que chegavam a índices de 3000 botas/dia (DAVID, 2006).

Junto com a indústria têxtil e de vestuário, a fabricação de calçados foi um setor que gerou muitos empregos nos países, hoje, ditos desenvolvidos (BLICKSILVER, 1990; WILES, 1990). Isto porque, além da demanda óbvia por vestimenta, em todas as sociedades, o produto sapato exige para sua produção um número considerável de tarefas, as quais, mesmo atualmente, são difíceis de automatizar. Assim, o calçado segue a característica da indústria do vestuário em geral, que necessita de intensa mão-de-obra (GEREFFI, 2008).

O modelo de produção acompanhou a oferta de mão-de-obra e a facilidade de comércio. No final do século XIX e início do século XX, os principais centros urbanos apresentavam concentração de mão-de-obra e proximidade do consumo, o que favoreceu a implantação das primeiras fábricas de sapatos e roupas. Com elas, nasceram também as primeiras organizações de classe, para garantir o direito dos trabalhadores. Nos EUA, os primeiros sindicatos de sapateiros datam de 1868. Em 1870, os “Cavaleiros de São Crispim” – *Knights of St. Crispin* – contava com 50.000 membros. Outro grupo, os “Cavaleiros do Trabalho” – *Knights of Labor* – que uniu os trabalhadores nas décadas de 1870 e 1880, posteriormente se tornou “*The Boot and Shoe Worker’s Union*” filiada à “*American Federation of Labor*” (WILES, 1990).

Tanto as fábricas de roupas, quanto as de sapato, sofreram grande impacto com o surgimento e melhoramento de máquinas de costura, que mecanizaram e baratearam os custos de produção, além de reduzirem a necessária habilidade do trabalho feito a mão. A partir daí, esta indústria pôde se deslocar para áreas em que o custo da mão-de-obra era mais barato (WILES, 1990), o que vem ocorrendo até hoje. Pode-se observar que, até a década de 1960,

este deslocamento ocorreu dentro dos limites dos países. No entanto, desde a década de 1970, tomou impulso a fragmentação da rede internacional de produção e comercialização de sapatos e roupas (GEREFFI, 2008).

Desde então, é observada uma segmentação, cada vez maior, na cadeia de valor desta indústria, sendo que os países produtores vão aprimorando seu papel dentro da cadeia, como descrito na Figura 22, que representa a evolução cronológica e a mudança de papéis dos países, ao longo do tempo (GEREFFI, 2008). Ressalta-se que cadeia é entendida como a rede de fábricas que extraem matéria-prima, transformam em materiais intermediários e posteriormente em produtos, e fazem a entrega deste produto aos consumidores, por meio de centros de distribuição (LEE e BILLINGTON, 1995).

Outra questão importante nesta transformação foi a mudança de características no modelo de negócio. Segundo Johnson et al. (JOHNSON, CHRISTENSEN *et al.*, 2008) o modelo de negócios é definido pela inter-relação entre elementos que, em conjunto, criam e repassam valor, são eles: (i) proposição do valor percebido pelo cliente (*customer value*); (ii) fórmula para geração do lucro (*profit formula*), (iii) recursos-chave e (iv) processos-chave. No contexto da subcontratação em nível internacional, pode-se entender que grandes empresas deixaram de possuir sua própria estrutura de produção, terceirizando-a. Estas empresas passaram a enfatizar o desenvolvimento do produto, destacando projeto e inovação tecnológica como a base de suas atividades. Isto modificou a fórmula para geração de lucro, bem como os recursos-chave e processos-chave, criando uma nova opção de modelo de negócios das empresas calçadistas.

A Figura 22, tendo como foco a manufatura na Ásia, descreve a sequencia de capacidades que os países e suas empresas devem alcançar, para serem promovidos dentro da rede (GEREFFI, 2008). Com isto, a fabricação de sapatos em alguns países desenvolvidos, como os EUA, foi sendo reduzida, até que hoje pode ser observado um volume pouco significativo deste setor, em países como EUA, Alemanha, entre outros. Dentro da rede globalizada, as empresas nos países desenvolvidos se colocam como desenvolvedoras e vendedoras de produtos. Esta estratégia de globalização é observada nos artigos associados a grandes marcas de calçados e roupas (Polo/ Ralph Lauren, Liz Claiborne, Nike), ou ligadas a grandes redes de lojas (Walmart, Target, Marks & Spencer, Gap, The Limited), ou mesmo em marcas de produtores, como Wrangler e Phillips-van Heusen (GEREFFI, 2008).

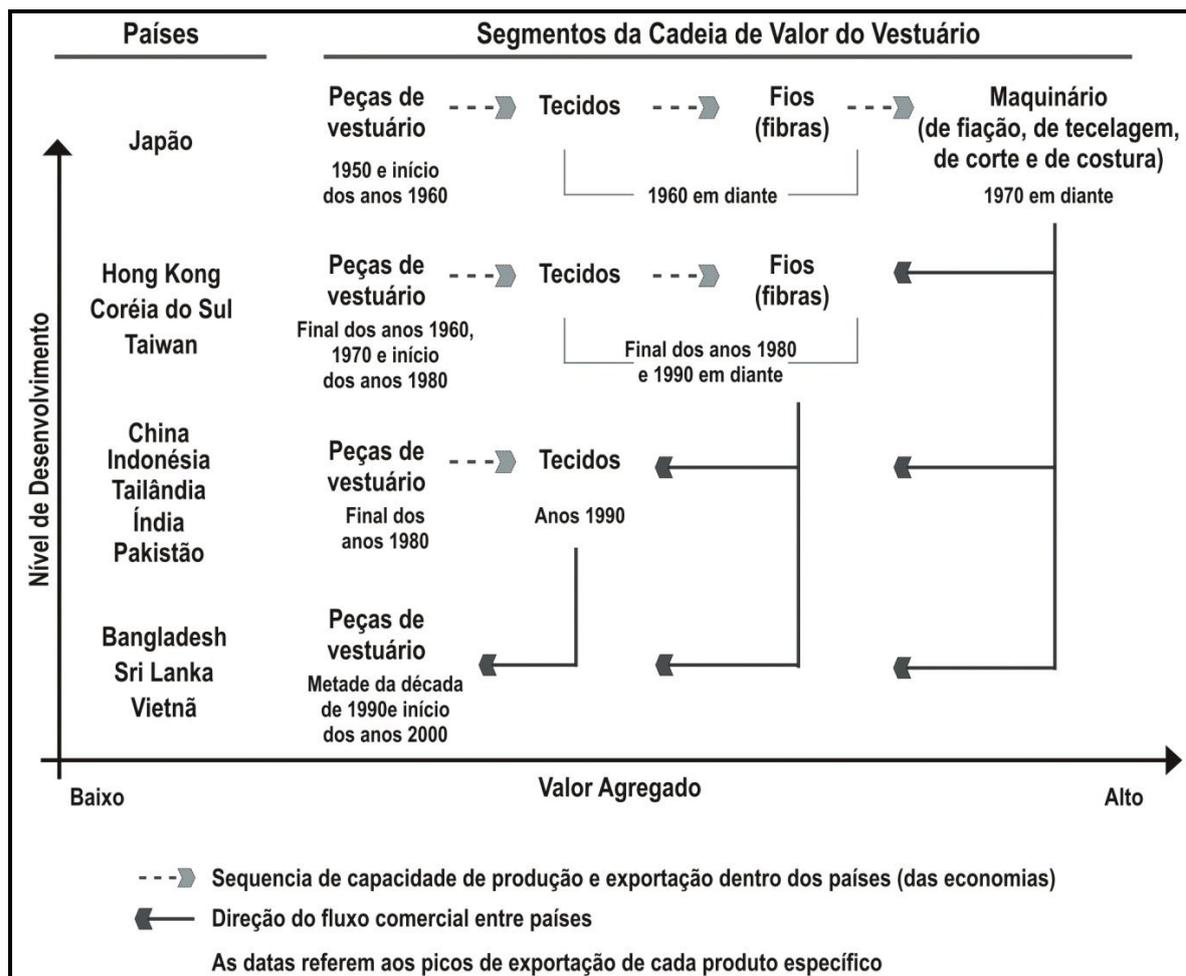


Figura 22 – Evolução cronológica da rede de produção da indústria do vestuário/calçados.

Segundo Arcenas (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009), comentando dados da AAFA¹¹ o número de calçados comprados por consumidores dos EUA cresceu 200% desde 1980, enquanto a percentagem de subcontratação da produção em outros países cresceu de 50% a 99% no mesmo período. Neste cenário, a China é o país de maior destaque.

Pode ser considerado atualmente a existência de tipos de países, de acordo com sua inserção na cadeia global que estrutura a produção de calçados no mundo. Esta diferenciação é baseada no modelo de negócio assumido por grande parte das empresas sediadas nos países, isto é, posse ou terceirização da produção.

- ⊕ **Grupo 1 - Países desenvolvedores e produtores:** são aqueles que produzem sapatos de alta qualidade, para mercados que pagam pelo alto custo da mão-de-obra e valor agregado ao produto; são os sapatos produzidos na Itália, na Espanha e em outros poucos países da Europa. Estes países também projetam sapatos para serem

¹¹ AAFA- AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION

produzidos em locais de mão-de-obra mais barata. Também há países que produzem calçados para atender o mercado interno e exportação, como o Brasil.

- ⊕ **Grupo 2 - Países desenvolvedores:** são aqueles em que as empresas concentram suas atividades no desenvolvimento do produto sapato, para ser produzido em outros lugares, onde o custo seja mais conveniente. É o caso dos EUA, onde grandes empresas sediam suas equipes de desenvolvimento.
- ⊕ **Grupo 3 - Países produtores:** que se destinam a produzir calçados, geralmente desenvolvidos em diferentes partes do mundo, manufaturam matéria-prima, fornecem componentes e montam o produto. Entre eles estão China, Coréia, Taiwan, Tailândia, Indonésia e Vietnã.

Atualmente, como descrito na Tabela 6, os maiores produtores de sapatos são a China, a Índia e o Brasil, enquanto os maiores consumidores são os EUA, a China e a Índia novamente.

Tabela 6 – Países com maior volume de Produção, Exportação e Consumo, em milhões de pares no ano de 2007 (ABICALÇADOS, 2009).

Países Produtores		Países Exportadores		Países Consumidores	
China	9.000	China	6.914	EUA	2.241
Índia	909	Hong Kong	741	China	2.096
Brasil	762	Vietnã	473	Índia	852
Indonésia	580	Itália	249	Japão	650
Vietnã	525	Brasil	217	Brasil	555

Os números da Tabela 6, combinados com o consumo de calçados per capita, descritos na Tabela 7, indicam que enquanto a Índia e o Brasil atendem mais à demanda interna, a China consegue produzir, exportar e consumir em grande quantidade. Enquanto o Vietnã é um essencialmente exportador, a Itália é um país exportador de sapatos de alta qualidade e com alto consumo per capita, ao mesmo tempo em que os EUA e o Japão figuram entre os países que apenas consomem, tendo deslocado totalmente sua produção.

Como será discutido com mais detalhe no item 4.5, este arranjo traz consequências em relação ao conceito de sustentabilidade. Em relação à responsabilidade social, como foi exemplificado anteriormente, as entidades de classe tinham um histórico relevante nos países industrializados, na garantia de boas condições de trabalho. Ao mesmo tempo, dentro da rede globalizada, a extração de matérias-primas, a produção, o consumo e o descarte final ocorrem em diferentes países, com diferentes tipos e níveis de controle de impacto ambiental. Neste

caso, não há uma uniformidade das legislações ambientais, o que aumenta a importância da informação ao consumidor e das certificações, porque atuam no controle dos produtos finais, embora com as limitações comentadas no item 2.2.3.

Tabela 7 – Consumo de calçados per capita em diferentes países. Adaptado de Staikos et al.(2007), com dados atualizados da AAFA (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007) e da Associação Brasileira de Calçados (ABICALÇADOS, 2009).

Países	Nº. de pares comprados anualmente/hab.
EUA	8,0
Itália	6,8
França	5,6
Reino Unido	5,3
Países Baixos	4,6
União Europeia (média)	4,5
Brasil	3,5
China	2,2
Índia	0,6
Vietnã	0,5

Na indústria calçadista, a subcontratação da produção repassa problemas relacionados à produção de matéria-prima (como o curtimento do couro, por exemplo), por que, segundo Arcenas *et al.* (2009), a produção primária é tipicamente o estágio mais sujo da cadeia produtiva. Contudo, observa-se que a busca por produtos ambientalmente amigáveis, no setor calçadista, é uma realidade, nesta primeira década do século XXI. Grandes empresas (como por exemplo Nike, Mephisto e Dansko) vêm mudando seus objetivos e metas nesta direção. Enquanto pequenas e médias empresas (El Naturalista, Patagonia, Simple Shoes, Keen e Anhu) têm nascido com estes objetivos como base de seus negócios.

Assim, além da divisão entre produtores e desenvolvedores, a indústria calçadista pode ser dividida entre empresas anteriores à demanda ambiental e que estão fazendo ou terão de fazer a transição para uma produção ambientalmente orientada, e empresas com o *core business* direcionado à sustentabilidade.

4.2 O desenvolvimento e produção de calçados nos EUA

Conforme comentado anteriormente, os EUA não é um país produtor de calçados, mas sim, desenvolvedor, enquadrado no grupo 2 da classificação descrita no item anterior. No entanto, em uma retrospectiva histórica, o setor coureiro-calçadista foi um dos mais

importantes no país, sendo que, na metade do século XIX, este era um dos setores que mais empregava trabalhadores. A preocupação com o impacto ambiental desta atividade também foi observada na época do estabelecimento da indústria de curtimento: os estados de Massachusetts e Connecticut, no século XVIII, apresentavam procedimentos de controle da disposição de resíduos e reportavam críticas ao corte indiscriminado de árvores para a produção de tanino (WILES, 1990), substância de origem vegetal, essencial para o curtimento de peles, antes da introdução do processo químico à base de cromo.

A montagem de sapatos foi reconhecida como fabril no censo de 1880, tendo como estados líderes de produção Massachusetts, Nova York e Pensilvânia, no nordeste americano. Estes estados, no entanto, tiveram um decréscimo gradual na produção a partir da construção da rede ferroviária, o que possibilitou que os calçados fossem produzidos em regiões ao oeste e sudeste, mais distantes dos centros consumidores. Outro fato que impactou a produção de sapatos no nordeste americano foi a modernização e automatização de algumas atividades, o que possibilitou que trabalhadores com menos habilidade manual executassem tarefas antes restritas a profissionais altamente qualificados. Com a introdução da máquina de costura McKay, em 1860, por exemplo, a união da sola ao cabedal¹² (a atividade que consumia mais tempo e mais exigia habilidade na montagem do calçado), podia ser feita à máquina e mais rapidamente, o que reduziu o ganho dos trabalhadores de \$0,75, por par costurado à mão, para \$0,30, por par costurado à máquina. Melhoramentos foram incorporados ao maquinário, para produzir um sapato mais confortável, como o Goodyear Welt, que era constituído de uma fita de couro ou borracha costurada com cabedal e palmilha para facilitar a adesão da sola, processo adotado até os anos 1920, quando foi introduzido o uso de adesivos nos sapatos femininos (DEMELLO, 2009). A introdução do maquinário gerou a necessidade de energia, sendo a eletricidade a melhor opção pela característica de funcionamento descontínuo das operações. No final do século XIX, os EUA dobraram sua produção, aumentando a exportação para a Europa, sendo que alguns dos maiores produtores abriram suas próprias lojas (WILES, 1990).

No início do século XX, dois fatores influenciaram a forma como a indústria calçadista estava estruturada: o sapato como produto de moda e a necessidade de intensa mão-de-obra. O primeiro fator exigia que as fábricas se organizassem para atender, de forma rápida, aos pedidos de produtos que mudavam constantemente de estilo. Já a mão-de-obra da

¹² Detalhe sobre a composição do calçado ver Anexo H.

indústria calçadista do leste americano estava muito bem organizada, tendo sua associação desde o final da década de 1860. Além disto, aproximadamente 70% da produção de maquinário desta indústria era controlada por uma única companhia, a *United Shoe Machinery Corporation*, que dava as mesmas condições de *leasing* para pequenas e grandes empresas, numa política que facilitava a entrada de pequenos produtores no mercado (WILES, 1990). Nas primeiras décadas do século XX, a produção de sapatos oscilou, principalmente no período da depressão de 1929, sendo que durante a Segunda Guerra a produção de calçados masculinos aumentou, para atender à demanda militar.

A partir da Segunda Guerra Mundial, no entanto, este setor começou a declinar. O pico em número de trabalhadores empregados ocorreu em 1947, com 220.000 pessoas trabalhando na produção de sapatos (WILES, 1990). Depois disto, a produção sediada no país foi reduzindo gradualmente resultado da estratégia de subcontratação da produção comentada no item 4.1. Houve, assim, o deslocamento da produção para países com menor custo de mão-de-obra, o mesmo ocorrendo em diversos setores industriais. Hoje, aproximadamente 99% dos calçados consumidos nos EUA são produzidos em outros países (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007). O mesmo ocorreu com a produção de artigos de vestuário em geral, sendo que a maior parte dos produtos que ainda são feitos nos EUA, são aqueles considerados de altíssima qualidade ou são de nichos de mercados. Por exemplo, os calçados que ainda são produzidos no país são sapatos masculinos de trabalho, sapatos de borracha/tecido e sapatos de segurança de plástico, grande parte deles destinados ao exército americano (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007).

Apesar da imposição de tarifas, a China é o maior fornecedor de calçados, com um montante de 86,2% das importações, em 2006, apresentando crescimento em relação aos 85,4%, de 2005. Enquanto isto, o segundo colocado – Vietnã – mostrou um significativo crescimento de 33,6% no período, atingindo 3,6% do total. Já o Brasil, terceiro fornecedor do ranque, teve uma redução de 15,9% no volume de artigos vendidos aos EUA, atendendo atualmente apenas 2,8% do mercado (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007).

Os dados mais recentes disponíveis indicam que, até 2006, o consumo de artigos de vestuários crescia anualmente nos EUA. Em 2006, foram comprados 2,4 bilhões de pares, o que representou um aumento de 5,3%, em relação ao ano anterior. No total, os americanos gastaram em torno de \$359 bilhões em roupas e sapatos no ano, o que representou um

aumento em 4,9%, em relação a 2005. Estes dados podem ser ilustrados dizendo que, na média, cada americano gastou \$1.198/ano em roupas e sapatos, sendo que cada pessoa comprou oito pares de sapatos. As mulheres lideram o consumo, principalmente em sapatos não esportivos (AMERICAN APPERAL & FOOTWEAR ASSOCIATION, 2007). O maior volume de sapatos é vendido em lojas que são orientadas ao autoatendimento, onde o consumidor confronta marcas localizando os modelos nas prateleiras, experimentando e optando ou não pela compra, sem atuação do vendedor. Este fato, entre outros, colabora para a importância atribuída à marca e ao que ela representa.

No entanto, a relevância dos EUA no setor calçadista não está baseada somente no poder de consumo do país, mas também por sediar muitas das equipes de desenvolvimento de produtos da indústria do calçado, como também de outros setores industriais. Muitas das marcas populares e consumidas mundialmente têm sede nos EUA, seja porque nasceram no país, seja pela importância de seu mercado consumidor. A empresa americana Nike, por exemplo, tinha uma receita anual de \$269,8 milhões, em 1980, passando a mais de \$16,3 bilhões, em 2007, firmando-se como a líder mundial no mercado de calçados esportivos, seguida pela empresa alemã Adidas (SPENCE, 2009).

4.3 O setor calçadista no Brasil e no Rio Grande do Sul

O início da produção calçadista no Brasil, com uma estrutura pré-fabril, data do século XIX, entre os anos de 1864 a 1870, e está associada à imigração alemã no Rio Grande do Sul, à fabricação de artigos de montaria e à produção pecuária, impulsionada pela Guerra do Paraguai (ABICALÇADOS, 2008). Antes, o feitiço de sapatos era de forma artesanal, desde o século XVIII. A primeira fábrica de sapatos do país foi fundada em 1888, no Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul (SANTOS, 2008).

No Brasil, tradicionalmente, se faz referência ao setor coureiro calçadista, que engloba a preparação de couros e fabricação de artefatos de couro e o grupo de atividades relacionadas à fabricação de calçados, o qual, especificamente, inclui 4.823 empresas e emprega em torno de 315.000 pessoas, sendo a receita líquida de vendas aproximadamente R\$ 14 bilhões (I.B.G.E., 2007a).

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Calçados, o país conta hoje com aproximadamente 8 mil de fábricas, que juntas, em 2007, produziram cerca de 808 milhões de pares de calçados, dos quais 180 milhões de pares foram destinados à exportação

para mais de 130 países. No mesmo ano, foram importados 29 milhões de pares. Assim, o consumo per capita de sapatos foi de aproximadamente 3,5 pares/pessoa em 2007. No entanto, a produção e o consumo de sapatos vêm diminuindo desde 2004 (ABICALÇADOS, 2008).

Conforme a Abicalçados (2008), esta atividade emprega formalmente no Brasil, atualmente, cerca de 300 mil pessoas, o que significa 4,3% do total da indústria de transformação. No entanto, sabe-se que muitas empresas subcontratam serviços de ateliers, nos quais existe a contratação informal, e as condições de trabalho não são controladas pelos órgãos responsáveis. Os dois polos tradicionalmente mais importantes na produção de calçados do país são a Região do Vale do Rio dos Sinos e Paranhana, no Rio Grande do Sul, e o município de Franca, no interior paulista. Nos últimos anos, tem ocorrido um deslocamento de algumas fábricas para o Nordeste, sendo os estados do Ceará, Bahia e Paraíba os mais destacados. É interessante observar a relação entre o número de empresas e o número de trabalhadores, nos seis estados de maior produção, conforme a Tabela 8. Nos estados tradicionais de produção de calçados – RS, SP e MG – há um maior número de empresas, divididas entre pequenas, médias e grandes. Os estados da região Nordeste, que ofereceram incentivos para a implantação de fábricas, a partir da década de 1990, abrigam empresas maiores que, na maioria dos casos, tem suas sedes nos estados do Sudeste e Sul.

Conforme dados do IBGE, a produção brasileira de sapatos e tênis foi superior a 775 milhões de pares ao ano, em 2005 (I.B.G.E., 2007b). A fabricação de calçados de couro correspondeu a 29,5% do total, a fabricação de calçados de plástico (principalmente sapatos de material sintético montado e de plástico moldado) correspondeu a 31,3%, a fabricação de calçados de outros materiais (principalmente sapatos moldados de borracha, além de calçados de material têxtil) foi equivalente a 29,4%, e a fabricação de calçados esportivos (tênis), de qualquer material, foi de 9,8% do total. A produção de calçados de uso exclusivamente feminino, exceto tênis, correspondeu a 61,8% da produção. Contudo, embora os dados de produção indiquem que a fabricação de calçados de couro equivalha a outras modalidades, os dados de retorno de vendas alcançados refletem que 53% do valor ainda provêm da fabricação de calçados de couro, pois estes têm maior custo de produção e maior preço final.

A exportação de sapatos tomou impulso na década de 1970, sendo que o primeiro lote em larga escala ocorreu em 1968, com o embarque das sandálias Franciscano, da empresa Strassburguer, para os Estados Unidos. A produção nacional, naquele momento, era de 80

milhões de pares por ano. Atualmente, os principais países importadores do calçado brasileiro são EUA (49 milhões de pares), Reino Unido (12 milhões), Argentina (18 milhões) e Itália (5 milhões). O maior volume exportado são sapatos de couro natural, e em segundo lugar, calçados de cabedal em material sintético (ABICALÇADOS, 2008).

Tabela 8 - Número de Empresas e Número de Trabalhadores nos Estados Produtores de Calçados no Brasil em 2007 (Fonte: Santos 2009 com dados de ABICALÇADOS, 2009)

Estado	Nº. Empresas	% de Empresas	Nº. Trabalhadores	% Trabalhadores
Rio Grande do Sul	2.755	35,2	111.966	37,0
São Paulo	2.354	30,1	52.055	17,2
Minas Gerais	1.382	17,7	24.770	9,3
Ceará	236	3,0	52.746	17,4
Paraíba	111	1,4	12.710	4,2
Bahia	106	1,4	28.134	9,3

No entanto, a importação de sapatos também é uma realidade no Brasil, e vem crescendo desde 2004. Em 2007, a importação de calçados correspondeu a 4,6% do mercado nacional. O maior fornecedor de calçados importados é a China, que naquele ano atendeu a 85,6% das importações, o que equivale a 25,5 milhões de pares, seguido do Vietnã (6,7% - 1 milhão de pares), Indonésia (3,3% - 566.000), Tailândia (1,6% - 267.000) e Itália (0,4% - 60.000) (ABICALÇADOS, 2008).

Assim, o Brasil teria características do grupo 1 (países desenvolvidores e produtores), descrito no item 4.1, pois as empresas brasileiras desenvolvem e manufaturam o produto. Porém, como aponta Santos (2008), há também fábricas que apenas produzem produtos de marcas estrangeiras, negociando diretamente com os compradores internacionais, que enviam o projeto do produto pronto, fazendo com que o país se enquadre também no grupo 3 (países produtores).

Mesmo com os números de produção significativos apresentados, é importante observar que as empresas calçadistas trabalham em um cenário de variadas pressões, como a forte concorrência internacional, principalmente em relação aos países asiáticos, que competem no fator custo, e mesmo no mercado interno. Soma-se também a diminuição da margem de lucro nas exportações, resultado da valorização do real em relação à moeda americana. A primeira crise, que atingiu este setor no início da década 1990, mostrou as consequências da globalização e a necessidade de algumas mudanças na cultura das organizações (RENNER, OLIVEIRA *et al.*, 2006). Neste sentido, quase duas décadas depois, as empresas continuam carecendo de mudanças e, atualmente, deve-se assumir também a

necessidade de inserção da dimensão ambiental, pois como foi exposto na justificativa deste trabalho, o setor como um todo é responsável pela maior parcela de resíduos sólidos industriais perigosos gerados no estado do Rio Grande do Sul.

Neste Estado, em 2002, foram geradas 1.129.069 toneladas de resíduos industriais em 1707 empresas inventariadas pela FEPAM (F.E.P.A.M., 2003a). Deste montante, 189.203 t/ano eram resíduos perigosos¹³. O setor coureiro-calçadista foi responsável por 63% do volume total de resíduos perigosos (F.E.P.A.M., 2003a), e as três cidades campeãs em geração de resíduos industriais sólidos perigosos estão na área de produção de calçados e curtimento: Estância Velha, Novo Hamburgo e Portão. Juntas, estas cidades correspondem a 26,1% do volume total do resíduo do Rio Grande do Sul (F.E.P.A.M., 2003b; 2003a). Observa-se, ainda, que neste setor, a relação da geração de resíduos perigosos e não perigosos é equilibrada, sendo respectivamente de 49% e 51%. As empresas, organizadas através de seus sindicatos, destinam aproximadamente 84% (101.152,45T/ano) do resíduo sólido para aterros industriais próprios ou de terceiros (F.E.P.A.M., 2003a), como os ilustrados na Figura 23.



Figura 23 – Depósito de resíduos industriais do setor calçadista na cidade de Igrejinha.

Pensando além dos resíduos industriais, tem-se que o resíduo do descarte, após o uso do produto, também constitui um volume considerável (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c). Como curiosidade, adotando o comprimento médio de um sapato como 25cm, se a produção brasileira anual de calçados fosse enfileirada (um pé de calçado, em frente ao outro), poderia dar quase dez voltas ao redor da Terra, seguindo a linha do equador. Isto dá uma noção do

¹³ Deste total, 114.409 t/ano são enviados para centrais de resíduos ou aterros próprios, seu túmulo, 18.592 t/ano são enviadas a outros estados, 3.246 t/ano queimadas em caldeira, 28.268 t/ano são reaproveitadas ou recicladas, e 24.688 t/ano (ou seja, quase 22%) tem outra forma de destino, não especificada (FEPAM, 2003b).

impacto do volume de lixo resultante dos sapatos descartados, e deixa o questionamento de qual será o tûmulo deste produto.

4.4 A transformação da cadeia coureiro-calçadista em cadeia calçadista de acordo com o desenvolvimento de calçados esportivos

Até do século XIX, os calçados eram feitos de couro (oriundos de diferentes animais conforme especificidades regionais), por isto, a designação setor coureiro-calçadista. Outros materiais também foram empregados em distintos contextos culturais, como a madeira (usada em tamancos ou “*clogs*” ou no feitio de saltos), tecidos (lã, algodão, seda, cetim, brocados), fibras vegetais (palha de arroz) entre outros (RIELLO e MCNEIL, 2006). A partir da metade do século XIX, no entanto, inovações relacionadas à adequação ao uso e a inserção de novos materiais modificaram completamente a relação de uso e consumo do produto calçado. Esta transformação construiu o cenário da indústria calçadista descrito nos itens anteriores, por isto julga-se imprescindível retomar a história da evolução do calçado no último século tomando por base os calçados esportivos, cujo desenvolvimento está relacionado à função prática do produto auxiliando a desempenho dos atletas. Considerando, também, que este tipo de calçado abrange uma grande parcela do consumo atual, faz uso de uma ampla gama de materiais e está relacionado ao simbolismo exercido pelas grandes marcas, as quais têm suas origens junto às principais inovações de desempenho.

A inserção de garras no solado de calçados de corrida remonta à metade do século XIX e está ligada à primeira empresa produtora de calçados esportivos do mundo, a *J. W. Foster and Sons*, atualmente conhecida como Reebok. Naquele momento, o calçado era todo em couro, mas as garras eram de metal. Mais tarde, em 1925, a ideia foi mais bem trabalhada e empregada especificamente para a prática de corrida e de futebol pelo alemão Adolf Dassler, fundador da Adidas. O primeiro momento em que um time de futebol usou um calçado mais semelhante ao que se conhece hoje como chuteira, foi a seleção alemã, em 1954, e este tipo de calçado teve seu desenvolvimento mais significativo após o desenvolvimento do plástico como material para a indústria do calçado (DEMELLO, 2009).

A borracha foi o material que revolucionou o feitio e o uso de calçados. O primeiro calçado de sola de borracha foi fabricado na Inglaterra, em 1876, pela *New Liverpool Rubber Company*, nos EUA. Em 1892, foi fabricado, por Humphrey O’Sullivan, um calçado baseado na tecnologia vulcanização criada por Charles Goodyear, patenteado em 1844, e no mesmo ano foi criada a empresa *U.S. Rubber Company*, para fabricar calçados de solas e saltos de

borrachas com 30 diferentes marcas. Esta empresa, em 1916, se transformou na marca Keds, a primeira marca americana de calçados esportivos, a qual ainda é produzida e vendida atualmente, administrada pela *Stride Rite Corporation* e foi uma das responsáveis pela popularização do uso de tênis (calçados estilo casual) na vestimenta do dia a dia ao longo do século XX (DEMELLO, 2009).

O processo de vulcanização, por sua vez, consiste na fusão do solado ao cabedal¹⁴ enquanto a borracha está em estado líquido, fazendo a ligação mais resistente e durável (DEMELLO, 2009). Este processo permitiu o desenvolvimento de calçados leves, flexíveis e a prova d'água.

Antes do uso da borracha, os solados não tinham diferenciação entre pé direito e esquerdo, esta foi uma grande inovação na época, e os desportistas tinham de usar calçados (inclusive botas) de couro para a prática de futebol, tênis e outros esportes ou simplesmente não usavam calçados, como ainda hoje certos corredores preferem. Além da prática de esporte, o uso da borracha também deu base a significativos avanços nos calçados de trabalhadores e EPI (equipamentos de proteção individual), protegendo contra escorregões em pisos lisos, prevenindo descargas elétricas através de isolamento e assegurando fácil higienização, sendo utilizados por enfermeiras, eletricitas, profissionais de limpeza, pessoas que trabalham na preparação de alimentos, entre outros (DEMELLO, 2009).

Staikos e Rahimifard (2007b), quando comentam sobre as questões ambientais na indústria calçadista, descrevem como convencionais os materiais a base de polímeros petroquímicos. No entanto, nesta seção, buscou-se argumentar que o uso destes materiais é relativamente recente, aproximadamente cinquenta anos. Além disto, ressalta-se que processos como a vulcanização, que hoje pode ser encarada como uma técnica ambientalmente nociva pela forma de produção e pelas dificuldades no fim da vida útil (em relação à desmontagem e decomposição dos materiais), no início de sua implementação representou avanços significativos em certos critérios de qualidade do calçado. O mesmo pode ser observado no uso dos materiais petroquímicos que permitiram maior conforto e aumento do desempenho dos atletas e comodidade nos calçados de uso diário.

¹⁴ Ver Figura 21.

Hoje, existem outros objetivos a serem perseguidos, e com auxílio da perspectiva histórica, pode-se entender melhor o contexto atual, e traçar caminhos na busca de produtos que atendam as necessidades dos indivíduos e as necessidades do meio ambiente.

4.5 A cadeia calçadista e as questões ambientais

Os problemas ambientais da indústria calçadista, resumidamente, estão ligados tanto produção de matérias-primas quanto ao descarte final. A fase de uso, a princípio, não é causadora de impacto significativo, e a vida útil esperada pode variar de acordo com o tipo específico de calçado (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008), embora o aumento no consumo de calçados mundialmente é preocupante porque, no fim da vida útil, estes produtos resultam em significativo volume de material direcionado aos aterros (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c).

Entre as matérias-primas que mais oferecem risco à saúde humana e ambiental está o couro curtido ao cromo, o qual tem sido uma das maiores preocupações do setor, junto ao uso de adesivos químicos, borrachas e materiais sintéticos (STAIKOS, HEATH *et al.*, 2006). A produção e a disposição destes materiais impactam em emissões de gases do efeito estufa e em substâncias tóxicas, principalmente pela larga escala de produção e uso do calçado. Pode-se afirmar, também, que independente dos materiais utilizados, a manufatura do calçado tem significativo impacto ambiental porque envolve maquinários e processos como tingimento, modelagem e vulcanização que não são ambientalmente amigáveis (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009).

Além dessas questões, é importante salientar que certas características de posse e uso do produto calçado trazem dificuldades na implementação de algumas das mais comentadas alternativas para reduzir o impacto ambiental por meio de transformações de modelos de negócio. Por exemplo, quando se trata de transformar produtos em serviços, ou seja, desmaterialização. Assim, como base para análise dos estudos de caso, nos itens a seguir são descritas as questões ambientais relacionadas às principais áreas de atuação dentro do conceito berço ao berço, comentadas no item 3.3.

4.5.1 Materiais mais utilizados pela indústria calçadista

O setor calçadista atualmente emprega uma variada gama de materiais, sendo que o couro, a borracha, materiais sintéticos e tecidos estão entre os mais usados. Nem sempre foi assim, como descrito no item 4.4, mas hoje é significativo o número de diferentes materiais

que compõem um único par de calçados. Muitos desses materiais têm processos de transformação bastante danosos ambientalmente e oferecem risco à saúde humana e ambiental quando são produzidos ou manipulados, por exemplo, na manufatura de calçados, e representam o volume de resíduos perigosos que devem ser destinados aos aterros industriais, comentados no item 2.1.2.

A combinação das informações sobre a composição típica de um calçado e seus principais poluentes, descritos na Tabela 9, dá a dimensão do desafio na busca de materiais ambientalmente amigáveis. O couro curtido ao cromo¹⁵ é tradicionalmente apontado como uma das maiores preocupações do setor, porque a substância é altamente tóxica e carcinogênica. O curtimento ao cromo foi divulgado em 1858 e representou um marco no processamento do couro, antes disto as peles eram tratadas com tanino, substância de origem vegetal (SREERAM e RAMASAMI, 2003). Esse processo representou duas grandes vantagens em relação ao curtimento com tanino: maior resistência e aceleração do tempo de curtimento (DEMELLO, 2009). Por isto, o curtimento ao cromo foi popularizado na época da I Guerra Mundial, na preparação de botas militares (DAVID, 2006). Ainda hoje tem sido amplamente utilizado pelas boas propriedades que assegura ao couro por meio de um processo de operação relativamente simples (SREERAM e RAMASAMI, 2003).

O PVC, cujo uso vem sendo reduzido (algumas marcas enfatizam que baniram a substância de seus produtos, como será visto no Capítulo 5), quando queimado a baixa temperatura tem potencial para gerar compostos organoclorados, que são extremamente tóxicos. Já os materiais sintéticos usados nos cabedais, os produtos usados no acabamento do couro, os adesivos, os limpadores e os solventes contribuem na emissão de VOCs e na formação de ozônio ao nível da superfície terrestre, onde este gás é tóxico (STAIKOS, HEATH *et al.*, 2006).

Os materiais têxteis também contribuem com grande impacto ambiental, pela atual característica de complexidade do processo de manufatura. Com exceção dos tecidos feitos artesanalmente, o maior volume é produzido com equipamentos grandes, complexos e que requerem considerável montante de energia para seu funcionamento (SLATER, 2003).

¹⁵ Mais detalhes no Anexo E – Breve caracterização ambiental dos materiais da indústria calçadista

Tabela 9 – Composição típica de materiais de um calçado comum e seus respectivos poluentes (STAIKOS, HEATH *et al.*, 2006).

Materiais	Porcentagem (peso)	Poluentes
Couro	25%	Cromo, adesivos, solvents
Poliuretano (PU)	17%	Isocianatos, CFCs
Borracha Termoplástica (TR)	16%	
Espuma Vinílica Acetinada (EVA)	14%	
Polivinil cloreto (PVC)	8%	Monômero vinil clorídrico, cádmio, plastificantes
Borracha	7%	Vapor de borracha
Outros (adesivos, metais, etc)	7%	Adesivos (Solventes, VOCs, Cloro)
Tecido	6%	Processos químicos, Biocidas

Estas são algumas considerações sobre o processamento dos materiais dentro da cadeia calçadista, mas outras questões podem ser associadas quando se considera todo o ciclo de vida das matérias-primas. O impacto ambiental do cultivo do algodão, por exemplo, é bastante criticado tanto pelo consumo de água quanto pelo intenso uso de inseticidas e pesticidas. Este estudo não se propõe à análise dos materiais especificamente e, sim, como eles são definidos e trabalhados no processo de desenvolvimento de produtos, e toda a problemática que as empresas e projetistas enfrentam nas escolhas que fazem. Deste modo, algumas informações mais detalhadas sobre os materiais comentados aqui constam no Anexo E.

4.5.2 Fim do ciclo de vida do calçado e reutilização de materiais

O crescente consumo de calçados mundialmente faz com que o problema do fim do ciclo de vida (EoL) seja cada vez mais relevante, tanto nos países desenvolvidos, quanto nos países em desenvolvimento. Como em qualquer outro produto, há várias possibilidades de fim de ciclo de vida, com diferenças no impacto ambiental, nos custos e nos requisitos tecnológicos. Os materiais e a forma de montagem do calçado, como na maioria dos produtos, influenciam tanto na fase de produção quanto no fim da vida útil. Por isto, o planejamento do fim do ciclo de vida ao longo do desenvolvimento do produto é crucial, como foi comentado no item 3.3.2.

Entre as opções de *EoL* para calçados mais comuns estão a disposição em aterro (como resíduos sólidos urbanos – RSU – item 2.1.2), o reuso, a desmontagem para reutilização de materiais e a queima para geração de energia (STAIKOS, HEATH *et al.*, 2006).

Nos países desenvolvidos, o aumento dos índices de compra per capita de calçados impacta o volume que é destinado aos aterros. Os países da União Europeia, por exemplo,

devido à limitação de área dos aterros, têm restringido cada vez mais os materiais que podem ser descartados. A *EU Landfill Directive*, legislação de 1999, prescreve a redução do volume de lixo biodegradável e a proibição de certos tipos de materiais destinados aos aterros. Na Alemanha e Áustria, desde 2005, os aterros urbanos municipais aceitam materiais biodegradáveis, desde que tenham sido incinerados ou sofrido tratamento mecânico ou biológico. O Reino Unido, em 2004, com a diretiva *Landfill Allowances and Trading Scheme Regulations (LATS)*, introduziu a proposta de que certos materiais biodegradáveis (couro, tecidos e borrachas naturais) devam ser reutilizados ou reciclados (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c). Atualmente, a disposição em aterro é a opção comumente adotada no gerenciamento de resíduos de *EoL* de calçados (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007a).

O reuso do calçado depende de variáveis como o estado de conservação, sistemas de coleta e distribuição e também o propósito do reuso. Por exemplo, dentro dos países desenvolvidos é bastante improvável o comércio de calçados de segunda-mão, porque, ao contrário das roupas, os calçados geralmente não podem ser lavados e há barreiras culturais, como a ligação do calçado “gasto” à condição financeira precária (RIELLO e MCNEIL, 2006). Contudo, as doações de calçados para instituições de caridade são bastante comuns. No Reino Unido, entre 2000-2001, o Exército da Salvação (*Salvation Army Trading Company Ltd. - SATCOL*), por meio de coleta porta a porta e de 2300 pontos de doação arrecadou 971 toneladas de calçados usados (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007a). Sabe-se que, em algumas empresas, calçados que não passam pelo controle de qualidade podem ser destinados a países cujo mercado tem nível de exigência baixo, prática ocorre, inclusive, em empresas sediadas no Rio Grande do Sul. Este procedimento traz um debate, pois, além de envolver o impacto do transporte, repercute nas questões de economia local nos países menos desenvolvidos que são os destinatários dessas doações. Como os calçados doados estão a um preço bem menor que os produzidos no país, eles acabam dificultando o mercado para os produtores locais (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007a). Além disto, neste caso, o ciclo de vida do produto é estendido, mas o problema do *EoL* persiste, e há uma transferência de resíduo pós-consumo, dos países desenvolvidos para os menos desenvolvidos, que por sua vez possuem carência de infraestrutura para acomodar tais resíduos.

Segundo Staikos e Rahimifard (2007a), a reutilização de materiais envolve o reprocessamento dos calçados inteiros, em partes ou os materiais especificamente, dentro do mesmo sistema de produção (ciclo fechado) ou em outros sistemas (ciclo aberto). Desta forma, o resíduo é reintroduzido no mercado através de processos destrutivos ou não

destrutivos. Esta opção é defendida no conceito cíclico berço ao berço, porém na indústria calçadista, de forma geral, há poucas experiências que preveem a reutilização de materiais no fim do ciclo de vida (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c).

A empresa Nike possui um dos poucos programas de retorno de calçados, conhecido como ReUSE A SHOE, tendo pontos de coleta nos EUA, Países Baixos, Austrália, Bélgica, Nova Zelândia, Alemanha e Israel. Esta iniciativa faz com que os calçados esportivos tenham possibilidade de serem reciclados em duas fábricas, uma em Wilsonville, nos EUA (desde 1993), e outra em Meerhout, na Bélgica (desde 2005). Na técnica “*slice-and-grind*”, utilizada na fábrica de Wilsonville, o calçado é separado por meio corte em três camadas: solado de borracha, palmilha e cabedal. Além dos calçados usados, resíduos da produção também podem ser transformados, depois de serem moídos e purificados, e então passam a integrar diferentes tipos de pavimentos para quadras esportivas.

O material feito do resíduo moído do solado pode ser utilizado para pavimento de pista de atletismo, pisos de academia e playground, além de ter condições de ser usado para a produção de novos solados, botões e ganchos de zíper. O resíduo moído da palmilha gera uma espuma, que pode ser usada em quadras externas de basquete, tênis e futsal, como elemento amortecedor. Por fim, o resíduo moído do cabedal pode ser usado em quadras internas de basquete, vôlei e produtos para equitação. A reciclagem dos calçados envolveu parcerias com empresas produtoras de pisos esportivos, cada uma delas especializada em um tipo de piso, e que são os únicos usuários autorizados do resíduo desta reciclagem.

Cada tipo de quadra tem potencial para incorporar uma determinada quantidade de calçado, como mostra a Tabela 10. Os pontos de coleta estão listados no website da empresa e incluem lojas que vendem a marca, universidades, academias de ginástica, centros de coleta, chamados *National Recycling Coalition* (nos EUA) ou em eventos especiais. Além destes, o consumidor pode enviar o calçado pelo correio, para o endereço da fábrica recicladora, sendo que a empresa recebe tênis de qualquer marca, exceto aqueles com componentes metálicos. No entanto, o programa ainda tem limitações em termos de volume de reciclagem: segundo a empresa mais de 1.5 milhão de pares são coletados anualmente.

Tabela 10 – Quantidade de tênis reciclada, em cada tipo de pavimento, de acordo com o tipo de quadra

Quadra de Basquete Externa (resíduo moído de palmilha)	2.500 pares
Quadra de Tênis Externa (resíduo moído de palmilha)	2.500 pares
Campo de futebol (resíduo moído do solado)	50.000 a 75.000 pares
Mini Campo de futebol (resíduo moído do solado)	10.000 a 20.000 pares
Pista de corrida (resíduo moído do solado)	75.000 pares
Piso de playground (resíduo moído do solado)	2.500 pares
Quadra de basquete coberta com piso de madeira (resíduo moído de cabedal)	2.500 pares
Quadra de basquete coberta com piso sintético (resíduo de palmilha)	2.500 pares

A produção de energia através da queima de calçados usados também é considerada uma opção no fim do ciclo de vida. Envolvendo tecnologias como a incineração, a gaseificação e a pirólise. Nesta opção, também deve ser considerado a coleta, transporte e instalações que assegurem o controle de emissões e subprodutos da queima de materiais potencialmente tóxicos. Outra alternativa é o reaproveitamento do resíduo, principalmente aqueles provenientes da produção, na composição de materiais para a indústria da construção civil (Kazmierczak, 2003).

Há várias alternativas para o planejamento do fim do ciclo de vida e muitos fatores influenciam as soluções adotadas (ver item 3.3.2). Segundo Albers et al. (2008), várias são as razões pelas quais as empresas do setor calçadista devem buscar ações nesta área, mas principalmente por questões de vantagem competitiva, por questões de lucro e imagem de organização ambientalmente amigável. No entanto, são poucas as empresas que ventilam essas questões quando projetam seus produtos. Um comportamento proativo, neste caso, além da imposição dos consumidores, está ligado ao aumento das exigências das legislações de EPR, que podem fazer com que o resíduo pós-consumo deixe de ser uma externalidade e passe a ser uma responsabilidade das empresas. Esta já é uma realidade em alguns mercados, como na União Europeia.

4.5.3 Consumo de água na indústria calçadista

O consumo de água na fase final de montagem de calçados não é diferente do consumo característico de atividades de montagem em diversos setores, estando condicionado à realidade regional onde as fábricas estão instaladas. No entanto, a análise à montante na cadeia traz evidências de que a produção das matérias-primas contribui significativamente no que diz respeito ao uso de água.

Uma das principais matérias-primas da indústria têxtil, e que atende à indústria calçadista, o algodão, por exemplo, é responsável por 2,6% do consumo mundial de água ($\approx 256 \times 10^9$

m³/ano), porque aproximadamente 53% da área cultivada mundial é irrigada, produzindo 73% do volume da matéria-prima mundial. Além disto, o algodão convencional requer pesticidas e fertilizantes, que aumentam a pegada de água por exigirem ainda maior volume para diluição dos resíduos do plantio. Na manufatura de tecidos de algodão, deve considerar-se no processo o volume de água necessário para o branqueamento ($\approx 33\text{m}^3/\text{ton.}$), tingimento ($\approx 154\text{m}^3/\text{ton.}$), impressão ($\approx 209\text{m}^3/\text{ton.}$) e finalização ($\approx 154\text{m}^3/\text{ton.}$)¹⁶ (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006)

O algodão também é um bom exemplo da importância do conceito de água virtual, pois muitos países que produzem algodão o exportam para que seja transformado em outras nações. Um problema recorrente é que o algodão é plantado em regiões com precipitação insuficiente, como no Paquistão, Uzbequistão, e algumas áreas da Índia e da China. Estes países exportam água em produtos derivados do algodão para países, como México, Alemanha, Itália, Japão, Reino Unido, França e EUA. Neste balanço, os EUA e a China são países que possuem grande produção da matéria-prima algodão e também são grandes consumidores de produtos derivados. (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006)¹⁷. Deste modo, segundo Chapagain et al. (2006), 44% do uso de água no plantio e processamento do algodão não servem ao mercado interno dos países e sim à exportação, e as questões ambientais deste comércio não são incluídas no preço de produtos derivados do algodão pelos consumidores estrangeiros. Este tipo de análise traz ressalvas aos benefícios elencados para o algodão orgânico, bastante comentado como matéria-prima ambientalmente amigável, por ser um recurso renovável e que não possui os pontos negativos dos poluentes usados no cultivo tradicional. No entanto, permanecem as questões relacionadas ao uso dos recursos naturais, comentados no item 2.1.1. Por exemplo, um dos grandes produtores de algodão orgânico atualmente é a Turquia, a qual tem a maior parte de seu plantio irrigado.

Outra matéria-prima com significativa pegada de água é o couro, material que traz desafios tanto quanto a natureza e quantidade de químicos quanto ao volume de resíduos gerados e descartados (SREERAM e RAMASAMI, 2003). O couro consome uma significativa quantidade de água tanto na fase de criação do gado quanto no processamento das peles. Diferente do algodão, porém, o couro é considerado um resíduo da indústria de carnes, assim o uso da terra e água é compartilhado com uma atividade de geração de alimentos. O consumo de água na pecuária também apresenta grande variedade de acordo com o tipo de criação. Quando o gado é confinado e a alimentação é a base de grãos, soma-se o volume de água necessário à produção

¹⁶ Estes valores devem ser considerados médias aproximadas, pois o consumo de água pode variar significativamente com o tipo de processo utilizado.

¹⁷ Mais detalhes sobre o cultivo do algodão no Anexo E.

destes grãos, enquanto na pecuária extensiva considera-se basicamente a água ingerida pelo animal.

O processamento do couro envolve grande volume de água. Para produzir 1 kg de pele, matéria-prima a ser curtida e transformada em couro, são necessários em média de 30 a 35 litros de água (SREERAM e RAMASAMI, 2003).

Assim, na indústria calçadista, é importante dar atenção ao consumo de água na geração e processamento das matérias-primas, mesmo que a montagem e distribuição do calçado ocorram em instalações projetadas e equipadas com elementos que permitam economia e tratamento de água. Detalhes do consumo de água para cada material específico constam do Anexo E.

4.5.4 Consumo de energia na produção de calçados

O consumo de energia pode não apresentar grande variabilidade entre empresas, já que o maquinário é bastante específico, diferindo pela idade e tecnologia. Porém, as fontes de energia estão condicionadas à realidade regional onde as fábricas estão instaladas. A China, por exemplo, tem 80% de sua produção proveniente do carvão, além do que, pela característica de subcontratação, as empresas possuem limitado controle sobre esta variável.

4.5.5 Responsabilidade social na indústria calçadista

Analisando o domínio tradicional da responsabilidade social, ou seja, as condições de trabalho e a relação entre empresa e seus funcionários, item 3.3.5, têm-se que antes da industrialização e no seu início, algumas das atividades essenciais da produção de calçados eram ligadas às classes sociais de baixa remuneração. O curtimento, por exemplo, até o estabelecimento das fábricas modernas, por ser uma atividade potencialmente suja e pelo cheiro exalado, era realizado fora dos limites das cidades, pelos cidadãos mais pobres. A quantidade de trabalho envolvida fazia com que a matéria-prima do calçado fosse extremamente cara, por isto, apenas os mais abastados podiam substituir calçados regularmente (DEMELLO, 2009). Por outro lado, com a industrialização, em alguns casos a história da indústria calçadista se confunde com a organização do trabalho e a criação de sindicatos para representar os trabalhadores, como foi descrito para o caso norte-americano no item 4.2.

Atualmente, a cadeia está baseada na centralização do projeto e na subcontratação da produção, como foi descrito no item 4.1. A escolha por subcontratar empresas em países com baixo custo de mão-de-obra pode levar à opção, consciente ou não, por fornecedores que

utilizem políticas inadequadas em relação às condições de trabalho, à remuneração e ao trabalho infantil. O argumento utilizado em defesa de grandes companhias ou marcas é o questionamento de até que ponto uma empresa pode ser responsabilizada por ações de seus subcontratados e pelas questões culturais e necessidades sociais de determinados países (LOCKE e SITEMAN, 2003). Estas são questões em aberto e que emergem nas discussões atuais sobre sustentabilidade, sob o ponto de vista social, em organizações que optam por uma estrutura em escala global. Mas é fato que notícias que associam marcas e produtos a condições de trabalho ruins, afetam os consumidores, trazendo redução das vendas. Por isto as empresas têm cuidado, cada vez mais, na escolha de seus parceiros e na consolidação de códigos de ética a serem obedecidos pelos subcontratados, além da busca por certificações em saúde e segurança do trabalho e parcerias com instituições como a FLA, comentadas no item 3.3.5. Exemplos destas iniciativas são retratados nos estudos de caso, no capítulo 6.

Na indústria calçadista pode-se associar a aplicação do princípio da precaução, principalmente, (i) à seleção e produção de materiais, (ii) ao controle da manufatura e dos resíduos gerados e (iii) ao planejamento do fim do ciclo de vida dos produtos. Neste sentido, de maneira geral, pouco tem sido feito para reduzir os danos gerados no uso por matérias-primas ambientalmente danosas. Além disto, como dito no item 4.5.2, o resíduo pós-consumo não é considerado um problema para as empresas, pois geralmente o destino final são os aterros municipais, cujo custo é arcado pelas prefeituras.

4.6 Considerações Finais

Neste capítulo, buscou-se proporcionar uma caracterização detalhada e ao mesmo tempo abrangente do objeto do estudo prático – o setor calçadista – no Brasil e nos Estados Unidos, com base no relato do contexto atual e da evolução histórica. Enfatizou-se, principalmente, as inovações decorrentes do desenvolvimento dos calçados esportivos além das razões já expostas anteriormente e, também, porque os estudos de casos analisam este tipo de calçado ou calçados do estilo casual, que são resultado da transformação do vestuário cotidiano e da popularização do uso de tênis.

Acredita-se que o entendimento das transformações que ocorreram no passado e/ou em outras nações podem ajudar a explicar a situação presente e alicerçar a preparação de mudanças futuras. Mais informações sobre o produto calçado, além do relato dos estudos de caso presentes no capítulo 6, são apresentados no Anexo E – Breve caracterização ambiental dos materiais da indústria calçadista.

CAPÍTULO 5

5 Caracterização dos estudos de caso e proposta de método de análise

Esta pesquisa tem seus objetivos centrados no estudo de iniciativas voltadas ao desenvolvimento sustentável de produtos em empresas calçadistas. Portanto, é um trabalho direcionado à investigação de mudanças nas áreas de projeto de produto e produção. Utiliza-se o conceito berço ao berço como parâmetro de comparação e forma de avaliação das iniciativas que visam alcançar a sustentabilidade ambiental, social e econômica. A condução da pesquisa foi estruturada fundamentalmente na revisão crítica da literatura e em estudos de casos de empresas brasileiras e norte-americanas.

Segundo Yin (2003), o estudo de caso é uma investigação empírica sobre um fenômeno contemporâneo, em seu contexto real, no qual os limites entre fenômeno e contexto não são claramente evidenciados. O estudo de caso é reconhecido como uma investigação multifacetada, em profundidade, de um único fenômeno social. É conduzido em grande detalhe e, com frequência, baseia-se no uso de várias fontes de evidência (ROESCH, 1999). Na condução de um estudo de caso, permite-se também considerar um grande número de variáveis, as quais não precisam necessariamente ter sido pré-determinadas. Com isto, o estudo de caso possibilita explorar processos, investigados à medida que eles se desenrolam nas organizações.

O tema sustentabilidade, por sua vez, apresenta algumas especificidades em sua análise. Segundo Sholz e Tietje (2002), atualmente, não é possível conhecer exatamente as propriedades do que seria uma organização sustentável, ou como é o início de algo que será sustentável, assim como são desconhecidas todas as barreiras a serem ultrapassadas para se alcançar a meta de sustentabilidade. Por isto, pode-se entender o tema sustentabilidade como um problema de pesquisa não completamente definido (SCHOLZ e TIETJE, 2002). Em parte, porque as decisões, investigadas em pesquisas como esta, são atribuídas ao comportamento humano, no entanto, as relações de causa e efeito entre os sistemas natural e social interferirão no alcance da meta de alcançar uma estrutura produtiva sustentável ambientalmente.

Segundo Graedel e Klee (2002), é mais simples demonstrar que a forma como interagimos com o planeta atualmente é insustentável, no entanto, é menos claro demonstrar como poderia ser completamente sustentável. Esses autores, que defendem a necessidade de métricas para aferir o alcance de objetivos e metas de sustentabilidade, procuram listar, de

maneira ampla, o que realmente precisa ser mantido ou sustentado: (i) as características climáticas atuais - período holocênico (balanço térmico, correntes oceânicas, etc.); (ii) o funcionamento dos sistemas ecológicos planetários (florestas, pântanos, etc.); (iii) estoque de recursos; (iv) organismos vivos; (v) estabilidade política e econômica com toleráveis variações.

Neste contexto complexo e com alto nível de incerteza, os estudos de caso desta pesquisa são do tipo exploratório, porque apesar de muitos trabalhos sobre desenvolvimento sustentável de produtos terem sido publicados, ainda não há uma teoria unificada a disposição. Como a maioria dos problemas complexos deste tipo, o desenvolvimento sustentável de produtos pode ser conformado por inúmeros fatores interligados que impactam de diferentes maneiras o sistema estudado. Entre eles, podem ser destacados o contexto histórico do problema, tratado de forma ampla no capítulo 2 e de forma específica dentro do setor calçadista no capítulo 4. Da mesma forma, o conjunto de conceitos, estratégias, ferramentas e modelos que tratam sobre sustentabilidade, principalmente quanto à dimensão ambiental, comentados no capítulo 3. Neste sentido, ressalta-se a importância da revisão bibliográfica como base para a atuação nos estudos de caso e a escolha das variáveis utilizadas.

Neste trabalho, os critérios de avaliação adotados no conceito berço ao berço, e enunciados na certificação C2C, foram usados como base para a construção das variáveis a serem analisadas nos estudos de caso, item 5.1.2.3. Esses critérios foram alvo de revisão crítica e complementados quando necessário, conforme comentado no item 3.3. Apesar de o estudo ter foco na análise de iniciativas relativamente recentes e que variam significativamente entre as empresas estudadas, ressalta-se a importância do trabalho quantitativo sobre o tema, pois segundo Graedel e Klee (2002), sem objetivos numéricos, 'sustentabilidade' permanecerá, apenas, como um conceito e não algo capaz de ser posto em prática.

A estratégia de pesquisa busca unir métodos qualitativos e quantitativos. O desafio neste tipo de estratégia é garantir critérios de qualidade e de confiabilidade, validade e objetividade na coleta de dados. Para isto, se utiliza a triangulação, ou seja, a análise de várias fontes de evidência, sendo as três principais (i) as informações divulgadas pelas empresas em seus relatórios corporativos e seus websites, (ii) entrevistas ou palestras com profissionais que trabalham nas empresas, e (iii) análise de produtos verdes desenvolvidos nestas empresas.

Desta forma, a estratégia metodológica aqui delineada será detalhada nos próximos itens deste capítulo.

5.1 Caracterização dos estudos de caso

Segundo Yin (1994), cada caso deve servir a propósitos específicos dentro do escopo da pesquisa, e podem-se considerar múltiplos estudos de caso como múltiplos experimentos, dentro de uma lógica de replicabilidade. Neste estudo, foram realizados um estudo piloto e quatro estudos de caso para analisar diferenças e semelhanças entre as iniciativas ambientais de diferentes empresas em contextos distintos como é detalhado a seguir.

5.1.1 Caracterização dos Estudos de Caso no Brasil

Os estudos de caso no Brasil objetivaram caracterizar o momento presente da indústria calçadista, com sua estrutura de produção tradicional e investigar que iniciativas estavam sendo tomadas em favor de tornar o produto mais ambientalmente amigável.

As empresas brasileiras forneceram informações que não estão disponíveis publicamente, por isto, adotou-se letras para designá-las.

5.1.1.1 Estudo Piloto: Empresa F

O estudo piloto apresenta a realidade de uma empresa calçadista de porte médio, do estado do Rio Grande do Sul, que concentra sua produção em uma fábrica no Vale do Rio dos Sinos. Com sede em Estância Velha e com 20 anos desde sua fundação, neste estudo, será chamada de empresa F.

O estudo piloto foi realizado no intuito de verificar as ferramentas de coleta de dados e também, avaliar as condições de uma empresa tradicional do setor calçadista brasileiro, em especial do RS. Apesar de a empresa ter duas décadas de idade, seu fundador tinha experiência de mais de cinquenta anos de trabalho em empresas de calçados do Vale dos Sinos. No período da coleta de dados, em 2008, a empresa empregava em torno de 180 funcionários diretamente e 220 indiretamente através de ateliês e terceirizados.

A empresa caracteriza-se pela produção de tênis para a prática de skate. Por isto, seus produtos são direcionados ao público que procura um calçado bastante resistente e com um custo acessível. A empresa possui marca própria e também produz, como subcontratada, para outras empresas, produzindo sob demanda em torno de 100 diferentes modelos de tênis.

Dentro de seu objetivo, o Estudo Piloto caracterizou quais informações estavam facilmente disponíveis e o motivo pelo qual estas informações eram conhecidas na empresa, principalmente pelos profissionais da produção. Como a empresa não apresentava iniciativas a respeito de sustentabilidade, o estudo envolveu somente a equipe de produção.

O estudo transcorreu entre junho e setembro de 2008, tendo iniciado com uma reunião de apresentação da problemática ambiental e do objetivo do trabalho para o proprietário da empresa que, na oportunidade, apresentou as instalações e selecionou duas pessoas do setor de produção para auxiliar na coleta de dados. Também contribuiu no levantamento de informações a responsável pelo setor de recursos humanos (RH). Depois da primeira reunião, foram realizados mais cinco encontros, nos quais foi analisado o modelo mais vendido da marca própria da empresa, Figura 24, com base no preenchimento dos formulários da certificação C2C, presentes nos Anexo B.



Figura 24 – Modelo estudado na Empresa F

Depois do estudo piloto, reconheceu-se que o preenchimento de todos os formulários da certificação C2C não era uma tarefa viável, quando a empresa não tinha objetivo de certificar-se, e assim optou-se por uma versão resumida. Posteriormente, teve início o estudo de iniciativas ambientalmente amigáveis.

5.1.1.2 Estudo de Caso I: Empresa E

A empresa que sediou o primeiro estudo de caso, referenciada como empresa E, é uma das maiores empresas produtoras de calçados do Brasil, com onze marcas de calçados e artigos esportivos e duas marcas de tecidos. Desde 1907, divide sua produção entre sapatos, tecidos e acerados. Atualmente, as unidades de negócio são: unidade têxtil, unidade sandálias, unidade artigos esportivos e unidade varejo.

Sediada em São Paulo com sua administração e sua equipe de desenvolvimento de produtos, a empresa opera quatorze (14) plantas no Brasil, Uruguai e Argentina. No Brasil, tem fábricas na Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Amazonas, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Nesta distribuição geográfica, os estados do Nordeste (Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco) concentram a produção de artigos esportivos, enquanto, no Sudeste (São Paulo, Minas Gerais), destaca-se a produção de sandálias. Quando foi realizado o estudo de caso, sua equipe de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) trabalhava em São Leopoldo (Rio Grande do Sul), devido à presença de todos os representantes da cadeia calçadista no Vale do Rio dos Sinos e Paranhana, e também pela tradição da região na produção de calçados. A equipe de P&D era dividida entre Desenvolvimento de Produto (DP), Materiais, Laboratório e Solados. A coleta de dados neste trabalho envolveu, basicamente, os profissionais que trabalhavam nestes setores. A empresa também contava com uma fábrica recém adquirida na Argentina, e subcontrata fábrica montadora de sapatos na China.

Segundo informações disponibilizadas online, no período da coleta de dados, a empresa tinha objetivo empresarial de se colocar como uma empresa global, baseada no desenvolvimento e comercialização de produtos. Seus produtos estão entre os mais conhecidos dentro do país, e alguns também no cenário internacional. Depois de muitos produtos reconhecidos, principalmente na área têxtil, nos anos 70 a empresa investiu no mercado de artigos e marcas esportivas, tendo atualmente, duas marcas próprias e duas licenciadas neste segmento. A empresa segue a estratégia de patrocinar atletas, comum no setor e, além disto, investe na identidade nacional de certos produtos, os quais possuem longa trajetória desde seus lançamentos.

O mapeamento do processo de desenvolvimento de produtos na empresa foi realizado em um trabalho de mestrado. O estudo, defendido por Santos (2008), descreveu um número consideravelmente inferior de atividades no projeto informacional (que precede o início do Desenvolvimento de Produtos) trabalhado pela equipe de projeto em SP, em relação ao projeto detalhado desenvolvido pelo P&D no RS. Por isto, a coleta de dados baseou-se na atuação dos profissionais do setor de P&D, mesmo porque, segundo a caracterização do PDP na empresa, apresentada por Santos (2008), *“o designer configura-se como um profissional que desenha cabedais e solado, a partir de uma grande acervo de solados (conjunto de desenhos de solados – parte inferior do calçado) e cabedais (conjunto de desenhos de cabedais – parte superior do calçado), armazenados no sistema da empresa tendo sido*

previamente definidos”. Neste contexto, as orientações técnicas e as orientações para a manufatura contempladas na ficha técnica são definidas pelo P&D (SANTOS, 2008).

Para a realização desta pesquisa, ocorreram três reuniões com a equipe de P&D em São Leopoldo, em outubro e novembro de 2008 e em julho de 2009. Na primeira reunião, foram escolhidos os modelos a serem analisados, Figura 25, um da linha Verde, e outro Convencional. Na segunda reunião, quando estavam presentes a responsável pelo laboratório de ensaios físico-mecânicos e uma assistente, foram esclarecidas dúvidas sobre o preenchimento dos formulários, principalmente sobre os dados de consumo de água e energia. A partir desta reunião, os formulários foram enviados via e-mail. Foi realizada uma terceira reunião com os profissionais envolvidos no projeto do calçado, em julho de 2009, para que fossem identificados os objetivos e as ferramentas que guiaram o desenvolvimento do produto Verde.



Modelo Verde, lançado em 2008



Modelo Convencional

Figura 25 - Modelos analisados da Empresa E

O modelo da linha Verde, Figura 25, representa a primeira iniciativa da empresa no desenvolvimento de um produto ambientalmente amigável. O produto foi vinculado a uma das marcas tradicionais de calçados esportivos, direcionados principalmente à prática de voleibol e ao uso cotidiano.

O modelo Convencional é um produto tradicional da empresa, o mais reconhecido dentro da sua marca, salientando-se que pertence a outra marca, cujos produtos são associados ao futebol de salão (futsal). É um tênis simples, durável, de preço acessível, bastante vendido e com poucas modificações ao longo dos anos, que está dentro da linha casual da marca.

O objetivo da coleta de dados nesta empresa foi identificar quais as mudanças realizadas no desenvolvimento do produto e seus resultados práticos nas características que diferenciavam o produto Verde de um produto Convencional.

5.1.2 Caracterização dos Estudos de Caso nos EUA

O período de doutorado sanduíche, na Universidade da Califórnia – Berkeley permitiu o contato com um contexto de ensino e literatura variados sobre as questões ambientais. Além disto, possibilitou conhecer o desenvolvimento de produto em empresas americanas, que atualmente têm modelos de negócio bastante distintos em relação ao modelo brasileiro, no contexto da cadeia calçadista. Os estudos de caso desenvolvidos nos EUA buscaram observar como trabalham pequenas e médias empresas, que têm em seu *core business* fazer produtos ambientalmente orientados, e também investigar como uma grande desenvolvedora de calçados – que nasceu dentro de um modelo tradicional – está buscando fazer a transição para inserir a dimensão ambiental.

Neste trabalho, foram utilizadas apenas informações que as empresas tornam públicas, assim as marcas são usadas na identificação de cada estudo de caso.

5.1.2.1 Estudo de Caso II: Empresa Patagonia

A empresa tem sede em Ventura, estado da Califórnia, desenvolve e vende vestuário (calçados e roupas), equipamentos e artigos para esportes *outdoors*. A empresa Patagonia se originou de uma fabricante de artigos para montanhismo que, na década de 1970, reconheceu que fazer roupas para escaladas, caminhadas e outras atividades em espaço aberto, poderia ser um bom negócio. Desde então, a empresa vem introduzindo inovações, dentro deste campo de atuação, como roupas para montanhismo, esqui, *snowboarding*, *surfing*, canoagem e caminhada em espaços abertos (*hiking*). A empresa permanece sendo de capital fechado, porque seu proprietário entende que assim tem maior liberdade e controle sobre os rumos que a empresa pode e deve tomar.

De acordo com seu *website*, em torno de 1000 pessoas trabalham diretamente para a empresa, nos escritórios, lojas e centros de distribuição estruturados em diversos pontos dos EUA, com sede em Ventura e centros de distribuição em Reno (Nevada) e em Howard (Michigan). A empresa contrata sua produção em vários países: China, Canadá, Colômbia, Costa Rica, El Salvador, EUA, Guatemala, Índia, Israel, México, Nicarágua, Filipinas, Portugal, Tailândia, Tunísia, Turquia e Vietnã. Muitos destes países sediam apenas a produção de roupas e não de calçados, e em torno de 80 fábricas produzem para a marca.

A empresa possui, entre seus produtos, calçados que exigem certo desempenho e resistência, que podem ser comparados aos da empresa Nike, principalmente na linha para

caminhada. No entanto, produz também sandálias e calçados para o dia a dia, comparáveis aos da empresa Simple Shoes, descrita a seguir.

Muitas das informações sobre as características dos materiais utilizados, o local de produção, e a pegada ecológica de alguns produtos estão disponibilizadas *online* na página da empresa. O início do estudo de caso se deu nas discussões que o vice-presidente de design da empresa manteve em um painel sobre sustentabilidade (*Sustainable Design for the Greater Good*), transcorrido em 5 de março de 2009, na UC Berkeley, Haas School of Business, evento em que estava presente também o Diretor Global de Projeto Sustentável de Produto da Nike.

Como a empresa Patagonia tem sua imagem ligada a produtos ambientalmente amigáveis, no estudo de caso analisaram-se dois produtos equivalentes de anos consecutivos, buscando sinais de continuidade ou evolução no desenvolvimento de produtos. A Figura 26 ilustra os dois modelos femininos de uso cotidiano, o primeiro da linha de 2008 (Modelo Verde I, Sugar & Spice) e o seguinte da linha de 2009 (Modelo Verde II, Maui Jane).



Modelo Verde I, Sugar & Spice (Linha 2008)



Modelo Verde II, Maui Jane (linha 2009)

Figura 26 - Modelos analisados da Empresa Patagonia

5.1.2.2 Estudo de Caso III: Empresa Simple Shoes

A empresa Simple Shoes começou a produzir calçados em 1991 e, em 1993, foi adquirida pela empresa Deckers, que contempla outras três marcas conhecidas no cenário americano. A empresa Simple Shoes continuou de certa forma independente, tendo suas próprias metas. A equipe de desenvolvimento de produto está sediada em Goleta, estado da Califórnia, mesma cidade que abriga da o grupo ao qual a empresa pertence. Este grupo, que

iniciou suas atividades em 1973, com a produção de sandálias, a partir de 1985 teve um considerável crescimento após estabelecer ligação com outra marca já bastante conhecida.

Entre os produtos específicos da empresa Simple Shoes estão principalmente calçados esportivos para o dia a dia, tênis, sandálias e tamancos (*clogs*), num estilo bastante despojado.

As informações sobre as características do produto usadas na análise estavam disponíveis *online*, inclusive uma análise do ciclo de vida feita dentro do programa de gerenciamento ambiental da *Donald Bren School of Environmental Science and Management*, na Universidade da Califórnia - Santa Bárbara (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008).

Da mesma forma que a empresa Patagonia, a Simple Shoes assume o compromisso de oferecer produtos ambientalmente amigáveis. Assim, foram estudados dois produtos de linhas de anos diferentes, como é ilustrado na Figura 27. O modelo mais atual, da linha de 2010, (Modelo Verde II, D-Tach) é anunciado pela empresa como uma considerável evolução em direção a um calçado ambientalmente amigável, e pressupõe um progresso em relação ao modelo de 2008. Desta forma, o estudo de caso buscou analisar como a estratégia de projeto trouxe resultados anunciados pela empresa.



Modelo Verde I, Green Toe (Linha 2008)



Modelo Verde II, D-Tach (Linha 2010)

Figura 27 – Modelos analisados da Empresa Simple Shoes

5.1.2.3 Estudo de Caso IV: Empresa Nike, linha *Considered*

A empresa Nike foi fundada em 1964 com o objetivo de vender, nos EUA, artigos esportivos fabricados no Japão. Na época, as empresas de eletrônicos já percebiam que os artigos japoneses tinham maior qualidade com menor preço; o setor calçadista, porém, continuava produzindo em países de alto custo de mão-de-obra, como os EUA e a Alemanha. Hoje, a empresa é líder na venda de calçados esportivos, cujo lucro anual é entorno de US\$19 bilhões.

Pode-se dizer que a trajetória desta empresa diz muito da história recente da estrutura do setor calçadista americano e mundial, não apenas no segmento esportivo. Sua estratégia de subcontratação da produção, em países de menor custo de mão-de-obra, influenciou a migração de grande parte da produção de calçados dos EUA e o surgimento da cadeia produtiva globalizada na indústria calçadista, com grande participação da Ásia, como uma das principais sedes da produção de sapatos (ver item 4.1). Atualmente, os produtos da marca são produzidos em aproximadamente 700 fábricas, em 51 países, que somam em torno de 500.000 trabalhadores. No entanto, trabalham diretamente para a empresa apenas 22.658 pessoas, a maior parte delas nos EUA. Muitas das pessoas empregadas diretamente pela empresa trabalham no desenvolvimento de produtos, sediado principalmente na cidade de Portland, no estado do Oregon. É importante ressaltar que destas 700 fábricas, apenas 68 produzem calçados (as demais produzem itens de vestuário e equipamentos esportivos), e a grande maioria das fábricas de calçados está localizada na Ásia, com a exceção de cinco fábricas no Brasil, uma na Argentina, duas no México e duas na Itália.

Os calçados da empresa se caracterizam pelo alto desempenho assegurado aos atletas dos mais diferentes esportes. Entretanto, boa parte do seu público não é formada necessariamente por atletas, mas por consumidores que usam os calçados no dia a dia e estão interessados na marca e na estética dos calçados, além do conforto e desempenho. Neste caso, pode-se afirmar que um conjunto de características técnicas para o qual o calçado é projetado pode ser em grande parte subutilizado ao longo da vida útil do produto.

O destaque para inovação e desenvolvimento de produtos tornou-se emblema da empresa principalmente a partir de 1985. Entretanto, as questões sobre impacto ambiental, materiais utilizados e a busca por um produto ambientalmente amigável tiveram início na empresa com o desenvolvimento da linha verde (*Considered*), lançada em 2005, a qual prevê atingir todos os produtos nas linhas de calçado em 2011, de vestuário em 2015 e equipamento em 2020.

O contato com esta empresa ocorreu em uma reunião com o diretor de desenvolvimento da linha Verde, no centro de desenvolvimento de produtos da empresa em Beaverton, em abril de 2009. Nesta reunião, foi apresentada toda a estrutura que a empresa tinha desenvolvido até então, para trabalhar com as questões ambientais de seus produtos. Depois, foram apresentados os objetivos e os conceitos que baseiam a presente pesquisa, e foi discutida a situação do Brasil no cenário mundial da produção de calçados.

Somando-se às informações publicadas pela empresa, apresentadas no capítulo 6, são apresentadas algumas informações disponibilizadas pela empresa de consultoria ambiental “*The Natural Step*”, que trabalha com a Nike desde 1998, no desenvolvimento de ferramentas para auxílio nas decisões de desenvolvimento de produtos da empresa, bem como a partir do Relatório Corporativo 2005-2006.

Os produtos analisados, Figura 28, foram selecionados por apresentarem soluções ambientalmente amigáveis segundo a empresa na cronologia da linha *Considered*¹⁸, sendo os dois modelos da linha de 2009. O tênis Humara (Modelo Verde I) teve como meta a redução de resíduo e cola na montagem do calçado, além da incorporação de resíduos pós-consumo. A proposta do tênis Pegasus 25 (Modelo Verde II) é a máxima eficiência de um calçado de corrida, com uma abordagem ambientalmente amigável. Assim, o principal enfoque foi dado ao peso do calçado, seguindo a premissa "menos peso igual a menos resíduo".



Modelo Verde I, tênis Humara,

Modelo verde II, Tênis Pegasus 25

Figura 28 - Modelos analisados da Empresa Nike

Devido ao curto prazo de substituição dos modelos da empresa, os dois calçados estudados já se encontram fora de linha e são de difícil aquisição atualmente. O objetivo do estudo de caso foi analisar quais diferenciais e metas de projeto usadas nestes calçados, já que a empresa, além de ser uma das mais reconhecidas no mercado mundial, vem buscando a transição do desenvolvimento de produtos tradicional para soluções ambientalmente amigáveis.

¹⁸ Ver http://www.nike.com/nikeos/p/gamechangers/en_US/cd_products

5.2 Coleta de dados e variáveis de avaliação

O desenvolvimento da pesquisa mesclou coleta de dados qualitativa e quantitativa. A coleta qualitativa foi realizada através do contato com os representantes de algumas das empresas e em palestras e eventos públicos, onde esses representantes tiveram oportunidade de expor a situação de suas empresas.

A coleta de informações quantitativas baseou-se nas cinco áreas propostas no conceito berço ao berço e trabalhadas nos formulários desenvolvidos para a certificação Berço ao Berço (Cradle to Cradle – C2C) da empresa americana MBDC¹⁹. Contudo, a estruturação dos subcritérios e métricas foram propostos neste trabalho, e são diretrizes para a análise de alternativas ao longo do desenvolvimento de produtos.

As empresas brasileiras forneceram diretamente as informações pedidas, enquanto nos estudos de caso das marcas americanas foram usadas principalmente informações de domínio público, divulgadas em meios de comunicação oficiais como em relatórios corporativos e *websites* específicos das empresas, os quais esclarecem aos consumidores as características dos produtos.

As informações específicas à montante na cadeia de suprimentos, como por exemplo, a energia incorporada nos materiais empregados nos modelos analisados, foram calculadas a partir da pesagem dos componentes dos produtos, com informações de bases de dados usadas para estudos de Análise de Ciclo de Vida ou softwares que auxiliam a escolha de materiais ambientalmente amigáveis. Tais fontes são mencionadas no item 5.2.1.3 e também constam nos anexos.

As informações estão divididas em cinco grandes áreas: Materiais, Reutilização de Materiais, Água, Energia e Responsabilidade Social. A utilização da estrutura da certificação, neste trabalho, se restringe somente à coleta de dados, e sua escolha foi baseada na sua consonância com o conceito berço ao berço. O emprego dos formulários, nesta pesquisa, tem o sentido apenas de organizar a coleta de dados e não objetiva avaliar a certificação em si, nem os produtos já certificados, mesmo porque, atualmente, não há nenhum produto calçadista, no mundo, certificado por este selo. Não se espera que os produtos analisados neste estudo sejam ou pretendam ser certificados. Por isto, os três níveis da certificação

¹⁹ Os formulários estão no Anexo B.

(mencionados no item 3.3) não serão utilizados na análise dos resultados como itens de classificação de produtos ou mesmo das empresas.

Além disso, acrescentou-se o questionamento sobre o uso de estratégias ambientais no processo de desenvolvimento de produtos ou na produção. Estas estratégias referem-se às abordagens presentes na literatura e apresentadas no capítulo 3.

As informações da área de Materiais buscam evidenciar a toxicidade do processo produtivo e do produto, quais compostos químicos estão sendo empregados e quais estão sendo substituídos. A Reutilização de Materiais engloba tanto a proporção de matérias-primas rapidamente renováveis, quanto a possibilidade de processos de reciclagem e compostagem dos próprios componentes do produto ou a utilização de materiais descartados por outras indústrias. Os protocolos sobre Água e Energia buscam identificar as fontes e como são utilizados os respectivos recursos dentro da fábrica. No caso do recurso hídrico, caracteriza-se também como a água é devolvida ao meio ambiente, ou seja, como se dá o tratamento de efluentes. O formulário de Responsabilidade Social envolve a verificação de quais são, e se estão registrados, os objetivos éticos e sociais da empresa, em relação às questões como: trabalho infantil, saúde e segurança dos trabalhadores, discriminação, horas trabalhadas, entre outros e quais ações têm sido tomadas neste sentido.

Além das variáveis apontadas na certificação C2C, depois do estudo piloto, percebeu-se a necessidade de se obter informações sobre as características do negócio da empresa, bem como sua escala e a organização de sua cadeia de produção. Então, em acréscimo, buscou-se analisar, ainda que em menor profundidade, a estratégia de negócio e o volume de produção da empresa, com objetivo de envolver as questões da dimensão econômica dentro do conceito de sustentabilidade. Estas variáveis são tratadas à parte, porém serão relacionadas aos resultados alcançados em sustentabilidade, na análise qualitativa das iniciativas. Assim, se busca avaliar se existe relação entre a complexidade do produto e da cadeia e os resultados que se pode alcançar, em termos de menor impacto ambiental.

No decorrer dos estudos de caso, foi sendo comprovado que não é aconselhável comparar empresas que trabalham com cadeias pequenas e grandes, sem distinção entre elas. Considera-se que destacar este tipo de diferença e os resultados alcançados, na prática, pela empresas, pode trazer considerações bastante úteis dentro de uma pesquisa exploratória de um

problema abrangente. Além disto, existe a diferença entre produtos, mesmo considerando o foco em calçados casuais e esportivos.

Nas empresas brasileiras, alguns dados eram do conhecimento específico da equipe de desenvolvimento de produtos, enquanto outros eram relacionados à estrutura de produção, o que gerou algumas dificuldades na coleta de dados. Estas dificuldades, ou mesmo o desconhecimento, por parte da empresa, de informações relacionadas a qualquer uma das áreas mencionadas acima, foram levadas em consideração, dentro da coleta qualitativa, como será descrito posteriormente. Da mesma forma, para as empresas americanas, avaliou-se a qualidade e a clareza das informações disponibilizadas. A soma destas informações é capaz de fornecer um quadro satisfatório da organização, no que tange à sustentabilidade ambiental, social e econômica.

A seguir são detalhadas as variáveis estudadas, assim como os indicadores utilizados. Acredita-se que a estrutura composta para analisar os estudos de caso já faz parte das contribuições do presente trabalho, inserindo-se no objetivo específico de apresentar uma análise de como o processo de desenvolvimento de produtos deve ser guiado, no sentido de alcançar sustentabilidade e fluxo cíclico e fechado nos processos de produção e consumo, considerando metabolismos biológicos e tecnológicos.

5.2.1 Variáveis relacionadas à sustentabilidade ambiental

A análise de um produto, em relação ao impacto ambiental, pode ser realizada em vários níveis de detalhamento. O objetivo dos estudos de caso desta pesquisa é fazer uma descrição abrangente das metas de desenvolvimento e os resultados alcançados de um produto determinado - o calçado - no que tange às iniciativas de melhoramento do desempenho ambiental, tanto na produção, quanto no uso e pós-uso.

5.2.1.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto

Esta variável de estudo busca mapear as ferramentas utilizadas na tomada de decisão da equipe de desenvolvimento de produtos. Pode enfatizar o projeto de um modelo ou de determinada linha específica da empresa. É verificado se a empresa faz uso de técnicas que avaliam impacto ambiental e se leva em consideração seus resultados no projeto do produto e na definição de metas futuras, no direcionamento de sua equipe de P&D.

Busca-se identificar, também, quais são as técnicas empregadas, e se estas são ferramentas conhecidas e descritas na revisão de literatura (como ACV e pegada ecológica), ou se a empresa desenvolveu técnicas próprias, para orientar sua equipe de desenvolvimento. Esta variável está ligada às demais variáveis ambientais, porque ao empregar estratégias de quantificação de impacto ambiental, trata-se de materiais, água, energia e também de responsabilidade ambiental.

5.2.1.2 Estratégias ambientais usadas na produção.

Esta variável busca identificar as ferramentas utilizadas para mitigar o impacto ambiental, a partir do planejamento da produção. Portanto, relaciona-se ao conjunto de produtos da empresa. É verificado se a empresa faz uso de técnicas que reduzem o impacto ambiental, ao longo da fabricação, bem como, ferramentas de final de tubo, e se existem metas futuras que preveem modificações, em médio e longo prazo. Busca-se identificar se a montadora tem convênio com outras empresas, para dar destino à matéria-prima que sobra da produção, baseado no conceito de ecologia industrial. Pressupõe-se que esta variável depende do modelo de negócio adotado pela empresa (subcontratação ou posse da produção) e de sua proximidade e controle das fábricas montadoras do produto.

5.2.1.3 Materiais

Nesta variável identifica-se a política adotada pela empresa para a escolha de materiais. Inicialmente, identifica-se se a empresa possui as informações sobre as características ambientais dos materiais empregados e dos componentes de seus produtos em geral. Nas empresas brasileiras, estas informações foram questionadas diretamente aos seus representantes, e nas empresas americanas foram analisadas as informações disponíveis publicamente.

Posteriormente, é apresentada a lista de materiais do produto analisado, quando esta lista é disponibilizada pela empresa. Objetivou-se reconhecer se são usados materiais que representam algum risco à saúde humana e/ou ambiental. Para esta análise, empregou-se a classificação de risco, comentada no item 3.3.1 da revisão de literatura, que aborda a certificação C2C e que atribui quatro níveis (verde, amarelo, vermelho e cinza) às substâncias componentes. As informações sobre a toxicidade de cada material foram extraídas de publicações científicas específicas ou do documento MSDS (*Material Safety Data Sheet*), fornecido obrigatoriamente pelos fabricantes dos respectivos materiais.

Buscou-se quantificar a variável ‘Materiais’ através de informação a respeito da massa de cada material para a constituição do produto, consumo de água e energia incorporada. Os produtos foram separados em seus componentes principais, os quais foram pesados em balança digital com precisão de 0,01g. Trabalhou-se com a porcentagem de massa do componente em relação à soma da massa total do produto. Nesta análise, o subcritério massa também está relacionado à quantidade de recurso utilizado, bem como o resíduo resultante no fim do ciclo de vida. Além disto, o montante de massa permite estimar o consumo de água (pegada de água) e energia (energia incorporada). Desta forma, os principais indicadores considerados para o critério materiais, ou seja, os subcritérios são descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Descrição dos subcritérios relacionados a Materiais

Subcritério	Definição	Métrica
Toxicidade	Presença de substâncias tóxicas nos materiais	De acordo com os materiais empregados, busca-se identificar se existem substâncias desfavoráveis e qual sua classificação segundo da Figura 19.
Massa	Massa do produto em relação à densidade dos materiais utilizados.	Calcula-se a proporção empregada de cada material e sua massa em relação à massa total do produto, para compor o conjunto do produto. Unidade: kg
Pegada de água	Consumo de água na produção dos materiais utilizados, utiliza valores médios estimados para os principais tipos de materiais de acordo com a literatura.	De acordo com a caracterização dos materiais, descrita no Anexo E, usa-se a estimativa da quantidade de litros/kg de material produzido, através da média geométrica entre o menor e o maior valor estimado.
Energia incorporada (<i>embodied energy</i>) de acordo com os materiais utilizados	Energia consumida por unidade de massa, para produzir o material a partir de suas matérias-primas.	Verifica-se a energia estimada no primeiro ciclo de produção e na reciclagem do material (unidade: MJ/kg), usando a média geométrica dos valores estimados. Os dados utilizados e suas referências constam do Anexo E.

O consumo de água na produção dos materiais foi considerado subcritério, neste caso, ressalta-se que o detalhamento excessivo pode agregar um nível de complexidade que foge aos objetivos deste trabalho (ver item 4.5.3), e por isto antecipa-se que algumas avaliações foram necessariamente simplificadas. O consumo de energia na produção das matérias-primas – energia incorporada – configura-se como um dado bastante importante na escolha dos materiais, por isto, é considerado um subcritério dentro desta área.

O consumo de água e energia foram estimados multiplicando a massa e o valor médio divulgado para o determinado componentes segundo fontes de bancos de dados, conforme as referências enumeradas nas Tabela 12 e Tabela 13, já que nem todos os dados estavam disponíveis em uma mesma base.

Tabela 12 - Fontes utilizadas para estimar a pegada de água dos componentes

Material	Fonte
Borracha (látex) natural, Borracha butílica, EVA, Neoprene, Nailon, Polietileno (PE), Poliestireno (PS), PET, Poliéster, PVC, Alumínio	Ashby, M. F. <i>Materials and the environment: eco-informed material choice</i> . Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann. 2009. 385 p.
Poliuretano (PU)	Eco-profiles of the European Plastics Industry (2010), http://lca.plasticseurope.org .
Polietersulfone (PES)	O dado não foi encontrado em nenhuma das fontes consultadas, assim foi utilizada a média dos valores dos polímeros presentes neste estudo.
Cânhamo (Hemp), Linho (Flax), Juta, Couro	Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) <i>The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products</i> , Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponível em: http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf
Algodão (valor mínimo)	Chapagain et al, <i>The water footprint of cotton</i> , <i>Ecological Economics</i> (2006), 186-203. Disponível em http://www.waterfootprint.org/Reports/Chapagain_et_al_2006_cotton.pdf
Algodão (valor máximo)	Média global segundo Water Footprint Network.

Tabela 13 - Fontes utilizadas para estimar a energia incorporada dos componentes

Material	Fonte
Borracha (látex) natural, Borracha butílica, EVA, Neoprene, Nailon, Polietileno (PE), Poliestireno (PS), PET, Poliéster, PVC, Alumínio	Ashby, M. F. <i>Materials and the environment: eco-informed material choice</i> . Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann. 2009. 385 p.
Algodão, Cânhamo, Couro, Poliuretano (PU), Polietersulfone (PES)	Ashby, M. and Cebo, D.; CES Edupack 2005.
Juta	UN FAO (Food and Agriculture Organization), <i>Consultation on Natural Fibres</i> , Rome, Dec.2004. Disponível em: http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/343/en/esc_4.pdf

5.2.1.4 Fim do ciclo de vida (EoL) e reutilização de materiais

Esta variável envolve as questões de metabolismo tecnológico e biológico. O objetivo é investigar se existem iniciativas da empresa, já em prática ou em fase de implementação, por meio das quais sejam reutilizados materiais descartados de outras fábricas, da própria linha de produção ou provenientes de produtos já usados. Isto é, se são utilizados materiais reaproveitados no produto analisado e se é previsto reaproveitamento de alguns de seus componentes. Além disto, verifica-se a renovabilidade e biodegradabilidade dos materiais.

Objetivou-se reconhecer se as fontes das matérias-primas são ou não renováveis, em qual proporção são utilizados materiais reciclados e/ou recicláveis. Calculou-se a porcentagem de material compostável ou reciclável, e reciclado ou rapidamente renovável. Conforme o item 3.3.2, a reutilização de materiais também pressupõe a existência de uma rede de coleta e retorno às fábricas, ou seja, a estrutura de logística reversa. Assim, os principais indicadores considerados para os materiais estão na Tabela 14.

O ‘Reaproveitamento’ une os materiais recuperados por reuso e reciclagem, o que para uma análise futura pode ser separado, principalmente na comparação entre produtos verdes. Porém, neste estudo, a distinção entre material reusado e reciclado não traz diferença considerável para o resultado da análise. Sobre a métrica ‘Reciclabilidade’, foram considerados materiais recicláveis aqueles que não apresentam importante queda de qualidade de suas propriedades nos ciclos de reciclagem (item 3.2.1) e que possuem uma rede de infraestrutura de reciclagem comercialmente viável, tal com o plástico PET e o alumínio. A especificação do material como reciclável ou não consta do Anexo E. Embora a união de materiais sem possibilidade de separação evidente (laminado, sublimado, dublado, misturado) possa resultar num composto não reciclável, foi considerada a massa do material como reciclável e, posteriormente, comentada a dificuldade de pôr em prática o reaproveitamento.

Tabela 14 - Descrição dos subcritérios relacionados à reutilização de materiais

Subcritério	Definição	Métrica
Reaproveitado	Se o produto foi projetado para absorver materiais ou componentes que foram usados previamente. Recuperados dentro do próprio sistema industrial ou de outro (pós-industrial) ou coletado depois do uso (pós-consumo).	Porcentagem (em massa) do produto composta por material reusado ou reciclado.
Reusabilidade/ Reciclabilidade	Se o produto foi projetado para ser facilmente reciclado por processos mecânicos ou químicos, em escala industrial.	Porcentagem (em massa) do produto composta por material reciclável.
Rede de logística reversa	Se existe uma rede que proporciona retorno do produto p/ reuso ou reciclagem.	São definidos três níveis em ordem crescente de benefícios: (1º) quando não há nenhuma rede de logística reversa; (2º) quando a rede provê o reuso do produto dentro do próprio país; (3º) quando a rede provê reciclagem dos materiais seguindo a rede de coleta pública; (4º) quando há retorno do produto ao fabricante.
Renovabilidade	Em que medida o produto contém recursos rapidamente renováveis, ou seja, materiais de fontes biológicas (animais e plantas), que facilmente se regeneram num curto período de tempo.	Porcentagem do produto composta por material rapidamente renovável.
Biodegradabilidade	Se os materiais componentes do produto são reconhecidamente seguros para compostagem em sistemas públicos ou privados. Ou se o material se degrada num período de tempo muito mais curto que seus similares.	Porcentagem do produto composta por material rapidamente biodegradável ou compostável.
Características de desmontagem (DfD)	Se o produto foi projetado para que seus componentes sejam reutilizados no final da vida útil, ou substituídos para extensão da vida útil.	São definidos três níveis em ordem crescente de benefícios: (1º) quando o produto não pode ser desmontado, apenas cortado, ou moído; (2º) quando o produto apresenta fácil desmontagem, mas apenas no final da vida útil; (3º) quando o produto tem componentes que podem ser substituídos possibilitando extensão da vida útil.

5.2.1.5 Uso da Água

Todas as informações sobre consumo de água, ao longo do processo produtivo, são consideradas, bem como suas fontes. Como nem todas as empresas possuem estes dados, algumas das análises foram realizadas com base em estimativas enunciadas na bibliografia ou realizadas por organizações especializadas no assunto (ver item 2.1.1). Além disso, a ausência de dados sobre consumo de água foi considerada como informação sobre o quanto esta variável é ainda negligenciada, principalmente nas regiões em que é abundante.

Conforme, os subcritérios descritos na Tabela 15, a análise buscou considerar as fontes de água e o consumo nas edificações e parques industriais das empresas. Foi também avaliado se há estratégias para redução de consumo e tratamento para reutilização de água da chuva ou águas servidas.

Tabela 15 - Descrição dos subcritérios relacionados ao uso da água

Subcritério	Definição	Métrica
Fonte na montagem	Considera tipo de abastecimento de água nas fábricas que montam o calçado.	Caracterização da fonte de abastecimento (rede municipal, transportada, bombeada de água superficiais ou subterrânea, coletada da chuva, etc.)
Consumo na montagem do produto	Consumo de água nas instalações de montagem.	Expresso em litros por par produzido (l/par).
Iniciativas para economia de água nas instalações	Avalia se houve modificações nas instalações da empresa e/ou de seus parceiros com o objetivo de conservação de recursos hídricos.	Certificação LEED: (3) nas fábricas montadoras, (2) na sede da empresa e nos centros de distribuição, (1) com iniciativas, mas sem certificação.

Possivelmente a métrica do subcritério ‘Iniciativas para economia de água’ possa, no futuro, ser estendida à investigação de novos processos produtivos que economizem água. Porém, informações neste nível ainda são sigilosas dentro das empresas e inviabilizariam a análise deste subcritério na prática. Assim, delimita-se à economia de água nas instalações. É importante ainda lembrar que dados sobre consumo de água fazem parte da análise do critério ‘Materiais’.

5.2.1.6 Consumo de Energia

Além do consumo energético em si, é bastante importante a identificação da fonte de energia: se vem de uma matriz renovável ou não. Esta é uma informação que tem relação direta com a localização da planta de produção, e que pode ser alcançada com razoável facilidade (ver item 4.5.4). Entretanto, da mesma forma que o consumo de água, alguns dados sobre consumo de energia foram estimados.

Como é descrito na Tabela 16, as informações em relação ao consumo de energia, na montagem e na cadeia como um todo, também fazem parte dos subcritérios deste estudo, ressaltando que o consumo de energia varia com os processos em si. Contudo, é influenciado pela forma com que as edificações que abrigam a produção são concebidas. Por isto, é considerada a certificação ou a preparação para alcançar o selo LEED. Neste sentido, busca-se identificar se há estratégias para melhorias, tanto no investimento em fontes renováveis, como na redução de consumo.

Tabela 16 - Descrição dos subcritérios relacionados ao consumo de energia

Subcritério	Definição	Métrica
Fonte na montagem	Tipo de fonte de energia de acordo com a localização das fábricas. Dando preferência para fontes renováveis.	Caracterização da fonte de abastecimento (termoelétrica, hidroelétrica, eólica, biomassa, solar, etc.).
Consumo de energia na montagem	Avaliação do impacto do consumo de energia na montagem e no transporte de materiais e do produto pronto até os centros consumidores.	Conforme os dados disponibilizados por cada empresa, busca-se alcançar um valor expresso em kWh/par.
Iniciativas em relação à economia de energia nas instalações	Avalia se houve modificações nas instalações da empresa e/ou de seus parceiros com o objetivo de conservação de energia.	Certificação LEED: (3) nas fábricas montadoras, (2) na sede da empresa e nos centros de distribuição, (1) com iniciativas, mas sem certificação.

Conforme um estudo do grupo Adidas, o consumo médio de energia elétrica em suas fábricas fica em torno de 2.76 kWh (ou apenas 10 MJ) por par, um valor que pode ser bastante inferior à energia incorporada nos materiais utilizados no produto. Por isto decidiu-se incluir nos estudos de caso, o índice do critério Materiais também nas métricas do critério Energia.

5.2.2 Variáveis relacionadas à sustentabilidade social - princípios de responsabilidade social

Os princípios de responsabilidade social estão associados à localização dos parques fabris e à forma como a cadeia está organizada. Estas características, por sua vez, estão bastante relacionadas ao modelo de negócio adotado pela empresa (posse ou subcontratação da produção). As empresas que possuem suas fábricas informam onde estão suas indústrias; entre aquelas que subcontratam muitas adotaram uma política de transparência ao tornar pública a lista de subcontratadas. Nestas informações voluntárias está baseada a análise de responsabilidade social, conforme os subcritérios contidos na Tabela 17.

Como itens de avaliação dos princípios de responsabilidade social estão o próprio enunciado da declaração sobre as práticas relacionadas à ética e ao trabalho, os meios de divulgação desta declaração, e a existência de certificação por instituições como *Social Accountability International - SA8000*, a *Fair Labor Association* ou a *Worldwide Responsible Accredited Production – WRAP*, todas descritas no item 3.3.5.

Tabela 17 - Descrição dos subcritérios relacionados à responsabilidade social

Subcritério	Definição	Métrica
Certificação de responsabilidade social	Considera se há certificação de alguma das normas mundialmente reconhecidas (SA8000, FLA, OHSAS 18000, WRAP).	(Sim/ Não) Constata se a empresa ou suas parceiras de montagem do produto possuem certificação pelas normas citadas.
Programa de desenvolvimento social nas regiões de montagem do produto	Ações sociais da empresa junto à comunidade das regiões em que tem sede de suas próprias fábricas ou tem parceiros subcontratados.	Verifica-se no CRR (<i>Corporate Responsibility Report</i>) da empresa a adoção de iniciativas deste tipo. De acordo com a abrangência geográfica de atuação pode-se adotar dois níveis: (1) quando o programa atende apenas a algumas localidades, ou (2) quando atua em todas as instalações que produzem para a empresa (montadoras dos produtos e centros de distribuição).
Princípio da precaução	De acordo com os materiais e as práticas (em relação ao uso de água e consumo de energia, por exemplo) enunciadas pela empresa no CRR (<i>Corporate Responsibility Report</i>), se verifica qual a postura da empresa em relação ao princípio da precaução no projeto e seleção de materiais.	Quando empregado o princípio da precaução são definidos três níveis em ordem crescente de benefícios: (1º) quando a empresa deixa claro a preocupação em substituir substâncias nocivas em seus produtos, mas não divulga lista de materiais; (2º) quando a empresa enuncia os principais materiais utilizados; (3º) quando esclarece todos os materiais utilizados e entre eles não estão nenhuma substância problemática.

5.2.3 Variáveis relacionadas à sustentabilidade econômica - modelo de negócio

O estudo envolve diferentes tipos de empresas e, mesmo com produtos relativamente semelhantes, há diferenças significativas entre os objetivos e as exigências de desempenho de cada um deles. Para que estas diferenças fiquem mais claras, são identificadas como variáveis de estudo as características do negócio de cada empresa, descritas e resumidas na Tabela 64, Anexo C. O objetivo destas variáveis é caracterizar tanto o negócio da empresa, quanto a cadeia de suprimentos.

5.2.3.1 Missão e *core business*

A missão e o objetivo chave do negócio são identificados para contextualizar as ações e os resultados obtidos pelas empresas. Estas variáveis auxiliam a montar o cenário em que o

desenvolvimento de produtos ocorre e como a dimensão ambiental se insere na visão de negócio da empresa.

5.2.3.2 Produção anual

O impacto da produção em número de pares anuais deve ser considerado. Afinal, ele é o multiplicador dos resultados obtidos no desenvolvimento de produtos e melhoramento dos processos produtivos.

5.2.3.3 Número de pessoas empregadas diretamente pela empresa

O número de pessoas empregadas diretamente pela empresa dá a dimensão da empresa em si e sua importância regional. Este número também pode revelar a separação entre desenvolvimento de produto e produção. Além disto, pode indicar os limites da autonomia da empresa para lidar com as variáveis de responsabilidade social e estratégias ambientais aplicadas à produção.

5.2.3.4 Número e localização de fábricas montadoras do produto

A localização das montadoras e fornecedoras de matérias-primas e componentes auxilia na avaliação das fontes de água, energia e na identificação da base cultural para particularidades concernentes à responsabilidade social. Além disto, o mapeamento da cadeia traduz a relação entre desenvolvedor e montador do produto calçado, como comentado no capítulo 4, e diz muito sobre o transporte de matérias-primas e do produto acabado.

5.3 Considerações finais

Foi apresentado, neste capítulo, o desenvolvimento da pesquisa, a estratégia de coleta de dados, bem como as variáveis utilizadas. Os estudos de caso, em particular, buscam apresentar a grande diversidade das variáveis envolvidas, quando se analisa a inserção da dimensão ambiental em cadeias complexas, como a calçadista.

Foram apresentadas as empresas objetos dos estudos de caso, de variados portes e características. Por isto, sua caracterização também suscita o reconhecimento de que não é possível analisar sustentabilidade ambiental sem considerar a escala, a estrutura e o *core business* da empresa. Desta forma, variáveis que descrevem estes aspectos também fazem parte da análise, e são utilizadas qualitativamente para descrever o cenário de atuação de cada empresa.

A organização das variáveis, bem como as respectivas métricas, faz parte da proposta de uma estrutura de análise de soluções de projeto ao longo do desenvolvimento de produtos seguindo o conceito berço ao berço.

CAPÍTULO 6

6 Iniciativas Ambientais em Empresas Calçadistas – Resultados e Análise

Este capítulo descreve os resultados da investigação sobre a aplicação de iniciativas de desenvolvimento sustentável de produtos e os resultados obtidos em diferentes produtos considerados verdes pelas empresas. A análise foi realizada em empresas do setor calçadista, em dois países com diferentes escalas e modelos de negócio – Brasil e EUA – conforme descrito nos capítulos 4 e 5.

O trabalho no setor calçadista tem foco nas decisões e no direcionamento dado ao desenvolvimento de produtos e sua consequente aplicação às estruturas de produção, bem como nos avanços alcançados pelas empresas, até o momento. Os resultados desta análise permitem contextualizar como algumas empresas pioneiras têm enfrentado a questão do impacto ambiental na produção de calçados.

Este estudo fundamenta ainda alguns *insights* sobre como o processo de desenvolvimento de produtos pode ser direcionado para alcançar sustentabilidade através do fluxo cíclico, nos processos de produção e consumo, considerando os tipos de metabolismo – biológico e tecnológico – defendidos no conceito berço ao berço descrito no capítulo 3.

A partir desta análise propõem-se diretrizes para guiar a transição do desenvolvimento de produtos de um contexto berço ao túmulo para o berço ao berço, onde os produtos tenham fluxo cíclico segundo o metabolismo biológico ou tecnológico. Esta proposta é baseada no uso da ferramenta AHP para avaliar a evolução das alternativas ao longo do processo de desenvolvimento de produtos, de acordo com a estrutura de variáveis descritas no capítulo 5.

6.1 Estudo piloto – Empresa F

O Estudo Piloto busca exemplificar a realidade das empresas calçadistas de porte médio do Vale do Rio dos Sinos – Rio Grande do Sul, grande parte das quais não possui iniciativas ambientais além do cumprimento à legislação.

O cenário da empresa F é característico do modelo de negócios adotado pelas empresas brasileiras, com a fabricação da marca própria e de outras marcas, como subcontratada. A empresa chegou a exportar 15% de sua produção em 2006, para Inglaterra, Espanha, Chile, Argentina e República Tcheca, porém, segundo divulgado na imprensa, devido à dificuldade cambial, houve redução das exportações para 5% da produção nos anos seguintes. Assim, a empresa voltou-se para o atendimento do mercado interno, em expansão.

É importante ressaltar que no contexto do setor calçadista brasileiro e especialmente no Rio Grande do Sul – caracteristicamente fechado e com pouca permeabilidade a estudos acadêmicos – a empresa F mostrou significativa diferenciação pela forma acessível com que disponibilizou as informações a este estudo. A empresa forneceu as informações segundo o que era do conhecimento do pessoal de produção.

Ao longo do período da investigação, os representantes da empresa consideravam importante que existisse a busca por um produto com menor impacto ambiental. No entanto, a empresa não possuía nenhum objetivo ou iniciativa específica neste sentido, não havia profissional com formação específica no assunto, nem um entendimento formal do que seria um produto ambientalmente amigável.

6.1.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção

Como foi comentado acima, na empresa F não era utilizada nenhuma estratégia particular para reduzir impacto ambiental, tanto no desenvolvimento de produtos, quanto na produção. Na reunião de apresentação do estudo, o diretor da empresa se mostrou interessado em implementar alguma ferramenta específica para o setor calçadista, comentando sobre a busca de um ‘calçado ecológico’ e demonstrando surpresa e preocupação quando foram apresentados os índices de poluição das cidades do Vale do Paranhana e Vale dos Sinos, em comparação ao restante do estado. Este foi um exemplo do desconhecimento sobre o real impacto ambiental da indústria calçadista por parte de muitos dos seus dirigentes, em uma das principais regiões produtoras de calçados do Brasil.

A única ação efetiva da empresa estava relacionada ao resíduo gerado na produção, parte do qual era enviado para venda e o restante enviado para deposição em aterro sanitário. Como esta é uma exigência de legislação, não se configura como uma iniciativa ambiental e sim uma obrigação.

6.1.2 Materiais

O calçado produzido pela empresa F tinha desempenho medido, em grande parte, pela sua resistência e conforto. Os materiais e componentes do modelo analisado foram elencados a partir da ficha técnica do produto, e o fluxo de montagem do mesmo foi descrito pelo técnico responsável. Estas eram informações conhecidas no setor de produção.

A questão da toxicidade dos componentes utilizados não era considerada pela empresa de forma expressiva. Pode-se afirmar que muitos dos materiais eram de utilização comum nas fábricas do Vale dos Sinos e Paranhana e empregados em larga escala.

Tabela 18 – Toxicidade dos principais materiais utilizados no modelo Convencional da empresa F

Material	Classificação (baseada na Figura 19, item 3.3.1)	Justificativa (baseada na Figura 20, item 3.3.1) – Mais detalhes ver Anexo E
Borracha Butílica (Bicolor)	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	Efeitos documentados em organismos aquáticos devido à combustão e deposição em cursos d'água.
Poliuretano (PU)	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	Uso de substância intermediária (tolueno) na fabricação do PU, que pode causar irritação na pele, mucosas e membranas, e a exposição crônica é possivelmente carcinogênica.
PVC	Nível X – Vermelho	Quando queimado a baixa temperatura tem potencial para gerar compostos de organoclorados, que são extremamente tóxicos.
EVA	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	Apenas sob o efeito de superexposição pode causar irritação na pele, mucosas e membranas. Problemas relacionados à disposição inadequada no final da vida útil.
Poliétileno (PE)	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	A incineração pode gerar monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros subprodutos.
Poliéster	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	Os subprodutos da queima são principalmente CO, etilenoglicol, aldeídos e outros compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio.
Nylon	Nível C - Amarelo – baixo a moderado	Emissões de óxido nitroso (N ₂ O) e uso de formaldeído na sua produção.

A questão da massa, ou seja, a quantidade de material, por produto, foi medida a partir dos componentes do kit de montagem do calçado (ou *techpack*), como mostra a Tabela 19, e as fotos na Figura 29. No entanto, observou-se significativa dificuldade em mensurar o índice de resíduo por modelo, porque havia diferentes linhas concomitantes sendo abastecidas pela mesma matéria-prima e produzindo modelos distintos, já que a empresa trabalha por lotes de pedidos.

No modelo analisado, o solado contribui com aproximadamente a metade da massa do calçado, sendo de borracha butílica bicolor injetada, e a soma dos itens relacionados ao conforto quase equivale à massa do cabedal externo. Neste tipo de calçado, o solado tem um grande desgaste, porque na prática do skate a sola é lixada em contato com o pavimento ou com a prancha.



Figura 29 – Pesagem dos materiais e componentes do modelo da Empresa F

A relação de materiais empregados no modelo pode ser considerada comum a um calçado tipo tênis, assim como também é característica a mistura de materiais nos componentes que fazem o cabedal, enchimentos, palmilhas e outros. Desta forma, mesmo que os materiais em separado tenham propriedades de reciclabilidade, estes as perdem quando unidos para formar os componentes, o que será abordado no item seguinte.

Os índices de água e energia na fabricação dos materiais estão relacionados diretamente à massa de cada material e a média geométrica das estimativas de consumo e devem ser analisados junto aos dados sobre o gasto destes recursos na montagem do calçado, quando disponíveis.

Tabela 19 – Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo da empresa F

Função (partes do calçado)	Material	Massa (g)/ unidade	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo	
				Valor médio (l/kg)	Valor estimado (l/par)	Valor médio (MJ/kg)	Valor estimado (MJ/par)
Solado	Borracha Butílica (Bicolor)	398	47,95%	110,4	87,9	106,8	85,0
Cabedal*	Laminado Poliuretano - PU	162,0	19,5%	342	57,0	105,4	29,6
	PVC			33		80,4	
	Manta Não Tecido Poliéster			153		88,4	
Cabedal (enchimento)	Dublado PE*	45	5,42%	64,7	10,4	80,9	7,7
	EVA (2mm)			166,9		91,1	
Palmilha acabamento	Dublado EVA	40	4,82%	166,9	12,8	91,1	7,2
	Tecido poliéster			152,5		88,4	
Cabedal (enchimento)	Espuma Poliéster (Bádim)	38	4,58%	152,5	11,6	88,4	6,7
Cabedal (enchimento)	Espuma de PU (25mm)	37,5	4,52%	342,5	25,7	105,3	7,9
Cabedal (reforço cadarço)	Aruelas de Alumínio	30	3,61%	216,5	13,0	219,1	13,1
Cabedal (forro)	Dublado Tecido poliéster	29,5	3,55%	152,5	7,3	88,4	5,1
	Espuma de PE (3mm)			64,7		80,9	
	Tecido jersey (poliéster)*			152,5		88,4	
Couraçá	Poliéster*	19,5	2,35%	152,5	5,9	88,4	3,4
Contralante	Poliéster*	16,5	1,99%	152,5	5,0	88,4	2,9
Palmilha montagem	PS*	12	1,45%	186,8	4,5	92,3	2,2
Cadeda (detalhe)	Nylon	2	0,24%	235,6	0,9	127,8	0,5
Totais		830	100%	2997,6	242	1799,8	171

* Foi pressuposto o material pois não pode ser especificado no momento da coleta de dados

6.1.3 Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais

Em relação ao fim do ciclo de vida, não era considerado nenhum tipo de retorno do produto ao fluxo de produção, ou mesmo biodegradabilidade, portanto, não havia previsão de metabolismo. O modelo analisado traduz claramente a dificuldade do metabolismo do produto calçado de modo geral. O desempenho de um calçado esportivo, por exemplo, está no conforto e resistência aplicados ao esporte específico a que se destina. No caso do modelo analisado, o desenvolvimento do produto tinha foco apenas nos quesitos de desempenho relacionados à resistência e conforto, levando em consideração somente o usuário final.

Desta forma, uma das únicas possibilidades deste produto era a extensão da vida útil através do reuso, promovido por outras organizações, como instituições de caridade. Ou, caso existisse no Brasil, a destinação a programas de reciclagem como comentado no item 4.5.2, embora o modelo analisado contenha componente de latão o que impossibilita a moagem do cabedal dificultando seu reaproveitamento.

Também pode ser observado na Tabela 19²⁰, que os quatro itens que tem função conforto são compostos ou de materiais não-recicláveis ou de difícil reciclagem (PU, borracha butílica bicolor), ou são dublados (componente formado por camadas de diferentes materiais), o que dificulta a separação e conseqüentemente o reaproveitamento. Em suma, todos os componentes unidos para a não-desmontagem, como pode ser observado na Figura 30. Pode-se afirmar que esta é a situação comum para o produto calçado no cenário regional, e procedimentos fora desta linha podem ser considerados raras exceções. Por isso, pode-se considerar que apenas em torno de 5% da massa do calçado pode ser reaproveitada (apenas um tipo de componente, as arruelas alumínio, que seguram o cadarço). Este índice tão baixo naturalmente inviabiliza qualquer esforço no sentido de logística reversa ou desmontagem.

Tabela 20 - Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no modelo Convencional da empresa F

Função (partes do calçado)	Material	Massa (g)/par	% do total/par	Conteúdo			
				Reaproveitado	Reusável/Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado	Borracha Butílica (Bicolor)	796	47,95%	0	0	0	0
Cabedal	Laminado Poliuretano - PU	324	19,52%	0	0	0	0
	PVC						
	Manta Não Tecido Poliéster						
Cabedal (enchimento)	Dublado PE	90	5,42%	0	0	0	0
	EVA (2mm)						
Palmilha acabamento	Dublado EVA	80	4,82%	0	0	0	0
	Tecido atalhado						
Cabedal (enchimento)	Espuma Poliéster (Bidim)	76	4,58%	0	0	0	0
Cabedal (enchimento)	Espuma de PU (25mm)	75	4,52%	0	0	0	0
Cabedal (reforço cadarço)	Arruelas de Alumínio(latão)	60	3,61%	60	60	0	0
Cabedal (forro)	Dublado Tecido atalhado	59	3,55%	0	0	0	0
	Espuma de PU (3mm)						
	Tecido jersey						
Coureira	Poliéster	39	2,35%	0	0	0	0
Contraforte	Poliéster	33	1,99%	0	0	0	0
Palmilha montagem	PS	24	1,45%	0	24	0	0
Cabedal (detalhe)	Nylon	4	0,24%	0	0	0	0
Totais		1660	100%	60	84	0	0
Porcentagens				4%	5%	0%	0%

²⁰ Informações detalhadas na Tabela 65, Anexo F.

Tabela 21 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização do modelo da empresa F

Reusabilidade % de material reusado ou reciclado	4%
Reciclabilidade % de material reciclável	5%
Renovabilidade % de material rapidamente renovável	0%
Biodegradabilidade % de material biodegradável	0%
Características de Desmontagem Nível de benefício	(1) Não desmontável
Logística reversa Nível de benefício	(1) Não há rede de LR

Outra consideração importante sobre as métricas de fim de ciclo de vida são os índices de renovabilidade e biodegradabilidade que fazem com que o calçado tradicional seja um produto que consome apenas recursos não renováveis no início de seu ciclo e seja um problema ao final de sua vida útil.



Figura 30 – Seção transversal de um calçado esportivo

Quanto aos resíduos da produção, alguns eram vendidos a organizações de reciclagem, mas esta iniciativa não envolvia parceria que influenciasse as ações da empresa, sendo uma solução típica de final de tubo.

6.1.4 Uso da Água

Como resumido na Tabela 22, a água que abastecia a empresa era bombeada de poço artesiano próprio, não utilizando os serviços da Corsan - Companhia Rio-grandense de Saneamento. Vinda diretamente do lençol freático, não sofria nenhum tipo de taxaço municipal ou estadual. O sistema de bombeamento direto fazia com que não houvesse sequer controle sobre o volume diário utilizado. Esta é uma situação comum, e pode-se afirmar que

nas empresas da região a água é entendida como recurso abundante, e por isto não havia iniciativas para economia de água na infraestrutura de montagem do calçado.

Tabela 22 - Métricas de uso da água do modelo da empresa F

Fonte	Consumo na montagem (l/par)	Estimativa da pegada de água* (l/par)	Iniciativas para economia de água
Bombeada de poço artesiano	Não disponível (ND)	242 litros/par	Sem iniciativas (SI)

* Dado proveniente da análise de materiais, item 6.1.2

Contudo, o consumo de água na montagem do produto envolvia em sua maior parte o atendimento das questões sanitárias e de higiene dos funcionários, sendo que o maior volume de água estava contido nos materiais utilizados. O consumo de água estimado na fabricação dos materiais empregados no modelo analisado é de aproximadamente 240 litros/par.

Cabe clarificar a diferença entre o ‘consumo na montagem’ e ‘pegada de água dos materiais’. O primeiro diz respeito à infraestrutura da fábrica, enquanto o segundo está relacionado ao projeto do produto, principalmente, à escolha de materiais.

6.1.5 Consumo de Energia

A fábrica tinha abastecimento de energia da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE). Contudo, o dado sobre consumo mensal de energia não foi fornecido. Da mesma forma, o inventário sobre o consumo de energia, para cada setor da fábrica, se mostrou inviável pela carência de pessoal interno com disponibilidade de realizar as medições. Neste caso, observou-se que a coleta de informações, provavelmente tem mais chances de implementação, quando acompanhada do interesse da empresa em iniciativas ambientais ou certificação ambiental.

A estimativa da energia incorporada nos materiais é a informação mais acessível (e também mais relevante) que pode ser usada na análise do modelo como *feedback* para o desenvolvimento de produtos futuros. Da mesma forma que a pegada de água, a energia incorporada é definida pelo projeto do produto. A estimativa da energia incorporada nos materiais é de 171 MJ.

Tabela 23 - Métricas de consumo de energia do modelo da empresa F

Fonte na montagem	Consumo na montagem (kWh/par)	Energia incorporada nos materiais	Iniciativas para economia de energia
Companhia CEEE	Não disponível	171 MJ	Sem iniciativas (SI)

	(ND)		
--	------	--	--

* Dado proveniente da análise de materiais, item 6.1.2

6.1.6 Princípios de responsabilidade social

A responsabilidade social era trabalhada pelo setor de Recursos Humanos, no sentido de promover a proximidade com os funcionários, em parte facilitado pelo porte pequeno da empresa. Apesar de não haver princípios éticos e sociais claramente listados e divulgados aos funcionários e comunidade, como aconselham as organizações da área (item 3.3.5), a empresa buscava manter uma conduta de bom relacionamento e incentivo, descritos na publicação mensal de seu jornal interno.

Entretanto, observou-se que a empresa subcontratava alguns serviços dos ateliers espalhados pela região. Esta prática é adotada pela grande maioria das empresas do setor, como forma de garantir custos baixos. A questão, neste caso, é a falta de fiscalização das condições de trabalho nos ateliers, o que acarreta certo descrédito da aplicação de boas práticas.

Uma iniciativa que aproximava a empresa da comunidade era a estratégia de marketing, através do patrocínio de atletas locais, no esporte para o qual os produtos eram destinados. Os resultados desta iniciativa estavam presentes também no jornal interno da empresa e em seu *website*.

A equipe de produção da empresa mostrou desconhecimento das propriedades e características ambientais dos componentes dos produtos. Além disso, a desinformação sobre os índices de poluição da água e geração de resíduos industriais na região do Vale dos Sinos serviu também como evidência de desconhecimento do impacto ambiental da atividade calçadista. Assim, considerou-se que a empresa não empregava o princípio da precaução, pois como não possuía domínio sobre os possíveis riscos ambientais também não apresentava nenhuma ação para evitá-los.

6.1.7 Considerações sobre o estudo piloto – Empresa F

O estudo piloto forneceu a análise de uma empresa que pode ser representativa do contexto do setor calçadista gaúcho, em relação às cinco áreas ambientais avaliadas na pesquisa. Quanto aos materiais, existia uma carência de conhecimento aprofundado sobre a composição química, toxicidade e degradabilidade dos componentes adotados e do processo de produção destes componentes. Apesar da relativa facilidade em listar os componentes,

verificar a exata composição de alguns não foi possível, utilizando-se estimativas de materiais com base nas funções dos componentes e nos materiais tipicamente utilizados.

A pegada de água e a energia incorporada não eram características usadas na avaliação dos materiais por parte da empresa, embora estejam diretamente no domínio das decisões de desenvolvimento de produto. Por outro lado, o nível de desempenho em relação à robustez pode ser citado como uma das características mais relevante no desenvolvimento do produto, junto ao custo.

A possibilidade de reutilização e o planejamento do metabolismo (tecnológico e biológico) não ocorriam, porque o fim da vida útil não era considerado no desenvolvimento do produto. Tanto água quanto energia eram recursos utilizados para dar suporte ao modelo tradicional de produção, sem plano de redução do consumo, por meio de modificação da estrutura fabril ou do projeto do produto.

A responsabilidade social era trabalhada dentro dos limites da fábrica. Persistia a prática, comum na região, da terceirização do feitiço de algumas partes do calçado, o que, pela falta de fiscalização, não é bem visto no quesito responsabilidade social. Além disto, soma-se o desconhecimento dos problemas ambientais da produção do calçado e pode-se afirmar que não era empregado o princípio da precaução.

Neste cenário tradicional, de fluxo linear e foco no cliente final, as questões ambientais eram externalidades. Pode assumir que este ainda é o padrão vigente na indústria calçadista do Rio Grande do Sul. Este modelo vem desde a implantação do setor, e continua, em parte, porque outros modelos possíveis ainda são desconhecidos, ou não se configuram como um diferencial para os consumidores e/ou compradores.

6.2 Estudo de caso I – Empresa E

O estudo de caso I documenta uma das primeiras iniciativas de desenvolvimento de um calçado verde dentro de uma empresa brasileira, se não a primeira. Este estudo de caso representa a realidade de uma grande empresa brasileira que possui uma cadeia de produção calçadista espalhada pelo país e também com filiais em outro país da América do Sul e subcontratadas na Ásia.

A empresa E tem características comuns ao modelo de negócios adotado pelas empresas brasileiras, ou seja, desenvolvimento de produtos próprios concomitante com a subcontratação da estrutura produtiva a empresas internacionais para a produção de suas marcas. A empresa tem como missão *“desenvolver e comercializar produtos inovadores, de alto valor percebido, com qualidade e rentabilidade classe mundial e criação de valor para os acionistas, funcionários, fornecedores e clientes, atuando com responsabilidade social e ambiental.”* O *core business* concentra-se no desenvolvimento de produto e produção de calçados de borracha injetada e calçados para a prática de esportes.

A organização de sua cadeia de produção obedece ao padrão atual da indústria calçadista, descrito no item 4.1. O modelo de negócios está baseado no atendimento do mercado interno e externo, representando as empresas do grupo 1 - desenvolvedores e produtores, como comentado no item 4.1. Em 2007, exportou 20,6 milhões de pares de calçados, o que representou 12% do volume total de vendas e um aumento de 17% nas exportações, em relação ao ano anterior.

A linha verde foi desenvolvida em 2007, sendo lançada em 2008, dentro de uma das marcas tradicionais da empresa (adquirida em 1979, portanto com 30 anos de trajetória dentro da empresa), e que tem foco principal em calçados esportivos para a prática de voleibol e tênis. Os números sobre a produção da empresa ‘E’ e dos modelos da linha verde não foram divulgados, porém vale ressaltar que os modelos da linha verde não obtiveram o retorno de vendas esperado segundo o testemunho de membros da equipe de P&D. Portanto, acredita-se que o volume produzido em relação ao total montado e comercializado pela empresa não foi significativo. Os modelos da linha Verde eram montados em duas fábricas, nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, as quais também produzem modelos convencionais.

6.2.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção

A principal meta no desenvolvimento da linha Verde era incorporar materiais reciclados ao produto, além de materiais tipicamente percebidos como sendo ambientalmente adequados. Este objetivo foi alcançado, em parte, como será comentado no item 6.2.3. Contudo, as evidências indicam que não houve uma abordagem bem definida no uso de estratégias ambientais no desenvolvimento do produto ou na estrutura de produção. Informações deste cunho, fornecidas pelos membros da equipe de P&D, permitem afirmar que a iniciativa da empresa no desenvolvimento da linha Verde teve um caráter de marketing e não de elaboração de novas bases para o desenvolvimento de produtos e processos. Por exemplo, não se fez uso de estratégias conhecidas, como ACV dos produtos verdes em relação aos seus similares convencionais, e devido a isto a equipe de desenvolvimento não contava com nenhum indicador para ajudar em projetos futuros.

A equipe de P&D, refletindo sobre o desenvolvimento da linha Verde ocorrido em 2007, argumentou, no momento da coleta de dados, em 2009, que com os conhecimentos adquiridos, em parte pelo trabalho junto à equipe de Design e Ergonomia do LOPP-UFRGS, alguns parâmetros deveriam ter sido inseridos na estratégia de desenvolvimento. Entre eles, o cuidado na mistura de fibras, e a avaliação do processo em si, como o transporte de matérias-primas, por exemplo, entre Amazonas, Rio de Janeiro e Bahia. Estes profissionais demonstraram, em 2009, um entendimento mais abrangente que a estratégia de reaproveitamento seguida em 2007.

A plataforma de sustentabilidade da empresa E era guiada pelo grupo empresarial ao qual ela pertence, tendo destaque as ações sociais, sendo que as ações ambientais ainda estavam em fase inicial. Havia uma iniciativa de projeto de uma fábrica verde, no qual seria dada atenção ao uso da água e consumo de energia, mas esta iniciativa ainda não estava suficientemente estruturada para que pudesse ser incluída no presente estudo. Cabe lembrar que o modelo Verde analisado no presente estudo era montado com mesma infraestrutura de produção dos modelos tradicionais da empresa, como comentado no item anterior.

A equipe de P&D apontou que, em termos de legislação, o atendimento às exigências nacionais era cumprido sem dificuldade. Contudo, as legislações da AAFA (*American Apparel & Footwear Association*) e da União Europeia era bem mais restritivas. No momento

da coleta de dados, por exemplo, a equipe estava envolvida em atender às novas exigências da União Europeia.

6.2.2 Materiais

O desenvolvimento da linha Verde buscou a diferenciação, principalmente nos critérios de *materiais e reutilização de materiais* (item 3.3.2). Segundo as informações da empresa, quanto às inovações utilizadas no modelo Verde, destacam-se o uso de um tecido feito a partir do fio de juta, desenvolvido em parceria com o Instituto *e-fabrics*²¹. Somado ao uso de couro vegetal feito a partir de látex natural extraído de seringueiras, à utilização de algodão orgânico tingido com pigmentos naturais (eliminando a necessidade de corantes sintéticos), e ao emprego de tecido confeccionado com PET reciclado (50% de fiação de poliéster virgem e 50% de fiação de poliéster proveniente da reciclagem de garrafas PET). Estes são os materiais destacados pela empresa para a linha Verde, contudo há pouca menção sobre eles na caixa ou etiquetas do produto.

O formulário que enumera e quantifica todos os materiais e componentes do modelo é apresentado na Tabela 66, Anexo D. As informações da tabela completa foram resumidas nos principais materiais utilizados, descritos na Tabela 25. A partir destes dados, foi feita a análise das propriedades em relação às métricas do critério Materiais.

É importante ressaltar, principalmente quando se comenta o critério de toxicidade que, em relação aos adesivos e produtos relacionados, a empresa listou apenas a informação “kit de produtos químicos” tanto para o produto Verde quanto para o Convencional. Como não foi oferecida nenhuma especificação que indicasse diferenciação entre os dois, considerou-se que não houve mudança neste parâmetro.

Observa-se que no modelo Verde foram inseridos materiais ambientalmente orientados, de baixa toxicidade (Níveis A e B), porém os materiais convencionais não foram totalmente substituídos e continuaram a ser empregados, como é descrito na Tabela 24 (alguns deles bastante questionáveis, como o PVC). Desta forma, a análise da toxicidade dos dois produtos, baseada somente na presença de certas substâncias, traz resultados semelhantes. Portanto, o produto Verde, em realidade, não obtém diferenciação, devido à presença dos mesmos materiais.

²¹ Instituto *e-fabrics*, uma instituição que “*busca identificar tecidos e materiais desenvolvidos a partir de critérios socioambientais*”. Ver www.e-fabrics.com.br e www.institutoe.org.br

Tabela 24 - Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’

Material	Classificação (baseada na Figura 19, item 3.3.1)	Justificativa (baseada na Figura 20, item 3.3.1) – Mais detalhes ver Anexo E	Utilizado no	
			Modelo Verde	Modelo Convencional
Juta	Verde – Baixo	É renovável biodegradável, mas o processo de fiação pode contar com alguns fatores de risco à saúde dos trabalhadores.	X	
Algodão	Verde – Baixo	Uso de pesticidas no plantio pode causar contaminação de terra e água.	X	
Couro vegetal - Látex	Cinza	Os dados são incompletos e não permitem uma caracterização conclusiva.	X	
PET Reciclado	Amarelo – baixo a moderado	A decomposição térmica do PET pode causar irritação na pele e vias respiratórias. Os subprodutos da combustão incluem CO ₂ , CO, etileno e acetaldeído.	X	
EVA	Amarelo – baixo a moderado	Apenas sob o efeito de superexposição pode causar irritação na pele, mucosas e membranas. Problemas relacionados à disposição inadequada no final da vida útil.	X	X
Poliuretano (PU)	Amarelo – baixo a moderado	Uso de substância intermediária (tolueno) na fabricação do PU, que pode causar irritação na pele, mucosas e membranas, e a exposição crônica é possivelmente carcinogênica.	X	X
Poliétileno (PE)	Amarelo – baixo a moderado	A incineração pode gerar monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros subprodutos.	X	
Poliéster	Amarelo – baixo a moderado	Os subprodutos da queima são principalmente CO, etilenoglicol, aldeídos e outros compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio.	X	X
Borracha Natural	Verde – Baixo	Não há risco no uso industrial normal (equipamentos mínimos de EPI)	X	
Borracha Butílica	Amarelo – baixo a moderado	Efeitos documentados em organismos aquáticos devido à combustão e deposição em cursos d'água.	X	X
Nylon	Amarelo – baixo a moderado	Emissões de óxido nítrico (N ₂ O) e uso de formaldeído na sua produção.	X	X
PVC	Nível X – Vermelho	Quando queimado a baixa temperatura tem potencial para gerar compostos de organoclorados, que são extremamente tóxicos.	X	X
PES	Cinza	Os dados são incompletos e não permitem uma caracterização conclusiva.	X	X

Na comparação segundo as métricas de massa, pegada de água e energia incorporada, Tabela 25 e Tabela 26, é importante ressaltar que a soma da massa dos materiais listados corresponde à 96,4% da massa total no calçado Verde e 95,6% em relação ao somatório da massa do produto Convencional. Isto se deve ao fato de não terem sido incluídos materiais como linhas de costura, viés, algumas etiquetas e o conjunto de produtos químicos (principalmente adesivos e solventes), os quais não foram especificados pela empresa.

Na Tabela 25, pode-se observar que 44% da massa do produto é composta por materiais ambientalmente orientado, o que faz diferença em termos da quantidade de materiais com baixa toxicidade. A análise mostra que, em termos de pegada de água e consumo de energia, os resultados totais também são distintos, como serão comentados nos itens 6.2.4 e 6.2.5.

Tabela 25 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Verde da empresa E

Função (partes do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo		
				Valor médio (l/kg)	Valor estimado (l/par)	Valor médio (MJ/kg)	Valor estimado (MJ/par)	
Solado	Borracha Butílica	279,8	36,54%	110	61,8	106,8	59,7	
	Misturado	Borracha Natural (98%)	201	26,25%	1732	703,3	65,9	26,0
		Resíduo de tecido de lona (2%)			2605		5,4	
Cabedal	Tecido de Juta	106,9	13,97%	2605	557,2	5,4	1,2	
Palmilha de acabamento	Sublimado	Base EVA	54	7,05%	167	17,2	91,1	9,7
		Tecido Poliéster			153		88,4	
Cabedal (reforço cadaço)		Arnuelas de Alumínio	30	3,92%	217	13,0	219,1	13,1
Cabedal (forro)	Laminado	Tecido de Jersey de PES (2 camadas)	17,73	2,32%	158	8,9	137,7	4,3
		Espuma de Poliuretano (PU)			342		105,3	
Palmilha de Montagem		Base de poliestireno (PS)	15,75	2,06%	187	5,9	92,3	2,9
Cadaço		PET Reciclado*	13	2%	25	34,2	35,2	0,5
		Juta			2605		5,4	
Cabedal (reforço)	Laminado	PVC	12,27	1,60%	33	2,3	80,4	2,7
		Malha de PES			158		137,7	
Cabedal (detalhe)	Laminado	Latex Natural (80%)	12	1,57%	1732	83,6	65,9	1,0
		Malha de Algodão (20%)			10478		16,9	
Cabedal (forro)	Acoplado	Espuma de Polietileno (PE)	12	1,57%	65	126,5	80,9	1,2
		Tela algodão			10478		16,9	
Cabedal (detalhe)		Couro Vegetal Bioleather	6,56	0,86%	1732	22,7	65,9	0,9
Enchimento		Espuma de Poliéster	4,65	0,61%	153	1,4	88,4	0,8
		Totais	765,7	100%		1638		124

Dados referenciados no Anexo E.

* Dados da energia incorporada para o PET reciclado consideram o segundo ciclo do material.

Tabela 26 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Convencional da empresa E

Função (partes do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo		
				Valor médio (litros/Kg)	Valor estimado (l/par)	Valor médio (MJ/kg)	Valor estimado (MJ/par)	
Solado	Borracha Butílica	472,8	61,1%	110	104,4	106,8	101,0	
Cabedal	Laminado	Poliuretano - PU (1,6 mm)	118,9	15,4%	342	41,8	105,4	21,7
		PVC (1mm)			33		80,4	
		Manta Não Tecido Poliéster (180g/m ²)			153		88,4	
Palmilha	EVA	96,0	12,4%	167	32,0	91,1	17,5	
Cabedal (forro)	Acoplado	Tecido de Nylon (2 camadas)	32,3	4,2%	236	18,7	127,8	7,5
		Espuma de PU (4mm)			342		105,3	
Palmilha de montagem		Placa de Celulose+Resina	15,7	2,0%	1149	36,1	27,8	0,9
		Cabedal (reforço)	Laminado	PVC	11,5	1,5%	38	80,4
Malha PES	158			137,7				
Cabedal (detalhe lingueta)	Laminado	PVC	9,2	1,2%	33	1,7	80,4	1,6
		Poliéster (40g/m ²)			153		88,4	
Cadaço		PES	9,0	1,2%	158	2,8	137,7	2,5
Enchimento		Espuma de Poliéster (10mm)	8,6	1,1%	153	2,6	88,4	1,5
		Totais	774,0	100,0%		242		157

Dados aproximados, fontes: (ASHBY, 2009), (GRANTA, 2010)

6.2.3 Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais

A estratégia de inserção de resíduos nos materiais do produto Verde gerou resultados no critério *reutilização de materiais*, como pode ser visto na Tabela 27. Contudo, alguns dos bons resultados de reaproveitamento afetaram o *fim do ciclo de vida*, o qual pouco foi considerado no desenvolvimento do produto. Segundo a equipe de P&D na época do desenvolvimento do produto (2007), entendia-se que a inserção de materiais vindos de resíduos pré ou pós-consumo eliminaria ‘lixo’. No entanto, em 2009, aqueles profissionais já compreendiam que na verdade ocorria uma transferência de ‘lixo’, pois o produto calçado também teria um fim. Este fato evidencia que a busca de soluções ambientais passa por escolhas complexas. A análise do produto Verde é marcada pela presença de *trade-offs* entre as vantagens de certos insumos versus suas consequências no fim da vida útil do produto e ressalta a importância da escolha clara entre um tipo de metabolismo (biológico ou tecnológico). Como não houve esta definição o produto Verde não alcança grande diferenciação no conjunto da análise.

A forma como os materiais são reunidos cumpre um importante papel no final da vida útil. Alguns materiais que são recicláveis, quando misturados por processos de difícil separação, perdem sua possibilidade de reciclagem devido ao custo benefício (item 3.3.2), como a espuma de PE quando laminada com tecido e tela ou mesmo o OS quando mesclado a outros materiais, como ocorre na palmilha de montagem do Modelo Verde. Da mesma forma, materiais biodegradáveis usados com materiais de difícil decomposição, geram compostos que devem ser considerados não degradáveis, como o caso do tecido gerado a partir da mistura da fibra de juta e PET reciclado. Contudo, vale lembrar que, neste estudo, quando havia material reciclável no componente foi considerado que a massa daquele material era reciclável, para considerar o maior índice de reciclabilidade possível. Isto porque, em uma análise proativa ao longo do desenvolvimento de produtos, o índice de reciclabilidade deveria ser verificado junto à possibilidade de desmontagem, que, neste caso, como escrito na Tabela 29, não ocorre.

Além disto, sobre o reaproveitamento de materiais, tanto o uso de tecido feito de PET reciclado, quanto o resíduo de tecido de lona utilizado no solado têm pequena proporção em relação ao total do produto. A lona é mesclada com a borracha natural numa proporção de menos de 5% de lona, enquanto que o componente que contém o PET reciclado configura-se 1,7% da massa total do produto. Observa-se, também, que os materiais provenientes de

recursos não renováveis não foram totalmente substituídos, assim, há o uso concomitante de borracha natural e borracha butílica, de tecidos de fibras naturais e fibras sintéticas. O argumento mais utilizado para isto são as questões de custo e desempenho dos materiais convencionais frente aos materiais ambientalmente amigáveis.

Tabela 27 – Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no produto Verde da empresa E

Função (partes do calçado)	Material	Massa (g)/par	% do total/par	Conteúdo			
				Reaproveitado	Reusável/ Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado	Misturado Borracha Butílica	559,6	36,54%	0	0	0	0
	Borracha Natural	402	26,25%	8,04	0	394,0	0
	Resíduo de tecido de lona						
Cabedal	Tecido de Juta	213,9	13,97%	0	0	213,9	213,9
Palmilha de acabamento	Sublimado EVA	108	7,05%	0	108	0	0
	Tecido						
Cabedal (reforço cadaço)	Aruelas de Alumínio	60	3,92%	0	60	0	0
Cabedal (forro)	Laminado Tecido de Jersey PES (2 camadas)	35,46	2,32%	0	0	0	0
	Espuma de Poliuretano (PU) 4mm						
Palmlilha montagem	Base de poliestireno (PS)	31,5	2,06%	0	31,5	0	0
Cadaço	Misturado PET Reciclado*	26	1,70%	13	0	13	0
	Juta						
Cabedal (reforço)	Laminado PVC	24,54	1,60%	0	0	0	0
	Malha PES						
Cabedal (detalhe)	Laminado Latex Natural	24	1,57%	0	0	24	24
	Malha de Algodão						
Cabedal (forro)	Laminado Tecido	24	1,57%	0	0	0	0
	Espuma de Polietileno (PE) 4mm						
	Tela						
Cabedal (detalhe)	Couro Vegetal Bioleather	13,12	0,86%	0	0	13,1	13,12
Enchimento	Espuma de Poliéster	9,3	0,61%	0	0	0	0
Totais		1531,4	100%	21,04	199,5	264	251
Porcentagens				1,4%	13,0%	17,2%	16,4%

Tabela 28 - Métricas de Fim de ciclo de vida e reutilização para cada conjunto de materiais utilizados no produto Convencional da empresa E

Função (partes do calçado)	Material	Massa (g)/par	% do total/par	Conteúdo			
				Reaproveitado (g)	Reusavel/Reciclavel (g)	Renovavel (g)	Biodegradavel (g)
Solado	Borracha Butílica	945,6	59,34%	0	0	0	0
Cabedal	Laminado Poliuretano PU (1,6 mm)	237,7	14,92%	0	0	0	0
	PVC (1mm)						
	Manta Não Tecido Poliéster						
Palmilha	EVA	192	12,05%	0	192	0	0
Cabedal (forro)	Acompilado Tecido de Nylon (2 camadas)	110,2	6,92%	0	0	0	0
	Espuma de PU (4mm)						
Palmilha montagem	Placa de Celulose+Resina	31,4	1,97%	0	0	31,1	0
Cabedal (reforço)	Laminado PVC	23	1,44%	0	0	0	0
	Malha PES						
Cabedal (detalhe lingueta)	Laminado Vinil	18,4	1,15%	0	0	0	0
	Poliéster (40g/m ²)						
Calçaço	PES	18,0	1,1%	0	0	0	0
Cabedal (enchimento)	Espuma de Poliéster (10mm)	17,2	1,08%	0	0	0	0
Totais		1593,5	100,00%	0	192	31,1	0
Porcentagens				0%	12%	2%	0%

Nos conjuntos de materiais do modelo Convencional, Tabela 28, há menor número de materiais, em sua maioria proveniente de fontes não renováveis, com exceção da celulose da palmilha de montagem. Pela característica de simplicidade e preço acessível do modelo Convencional, a palmilha de EVA não está associada à camada de tecido, o que facilita sua reciclagem, porém, é o único item que evidencia esta característica. Contudo, esta característica, em termos de proporção em relação à massa total do produto, é fator suficiente para que o índice de reusabilidade deste modelo seja bastante semelhante ao do modelo Verde, como pode ser visto na Tabela 29.

Mesmo assim, como é possível ler na Tabela 29, embora com resultados modestos, o modelo Verde apresenta melhores índices que o modelo Convencional, em três dos cinco critérios relacionados ao projeto do produto (Conteúdo reaproveitado, Renovabilidade e Biodegradabilidade). Apesar disso, o subcritério biodegradabilidade pode ser contestado, já que os componentes possivelmente biodegradáveis são unidos aos demais sem considerar a desmontagem, podendo-se afirmar, então, que o conjunto do produto é de difícil degradação.

Tabela 29 – Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais do Verde e do modelo Convencional da empresa ‘E’

Métricas	Modelo Verde	Modelo Convencional
Conteúdo reaproveitado % de material reusado ou reciclado	1,4%	0%
Reusabilidade/Reciclabilidade % de material reusável ou reciclável	13%	12%
Renovabilidade % de material rapidamente renovável	17,2%	2%
Biodegradabilidade % de material biodegradável	16,4%	0%
Características de Desmontagem Nível de benefício	(1) Não desmontável	(1) Não desmontável
Logística reversa Nível de benefício	(1) Não há rede de LR	(1) Não há rede de LR

Como foi comentado, a estratégia de desenvolvimento de produtos não sofreu considerável mudança, e esta pode ser uma das razões pelas quais nenhuma característica de desmontagem foi empregada no modelo Verde, ou mesmo não houve nenhuma iniciativa em relação à proposição de uma rede de logística reversa.

6.2.4 Uso da Água

O produto Verde da empresa E é produzido na cidade de Santa Rita, estado da Paraíba, Brasil. O abastecimento de água, vindo do aquífero da bacia do Atlântico Nordeste Oriental, é feito através de bombeamento (Tabela 31). A fábrica atende à regulamentação legal, a respeito dos efluentes provenientes da atividade industrial, e se configura como maior usuário de água do município, sendo consumidos 9.700 m³ mensais para seu abastecimento, alcançando-se, desta forma, o montante de 15,4 litros/unidade (30,8 litros/par) para sua montagem, os quais podem ser somados aos valores estimados de acordo com os materiais utilizados, comentados no item 6.2.2.

O somatório da pegada de água dos materiais utilizados no modelo Verde é superior ao modelo Convencional devido à presença de materiais renováveis, como a borracha natural e as fibras de juta e algodão. Segundo as estimativas, considerando o consumo de água na fabricação de materiais e na montagem do produto, para cada par do modelo Verde são gastos em torno de 1638 litros, enquanto no modelo Convencional são necessários aproximadamente 242 litros²². Este pode ser considerado um dos pontos mais relevantes nas discussões futuras sobre produtos ambientalmente amigáveis, e reflete o *trade off* entre as características de

²² Estes valores podem mudar de acordo com a fonte de dados para a estimativa do consumo de água para cada material. As referências usadas neste estudo constam do Anexo E

renovabilidade e reciclabilidade. Ressalta-se, assim, a necessidade de direcionamento para um dos tipos de metabolismo (biológico ou tecnológico).

O consumo de água mensal, segundo dados fornecidos pela empresa, está dividido, conforme descrito na Tabela 30, sendo observado maior uso em ‘processos e equipamentos’ e ‘ambiente externo’, seguido da ‘produção de produtos’, enquanto as menores quantidades de água são usadas para uso pessoal e climatização.

Tabela 30 – Estimativa do consumo de água por atividade na fábrica - Estudo de caso II – Empresa E

1	Usos em processos e equipamentos	5.364 m ³
2	Usos em ambiente externo	1.455 m ³
3	Produção dos Produtos	1.261 m ³
4	Sanitário e Doméstico	1.067 m ³
5	Climatização (resfriamento e aquecimento)	388 m ³
6	Pessoal	165 m ³
Total Estimado		9.700 m³

Estes dados podem ser considerados os mesmos para o produto convencional, porque os dois modelos são montados na mesma fábrica. Na verdade, diferenças no consumo de água na montagem se devem a características regionais e climáticas, além do tipo de calçado produzido.

Tabela 31 - Métricas de uso da água dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’

Produtos	Fonte na montagem	Consumo na montagem (l/par)	Estimativa da pegada de água* (l/par)	Iniciativas para economia de água
Modelo Verde	Bombeada de poço artesiano	30,8	1638	Nível (1), com iniciativas mas sem certificação
Modelo Convencional			242	

No período da coleta de dados, a empresa trabalhava na ampliação de um projeto piloto de reuso de água e captação da água da chuva, principalmente na fábrica de Santa Rita, onde era montado o modelo Verde, além da reforma da estação de tratamento de efluentes (ETE) da mesma fábrica, ocorrida em 2007.

6.2.5 Consumo de Energia

A fábrica montadora do produto Verde era abastecida pela empresa distribuidora ENERGISA, que recebe energia da CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Em média, são consumidos aproximadamente 1.427.000 kWh por mês, o que significa que na montagem do calçado eram consumidos 2,26 kWh/unidade (4,52 kWh/par) ou aproximadamente 16,2 MJ/par. A empresa não contava, até o momento da coleta de dados,

com certificação da norma LEED. Porém, trabalhava-se na implementação de energia solar para atender as atividades administrativas das fábricas.

Outras ações relatadas no relatório corporativo da empresa foram uma série de reformulações nas instalações fabris de Santa Rita e João Pessoa com objetivo de aproveitar iluminação e ventilação naturais. Segundo o mesmo documento, isto contribuiu para melhoria no ambiente de trabalho e redução de energia. Dados relativos à produção total da empresa acenam para a redução no consumo de energia, mesmo com aumento da produção em 6%.

Da mesma forma que os subcritérios de ‘Uso de água’ (item 6.2.4), os dados dos subcritérios ‘Consumo de energia na montagem’, Tabela 32, podem ser considerados os mesmos, porque o modelo da estrutura fabril é compartilhado em todas as instalações da empresa.

Tabela 32 - Métricas de consumo de energia do Verde e Convencional da empresa ‘E’

Produtos	Fonte na montagem	Consumo na montagem (MJ/par)	Energia incorporada nos materiais (MJ/par)	Iniciativas para economia de energia
Modelo Verde	Companhia CHESF - Hidroelétrica e introdução de energia Solar	16,2	124	Nível (1), com iniciativas mas sem certificação
Modelo Convencional			157	

Na soma de energia incorporada nos materiais e a consumida na montagem do produto, o modelo Verde usa aproximadamente 124 MJ/par, enquanto o modelo Convencional usa em torno de 157 MJ/par. A diferença, além da massa dos materiais empregados, se deve ao uso materiais renováveis que consomem menos energia na sua fabricação. Este resultado é oposto ao comentado para o critério ‘Uso de água’, deixando claro a importância da priorização dos critérios a serem atendidos.

6.2.6 Princípios de responsabilidade social

Alguns princípios de responsabilidade social são divulgados no *website* da empresa. Os principais princípios que guiam a empresa são:

- ⊕ Ética: Integridade, honestidade, transparência e atitude positiva na aplicação das políticas internas e no cumprimento das leis.

⊕ **Respeito às Pessoas:** Compreende, desde a qualidade dos relacionamentos, o investimento no desenvolvimento das pessoas, o reconhecimento pelo desempenho profissional, até o respeito ao meio ambiente.

A empresa não é certificada por normas ou organizações que tratam especificamente sobre responsabilidade social. No entanto, em 2003, a empresa criou um Instituto, para realizar projetos de incentivo à educação de crianças de 7 a 17 anos, por meio da prática esportiva (Tabela 33). As atividades iniciaram em 2002, com um projeto piloto em escolas públicas da área urbana da cidade sede da fábrica montadora do produto Verde, Santa Rita e também João Pessoa, Campina Grande e Natal, no Nordeste brasileiro, onde o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) é considerado baixo. O Instituto atualmente conta com vários projetos que, segundo a empresa, melhoraram os indicadores da qualidade de educação da região (como inclusão socioeducacional, diversidade, planejamento das aulas, rendimento escolar e não agressividade), alcançados através de parcerias com governos municipais e ONGs.

Tabela 33 - Métricas de responsabilidade social da empresa 'E'

Certificação de Responsabilidade Social	Programa de desenvolvimento social	Princípio da precaução
Não possui certificação.	Sim possui programa social, buscando atuar em todas as regiões que tem fábrica (nível 2).	Não segue o princípio da precaução.

A atuação envolve atividades com as crianças dentro e fora do horário escolar, bem como a formação continuada de professores que, em 2007, alcançou 720 profissionais. O Instituto também fornece apoio técnico e financeiro para a melhoria da infraestrutura dos espaços esportivos das instituições participantes do projeto. Segundo relatório corporativo da empresa, os projetos coordenados por este Instituto, em 2007, alcançam em torno de 42.500 estudantes nos municípios onde a empresa possui fábricas, integrando 77 projetos educacionais. Neste caso, devem-se considerar os incentivos fiscais governamentais que influenciam a implantação de fábricas. Pode-se argumentar que os recursos aplicados em programas de desenvolvimento social são valores menores que os impostos que deveriam ser pagos pelas empresas de grande porte.

Os princípios do voluntariado estão visíveis ao público no *website* da empresa. Estes princípios estão de acordo com a *International Association for Volunteer Effort (IAVE)* e com

os Direitos do Homem, de 1948, e na Convenção sobre os Direitos da Criança, de 1989, em relação ao “*direito à liberdade de reunião e associação pacífica*”. A empresa incentiva a ação voluntária de seus funcionários. Segundo o relatório corporativo, em 2007, 592 pessoas estavam no cadastro de voluntários, que atuavam na melhoria da infraestrutura de escolas públicas, aulas de informática, eletricidade básica e várias modalidades esportivas, como taekwon-do e futebol, em cursos oferecidos fora do horário escolar. Estes voluntários recebiam o apoio do Instituto da empresa através de material didático, para ministrarem aulas de alfabetização de jovens e adultos, e segundo a empresa, cursos orientados à inclusão digital teriam favorecido 304 alunos em 2006.

Além disto, no produto Verde, segundo a empresa o uso do couro vegetal é uma iniciativa que busca unir as dimensões ambiental, social e econômica, pois utiliza matéria-prima renovável (látex natural) extraída pelas populações seringueiras da Amazônia, respeitando a sazonalidade da seiva (entre janeiro e agosto). Segundo os idealizadores do projeto²³, a iniciativa fortalece as comunidades que permanecem na floresta, buscando evitar a migração para as periferias das cidades e a consequente perda da identidade cultural.

Observando os materiais usados nos dois modelos de produtos analisados, no momento da coleta de dados, pode-se afirmar que a empresa não empregava o princípio da precaução. No desenvolvimento de produto e na estrutura fabril, se trabalhava com soluções convencionalmente usadas, sendo que o questionamento sobre a segurança destas práticas em longo prazo não era evidenciado, inclusive no uso de materiais que naquele momento já eram evitados por outras empresas, como o PVC (ver item 6.2.2).

6.2.7 Considerações sobre o estudo de caso I – Empresa E

Pode-se observar que a iniciativa de desenvolvimento de produto Verde relatada no estudo de caso I foi em grande parte orientada ao metabolismo tecnológico, pela intenção de reaproveitamento de resíduos pré e pós-consumo, mesmo que também sejam utilizados materiais supostamente biodegradáveis. Contudo, várias evidências nos cinco critérios abordados levam a afirmar que a iniciativa ambiental não obteve resultados condizentes com uma real mudança do *status quo* tanto no desenvolvimento de produtos quanto na estrutura de produção.

²³ <http://www.e-fabrics.com.br/>

A estrutura de produção era compartilhada para todas as instalações da empresa, assim considerou-se que as métricas dos critérios de uso de água e consumo de energia na montagem do produto eram bastante semelhantes. Isto ressaltou os valores estimados de consumo de água e energia na fabricação dos materiais, e destacou uma questão importante quanto ao equilíbrio entre materiais que consomem mais água e menos energia e vice-versa. Neste sentido, evidencia-se a importância de estabelecer qual dos critérios deve ser mais valorizado, além do tipo de metabolismo (biológico ou tecnológico) que será meta no desenvolvimento de produto.

Como foi visto em detalhe nos itens anteriores, a estratégia de inserção de resíduos pré e pós-consumo no produto Verde não evitou o uso dos mesmos materiais empregados no produto Convencional. Além disto, os índices alcançados no critério de ‘reutilização de materiais e fim da vida útil’ não foram consideravelmente superiores.

Entre as razões para estes resultados modestos estão o objetivo geral no desenvolvimento de produtos: reutilização de resíduos (item 2.1.2). Os profissionais envolvidos no P&D afirmaram que o entendimento do conceito de sustentabilidade, na época em que trabalharam no projeto, era de certa forma limitado à utilização de resíduos, e não tinha a abrangência e profundidade necessárias ao tema. Neste sentido, destaca-se a importância do entendimento conceitual e das métricas de sustentabilidade, além da ênfase na educação de profissionais que trabalham no desenvolvimento de produtos (item 2.2.5).

Junto a isto, na análise da sustentabilidade econômica, o produto Verde não obteve resultados muito promissores. Segundo membros da equipe de P&D, os modelos da linha Verde receberam considerável atenção na Couromoda²⁴, porém não houve o retorno esperado em vendas, e por isto não existia previsão de continuidade no desenvolvimento deste produto. Numa reflexão informal da equipe de P&D durante reunião de coleta de dados, algumas razões foram citadas. Entre elas, estava o fato de que a iniciativa podia ser associada à ação pessoal de um dos gerentes de produto, além de uma tímida campanha de marketing, que não valorizou o produto, nem esclareceu sobre como o produto se diferenciava em relação às características ambientalmente amigáveis em comparação com seus similares convencionais.

Além disto, segundo estes profissionais, o público da marca em que a linha Verde foi lançada não era aquele que valorizava este tipo de iniciativa, devido à idade dos consumidores

²⁴ A Couromoda, realizada anualmente em São Paulo é a principal feira da indústria calçadista da América Latina, sendo uma das três principais feiras mundiais. Neste ano de 2011 está na sua 39ª Edição.

e ao fato de ser uma marca popular, focada em aliar conforto e preço. A equipe comentou sobre outra marca, na qual havia mais espaço para trabalhar o conceito de sustentabilidade e que naquele momento, em julho de 2009, estava sendo considerada a possibilidade de uma linha verde a ser lançada em 2010, com algumas mudanças na estratégia em relação à primeira experiência relatada neste estudo. No entanto, esta era uma marca internacional, licenciada para a empresa no mercado interno. Vale observar que o modelo Verde tinha preço 50% superior ao seu equivalente convencional, embora ambos se enquadrassem numa faixa de preço média-baixa.

A observação sobre o preço do produto final é relevante na discussão sobre o desenvolvimento sustentável de produtos, porque o impacto destas iniciativas é significativo só quando se atinge grande escala. Infelizmente, produtos verdes ainda estão associados ao poder de compra mais elevado, porque geralmente custam mais. No entanto, esta situação deve ser transformada para que os resultados benéficos ligados a esses produtos tenham consequências efetivas na redução do impacto das atividades humanas no planeta.

6.3 Estudo de caso II – Empresa Patagonia

O estudo de caso II investiga o exemplo de uma empresa de médio porte, no contexto americano, com objetivos relacionados diretamente ao desenvolvimento de produtos ambientalmente amigáveis. Sua missão caracteriza essa meta: *“fazer o melhor produto, não causando danos desnecessários, usando nosso negócio para inspirar e por em prática soluções para a crise ambiental.”* Contudo, na própria missão, a empresa reconhece que suas atividades têm como resultado algum nível de poluição, e se compromete a trabalhar para reduzir esses riscos.

A empresa define como seu campo de atuação o projeto, teste, avaliação de mercado e vendas de produtos de vestuário para a prática de esportes ao ar livre (*outdoors*), enquanto delega a outras empresas a produção dos materiais e componentes, corte e costura dos seus produtos. Declarando que essas empresas contratadas possuem o conhecimento técnico especializado e o equipamento necessário, é seguido o modelo de subcontratação da produção (grupo 2 no item 4.1 - desenvolvedores de produto).

O modelo de subcontratação e a busca por alto padrão de produção da empresa faz com que ela compartilhe as instalações da mesma empresa subcontratada com outras marcas que atuam no mesmo nicho de mercado (Nike, North Face, entre outras). Em parte, esta é uma

das razões pelas quais as outras empresas americanas estudadas são parceiras da empresa para o desenvolvimento de alguns produtos em conjunto, especificamente na busca de redução do impacto ambiental. Desde 1994, existe a auditoria externa nas empresas subcontratadas, e optou-se por limitar o número entre 65 e 100 fábricas, para ter maior controle da cadeia produtiva.

A Patagonia não possui uma linha verde específica, o conceito de ambientalismo permeia todo o desenvolvimento de produto e sua imagem está estritamente ligada às questões da relação humano-natureza. Portanto, sua marca está associada a produtos verdes e toda a preocupação de impacto ambiental. Esta é uma importante diferença dos estudos de caso anteriores. Para os consumidores desta empresa, é importante destacar as características verdes do produto, tanto quanto seu desempenho na função prática, além da estética, a qual, ressalta-se, não está baseada nos mesmos parâmetros da empresa Nike, por exemplo. Esta diferença pode ser observada na comparação entre os produtos da empresa, pois dentro do mesmo segmento não há um produto absolutamente convencional e outro verde.

6.3.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção

A empresa estruturou suas ações a partir da ferramenta da pegada ecológica, e vem examinando seus produtos ao longo de toda a cadeia de suprimentos. O objetivo é verificar práticas habituais da empresa e investigar mudanças, que possam ser implementadas em escala industrial e que tragam bons resultados. A ferramenta chamada *Footprint Chronicles* segue a cadeia de suprimentos dos produtos, analisando cada ponto do processo. Esta análise é divulgada *online* aos consumidores, por meio de dados, indicadores, fotos e vídeos para em torno de 15 produtos, os quais tem sido renovados esporadicamente.

As métricas utilizadas, descritas na Tabela 34, configuram os critérios de avaliação dos produtos, ao longo de toda a cadeia de suprimentos, a qual parte da origem dos principais materiais utilizados (por exemplo, desde o campo onde é cultivado o algodão, no caso das fibras naturais, ou fazendas de criação de gado, no caso do couro ou da lã, ou mesmo, a produção dos polímeros, no caso de materiais sintéticos) e segue todo o caminho percorrido até o Centro de Distribuição da empresa, em Reno, estado de Nevada. A ferramenta de pegada ecológica, segundo a empresa, permite mapear, de uma forma geral, a cadeia de suprimentos do produto e possibilita a tarefa de gerenciá-la.

A coleta de dados requer que os fornecedores disponibilizem, anualmente, informações sobre consumo de energia, tipo de fonte de energia, quantidade de produto produzido pela fábrica no período, resíduo gerado e consumo de água durante a produção. Quando as informações não podem ser obtidas no fornecedor, a empresa aponta como fonte adicional, os estudos de ACV divulgados pela Bluesign Technologies AG (BLUESIGN TECHNOLOGIES AG, 2009), mas é ressaltado que geralmente os fornecedores possuem os dados necessários.

Tabela 34 – Métricas utilizadas para avaliar a pegada ecológica crônica dos produtos da empresa Patagonia

Consumo de energia	Inclui o consumo de energia ao longo de toda a cadeia, através de dois componentes principais: (i) a energia consumida no uso de combustível, ao longo do transporte e (ii) a energia consumida em cada fábrica da cadeia. Neste cálculo não é incluída a energia consumida na geração do material primário (ex. energia incorporada do poliéster). São usados dados anuais de todas as fábricas que produzem para a empresa, e as várias fontes de energia que alimentam a cadeia são convertidas em megajoules.
Emissões de CO ₂	Nesta métrica estão as emissões de CO ₂ e dos demais gases do efeito estufa, resultantes do transporte e do consumo de energia das fábricas ao longo da cadeia. A métrica é calculada usando a ferramenta do GHG Protocol (THE GREENHOUSE GAS PROTOCOL INITIATIVE, 2009), para converter a distância transportada de acordo com os vários meios utilizados. Todas as emissões são reportadas em kg CO ₂ eq.
Geração de resíduos	Inclui os resíduos sólidos resultantes de cada passo do processo de produção, para cada peça específica de vestuário. Todos os dados são normalizados por uma peça de cada estilo. Não inclui líquido, resíduos perigosos ou embalagens. É reportada em gramas.
Uso de água	Esta métrica foi inserida em 2009 e inclui a água consumida, em cada passo do processo de produção. A métrica não considera a água reciclada ou vazada nos processos de manufatura.

Os dados sobre consumo de energia divulgados pelos fornecedores são também confrontados com a informação do próprio departamento de produção da empresa, tais como unidades produzidas, rendimento e eficiência. O impacto do transporte é calculado por estimativa, em toneladas, de emissões por milha viajada, ao longo de toda a cadeia, até o centro de distribuição, incluindo todos os meios de transporte. O peso da carga transportada é determinado pela quantidade de materiais de cada estilo, menos o resíduo gerado, usando os dados da própria empresa.

A empresa aponta que prefere fornecedores que estejam abertos e que sejam proativos em relação às questões ambientais. Entre as orientações que a empresa Patagonia indica a outras empresas que estejam interessadas em melhores práticas ambientais, está a transparência para seus consumidores, a respeito de seu próprio impacto ambiental, desafios e sucessos.

6.3.2 Materiais

Segundo a empresa, vários materiais e componentes são usados para fazer cada peça de vestuário. Então, o foco das avaliações e dos esforços são os materiais principais. O trabalho com os materiais secundários, como forros e componentes (como botões e zíperes) também é realizado, quando estes elementos são parte significativa do produto. A empresa aponta que a manufatura de vestuário é surpreendentemente suja, devido ao uso de químicos, óleos e um volume considerável de recursos naturais.

Avanços são apontados de forma cronológica pela empresa, para demonstrar o trabalho que vem sendo realizado para mitigar seu impacto ambiental, tal como a introdução do poliéster reciclado, na linha de vestuários de 1992, e a adoção do uso exclusivo de algodão orgânico, em 1996. Para a empresa Patagonia, a busca por processos ambientalmente amigáveis envolve considerar o uso de materiais por meio de medição e redução do volume utilizado, e do uso de materiais reciclados, orgânicos, locais e sustentáveis, tanto quanto possível.

A empresa se mostra cautelosa sobre a análise do impacto de alguns materiais, como por exemplo, a fibra de bambu. A empresa adverte que a maior parte dos tecidos de bambu, no mercado, tem uma textura macia, similar ao rayon (seda artificial), exatamente porque a fibra do rayon é gerada a partir da celulose (proveniente de madeira, papel, algodão ou bambu), através de processo químico. A empresa afirma que vem investigando o material desde 2003, e decidiu não usá-lo, já que a maioria do tecido de bambu disponível atualmente é produzido através do processo da viscose.

A empresa usa o cânhamo, com bons resultados, e busca tecidos com as mesmas propriedades alcançadas pelo processo químico da viscose, mas com menos impacto ambiental. Neste sentido, a empresa aponta o Tencel® ou fibra de lyocell, como a melhor opção disponível no momento. Esta fibra também é gerada da celulose, porém com um processo de fiação com solvente não tóxico, num sistema fechado. A matéria-prima do Tencel® é a polpa de eucalipto, que pode ser cultivada em áreas certificadas pelo *Forest Stewardship Council (FSC)*, e que dá a fibra de melhor qualidade para este processo. A empresa não assegura que no Tencel não seja utilizado nenhum químico perigoso, principalmente na fibrilação dos fios: algumas fábricas usam tratamentos com formaldeídos, para evitar o embaraçamento, mas outras usam tratamentos livres destes compostos, os quais são ambientalmente amigáveis.

A empresa também aponta que a redução do uso de materiais deve envolver o negócio, como um todo, incluindo o montante de papel utilizado na administração e a opção por papel reciclado nos catálogos de produtos, que configuram 85% do papel utilizado. Sobre o uso de papel reciclado, a empresa aponta que esta opção, além de incentivar a reciclagem em si, evita que um montante considerável de material seja descartado. Em relação principalmente aos fornecedores ligados à produção dos catálogos, é esperado que se (i) minimize o consumo de recursos como água, energia, químicos e madeira (relacionada, principalmente, à produção de papel); (ii) minimize a quantidade de material utilizado e maximize benefícios em relação ao ar, água e terra; (iii) façam investimentos de acordo com estes objetivos, como em impressoras, tecnologias que reduzam o uso de cloro, e as emissões de gases do efeito estufa; (iv) e que a celulose provenha de madeira certificada pelo *Forest Stewardship Council (FSC)*.

Em relação aos modelos analisados, pode-se observar que são utilizados materiais tradicionais da indústria calçadista, a maioria deles com baixa a moderada toxicidade (Tabela 35). Porém, não são divulgadas as informações sobre o tipo de curtimento do couro, matéria-prima bastante utilizada pela empresa. No Modelo Verde I, o projeto do produto foi orientado para a minimização do uso de adesivos, o que, por si só reduz a toxicidade na manufatura, mas o mesmo não ocorreu no Modelo Verde II, que segue a montagem tradicional, sem características de desmontagem, como será visto no item seguinte.

Tabela 35 - Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verdes da empresa Patagonia

Material	Classificação (baseada na Figura 19, item 3.3.1)	Justificativa (baseada na Figura 20, item 3.3.1) – Mais detalhes ver Anexo E	Utilizado no	
			Modelo Verde I Sugar & Spice	Modelo Verde II Maui Jane
Borracha Natural	Verde – Baixo	Não há risco no uso industrial normal (equipamentos mínimos de EPI)	X	
Poliuretano (TPU)	Amarelo – baixo a moderado	Uso de substância intermediária (tolueno) na fabricação do PU, que pode causar irritação na pele, mucosas e membranas, e a exposição crônica é possivelmente carcinogênica.	X	
EVA	Amarelo – baixo a moderado	Apenas sob o efeito de superexposição pode causar irritação na pele, mucosas e membranas. Problemas relacionados à disposição inadequada no final da vida útil.	X	X
Couro e camurça	Cinza	As informações são incompletas, não é possível saber qual tipo de curtimento é usado.	X	X
PET reciclado	Amarelo – baixo a moderado	A decomposição térmica do PET pode causar irritação na pele e vias respiratórias. Os subprodutos da combustão incluem CO ₂ , CO, etileno e acetaldeído.		X
Poliéster	Amarelo – baixo a moderado	Os subprodutos da queima são principalmente CO, etilenoglicol, aldeídos e outros compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio.		X

Neste estudo de caso, os produtos analisados têm aparência bastante semelhante, porém índices de massa, pegada de água e energia incorporada diferentes. A massa do

Modelo I (Tabela 36) é em torno de duas vezes maior que o Modelo II (Tabela 37), devido ao emprego da borracha natural e da opção pela solução de desmontagem.

Os materiais utilizados têm algumas variações como a presença de TPU no modelo Verde I, e o uso de PET no modelo Verde II. O couro e o EVA estão presentes nos dois modelos, porém no modelo Verde II, a empresa ressalta o conteúdo reciclado neste material.

Tabela 36- Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde I (Sugar & Spice) da empresa Patagonia

Função (parte do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo	
				Valor médio (l/kg)	Valor estimado (l/par)	Valor Médio (MJ/kg)	Valor estimado (MJ/par)
Solado	Borracha Natural	188,12	50,5%	1732	651,7	66	24,8
Cabedal	Couro	61,54	16,5%	17093	2103,8	107	13,2
Palmilha	TPU	53,44	14,3%	342	931,8	105	2,8
	EVA	36,35	9,8%	167	12,1	91	6,6
	Camurça	10,62	2,9%	17093	363,1	107	2,3
Pal. montagem	Couro	22,48	6,0%	17093	768,5	107	4,8
Totais		372,6	100%		4830,9		54,5

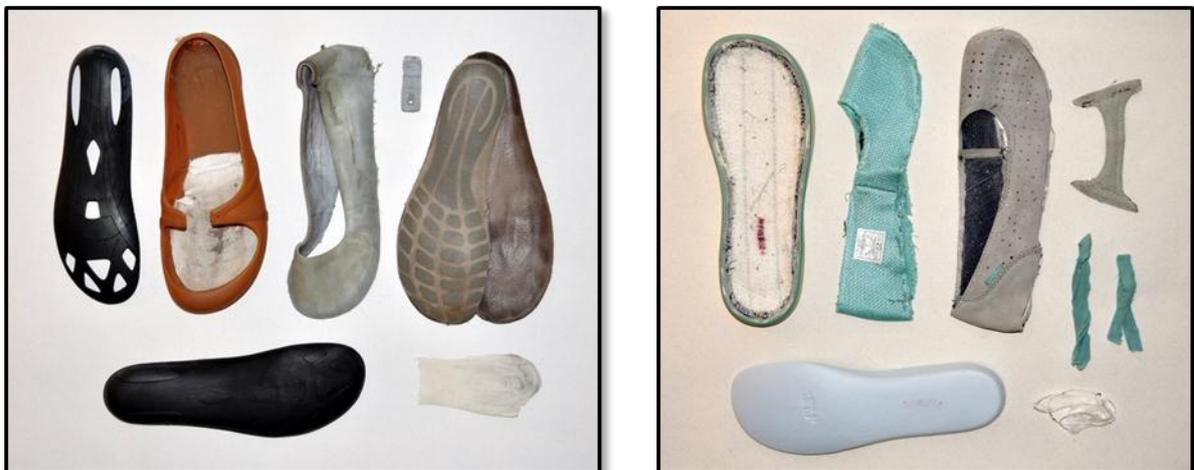


Figura 31 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Patagonia

Tabela 37 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no modelo Verde II (Maui Jane) - Empresa Patagonia

Função (parte do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo	
				Valor médio (l/kg)	Valor estimado (l/par)	Valor Médio (MJ/kg)	Valor estimado (MJ/par)
Solado +Pal.montagem	EVA (80% virgem)	75,80	49,4%	167	20,24	91	2,76
	EVA (20% reciclado)			167	5,06	38	1,16
Cabedal	Camurça (pele de porco)	43,40	28,3%	17093	1483,67	107	9,31
Palmilha	EVA (85% virgem)	19,07	12,4%	167	4,77	91	2,95
	EVA (15% reciclado)			167	0,95	38	0,22
Forro	PET	11,07	7,2%	25	0,56	35	0,78
Elástico	Poliéster	2,06	1,3%	153	0,63	88	0,36
Acabamento do cabedal	Poliéster	1,90	1,2%	153	0,58	88	0,34
	Totais	153,3	100%		1496,2		15,1

6.3.3 Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais

Em evento realizado na UC Berkeley, Haas School of Business, o vice presidente de design da empresa Patagonia comentou que a empresa vinha concentrando esforços para montar uma infraestrutura de coleta e reaproveitamento de seus produtos. No entanto, os consumidores ainda não tinham demonstrado adesão à ideia. A empresa reconhecia que este tipo de procedimento não era comum para a indústria do vestuário. Contudo, pode-se observar que alguns produtos seguem objetivos de fechar o ciclo, dentro do metabolismo biológico e tecnológico, como o Modelo Verde I.

Segundo a gerente de desenvolvimento de produto da empresa Patagonia, este modelo feminino (I), enquadrado dentro do estilo casual urbano, tinha como objetivo de projeto utilizar o mínimo de adesivos, sendo que os adesivos usados são a base de água. Dividido em quatro partes separáveis (solado, suporte da palmilha, palmilha e cabedal), que são conectadas ou desconectadas pelo usuário, sem o uso de adesivos, o calçado permite a substituição de suas partes e facilita o reaproveitamento dos materiais (Figura 32). Assim, pode-se afirmar que o produto atinge os objetivos de DfD.

De acordo com a empresa, o solado é composto de borracha (látex) natural, por ser um material renovável e pelo reconhecido conforto, e o suporte da palmilha necessário para estruturar e manter a firmeza no caminhar é de TPU (material que pode ser reciclado, devido as suas propriedades termoplásticas). A palmilha é composta de EVA, parte virgem e parte reciclada, porém a empresa salienta que tem buscado alternativas a este material, porque ele necessita um período muito longo de decomposição (por outro lado, a característica de

durabilidade é o principal fator que justifica sua escolha). O cabedal é feito em couro e o fornecedor pertence ao grupo BLC *Leather Technology Center*.



Figura 32 – Partes do Modelo Verde I da empresa Patagonia

Tabela 38 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde I (Sugar & Spice) da empresa Patagonia

Função	Material	Massa/ par (g)	% do total/ unidade	Conteúdo (g/par)			
				Reaproveitado	Reusável/ Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado	Borracha Natural	376,2	50,50%	0	0	376	0
Cabedal	Couro	123,1	16,52%	0	0	123	0
Palmilha	TPU	106,9	14,34%	0	106,9	0	0
	EVA	72,7	9,76%	0	72,7	0	0
	Camurça	21,2	2,85%	0	0	21,2	0
Pal. montagem	Couro	45,0	6,03%	0	0	36	0
Totais		745,1	100%	0	179,6	521	0
Porcentagens				0%	24%	70%	0%

O Modelo Verde I tem 70% de sua massa composta de materiais renováveis e 24% reusável e/ou reciclável. São índices que podem ser considerados muito bons. Porém, a empresa não deixa claro como deve ocorrer o fim da vida útil do produto, já que os componentes não são biodegradáveis e não existe rede de logística reversa. Segundo a empresa, o resíduo gerado na produção deste calçado é de 170g, cerca de um terço do peso do produto. O produto tem condições de ser reciclado, mas a empresa reconhece que ainda não possui infraestrutura para isto, junto aos seus fornecedores e montadores. Este é apontado como o próximo passo, já que neste produto foram alcançados os objetivos de design limpo, durabilidade e conforto, conseguindo assim aliar a facilidade de desmontagem à qualidade estética. De acordo com a empresa, isto cumpre a missão de produzir causando o menor dano ambiental possível.

Tabela 39 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde II (Maui Jane) da empresa Patagonia

Função	Material	Massa/ par (g)	% do total/ unidade	Conteúdo			
				Reaproveitado	Reusável/ Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado	EVA (20% reciclado)	151,60	49,4%	30,3	151,6	0	0
Cabedal	Camurça (pele de porco)	86,80	28,3%	0	0	86,8	0
Palmilha	EVA (15% reciclado)	38,14	12,4%	5,7	38,1	0	0
Forro	PET (reciclado)	22,14	7,2%	22,1	0	0	0
Elástico	Poliéster	4,12	1,3%	0	0	0	0
Acabamento do cabedal	Poliéster	3,80	1,2%	0	0	0	0
	Totais	306,6	100%	58,2	189,7	86,8	0
	Porcentagens			19%	62%	28%	0%

Quanto à especificação de materiais, o couro, utilizado nos dois modelos, é um material que apresenta altos índices de consumo de água e energia, mas é uma matéria-prima renovável, enquanto o TPU e o EVA não são renováveis, porém podem ser recicláveis. A análise destes modelos mostra a influência dos objetivos do início do desenvolvimento de produto nas soluções técnicas alcançadas.

Tabela 40 - Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais dos modelos I e II da empresa Patagonia

Métricas	Modelo Verde I	Modelo Verde II
Conteúdo reaproveitado % de material reusado ou reciclado	0%	19%
Reusabilidade/Reciclabilidade % de material reusável ou reciclável	24%	62%
Renovabilidade % de material rapidamente renovável	70%	28%
Biodegradabilidade % de material biodegradável	0%	0%
Características de Desmontagem Nível de benefício	(3) Componentes que podem ser substituídos possibilitando extensão da vida útil.	(1) O produto não pode ser desmontado, apenas cortado ou moído
Logística reversa Nível de benefício	(1) Não há rede de LR	(1) Não há rede de LR

Dentro do processo produtivo, a empresa prevê a reutilização dos resíduos da própria produção, como mostra a Figura 33. Além disso, a reutilização e reciclagem é incentivada em outros espaços, como no Centro de Distribuição em Reno. Na construção da edificação, foram

utilizados, pelo menos, o montante de 10% de materiais de reciclagem pós-industrial e pós-consumo.



Figura 33 – Reciclagem de materiais dentro da fábrica de solados e palmilhas Sabina Footwear Company, na cidade de Dongguan, China (Fonte: Patagonia Footprint Chronicles).

6.3.4 Uso da Água

A implementação de estratégias de redução do consumo de água foi um dos requisitos que guiou o projeto do Centro de Distribuição da empresa em Reno, que é o maior espaço construído de propriedade da empresa, com aproximadamente 15.885m². Neste complexo, foram utilizados vários recursos técnicos para maximizar a eficiência no uso de água. Entre as soluções utilizadas, estão a instalação de válvulas sanitárias de menor consumo (descarga de 6 litros), de torneiras que interrompem o fluxo automaticamente e têm menor vazão (1,8 litros/minuto).

No ambiente externo, foram usados pisos permeáveis para permitir que a água percole no solo, e o trabalho paisagístico foi feito com vegetação nativa, que não necessita significativo volume de água na irrigação. Além disto, foram instalados coletores das águas dos telhados, e nas áreas pavimentadas foram colocados filtros, que separam areia e óleo, para que a água descarregada na rede pluvial não contamine o rio Truckee, que abastece a cidade.

Contudo, a manufatura da empresa ocorre em fábricas subcontratadas. Por isto, as instalações de produção, provavelmente, não contemplam os mesmo parâmetros do Centro de Distribuição. Por outro lado, o consumo de água na manufatura dos produtos é uma métrica relativamente nova para a empresa, inserida em 2009.

Em relação aos modelos analisados, como foi mencionado no item 6.3.2, o cabedal é feito em couro, um dos materiais que mais consome água e energia em sua preparação. Entretanto, a empresa disponibiliza a identificação do fornecedor, assim como alguns detalhes da infraestrutura disponível. O curtume é localizado na cidade de Huizhou, província de Guangdong, China, tem planta de tratamento de efluentes e utiliza tecnologia que permite a

reutilização de 60% do efluente, através da osmose reversa. Para esta análise, contudo, foi considerada uma estimativa geral da produção do setor, divulgada pela UNESCO²⁵.

Tabela 41 - Métricas de uso da água dos modelos I e II da empresa Patagonia

Produtos	Fonte na montagem	Consumo na montagem (l/par)	Estimativa da pegada de água* (l/par)	Iniciativas para economia de água
Modelo Verde I	ND Não disponível	ND	4830	Nível (2), certificação LEED no centro de distribuição
Modelo Verde II			1496	

A diferença entre o consumo de água associado aos materiais se deve principalmente ao emprego da borracha natural e da maior massa de couro utilizada no Modelo Verde I. Cabe ressaltar que o cálculo da pegada de água (em litros/par) é mais relevante no caso da comparação entre modelos, que as informações de fonte e consumo na montagem, as quais provavelmente seriam as mesmas para vários modelos da empresa.

6.3.5 Consumo de Energia

Conforme foi mencionado no item anterior, a empresa investiu em soluções de projeto de edificações para alcançar menor consumo de água e energia, obtendo nível prata na certificação LEED, do *U.S. Green Building Council* (USGBC), no seu centro de distribuição. Entre as soluções relacionadas à energia, está a promoção da luz natural no ambiente interno, o que, segundo a empresa, pode representar um decréscimo de 50 a 80% no consumo ligado à iluminação e também favorece a produtividade dos ocupantes do prédio. Isto provê benefícios em conservação de recursos naturais, redução da poluição do ar, de emissões e de custos. Para isto, foram usadas aberturas zenitais e exaustores translúcidos, que refletem a luz solar dentro do ambiente interno, e foram instalados foto-sensores e detectores de movimento, que desligam as luzes, quando seu uso não é necessário. Foi instalado também isolamento térmico na cobertura e paredes externas, para reduzir a necessidade de aquecimento no inverno, sendo desnecessária refrigeração artificial, devido ao sistema de refrigeração natural, no qual o ar da noite substitui o ar quente do dia.

O consumo de energia está dentro das métricas avaliadas pela empresa para análise do impacto ambiental do produto (Tabela 34, item 6.3.1), por isto, é analisado ao longo de toda a cadeia. Para o Modelo Verde I, cuja avaliação foi divulgada no *site* da empresa, o consumo de energia foi mensurado desde a origem da matéria-prima até o centro de distribuição na cidade

²⁵ Citação Anexo E

de Howard, Michigan, excluindo apenas o processo de extração da borracha natural. Cabe salientar que a montadora e a fornecedora de solado e palmilha estão localizadas na cidade de Dongguan, província de Guangdong, China. Segundo a empresa, a distância total percorrida é aproximadamente 30.500 km. A soma da energia consumida na produção e transporte resultou em 31 kWh/par (cerca de 115 MJ/par), e na emissão de 23kg CO₂ eq., cerca de 41 vezes o peso próprio do produto.

Não foram disponibilizadas as mesmas informações de consumo na montagem e transporte para o Modelo Verde II. A diferença entre eles é ressaltada na energia incorporada nos materiais usados. Da mesma forma que o consumo de água, o consumo de energia no Modelo Verde I é bastante superior ao Modelo Verde II, graças à maior quantidade de couro utilizado e à maior massa do produto em si, considerando que ambos os modelos têm a mesma numeração.

Tabela 42 - Métricas de consumo de energia do Verde e Convencional da empresa Patagonia

Produtos	Fonte na montagem	Consumo na montagem e transporte (MJ/par)	Energia incorporada nos materiais (MJ/par)	Iniciativas para economia de energia
Modelo Verde I	ND	115	55	Nível (2), certificação LEED no centro de distribuição
Modelo Verde II		ND	15	

Pode-se observar que, segundo estes dados da empresa Patagonia, o consumo de energia ao longo de toda a cadeia (incluindo montagem e transporte) pode ser bastante superior ao valor médio relatado no item 6.1 apenas para a montagem do produto nas fábricas (de aproximadamente 10 MJ/par), e também ao valor calculado no estudo de caso I (item 6.2), de 16,2 MJ/par.

6.3.6 Princípios de responsabilidade social

A empresa aponta que a busca por qualidade em produtos passa pela qualidade do ambiente de produção: *“é verdade que não se pode fazer bons produtos numa fábrica ruim”*. Ao mesmo tempo, reconhece que as pressões sentidas no chão de fábrica podem ser resultado da ineficiência operacional da empresa compradora, como pedidos de última hora, ou exigência de preço abaixo do razoável.

Em 1990, a empresa deu início à contratação de gerentes para visitar as fábricas, visando garantir tanto a qualidade dos produtos, quanto as condições de trabalho. Tomou-se a

decisão de não trabalhar com fábricas que não pudessem ser visitadas. A contratação de auditoria externa teve início em 1994, tanto para visitar fábricas já parceiras, quanto para verificar futuros fornecedores. Em 2002, foi definido o cargo de “gerente de responsabilidade social”, para acompanhar toda a cadeia de suprimentos e colaborar com a organização *Fair Labor Association* (FLA), mencionada no item 3.3.5, da qual a empresa é membro.

A empresa define que um ponto chave para influenciar a cadeia é a determinação dos parceiros, e para realizar esta escolha recentemente foi determinado que igual peso é dado para os quatro critérios de avaliação : (i) requisitos de negócio, (ii) garantia de qualidade, (iii) responsabilidade social e (iv) pegada ecológica. A empresa define sua abordagem como informal, mas deixa claro que o pacote de informações para comunicar o programa de responsabilidade social chega a todas as fábricas, incluindo o Código de Conduta no Ambiente de Trabalho, que deve estar exposto na fábrica, como sugere a FLA. A empresa compara sua avaliação com a auto avaliação do fornecedor, e se existe divergência acentuada entre os escores, isto se torna um ponto a receber atenção.

É reconhecido o fato que a subcontratação da produção faz com que uma mesma fábrica produza para diversas marcas. A empresa aponta que compartilha fábricas com outras marcas, e isto faz com que todas as marcas exijam os mesmos parâmetros, no que diz respeito às condições de trabalho. Algumas empresas contratantes colaboram entre si e trocam informações para alcançar resultados melhores. Esta postura condiz com a visão de responsabilidade social da empresa, na qual está também o compromisso de alertar e educar sobre impacto ambiental aos trabalhadores, fornecedores, consumidores, estudantes e mesmo outras empresas. A empresa considera que transformações implementadas por ela são seguidas por outras empresas.

Em relação ao princípio da precaução, a empresa divulga os principais materiais usados como parte da descrição de cada produto. No entanto, não é possível afirmar que não seja empregada nenhuma substância ambientalmente nociva; como a empresa deixa claro em seu *website*, a indústria do vestuário é bastante problemática em relação a matérias-primas e processos industriais. Um exemplo disto é o uso do couro, comentado com mais detalhe no Anexo E.

Tabela 43 - Métricas de responsabilidade social da empresa Patagonia

Certificação de Responsabilidade Social	Programa de desenvolvimento social	Princípio da precaução
Sim possui certificação FLA.	Não possui programa social instituído próximo às áreas das fábricas.	(Nível 2) A empresa enuncia os principais materiais utilizados.

6.3.7 Considerações sobre o estudo de caso II – Empresa Patagonia

O estudo de caso II relata as iniciativas de uma empresa cuja imagem está associada ao ambientalismo desde sua fundação. Em decorrência disto, a empresa mostra esforços no sentido de disponibilizar os dados de seus produtos aos consumidores e, neste sentido, a estratégia de avaliação ambiental interna serve para o mesmo fim. Em parte, isto se deve ao objetivo de transparência que a empresa enuncia.

Como o modelo de negócios é baseado na subcontratação da produção, observa-se que é necessária uma relação de parceria com os fornecedores, porque eles detêm o maior controle sobre os processos que interessam aos consumidores, os quais são bastante atentos às questões ambientais e valorizam o cuidado com a responsabilidade social. Neste sentido, manter um número relativamente pequeno de subcontratados garante melhores condições de gerenciamento da cadeia, e esta foi a opção da empresa.

Em consonância com a atenção de seus consumidores estão as considerações sobre a escolha de tecidos, principalmente em relação à cautela quanto ao processo de fabricação da fibra de bambu. Neste cenário também ocorre a transição de materiais comumente utilizados para materiais ambientalmente amigáveis, como no caso dos modelos estudado, em que se reconhece a dificuldade de decomposição do EVA, mas aponta-se que é o material com melhores propriedades para desempenhar aquela função neste momento. Demandas similares em relação a materiais foram apontadas também pela empresa Nike (item 6.5), embora os produtos analisados das duas empresas sejam bastante diferentes.

A questão da necessidade de complementação entre projeto de produto e logística reversa é um ponto importante, salientado neste estudo de caso. O Modelo Verde I poderia configurar um exemplo de produto com ciclo fechado e metabolismo tecnológico, não fosse pela carência de infraestrutura de coleta e reciclagem, o que também envolve a contrapartida dos consumidores para o retorno do produto ao fabricante.

6.4 Estudo de caso III – Empresa Simple Shoes

O estudo de caso III analisa uma empresa caracterizada como pequena no contexto americano, embora tenha sido comprada, em 1993, por um grupo que congrega mais quatro outras marcas. A empresa Simple Shoes, segundo seus diretores, continua com objetivos próprios, com missão e visão de negócio centrados na produção de calçados ambientalmente amigáveis. Em 2005, com o objetivo de fazer produtos ambientalmente amigáveis, estabeleceu metas de projeto para redução significativa do impacto ambiental de sua produção lançando a segunda linha Verde da empresa, que possui atualmente três linhas Verdes, a última lançada em 2010. Os produtos da empresa ganharam, nas duas primeiras edições da categoria “verde”, o prêmio dado pela revista *Footware Plus: The Green Award*.

A seguinte declaração esclarece sobre a imagem da empresa e pode ser encarada como sua missão: *“COMO nós fazemos nosso calçado é tão importante, quanto PORQUE nós fazemos”* e *“nosso comprometimento é fazer produtos 100% sustentáveis, este é um dos principais pontos da nossa missão”*.

A empresa Simple Shoes escolheu um nicho de mercado para a marca, o consumidor verde. O *core business* da empresa está no desenvolvimento de calçados para o cotidiano, num estilo despojado, para um público que deseja conforto. O modelo de negócios da empresa segue a estratégia da subcontratação, e como as outras duas empresas americanas mencionadas neste estudo, pode ser considerada no grupo 2 – empresas características dos países desenvolvedores de produto (item 4.1).

6.4.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção

A meta da empresa, descrita em sua página, é ser sustentável, com a estratégia que consiste em encontrar materiais e processos ambientalmente amigáveis. Para isto, a empresa Simple Shoes, em 2008, começou um trabalho de parceria com a *Donald Bren School of Environmental Science and Management* ligada à Universidade da Califórnia em Santa Bárbara. A empresa clamava ser uma marca ‘Verde’, mas isto não era embasado com dados quantitativos até o primeiro resultado da parceria empresa-universidade, que foi a análise ACV²⁶, comparativa entre 4 de seus modelos, dois dos quais na linha mais ambientalmente orientada da empresa, um produto dito Verde e outro Convencional, divulgada em 2008. Esta análise investigou e teve como resultados orientações, principalmente sobre materiais, e

²⁶ (Albers, 2008).

também possibilitou comparar procedimentos de final de vida útil. A ACV foi realizada com o software GaBi 4.0, produzido pela PE America, e a análise considerou as categorias listadas na Tabela 44.

O estudo deixou claro que, em uma cadeia produtiva semelhante à da empresa, ou seja, relativamente pequena, 90% do impacto ambiental está na produção dos materiais e na etapa de manufatura. O impacto do transporte do produto acabado não representou um ponto a ser rapidamente atacado, apesar de a empresa ter sua produção sediada na China, na cidade de Guangzhou. Conclusão semelhante à apontada pela empresa Nike (item 6.5), mesmo com a considerável diferença entre de tamanho da cadeia de suprimentos.

Depois de montados os produtos, estes são enviados para a cidade de Ventura, no estado da Califórnia, para que então ocorra a distribuição entre as 3.504 lojas revendedoras, num entorno de 2.900km. A empresa reconhece que esta estrutura globalizada, ao mesmo tempo em que proporciona baixo custo de mão-de-obra, acarreta altos custos de transporte; fato que se torna mais visível quando se trata do deslocamento de matérias-primas de mais alto valor.

A cadeia de fornecedores da empresa (tecidos, borrachas e componentes plásticos) está localizada numa distância aproximada de 80 km, em torno da montadora. Contudo, apesar das diferenças nas escolhas de materiais, a manufatura está organizada da mesma forma para os produtos convencionais e os ambientalmente amigáveis, como é evidenciado também no estudo de caso I, empresa 'E'. O processo é dividido genericamente em: corte, costura, colagem, acabamento e empacotamento.

A empresa Simple Shoes também busca elaborar novas formas de modificar a composição da embalagem, para reduzir o resíduo gerado. A partir de 2006, as embalagens e enchimentos passaram a ser compostos somente de material reciclado de resíduos pós-consumo. Inclusive o enchimento, que mantém a forma do calçado, é secado ao sol, e desde 2007, são utilizadas apenas sacolas biodegradáveis para a embalagem de sandálias.

De acordo com os resultados da ACV, entre as categorias listadas na Tabela 44, os Potenciais de Toxicidade (Humana, Terrestre e Marinha) foram os itens de maior impacto, enquanto o Potencial de Redução da Camada de Ozônio foi o mais baixo.

Em 2009, outro estudo em parceria com a UC Santa Bárbara enunciou a proposta de modelo de previsão do impacto ambiental dos calçados, baseado na ferramenta de ACV e no uso do software GaBi. Esta proposta ressaltou o emprego diferenciado da ACV ainda na fase de projeto e não depois do produto ter sido materializado. Segundo os autores, o relatório da ACV englobará desde a extração do material até o fim do ciclo de vida do produto, incluindo diferentes estratégias de EoL. Contemplando principalmente a escolha de materiais e processos, a logística e o fim do ciclo de vida, se esperava reduzir a incerteza quanto ao impacto dos produtos antes da fase de produção. Além disto, como objetivo secundário, também foi mencionado na proposta do modelo incorporar custos de materiais e processos de manufatura e outros insumos.

Tabela 44 – Categorias de impacto ambiental consideradas na ACV

Potencial de aquecimento global	<i>Global Warming Potential (GWP) [kg CO₂-equivalent]²⁷</i>	Comparação entre o impacto no aquecimento global de 1kg de um determinado gás do efeito estufa e 1 kg de CO ₂ (W/m ²), neste caso é considerado um horizonte de 100 anos
Potencial de Toxicidade Humana	<i>Human Toxicity Potential (HTP inf) [kg DCB-equivalent]</i>	Todas estas categorias são medidas em uma unidade DCB (C ₆ H ₄ Cl ₂), que é um composto orgânico usado, principalmente, como pesticida e desinfetante. O modelo genético utilizado avalia os resultados de diferentes formas de exposição, como inalação, ingestão e absorção cutânea e os resultados na pele, olhos, fígado, sistema nervoso central e também a morte de fauna e flora.
Potencial de Toxicidade Terrestre	<i>Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf.) [kg DCB-equivalent]</i>	
Potencial de Toxicidade Aquática - Marinha	<i>Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (MAETP inf) [kg DCB-equivalent]</i>	
Potencial de Toxicidade Aquática - Água doce	<i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAETP) [kg DCB-equivalent]</i>	
Potencial de Acidificação	<i>Acidification Potential (AP) [kg SO₂-equivalent]</i>	É a medida da contribuição de compostos poluentes do ar que formam chuvas ácidas (SO ₂ , NH ₃ , NO _x) emitidos, principalmente, na queima de combustíveis fósseis.
Potencial de criação de Fotoquímicos de Ozônio	<i>Photochemical Ozone Create Potential (POCP) [kg ethane-equivalent]</i>	Mede os processos de combustão que emitem VOC's, os quais podem reagir com os óxidos de nitrogênio, na presença da luz solar, formando ozônio, que é tóxico na troposfera (ao nível do solo).
Potencial de redução da camada de Ozônio	<i>Ozone Depletion Potential (ODP) [kg R-11-equivalent]</i>	Mede os compostos químicos (triclorofluorometano ou R-11, CFC-11, Freon-11) que destroem as moléculas da camada de ozônio da estratosfera.
Potencial de Eutrofização	<i>Eutrophication Potential (EP) kg Phosphate-equivalent]</i>	Compostos químicos que contribuem para a eutrofização, processo em que o excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo) são adicionados ao ecossistema aquático, causando o crescimento de algas, que resulta na diminuição do oxigênio na água, prejudicando a fauna.
Radiação Radioativa	<i>Radioactive Radiation (RAD)</i>	Refere-se à capacidade do material em emitir radiação de íons, como ondas ou partículas.

²⁷ Mais detalhes no Anexo B, item B.2.

6.4.2 Materiais

A empresa Simple Shoes usa várias combinações de matérias-primas em seus produtos. Entre os materiais naturais rapidamente renováveis estão o algodão convencional e orgânico, o cânhamo, o bambu, a cortiça, a juta, a camurça e a borracha natural. É utilizada, da mesma forma, a mescla de materiais naturais e sintéticos, como um mix 50/50 de algodão e Nylon 6, um tecido que mistura, em iguais proporções, algodão e nylon, o que pode ser discutível em relação ao final da vida útil e às características de reciclabilidade. Entre os materiais sintéticos estão a espuma de TPU e o EVA, potencialmente recicláveis. Utilizam-se também materiais reciclados como o PET e a borracha proveniente de pneus. Neste contexto, a ACV mostrou que a produção do couro, dos materiais sintéticos e plásticos tem o maior impacto ambiental, dentro das múltiplas categorias citadas.

Dentro da linha Verde, porém, segundo a empresa, busca-se que todas as partes do calçado sejam compostas apenas por materiais ‘naturais’, ou seja, renováveis (algodão orgânico e juta no cabedal, cânhamo e bambu no interior, cortiça e borracha natural na palmilha forrada com algodão) e de materiais reciclados (PET e borracha de pneu no solado), conforme descrito na Tabela 45. Nesta linha, também houve substituição de adesivos à base de solventes, para adesivos à base d’água.

A montagem envolve cortar o cabedal de algodão e costurá-lo às camadas de feltro/crepe e cânhamo/bambu (interna). Em paralelo, o resíduo de pneu é lixado, para aumentar sua capacidade de adesão, cortado e marcado com veios semelhantes aos de pneu, e posteriormente, colado à camada de crepe com adesivos à base d’água. Posteriormente, se adere o látex ou a cortiça na lateral do solado.

Segundo o estudo de ACV, a opção por matérias-primas naturais em alguns casos é mais dispendiosa, o que se configura como incentivo à inovação e ao reprojeto total do produto, para gerar lucro maior que o exemplo convencional. Entre as matérias-primas que possuem significativa diferença em custo está o algodão orgânico, que mesmo não usando insumos químicos tem preço maior que o convencional, por necessitar mais mão-de-obra no cultivo e processos de preparação, como separação da semente da fibra e limpeza.

Tabela 45 – Toxicidade dos principais materiais dos modelos Verde e Convencional da empresa ‘E’

Material	Classificação (baseada na Figura 19, item 3.3.1)	Justificativa (baseada na Figura 20, item 3.3.1) – Mais detalhes ver Anexo E	Utilizado no:	
			Modelo Verde I	Modelo Verde II
Juta	Verde – Baixo	É renovável biodegradável, mas o processo de fiação pode contar com alguns fatores de risco à saúde dos trabalhadores.	X	X
Algodão	Verde – Baixo	Uso de pesticidas no plantio pode causar contaminação de terra e água.	X	
Algodão Orgânico	Verde – Baixo	Não apresenta o efeito nocivo dos pesticidas.	X	X
Cânhamo	Verde – Baixo	Como a juta é renovável biodegradável, mas o processo de fiação pode contar com alguns fatores de risco à saúde dos trabalhadores.	X	X
Borracha Butílica	Amarelo – baixo a moderado	Efeitos documentados em organismos aquáticos devido à combustão e deposição em cursos d’água.	X	
Borracha Natural	Verde – Baixo	Não há risco no uso industrial normal (equipamentos mínimos de EPI)	X	X
Feltro de lã	Cinza	As informações são incompletas, não é possível saber qual tipo de curtimento é usado.	X	
Cortiça	Cinza	As informações são incompletas, não é possível saber qual tipo de curtimento é usado.	X	
Camurça	Cinza	As informações são incompletas, não é possível saber qual tipo de curtimento é usado.		X
EVA	Amarelo – baixo a moderado	Apenas sob o efeito de superexposição pode causar irritação na pele, mucosas e membranas. Problemas relacionados à disposição inadequada no final da vida útil.	X	X
PET	Amarelo – baixo a moderado	A decomposição térmica do PET pode causar irritação na pele e vias respiratórias. Os subprodutos da combustão incluem CO ₂ , CO, etileno e acetaldeído.	X	X
Poliuretano (PU)	Amarelo – baixo a moderado	Uso de substância intermediária (tolueno) na fabricação do PU, que pode causar irritação na pele, mucosas e membranas, e a exposição crônica é possivelmente carcinogênica.		X

No entanto, em outros casos, ocorre o inverso. Por exemplo, os adesivos à base d’água são mais baratos que os adesivos químicos, em torno de 15% a 20% menos. O pneu também tem um custo bastante baixo, em relação a qualquer material virgem de solado, sendo que o material mais utilizado, neste caso, é a borracha de estireno butadieno (*styrene butadiene*). Segundo a empresa, o uso do pneu apresenta ainda a vantagem de reduzir resíduos em aterro e representa uma quantidade menor de processos de manufatura, o que resulta numa economia total em torno de 93% quando comparado ao material virgem.

Algumas observações, nas conclusões do estudo de ACV, alertam para o fato de que os materiais naturais podem ter durabilidade menor, assim como os adesivos a base d’água. Contudo, isto pode não ser um problema, visto que na estrutura de consumo atual os usuários muitas vezes se cansam dos produtos antes do término de sua vida útil.

Tabela 46 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde I (Linha Green Toe) da empresa Simple Shoes

Função (parte do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo	
				Valor médio	Valor estimado (l/par)	Valor Médio	Valor estimado (MJ/par)
Solado (materiais colados)	Borracha Butílica (Pneu)	94,2	31,9%	110,39	20,8	106,77	20,1
	Borracha Natural	76,1	25,8%	1732,05	263,7	65,88	10,0
	Juta	34,8	11,8%	2605,00	181,2	5,44	0,4
Palmilha	EVA +Canhamo	47,4	16,0%	166,91	15,82	91,14	8,64
Cabedal	Canhamo (Hemp)	28,1	9,5%	2719,00	153,03	8,44	0,47
	Algodão +Enchimento	12,7	4,3%	10478,12	265,31	16,87	0,43
	Algodão Entretela	2,1	0,7%	10478,12	43,80	16,87	0,07
Totais		295,35	100%		943,60		40,13



Figura 34 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Simple Shoes

Tabela 47 - Massa, pegada de água e energia incorporada dos principais materiais utilizados no Modelo Verde II (D-Tach) da empresa Simple Shoes

Função (parte do calçado)	Material	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade	Pegada de água		Energia incorporada no primeiro ciclo	
				Valor médio (kg/l)	Valor estimado (l/par)	Valor Médio (kg/MJ)	Valor estimado (MJ/par)
Solado	EVA	137,5	66,1%	110	7,6	106,8	7,3
	Borracha Natural			1732		65,9	
Cabedal	Juta	20,95	10,1%	2605	109,1	5,4	0,23
	Algodão	9,46	4,5%	10478	198,2	16,9	0,32
	Espuma PU*	0,71	0,3%	342	0,5	105,3	0,15
Palmilha	PU*	15,2	7,3%	342	4,3	105,3	2,4
	Borracha reciclada			110		106,8	
Enchimento	PU*	7,6	3,7%	342	5,2	105,3	1,61
Biqueira	Camurça	6,5	3,1%	17093	220,8	107,3	1,39
Pal. Montagem	Algodão	6,0	2,9%	10478	32,3	16,9	0,58
	Poliéster*			153		88,4	
Elástico	PET (reciclado)	4,2	2,0%	25	0,2	35,2	0,30
Totais		208,09	100%		578,37		14,32

* O material foi pressuposto pois não pode ser especificado pela empresa

6.4.3 Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais

A empresa Simple Shoes vem investigando diferentes opções dentro do critério fim de ciclo de vida e reutilização de materiais. O estudo de ACV apontou diferentes índices de emissões conforme a alternativa avaliada, como mostra a Tabela 48. Conforme é comentado no item 3.3.2, é importante definir para qual tipo de metabolismo (técnico ou biológico) se projeta. Neste estudo de caso, a empresa possui o modelo Verde I com foco no reaproveitamento de materiais e o modelo Verde II direcionado à biodegradabilidade. Cabe salientar que a linha pró-biodegradabilidade foi lançada um ano após a publicação do estudo de ACV.

No modelo Verde I, a estratégia é a utilização de materiais reciclados (PET e a borracha de pneus usados). Contudo, os resultados quantitativos da análise de ACV²⁸, resumidos na Tabela 48, mostram que a compostagem seria a melhor opção para o gerenciamento do fim do ciclo de vida dos produtos da empresa, considerando que a reciclagem do calçado inteiro utiliza a infraestrutura de outra empresa que tem limitações de volume de pares reciclados. Além disto, a compostagem não requer qualquer implementação de logística reversa, a qual adicionaria duas etapas à cadeia – coleta e desmontagem – e mais encargos de retorno do produto. O estudo de ACV alerta que a separação de 19 materiais diferentes (presentes nos modelos analisados) é bastante difícil, e que para a opção de reciclagem dos componentes em separado, o produto deveria ser totalmente reformulado, para conter menos tipos de materiais diferentes e para facilitar a desmontagem.

Tabela 48 - Resultados de ACV sobre as opções o EoL dos calçados da empresa Simple Shoes

Opção	Emissões	Observações
Descarte em aterro	0,27 kg CO ₂ eq./par	Resultantes da emissão de metano, ao longo da decomposição anaeróbica de matéria orgânica.
Reuso, através de doação de calçados	0,17 kg CO ₂ eq/par	Envolve transporte e cabe salientar que esta opção apenas adia e transfere para outra localidade o problema de EoL.
Reciclagem dos componentes, em separado	0,94 kg CO ₂ eq/par	Envolve a desmontagem e a reciclagem de cada material, e pode resultar em emissões líquidas. Emite o valor da coluna ao lado mesmo considerando que se evita as emissões de aterro e a primeira produção.
Reciclagem do calçado inteiro	-1,48 kg CO ₂ eq/par	Foi pressuposto o uso da rede de reciclagem estabelecida pela empresa Nike e considerou-se que se evita a deposição em aterro e a produção primeira de componentes, para os diferentes tipos de piso.
Compostagem	-0,27 kg CO ₂ eq./par	Realizada pelos próprios consumidores, em suas casas, esta opção de EoL poderia ser utilizada, caso os calçados fossem produzidos com 100% de materiais biodegradáveis. A decomposição aeróbica, ocorrida na compostagem, evita a geração de metano, e também o transporte e consumo de energia após o uso.

Fonte: (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008)

²⁸ Cabe salientar que a análise de ACV não utilizou os mesmos modelos estudados nesta pesquisa.

Entretanto, para tornar viável a opção de compostagem, a empresa teria de tornar seus produtos totalmente biodegradáveis. Isto envolve a substituição do couro e dos materiais sintéticos por matérias-primas biodegradáveis. Neste ponto, a empresa optaria por projetar apenas para o metabolismo biológico e entre as matérias-primas que estavam adequadas naquele momento listam-se algodão, cânhamo, juta, bambu, cortiça, látex natural.

Tabela 49 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde I

Função	Material	Massa/ par (g)	% do total/ par	Conteúdo (g/par)			
				Reaproveitado	Reusável/ Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado (materiais colados)	Borracha Butílica (Pneu)	188,4	30%	188,4	0,0	0,0	0,0
	Borracha Natural	152,2	24%	0,0	0,0	152,2	0,0
	Juta	69,6	11%	0,0	0,0	69,6	69,6
Palmilha	EVA +Canhamo	94,8	15%	0,0	0,0	0,0	0,0
Cabedal (materiais costurados e colados)	Canhamo (Hemp)	56,3	9%	0,0	0,0	56,3	56,3
	Algodão +Enchimento	25,3	4%	0,0	0,0	12,7	0,0
	Algodão Entretela	44,2	7%	0,0	0,0	44,2	44,2
	Totais	630,70	100%	188,4	0,0	334,9	170,0
	Porcentagens			30%	0%	53%	27%

No modelo Verde II, dentro da linha lançada em 2010, o principal objetivo é a biodegradabilidade. Esta última orientação pode ter sua origem nos resultados no estudo de ACV da parceria entre a empresa e Universidade. Nesta linha, os materiais usados no solado e palmilha são plásticos biodegradáveis, que supostamente se decompõem em 20 anos no ambiente de aterro.

Tabela 50 - Métricas de fim de ciclo de vida e reutilização para o Produto Verde II

Função	Material	Massa/ par (g)	% do total/ unidade	Conteúdo (g/par)			
				Reaproveitado	Reusável/ Reciclável	Renovável	Biodegradável
Solado	EVA + Borracha natural	275,0	66,1%	0	0	137,5	275,0
Cabedal	Juta	41,90	10,1%	0	0	41,9	41,9
	Algodão	18,92	4,5%	0	0	18,9	18,9
	Espuma PU	1,42	0,3%	0	0	0	0
Palmilha	PU+Borracha reciclada	30,3	7,3%	15,2	0	0	0
Enchimento	PU	15,3	3,7%	0	0	0	0
Biqueira	Camurça	12,9	3,1%	0	0	12,9	0
Pal.Montagem	Algodão + Poliéster	12,0	2,9%	0	0	6,0	6
Elástico	PET (reciclado)	8,4	2,0%	6,7	0	0	0
	Totais	416,18	100%	21,9	0	217,3	341,9
	Porcentagens			5%	0%	52%	82%

A iniciativa de projetar um solado biodegradável se traduz numa quantidade considerável de material biodegradável no produto, em torno de 82%, porque o solado representa o componente de maior massa neste tipo de calçado (Tabela 50). O produto ainda contém materiais não biodegradáveis, fazendo com que este não seja totalmente biodegradável como os anúncios publicitários levam a crer.

Na análise comparativa entre os dois modelos, o Modelo Verde II apresenta avanços no índice de biodegradabilidade, como era a meta do desenvolvimento de produto, mas perde em conteúdo reaproveitado. Este fato representa o *trade-off* da escolha entre metabolismo tecnológico e biológico. No Modelo Verde I, o solado é de borracha de pneus, que configura o reaproveitamento de resíduo, e a solução do final de ciclo de vida de outro produto. No Modelo Verde II, o solado é biodegradável, o qual mostra a busca de solução para o final da vida útil do calçado em si.

Tabela 51 - Resumo das métricas de fim de ciclo de vida e reutilização de materiais dos modelos I e II da empresa Simple Shoes

Métricas	Modelo Verde I	Modelo Verde II
Conteúdo reaproveitado % de material reusado ou reciclado	30%	5%
Reusabilidade/Reciclabilidade % de material reusável ou reciclável	0%	0%
Renovabilidade % de material rapidamente renovável	53%	52%
Biodegradabilidade % de material biodegradável	27%	82%
Características de Desmontagem Nível de benefício	(1) Não desmontável	(1) Não desmontável
Logística reversa Nível de benefício	(1) Não há rede de LR	(1) Não há rede de LR

6.4.4 Uso da Água

O impacto do cultivo das matérias-primas, em termos de água e poluentes d'água, especialmente em relação ao potencial de eutrofização, ligado ao uso de fertilizantes e pesticidas, são considerados pela empresa. Assim, os materiais selecionados são as culturas mais favoráveis em relação a esses fatores.

O consumo de água médio, assim como as fontes utilizadas, não são divulgados pela empresa, provavelmente pelo fato da subcontratação da produção não facilitar o controle deste índices.

A pegada de água dos materiais é uma estimativa que se pode avaliar entre os dois modelos. No Modelo Verde I, o consumo de água na fabricação dos materiais é em torno de

944 litros/par, tendo como matérias-primas que mais contribuem a borracha natural, o algodão, a juta, e o cânhamo. No Modelo Verde II, a pegada de água é de aproximadamente 578 litros/par, tendo também os materiais renováveis (algodão, juta e camurça), como os que mais colaboram para o índice.

6.4.5 Consumo de Energia

O consumo de energia foi também um item avaliado através da ferramenta de ACV, especialmente porque está relacionado às questões de emissão de CO₂, o que impacta, principalmente, na categoria de Potencial de Aquecimento Global, comentada no Anexo A, item A.3.

De acordo com a empresa, a montagem de calçados consome, em média, 10,7 MJ (ou 3 kWh) por par, e emite em torno de 2,21 kg CO₂eq., considerando o padrão americano de geração de energia, que é similar ao tipo de fonte utilizada na China (principalmente termoelétrica com queima de carvão), onde está localizada a produção da empresa. Desta forma, deve-se somar esforços em implementar energia renovável e controle de poluição.

Em relação à energia incorporada, os resultados mostram que os modelos verdes requerem menos energia na rede de produção. Em parte, por que nos materiais reciclados deve-se contar a energia que foi economizada, em relação ao material virgem, como é o caso da reciclagem do PET, a qual representa uma economia de energia de 84%, em relação à primeira produção. Por outro lado, materiais como o couro (camurça) tem alto consumo de energia em sua preparação, mas o maior impacto vem dos materiais sintéticos e plásticos como PU, EVA, silicone e Nylon, enquanto os materiais naturais (cânhamo, algodão orgânico e borracha crepe) necessitam de menor montante de energia.

Tabela 52 - Métricas de consumo de energia dos modelos da empresa Simple Shoes

Produtos	Fonte na montagem	Consumo na montagem (MJ/par)	Energia incorporada nos materiais (MJ/par)	Iniciativas para economia de energia
Modelo Verde I	Termoelétrica	10,7	20*	Nível (1), com iniciativas mas sem certificação
Modelo Verde II			14	

* Dado exclui o consumo de energia do componente de borracha proveniente do reaproveitamento de pneu,

Quanto à energia incorporada nos materiais, o Modelo Verde I possui maior índice pela presença do componente de borracha natural. Na Tabela 52, foi desconsiderada a energia consumida para a fabricação da borracha de pneu, por ser componente reaproveitado, caso contrário a energia incorporada seria de 40 MJ/par, como descrito na Tabela 46, item 6.5.2.

Na comparação entre os modelos, é relevante observar que o Modelo Verde I pesa aproximadamente um terço a mais que o Modelo Verde II, o que pode justificar maior consumo de energia, embora os materiais empregados tenham menor gasto específico.

6.4.6 Princípios de responsabilidade social

A empresa Simple Shoes expõe, em seu *website*, as diretrizes de responsabilidade social da corporação a qual pertence, e reconhece que suas práticas em relação à ética afetam toda a cadeia produtiva. Desta forma, as empresas subcontratadas devem comprometer-se a obedecer a legislação local, bem como a aplicar os princípios enunciados nas diretrizes éticas escritas na Tabela 53, ou o mais restritivo deles.

O controle do progresso das diretrizes é conduzido com base em informações fornecidas pelas contratadas, bem como em visitas de inspeção, para qual a empresa deve ter acesso livre, em toda a fábrica, a operações e aos trabalhadores.

Os trabalhadores devem ser avisados destas diretrizes e devem tomar conhecimento delas, em sua própria língua, do mesmo modo que devem possuir uma forma de notificar a empresa se alguma das diretrizes foi desrespeitada. A empresa afirma não permitir nenhum tipo de retaliação ou punição ao trabalhador que exercitar seus direitos expressos nas diretrizes, assim como todos os parceiros devem manter documentos e informações que comprovem a aplicação das diretrizes descritas abaixo.

Em relação às métricas estabelecidas para esta pesquisa (item 0), a empresa não possui certificação das organizações ligadas à responsabilidade social. Ao mesmo tempo, dá destaque aos seus contratados diretos, maior parte dos quais trabalha dentro dos EUA, e não descreve a existência de programa de desenvolvimento social que integre as fábricas montadoras do produto.

Em relação ao princípio da precaução, assim como a empresa Patagonia, a Simple Shoes divulga os principais materiais usados como parte da descrição de cada produto. Porém, não é possível afirmar que não seja empregada nenhuma substância ambientalmente nociva.

Tabela 53 – Diretrizes de ética na cadeia de suprimentos da empresa Simple Shoes

Trabalho forçado	Nossos parceiros de negócio não devem usar trabalho forçado, nem nenhuma forma de prisão, compromisso por débito ou outra forma de coerção.
Trabalho infantil	Nossos parceiros de negócio não devem empregar trabalhadores menores de 16 anos, ou em caso de trabalho de risco menores que 18 anos. Se a idade legal de trabalho for 16 anos, vale a maior restrição.
Pagamento e benefícios	Nossos parceiros de negócio, no mínimo, pagarão salário e benefícios de acordo com o que determina a legislação para a jornada regular de trabalho. Para horas-extras os empregados devem receber compensação compatível. Não são permitidos salários abaixo do mínimo a título de treinamento, depósitos ou taxas pré-contratação ou quaisquer outras práticas que reduzam o salário dos trabalhadores.
Jornada de trabalho	Nossos parceiros de negócio trabalharão com a jornada de trabalho legal, utilizando hora-extra apenas quando cada trabalhador for completamente compensado de acordo com a aplicação da legislação. O trabalhador deve ser informado no momento da contratação se a obrigação de horas-extras é uma condição de contratação. Exceto em circunstâncias extraordinárias, os trabalhadores devem ter um dia de folga semanal e não deverão trabalhar mais de 60 horas semanais ou obedecer aos limites da legislação local se eles forem mais baixos.
Não discriminação	As decisões de contratação devem ser feitas baseadas somente na habilidade do candidato em cumprir determinada função. Nenhuma pessoa deve ser objeto de discriminação no trabalho, incluindo as questões de contratação, salário, benefícios, promoção, disciplina e aposentadoria devido ao gênero, raça, religião, idade, deficiência física, orientação sexual, estado civil, gravidez, nacionalidade, opinião política, origem social ou étnica.
Assédio ou abuso	Nossos parceiros de negócio devem tratar seus empregados com respeito e dignidade. O ambiente de trabalho deve ser livre de intolerância, retaliações, e punições corporais. Nenhum trabalhador deve ser objeto de abusos ou assédio físico, sexual, psicológico ou verbal.
Liberdade de associação/ barganha da coletividade	Nossos parceiros de negócio devem reconhecer e respeitar o direito dos trabalhadores de livre associação e reconhecer efetivamente o direito de barganha da coletividade. Onde estes direitos estão fora da lei, outros meios de representação dos trabalhadores devem ser encorajados.
Saúde e segurança	Nossos parceiros de negócio devem assegurar a segurança e a saúde do ambiente de trabalho. Os parceiros de negócio devem prover políticas e procedimentos escritos que minimizem os impactos negativos no ambiente de trabalho, reduzindo acidentes e doenças, e promovendo a saúde geral dos trabalhadores. Contratantes devem prover treinamento e equipamento adequado para assegurar práticas seguras. Estes requisitos devem ser aplicados aos alojamentos, se existentes.
Meio ambiente	A empresa requer um esforço contínuo para melhorar o desempenho ambiental para alcançar a produção limpa. Espera-se dos parceiros de negócio que: (1) adotem um sistema de gestão ambiental que direcione o impacto do negócio para as práticas de sustentabilidade ambiental; (2) torne conhecido através de relatórios regulares o impacto ambiental decorrente de cada atividade; (3) reduza ou elimine substâncias tóxicas ou perigosas das operações de produção e dos produtos, de acordo com a Política de Substância Restritas da corporação; (4) aumente a eficiência e minimize a poluição e o resíduo; (5) reduza o uso de recursos naturais incluindo matérias-primas, energia e água; (6) tenha a responsabilidade pelo gerenciamento de resíduos.

Tabela 54 - Métricas de responsabilidade social da empresa Simple Shoes

Certificação de Responsabilidade Social	Programa de desenvolvimento social	Princípio da precaução
Não possui certificação	Não possui programa social.	(Nível 2) A empresa enuncia os principais materiais utilizados.

6.4.7 Considerações sobre o estudo de caso III – Empresa Simple Shoes

O estudo de caso III mostra as iniciativas de uma empresa com uma cadeia produtiva relativamente pequena e com compromisso de ser 100% sustentável. Inicialmente é possível imaginar que há maior controle, ao longo da cadeia produtiva, quando comparada a uma grande empresa. No entanto, o conjunto de informações disponibilizadas mostra que o controle real exercido pela empresa é a qualidade do produto final. Da mesma forma que o estudo de caso anterior, se reconhece que para o melhor desempenho ambiental são necessários esforços coordenados, junto aos fornecedores primários e secundários, para alcançar padrões adequados.

Neste sentido, a Simple Shoes cita o exemplo da empresa Patagonia, e o sucesso alcançado em estabelecer uma cadeia verde, graças às boas relações, que promovem flexibilidade em produção e manufatura, a um preço justo. Para tornar possível um maior entendimento da cadeia, são recomendadas pesquisas do tipo *surveys*, aplicadas aos principais fornecedores, sobre informações-chave, como *output* da produção, consumo e fontes de energia, geração de resíduos (efluentes líquidos, resíduos sólidos e/ou perigosos) e o tratamento dado a eles. Antecipa-se que alguns fornecedores não estarão dispostos a alterar suas práticas e, por isto, se prevê a busca por novos parceiros e o desenvolvimento de métodos de produção inovadores. As transformações necessárias envolvem também lidar com a resistência às mudanças na estrutura de produção, como aquisição de maquinário e programas de treinamento da mão de obra. Junto a isto há a dificuldade de aquisição dos materiais ambientalmente amigáveis de fornecedores localizados próximos à montadora.

A empresa reconhece que possui controle moderado sobre o final da vida útil do produto, e entre outras esta é uma razão pela qual se considera mais favorável a opção pela compostagem, ou seja, o metabolismo biológico como fim de ciclo de vida. Esta opção é o foco mais recente, materializado na linha biodegradável lançada em 2010.

As questões de custo são ressaltadas pela empresa, porque a viabilidade da linha ambientalmente amigável está no custo dos materiais. Considerando o reprojeto de produto e o aumento da demanda por matérias-primas naturais, que possivelmente reduziria seu preço, as soluções poderiam não ter custo acima dos produtos convencionais. Junto a isto, se observa que um fator mais importante que o custo dos materiais é a reação do consumidor e o direcionamento dado pelos revendedores, já que a linha ambientalmente amigável, atualmente, é entre \$5 e \$30 mais cara que um par tradicional da mesma marca.

Para a empresa, a oferta de um calçado ambientalmente amigável pode criar um nicho de mercado, que atrai certo tipo de consumidor, o qual busca inclusive um estilo natural em cores e materiais. Porém, como é salientado no estudo de ACV, esta provavelmente não é a ênfase de todos os revendedores, principalmente as lojas de artigos esportivos, porque não usam este tipo de imagem no marketing. Esta é uma das diferenças marcantes entre a empresa Simple Shoes e a empresa Nike, o que ressalta como a imagem dos produtos afeta as iniciativas ambientais.

6.5 Estudo de caso IV – Empresa Nike

O estudo de caso IV teve objetivo de analisar as ações uma grande empresa estruturada numa cadeia produtiva globalizada, uma das líderes mundiais da indústria de calçados esportivos. Com a missão de *“trazer inspiração e inovação para cada atleta”* e considerando que *“se você tem um corpo você é um atleta”*, a empresa tem seu *core business* voltado ao desenvolvimento e comercialização de artigos esportivos de alto desempenho.

O modelo de negócios da empresa Nike segue as características descritas para as empresas do grupo 2 - desenvolvedores de produto (item 4.1), ou seja, a empresa desenvolve produto e gerencia a cadeia, subcontratando a produção. A maior parte de seus funcionários contratados diretamente está nos EUA, mas esta porção equivale a apenas 4,5% do total das pessoas envolvidas para disponibilizar os calçados ao consumidor. Neste modelo a empresa não controla as instalações de produção e sim gerencia o desenvolvimento de produtos. Como as questões ambientais contemplam um profundo repensar no modo como a estrutura produtiva é organizada, o estudo de caso da Nike procura ressaltar as características das ações dentro deste contexto específico.

Os primeiros produtos da linha Verde, ou linha Considered, foram lançados em 2005. Posteriormente a linha Considered passou a ser descrita como uma ética de projeto, que tem foco na criação de produtos feitos com materiais de toxicidade reduzida, ambientalmente aceitáveis, gerando menos resíduos e incorporando inovações sustentáveis. Na época, foi apresentado um produto completamente diferente do calçado tradicional da empresa (Figura 35), com o objetivo de mostrar uma versão de calçado verde. Contudo, esta experiência não atingiu os objetivos esperados dentro do mercado. O modelo não foi tão bem recebido pelos consumidores, e uma das razões que pode ser citada é que a estética do produto não

correspondia à estética dos produtos tradicionais da marca. Como resultado, nos anos seguintes, a estratégia adotada foi a inserção de melhorias nos demais produtos, de forma que as características ambientalmente amigáveis fossem ao longo do tempo disseminadas em todos os produtos.



Figura 35 – Primeiro modelo Verde da Linha Considered

A empresa não busca ser associada a produtos verdes e sim aos produtos inovadores, de alto desempenho e com estética esportiva, característica da marca. Porém, há um trabalho contínuo para que sejam implementadas melhorias orientadas às questões ambientais, para que a marca também não seja relacionada à degradação do meio ambiente, algo que certamente traria considerável prejuízo à imagem da empresa. Desta forma, como foi comentado pelo representante da empresa, a sustentabilidade deve estar nas entrelinhas do desenvolvimento de produtos.

6.5.1 Estratégias ambientais usadas no desenvolvimento do produto e na produção

A empresa conta com a consultoria da organização *The Natural Step*, desde 1998, e outros consultores trabalharam com a empresa desde então, inclusive a empresa certificadora MBDC, citada anteriormente neste estudo. Em 2010 a empresa de consultoria BluSkye, com sede em São Francisco, Califórnia, iniciou trabalho junto à empresa com objetivo específico de investigar soluções para o final da vida útil dos produtos.

Os princípios de sustentabilidade enunciados pela *The Natural Step*, e que guiaram o trabalho e a maior parte das ações da Nike são: (1) parar de contribuir para o aumento progressivo da extração de substâncias da crosta terrestre; (2) parar de contribuir para o acúmulo progressivo dos compostos químicos produzidos pela sociedade; (3) parar de contribuir para o aumento progressivo da degradação física e da destruição da natureza e dos

processos naturais e; (4) parar de contribuir para condições que impeçam a capacidade das pessoas de prover suas necessidades básicas.

A Nike foi a primeira empresa do setor calçadista a disponibilizar uma rede de logística reversa, mantendo o programa de reaproveitamento pós-consumo de tênis, que dá destino aos produtos produzidos por ela e por outras empresas, conforme comentado no item 4.5.2.

Trabalhando com o conceito de pegada ecológica, a empresa desenvolveu um índice próprio para avaliar os produtos já existentes e orientar os produtos a serem desenvolvidos, no qual usa a abordagem de análise de ciclo de vida - ACV. Desta maneira, são examinadas as informações de projeto e de produção, como solventes e o tratamento dado às peças de vestuários e os resíduos gerados. Todas as informações são consideradas para a decisão por materiais ambientalmente favoráveis (*environmentally preferred materials* - EPM's), ou seja, materiais reciclados, renováveis e quimicamente otimizados, como será comentado no item a seguir. A combinação das escolhas faz com que o produto receba um escore, que resulta em uma classificação: o melhor, melhorado, bom, precisa de melhoramento (*best, better, good, needs improvement*).

O índice envolve, principalmente, quatro fatores de impacto, representados na Figura 36: resíduo, composição química (toxicidade), água e energia. Estes fatores formam a matriz de Análise de Materiais (*material analysis tool* - MAT), que reúne um conjunto de 19 questões sobre impacto ambiental, nas quatro categorias, cada uma com um determinado peso, como descrito na Tabela 55. A empresa deixa clara a preocupação em incluir os benefícios do uso de materiais ambientalmente favoráveis, porém, sem comprometer a estética, a qualidade e o desempenho dos produtos. Também comenta a relação de incentivo ao desenvolvimento de materiais sustentáveis pelos fornecedores, porque eles sabem que a empresa está interessada neste tipo de solução.

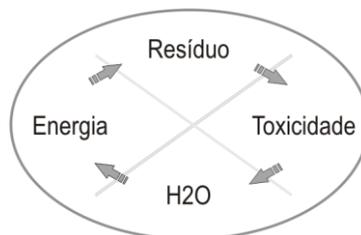


Figura 36 – Representação gráfica do Índice de Avaliação de Materiais

Cada componente recebe uma determinada pontuação, e através da intranet da empresa, os projetistas podem fazer a lista de materiais para um novo produto e obter o escore do produto e sua classificação, segundo o impacto ambiental, como mostra a Figura 37. De acordo com a empresa, esta ferramenta auxilia o entendimento daquilo que foi alcançado e a identificação de metas futuras. Um exemplo disto é o foco na eliminação de substâncias tóxicas de seus produtos, sendo elas reconhecidas como tóxicas em senso comum ou não.

Tabela 55 – Matriz de métricas para análise de materiais ambientalmente favoráveis – Nike

Fator de Impacto	Peso	Métrica de Impacto Ambiental
Química (toxicidade)	40%	Risco (perigo e potencial de exposição)
		Pontos de toxicidades considerados: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Carcinogênicos ▪ Perigo Agudo ▪ Perigo Crônico ▪ Disfunção Endócrina e Teratogênicos
Intensidade de Energia e CO ₂	25%	MJ / kg de material
		Fonte de Energia
		kg CO ₂ / kg de Material
Resíduo	20%	Insumos reciclados
		Disposição do resíduo da manufatura
		Disposição no final da vida do produto
Intensidade de água	15%	>, =, < 100 Litros / kg de materiais

Segundo o representante da empresa entrevistado neste estudo, é preciso entender a pegada ecológica para atuar no desenvolvimento de produtos. Como exemplo, citou que somente a partir deste tipo de avaliação, se identificou que o maior impacto ambiental está na produção dos materiais, seguido dos resíduos de materiais e resíduos da manufatura, sendo que o impacto logístico, devido ao transporte do local da produção até o consumidor, foi menor do que o esperado.

Ressalta-se que estas informações são de uso interno da empresa e o escore de cada produto ou detalhes sobre a análise não são divulgados aos consumidores. Em 2010 a Nike disponibilizou publicamente a estrutura do índice para peças de vestuário, como se pode observar na Figura 37. A empresa anuncia a divulgação ainda em 2011 da ferramenta usada na avaliação dos calçados. Provavelmente a ferramenta para calçados contenha mais itens de avaliação, os quais devem incluir as características de junção dos componentes e as soluções de desmontagem.

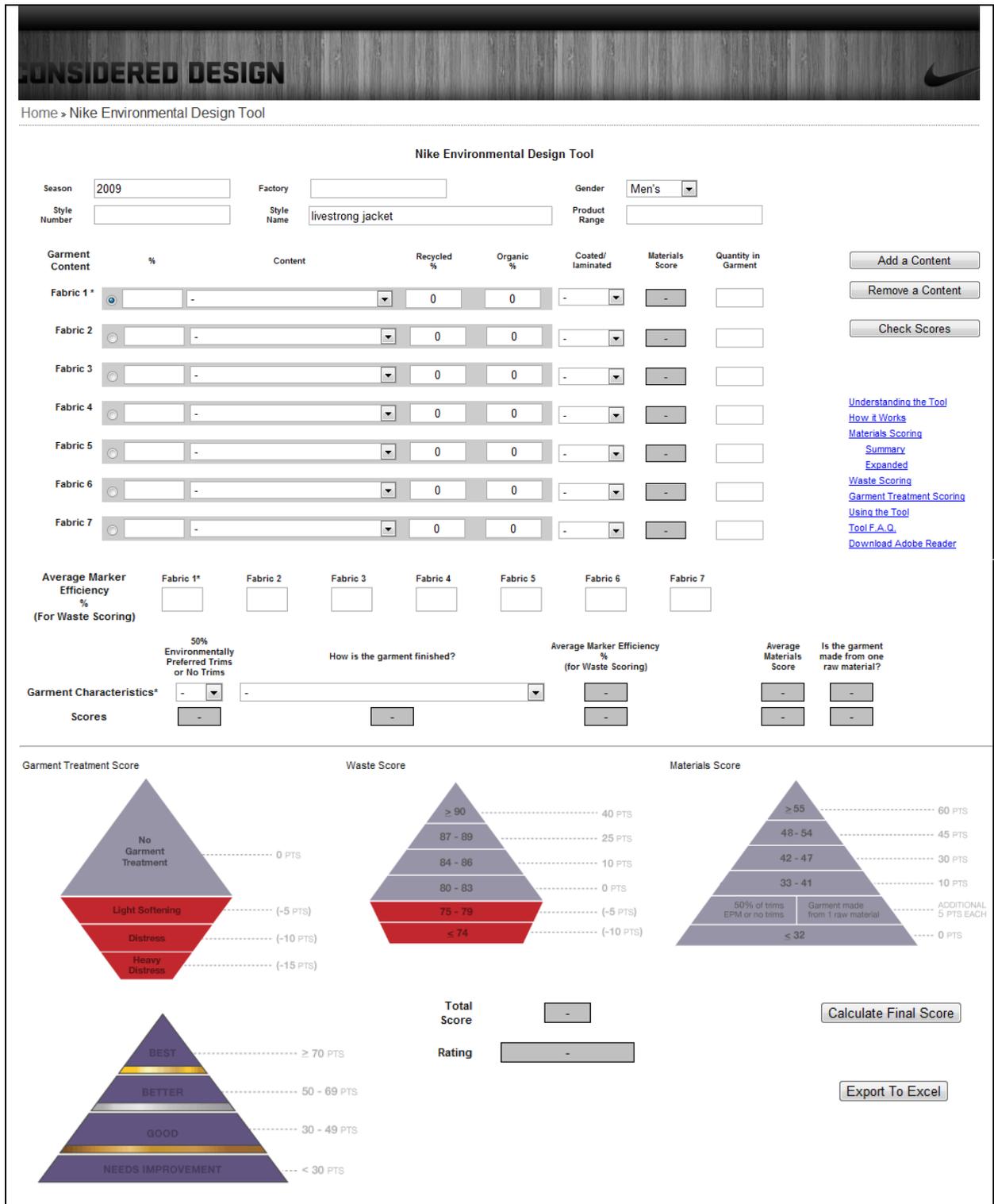


Figura 37 – Estrutura do índice Considered, publicado em 2010. Fonte: Nike

O trabalho direcionado à eco inovação é realizado através de três equipes principais: de design, de química verde e de medições (métricas). Estas equipes trabalham em conjunto, na sede de desenvolvimento de produtos da empresa. Atualmente, o objetivo publicamente assumido pela empresa é atingir uma redução de 17% na geração de resíduos, ao longo da sua cadeia de fornecedores, e aumentar o emprego de materiais ambientalmente amigáveis em

20%, até o ano 2020. Sua visão em longo prazo, projetada para o ano de 2050, é desenvolver produtos que tenham ciclo fechado, ou seja, utilizem a menor quantidade de material possível, projetados para fácil desmontagem e que permitam a reciclagem, que os transforme em um novo produto ou que garanta um retorno seguro ao meio ambiente, no final de seu ciclo de vida. Objetivo que se assemelha ao conceito berço ao berço.

6.5.2 Materiais

Algumas informações sobre a composição dos produtos em geral e sobre o uso de materiais renováveis são disponibilizadas ao público pela empresa através de seu website. As primeiras iniciativas divulgadas pela empresa se referem ao trabalho para reduzir a toxicidade dos materiais. Entre elas, está a eliminação, quase completa, do PVC (Policloreto de Vinila), um dos plásticos mais usados na indústria do calçado, caracterizado no Anexo E. O início da remoção do PVC se deu em 1999 e contou com a cooperação de toda a cadeia produtiva, bem como o trabalho conjunto das equipes de projeto e produção. Segundo a empresa, dificuldades de alcançar as características de preço e desempenho são as principais barreiras para a eliminação do PVC. A redução de substâncias químicas perigosas contribuiu para tornar o ambiente de trabalho nas fábricas mais seguro e diminuir o impacto ambiental, além de proporcionar uma economia considerável na matéria-prima, armazenagem e entrega.

Segundo a empresa, entre os anos de 1995 a 2003 se reduziu 95% dos solventes utilizados, através da substituição por adesivos, primers e limpadores à base de água. Com isto, houve o mesmo índice de redução dos VOCs, resultantes do processo de manufatura. Em 1995, um par produzido gerava 340g de VOCs, enquanto, em 2006, a quantidade estava em torno de 15,3 g.

Dentro das iniciativas para reduzir a toxicidade de materiais, a empresa salienta o desenvolvimento de uma borracha verde (*Nike Grind Rubber*), a qual resultou de um trabalho conjunto com os fornecedores, que em 2002, modificou o processo de fabricação, gerando um material com 96% menos toxinas que a borracha tradicionalmente usada (em 2005 mudou a formulação, alcançando resultados ainda melhores). Em 2006, 3% dos modelos de calçados da empresa utilizavam este material e a previsão era de 60% para o ano seguinte. Segundo a empresa, melhorias realizadas no material borracha eliminam, anualmente, 3.000 toneladas de compostos tóxicos.

O uso de materiais renováveis teve início em 1997, e a opção feita pela empresa foi a utilização do algodão orgânico. Desde então, vem crescendo a porcentagem de algodão orgânico utilizada, objetivando, para o ano de 2010, alcançar o uso de 5% de algodão orgânico do total utilizado e ter produtos certificados como 100% algodão orgânico, e em 2011, incluir algodão orgânico em todos os produtos que contenham algodão. As principais fontes de algodão orgânico são os EUA, a Índia, a Turquia e a China. O objetivo, em longo prazo, é acrescer em 50% o uso desta matéria-prima, a cada ano, para alcançar um significativo impacto, visível e mensurável, em escala global. No entanto, o uso do algodão orgânico pode ser questionado pela considerável pegada de água, muitas vezes proveniente de irrigação, como comentado no Anexo E.

Outras matérias-primas naturais renováveis, através de cultivo anual ou bienal, também são consideradas como recursos para tecidos e polímeros à base de bio-fibras. Além do algodão, entre os materiais naturais avaliados pela empresa estão: a seda, a lã, o bambu, o linho, a cortiça, a caxemira, o cânhamo e o couro.

Como um dos maiores usuários de couro branco, desde 2006 a empresa está envolvida em estudar soluções para os resíduos gerados no corte do couro, através do *Leather Working Group* (LWG)²⁹, que congrega o esforço de curtumes, outras marcas de calçados e revendedores. O grupo desenvolveu um protocolo de avaliação de curtumes, para verificar se as práticas ambientais dos fornecedores estão de acordo com as diretrizes da empresa.

A empresa também possui listas de substâncias proibidas, que visam esclarecer aos subcontratados quais compostos não podem estar presentes nos produtos da marca e também colaborar como um alerta sobre a periculosidade destas substâncias, em caso de desconhecimento ou de carência de legislação reguladora local.

Nos modelos analisados, como em geral ocorre nos calçados esportivos, o solado corresponde a mais de metade da massa total do produto (em torno de 55% no modelo Verde I e 60% no modelo Verde II). Segundo a empresa o material empregado no solado é a borracha verde desenvolvida pela empresa – Nike Grind Rubber, comentada anteriormente. Para o modelo Verde I este é o único material especificado pela empresa. Para o modelo Verde II a empresa comenta o uso de PU reciclado (83% de TPU) na camada intermediária do solado, chamado airbag. Além disto, no modelo Verde II a empresa destaca que o tecido base do

²⁹ Ver Anexo E, item E.1.10

cabedal constitui-se de 25% de PET reciclado, sendo que este componente corresponde a aproximadamente 24% da massa do produto, como mostra a Tabela 55.

Não são divulgadas mais informações sobre os materiais utilizados em cada componente, o que impossibilita comentar sobre a toxicidade ou fazer a análise detalhada da pegada de água e da energia incorporada.

Tabela 56 – Massa dos principais componentes utilizados no modelo Verde I da empresa Nike

	Função (parte do calçado)	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade
Solado	Sola inferior	150,91	43,6%
	Sola intermediária	39,81	11,5%
	Fita de amarração	6,63	1,9%
	Acabamento Fita Amar.	0,46	0,1%
Cabedal	Cabedal (malha+enchimento+forro)	57,65	16,6%
	Det 1 (couro corrugado)	15,59	4,5%
	Det 2 (couro liso)	12,68	3,7%
	Contraforte	9,61	2,8%
	Espuma (contraforte e lingueta)	3,85	1,1%
	Forro (contraforte e lingueta)	20,07	5,8%
	Palmita	23,17	6,7%
	Acessório palmita (Air)	1,73	0,5%
	Cadarço	4,29	1,2%
	Total	346,45	100%



Figura 38 - Principais componentes pesados dos modelos da Empresa Nike

Tabela 57 – Massa dos principais componentes utilizados no modelo Verde II da empresa Nike

	Função (parte do calçado)	Massa/ unidade (g)	% do total/ unidade
Solado	Solado (incluindo palmilha de montagem e airbag embutido)	184,5	60,8%
	Cabedal (malha)	23,7	7,8%
Cabedal	Detalhes decorativos + reforço	19,8	6,5%
	Lingueta	7,8	2,6%
	Contraforte	11,5	3,8%
	Espuma (contraforte+lingueta)	6,0	2,0%
	Forro (contraforte)	7,1	2,3%
	Entretela (contraforte)	5,0	1,6%
	Reforço interno (cadarço)	2,3	0,8%
	Palmilha	29,3	9,7%
	Acessório palmilha (iPod)	1,9	0,6%
	Cadarço	4,4	1,4%
	Total	303,2	100%

6.5.3 Fim do ciclo de vida e reutilização de materiais

A empresa procura fazer a reciclagem de materiais, pré e/ou pós-consumo. Como exemplos de materiais que são reaproveitados pelos processos de reciclagem estão o TPU, a borracha, a lã, o algodão, o couro e o poliéster. No caso do poliéster, o material para reprocessamento provém de resíduos pré e pós-consumo, como garrafas PET, roupas, sobras de tecidos, etc.

Quanto ao reaproveitamento, a empresa é conhecida pelo programa ReUSE A SHOE, descrito no item 4.5.2. Também está reprocessando os resíduos de EVA, que sobram da produção. As sobras provenientes da produção de palmilhas são coletadas e moídas em partículas finas e são reusadas novamente em palmilhas e meias.

Quanto aos materiais rapidamente renováveis, a empresa considera o uso de materiais de fontes cultivadas anuais ou bianuais para a manufatura de materiais naturais ou fibras e polímeros com base em bio-materiais. Exemplos destes materiais citados pela empresa são: Tencel ® / Lyocell, caxemira, ácido polilático (Polylactic Acid - PLA), cortiça, lã, seda, bambu, Bambu Rayon / Viscose (uma fibra manufaturada composta por celulose derivada do bambu), cânhamo, linho, soja (Soy Azlon), Modal ®, couro, algodão, etc.



Figura 39 - Partes do Modelo Verde I da empresa Nike

Atualmente, se trabalha o DfD de calçados esportivos, analisando o número e as formas de junção dos componentes. O modelo Verde I pode ser citado como um exemplo de solução para desmontagem. Um esquema de costura prende o solado (composto por duas pontes encaixados) ao cabedal, conforme ilustra a Figura 40. Porém, este modelo foi uma iniciativa isolada, mesmo com a rede de logística reversa que a empresa possui. É importante observar ainda que no cabedal deste produto há no mínimo seis tipos distintos de materiais, sendo que no calçado inteiro é possível identificar 12 tipos diferentes.

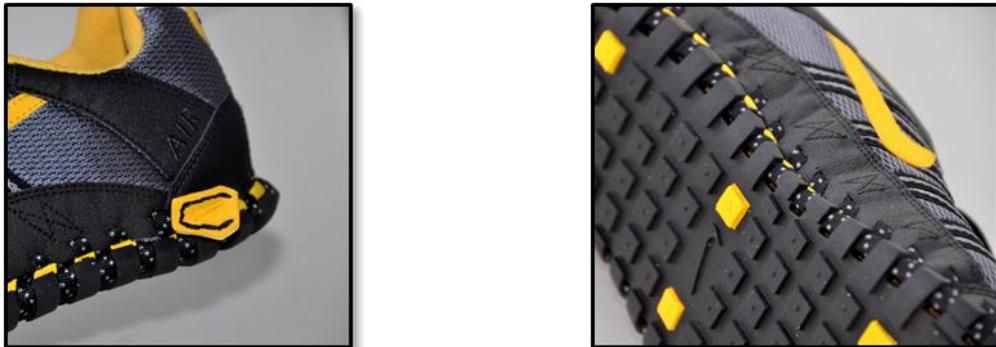


Figura 40 – Detalhes da solução de desmontagem de solado e cabedal, do modelo Verde I

Segundo a empresa o modelo Verde I, possui ainda material reciclado nos cadarços e sempre que possível é usado náilon reciclado na malha do cabedal. No modelo Verde II a empresa ressalta o uso de material reciclado na malha do cabedal que corresponde a aproximadamente 24g (8% da massa do produto), ao mesmo tempo em que costuradas a esta malha estão 20g (6,5%) de elementos de reforço e detalhes estéticos de material não especificado, Figura 38.

6.5.4 Uso da Água

As questões sobre consumo de água são mais relevantes na produção dos tecidos usados nos calçados, e principalmente no vestuário. Segundo a empresa, gastam-se, em média, aproximadamente 167 litros (em processos de fiação e tingimento) de água para cada 1 kg de tecido produzido. Por isto, o consumo de água é um dos fatores de maior impacto ambiental na confecção de roupas. Em resposta, a empresa estabeleceu padrões de pH, DBO, DQO, cor e espuma, para que o contratado avalie seu efluente, de acordo com a legislação nacional e com o programa da empresa.

Na produção de calçados, a água é usada para consumo sanitário, e cada fábrica deve possuir, ou estar conectada, a uma estação de tratamento. O fator água entra também na avaliação da matéria-prima e score final do calçado, como foi mostrado no item 6.5.1.

A empresa não divulga os dados sobre o consumo de água na montagem dos produtos, e a estimativa da pegada de água não pode ser realizada devido à indisponibilidade de informações sobre os materiais utilizados, como comentado no item 6.5.2. Em relação às iniciativas para economia de água, cabe ressaltar que a empresa atingiu a certificação LEED em todas as edificações de seu campus-sede no estado de Oregon, nos Estados Unidos.

6.5.5 Consumo de Energia

Todas as edificações do campus-sede da empresa, nos EUA, são certificadas pela LEED e são abastecidas com energia renovável. O centro de distribuição europeu, localizado em Laakdal, na Bélgica, contempla seis turbinas geradoras de energia eólica, e a sede europeia da empresa, em Hilversum nos Países Baixos, também usa somente energia renovável.

O consumo de energia influencia significativamente as questões de emissões associadas aos produtos. Com objetivo de eliminar emissões de operações (escritórios, centros de distribuição, revendas e viagens), a empresa procura formas de medição de emissões dos centros de distribuição, até os revendedores.

Contudo, as fábricas contratadas para a produção de calçados são as maiores responsáveis pela intensidade de CO₂ embutida no produto, visto que aproximadamente 60% da produção está localizada na China e Vietnã, países que não possuem comprometimento com a redução de emissões. Segundo dados da empresa, o consumo de energia em sua cadeia se divide da seguinte maneira: 2% produção de equipamento; 3,9% produção de vestuário;

6,4% suas próprias fábricas; 33,9% operações de logística e 53,8% produção de calçado. Enquanto as emissões de CO₂ estão distribuídas em: 1,9% viagens de negócio; 2,9% produção de equipamento; 5,6% produção de vestuário; 6,7% suas próprias fábricas; 24,6% operações de logística e 59,3% produção de calçado.

Segundo a empresa, seu plano no momento é realizar uma auditoria detalhada nos locais de produção, para identificar quais processos consomem mais energia. Como a empresa está implementando a produção *lean* na manufatura, a auditoria prevê também comparar o consumo de energia em processos convencionais e *lean production*, além de medir os benefícios econômicos e também redução de emissões. Cabe lembrar ainda que o consumo de energia e as emissões são considerados no índice de escolha de matérias-primas, comentado no item 6.5.1.

Entretanto, como comentado anteriormente, o consumo atual na montagem não é atualmente disponibilizado pela empresa, e o cálculo da energia incorporada nos materiais não é possível devido à ausência de informações sobre a lista de materiais utilizados nos componentes de cada modelo.

6.5.6 Princípios de responsabilidade social

A empresa elaborou seu primeiro código de conduta de trabalho para as fábricas subcontratadas em 1991. A partir de então, todas devem assinar o documento. Segundo a empresa, apesar de sua produção estar estruturada de forma globalizada, o código de conduta deve unir todos os contratados. Por isto, os princípios estabelecidos no código devem estar disponíveis nos locais de trabalho, traduzidos na linguagem dos trabalhadores e eles devem conhecer seus direitos e obrigações, definidos no código, e aplicados segundo a legislação local, procedimento padrão para as empresas associadas à FLA. Os princípios são enunciados na Tabela 58. Através deles a empresa deixa claro suas exigências sobre a conduta de seus subcontratados, e espera esclarecer seu comprometimento com as melhores práticas de gerenciamento e respeito aos direitos dos trabalhadores, inclusive o direito à livre associação e barganha coletiva.

É importante observar que no item “Banir o trabalho infantil”, a empresa esclarece que não é possível a contratação de qualquer trabalho caseiro na manufatura de seus produtos. Isto exclui a possibilidade de contratação de ateliês não regulamentados por legislação.

Tabela 58 – Princípios do código de conduta da Nike, aplicados a todos os seus subcontratados

Banir trabalho forçado	O contratado não deve usar trabalho forçado de forma alguma – prisão, débito, etc.
Banir trabalho infantil	O contratado não pode empregar nenhuma pessoa menor de 18 anos para produzir calçado, menor de 16 anos para trabalhar na confecção de roupas, acessórios ou equipamentos. Mesmo que seja legalmente possível, o contratado não pode empregar pessoas com menos de 15 anos, ou os limites acima. Para assegurar estas exigências, o contratado não pode usar nenhuma forma de trabalho caseiro na manufatura dos produtos da empresa.
Pagamento	O contratado deve prover a cada trabalhador, no mínimo, o pagamento previsto para o setor industrial, prover um acordo claro, estabelecendo pagamento para cada período de trabalho e não deduzir pagamento do trabalhador por infrações disciplinares.
Benefícios	O contratado deve prover a cada trabalhador os benefícios previstos pela legislação.
Jornada de trabalho	O contratado deve demandar o número de horas de trabalho previstas na legislação, utilizar horas extras somente quando cada trabalhador for compensado de acordo com a lei, informar cada trabalhador no momento da contratação se o cumprimento de horas-extras é uma condição para isto, e se o horário regular provê um dia de folga na semana, e requer não mais de 60h de trabalho por semana, ou obedecer ao limite local, se ele é mais baixo.
Saúde e segurança no trabalho e meio ambiente	O contratado deve estabelecer, por escrito, políticas e padrões de saúde e segurança no trabalho e meio ambiente, implementar um sistema para minimizar o impacto ambiental negativo, reduzir doenças relacionadas ao trabalho e promover a saúde geral dos trabalhadores.
Inspeção e documentação	O contratado deve manter arquivados todos os documentos necessários para demonstrar o cumprimento do Código de Conduta e da legislação local, concordar em disponibilizar estes documentos à empresa ou ao monitor designado por ela e concordar em se submeter à inspeções com ou sem anúncio prévio.

Segundo a empresa, os objetivos de inovação também estão relacionados ao componente social do conceito de sustentabilidade, o qual enfatiza a importância do retorno da água limpa às comunidades, e da remoção dos materiais tóxicos dos efluentes – pontos que ressaltam a sobreposição entre os critérios analisados (responsabilidade social, uso da água e materiais).

O incentivo ao uso de matéria-prima renovável apresenta outra interface com as questões de responsabilidade social. Porque, para dar suporte à intenção de utilizar o algodão orgânico, a empresa teve de trabalhar para defender os benefícios da agricultura orgânica para seus parceiros comerciais, ou seja, os revendedores e fornecedores, inclusive os próprios agricultores. Além de esclarecer aos consumidores o valor agregado da agricultura orgânica e a disponibilidade de produtos que contém algodão orgânico.

Tabela 59 - Métricas de responsabilidade social da empresa Nike

Certificação de Responsabilidade Social	Programa de desenvolvimento social	Princípio da precaução
Sim , possui certificação FLA.	Sim , conduz diversos programas de desenvolvimento social ³⁰	(Nível 1) A empresa deixa claro a preocupação em substituir substâncias nocivas em seus produtos, mas não divulga lista de materiais.

Quanto ao princípio da precaução a empresa tem como objetivos substituir substâncias nocivas, sendo elas reconhecidas ou não, e disponibiliza listas de substâncias restritas, porém não divulga aos consumidores a lista de materiais empregados em cada modelo.

6.5.7 Considerações sobre o estudo de caso IV – Empresa Nike

O estudo de caso IV relata os esforços de transição de uma empresa que produzia de forma convencional e que assumiu publicamente o objetivo futuro de desenvolver produtos com ciclo fechado, em longo prazo. De acordo com a empresa, isto envolve produzir usando o mínimo de materiais possíveis e projetar para desmontagem (DfD), permitindo que o produto seja reciclado ou retorne, com segurança, para a natureza depois de usado. Contudo, a empresa reconhece que, com a tecnologia e os materiais atualmente disponíveis, isto não é possível. Outras áreas que estão sendo enfatizadas, nas diretrizes de inovação, são a química verde, o consumo de água e a estabilidade climática, ou seja, o controle das emissões.

A dificuldade no desmembramento do calçado é evidenciada no processo de reciclagem dos tênis, para utilização nos pisos esportivos (item 4.5.2), em que o produto é cortado e não desmontado. Além disto, há um limite bastante pequeno de volume de pares reciclados anualmente (1,5 milhão), em relação ao volume produzido. Desde 1991, em torno de 25 milhões de pares foram reciclados; entretanto, apenas nos Estados Unidos, aproximadamente 2,4 bilhões de pares são consumidos a cada ano.

O treinamento e discussão sobre sustentabilidade, trazidos pela empresa de consultoria, se encaixam na confiança que a empresa demonstra na capacidade dos seus profissionais de projeto. Assim, ajudando-os a entender os mecanismos para por em prática os

³⁰ Em 2011, a empresa está investindo \$315 milhões em programas de desenvolvimento social, entre doações e apoio a programas de inclusão social de jovens. Entre as iniciativas, destacam-se, por exemplo, o programa de doação de pisos de borracha reciclada (Nike Grind) para quadras poliesportivas, a "NIKE Village Development Project" na Tailândia, e o patrocínio (junto com outros parceiros) do programa "changemakers" organizado pela Fundação Ashoka.

princípios de sustentabilidade, permite que eles criem suas próprias soluções inovadoras para alcançar os objetivos da empresa. Desta forma, há o incentivo ao trabalho de desenvolvimento de produto e a construção de ferramentas que auxiliem os profissionais de projeto, como a Matriz de Análise de Materiais, descrita no item 6.5.1. De acordo com o representante da empresa, analisando a pegada ecológica, se identifica os materiais mais problemáticos e estes passam a ser alvo de melhorias. Um exemplo citado é que, em alguns casos, 80% do impacto vem de apenas cinco substâncias. Então, a equipe deve concentrar suas atividades para dar soluções alternativas a elas.

Ao mesmo tempo em que a empresa deixa claro os critérios tradicionais de avaliação – desempenho, preço e estética – e o impacto ambiental, como um fator acrescido posteriormente, ela mostra que este último influencia a tomada de decisão, tanto no conceito do produto, manufatura, fonte de material e embalagem. O representante da empresa destacou que o *core business* da empresa é o desempenho em calçados esportivos. Assim, o melhoramento em termos ambientais não pode ocorrer fora deste escopo principal e em detrimento do desempenho do produto. Segundo ele, o “projeto sustentável deve ser invisível”.

Considerações sobre materiais também configuram discussões interessantes dentro da empresa, como por exemplo, a utilização de algodão orgânico. Segundo o representante da empresa, a produção de algodão orgânico consome uma quantidade significativa de água, e a matéria-prima é renovável, mas não reciclável. Enquanto isso, o poliéster é altamente reciclável e não tem um consumo de água tão alto. Este tipo de análise mostra a complexidade dos fatores que influenciam as decisões de projeto e a importância de entender todo o ciclo de vida de materiais e produtos.

Neste estudo de caso, chama a atenção o poder de barganha da empresa em relação aos seus subcontratados, e destaca-se a existência do *trade-off* resultante do tamanho da cadeia produtiva. A empresa é uma das grandes corporações do setor calçadista mundial, por isto, o domínio de todos os subcontratados, ou seja, a transparência da cadeia de produção é uma dificuldade, principalmente no que se refere ao controle do impacto ambiental. Por outro lado, a possibilidade de produzir para a marca é um grande atrativo e incentiva as fábricas a alcançarem os padrões estipulados pela contratante.

6.6 Contribuições para diretrizes para avaliação de alternativas e soluções de projeto a partir do conceito berço ao berço

Em relação à sustentabilidade, não existem soluções únicas que se aplicam a todos os produtos. Um exemplo são os modelos de negócios em que os clientes compram a funcionalidade do produto, mas não necessariamente os materiais. Esta ideia relacionada ao conceito de desmaterialização pode ser bem aplicada a certos tipos de produtos, como os eletrônicos. Mas considerando o produto calçado, esta aplicação é bastante difícil, por que o uso implica o desgaste dos materiais. Ao mesmo tempo, nos calçados, a durabilidade do produto depende da qualidade dos materiais e da montagem, principalmente nos calçados esportivos, enquanto a estratégia de obsolescência programada é ditada pela indústria da moda nos calçados do dia-a-dia em certos nichos de mercado (como nos calçados femininos). Desta forma, trabalhar com as peculiaridades de cada tipo de produto é um desafio cada vez maior para os profissionais de desenvolvimento.

No sentido de colaborar com a definição de diretrizes para alcançar o desenvolvimento sustentável de produtos, além da estrutura de análise empregada nos estudos de caso (de acordo com os critérios derivados do conceito berço ao berço), propõe-se a utilização de uma ferramenta estatística de análise multicriterial. Como foi comentado ao longo do estudo, produtos ambientalmente amigáveis contemplam escolhas complexas e que se influenciam mutuamente.

Para guiar estas escolhas é necessário inicialmente estabelecer a priorização dos critérios de análise, depois avaliar alternativas segundo estes critérios. Nesta pesquisa, vários modelos de calçados foram investigados segundo critérios e subcritérios, conforme o esquema da Figura 41. Se o objetivo fosse escolher a melhor alternativa, o primeiro passo seria definir quais critérios são mais relevantes, para receberem mais atenção ao longo do projeto. Para este tipo de análise é proposto o uso da ferramenta de Processo de Análise Hierárquica ou *Analytic Hierarchy Process - AHP*.

A escolha desta ferramenta considera o fato que, tanto o desenvolvimento de produtos quanto a opção dos usuários por um determinado produto, são processos decisórios, com maior ou menor nível de complexidade. A estrutura sistematizada na Figura 41, permite um rápido entendimento do problema e das variáveis, que embora estejam resumidas nos critérios e seus respectivos subcritérios, constituem uma vasta gama de conhecimento e informações.

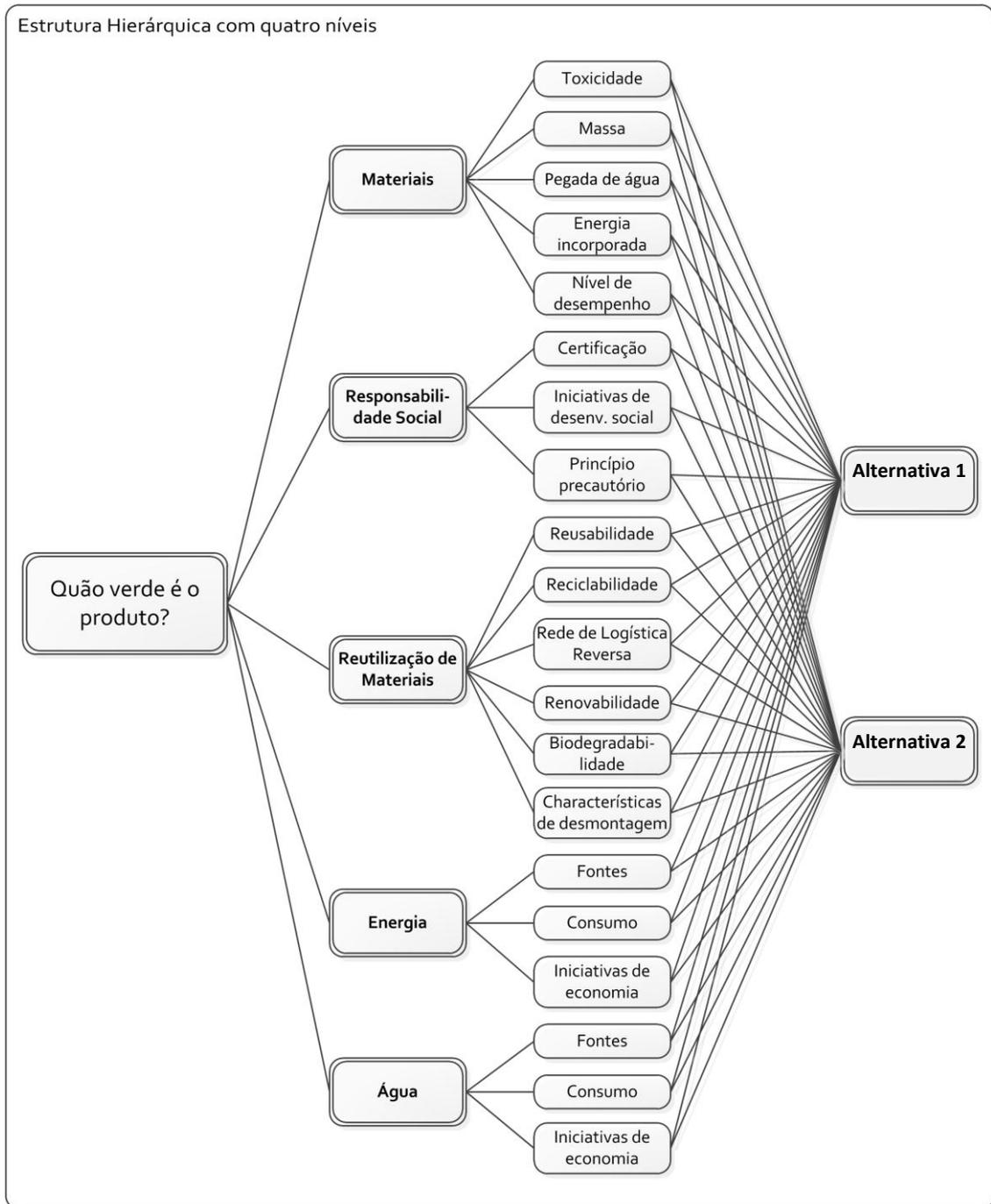


Figura 41 - Estrutura hierárquica em quatro níveis do problema abordado no estudo

A hierarquização dos critérios ambientais, e a própria aplicação da ferramenta AHP, podem servir não apenas para a avaliação de produtos acabados, como também para auxiliar na tomada de decisão ao longo do processo de projeto, e do desenvolvimento do produto. A comparação entre alternativas de produtos com características de uso semelhantes é a mais aconselhável, assim para o produto calçado é mais adequado comparar calçados para a prática esportiva entre si e calçados para uso cotidiano separadamente. No entanto, é possível a

comparação entre os diferentes tipos de produto tendo como objetivo geral verificar qual o mais ambientalmente amigável.

No Anexo F, apresenta-se uma descrição detalhada sobre o uso da ferramenta AHP na avaliação de alternativas ao longo do desenvolvimento de produtos, assim como um exemplo de ranqueamento dos critérios e subcritérios listados na Figura 41, além de dois exemplos de aplicação prática da ferramenta para a comparação quantitativa de produtos reais (a partir dos resultados obtidos nos estudos de caso II e III). Para calcular a análise exemplo foram usados os softwares MakeItRational (I.E.O.P., 2010), desenvolvido pelo *Innovative Economy Operational Programme* da União Européia, e HIPRE (MUSTAJOKI e HÄMÄLÄINEN, 2000), desenvolvido pelo Laboratório de Análise de Sistemas da Universidade de Tecnologia de Helsinki.

6.7 Considerações finais

Os estudos de caso apresentam diferentes iniciativas ambientais que estão ocorrendo no setor calçadista no Brasil e EUA, relacionando metas e resultados alcançados à maneira como o desenvolvimento de produtos e organização da produção estão estruturados em cada exemplo em particular. O estudo piloto representa a realidade regional, já conhecida também por estudos prévios realizados pelo Núcleo de Design e Ergonomia LOPP/UFRGS.

No cenário do estudo piloto, verifica-se que as questões ambientais têm sido tratadas como externalidades, devido em parte ao *status quo* do setor, em parte porque a legislação e a fiscalização permitem, em parte pelo desconhecimento e ainda também porque os grandes compradores e os consumidores ainda não têm como requisito fundamental este tipo de preocupação. Já nos estudos de caso, buscou-se evidenciar iniciativas ambientais em diferentes contextos. Assim, ressaltam-se mais as diferenças e similaridades entre metas e motivações, comentadas a seguir, e não se objetiva comparar os resultados obtidos entre elas.

Os estudos de caso, resumidos na Tabela 60 na Tabela 61, evidenciam que, entre as variáveis econômicas, a missão e o *core business* das empresas influenciam consideravelmente a condução das estratégias ambientais e também alguns dos resultados alcançados, porque definem as metas do projeto do produto, tanto no desempenho esperado (um tênis de corrida serve a propósitos diferentes de um calçado para o dia-a-dia), quanto na imagem associada ao objeto. Este tipo de questão transpareceu, por exemplo, quando o representante da empresa Nike comentou que a sustentabilidade nos produtos da marca deve

ser invisível. Em contraponto, a empresa Simple Shoes tem toda a sua imagem trabalhada como empresa ambientalmente orientada e atende ao grupo (cada vez maior) de consumidores que buscam por isto. Neste contexto, é interessante lembrar que o lançamento dos primeiros produtos verdes da Nike, em 2005, representou um marco pelos índices ambientais alcançados. Porém, não se enquadrava dentro da estética, nem quanto ao desempenho esportivo associado à empresa, sendo que a empresa optou, nos modelos futuros, pelo projeto de produtos que se assemelhassem bem mais com o tipo de produto da marca. Desta forma, é ressaltado também o papel que os consumidores desempenham na decisão sobre a condução das estratégias ambientais dentro das empresas.

Em relação à diferença entre o caso brasileiro e os exemplos americanos, é interessante observar que, de uma forma geral (não apenas no estudo de caso apresentado neste documento), as empresas brasileiras detêm o controle da estrutura fabril, e estão divididas entre o desenvolvimento de produto próprio e a subcontratação de sua estrutura, para marcas internacionais. Neste cenário, como exemplificam os modestos resultados obtidos pela empresa no estudo de caso I, não parece que as empresas estejam fortalecendo suas equipes e estratégias de desenvolvimento de produto, principalmente com relação aos aspectos ambientais, o que deixa margem ao questionamento de como esse modelo de negócio evoluirá no futuro. Por exemplo, não houve aplicação de ferramentas de avaliação ambiental, ou mesmo comparação entre resultados alcançados por produtos verdes em relação aos convencionais, ou mesmo um trabalho mais profundo na definição de sustentabilidade para o grupo de profissionais de projeto.

As empresas americanas, por outro lado, são organizações que têm foco em desenvolver e vender produtos, contratando a produção. Elas estão direcionadas à busca de inovações, de acordo com seu *core business* específico, mas independente das diferenças no foco do negócio e no tamanho da cadeia produtiva, as empresas citadas nos estudos de caso II, III e IV vêm conduzindo esforços, alguns bastante semelhantes, pelo menos desde o início da década, no sentido de alcançar soluções ambientalmente amigáveis. Isto se deve tanto às pressões de grupos ambientalistas, em se tratando de grandes marcas, quanto ao reconhecimento de nichos consumidores, que preferem produtos que contemplem melhores características ambientais, no caso de pequenas e médias empresas.

Como essas empresas não detêm o processo de fabricação, elas apontam que, para alcançar os resultados esperados é preciso construir parcerias com seus fornecedores. Uma

questão assinalada entre os pontos chaves nas iniciativas ambientais conduzidas nos estudos de caso II- IV é a relação com fornecedores, principalmente a compreensão da produção de matérias-primas, e o caminho que os materiais percorrem ao longo da cadeia de suprimentos. A análise da cadeia, nas empresas americanas, tem sido feita seguindo principalmente as ferramentas de ACV e pegada ecológica.

É importante salientar a diferença de aplicação destas ferramentas: (i) na Nike, existe um índice de uso interno, da equipe de desenvolvimento de produto; (ii) na Patagonia, a avaliação da pegada ecológica de alguns produtos é disponibilizada aos consumidores, no website da empresa; enquanto (iii) o estudo de ACV da Simple Shoes foi uma iniciativa de parceria junto à Universidade da Califórnia - Santa Bárbara, sendo disponibilizado ao consumidor no website oficial da empresa apenas a lista de materiais componentes do calçado.

Quanto ao critério materiais, há em todas as iniciativas a preocupação em mencionar matérias-primas rapidamente renováveis que os consumidores associam como ambientalmente amigáveis; o exemplo unânime é o algodão orgânico. Contudo, mesmo este material é passível de críticas (ver Anexo E, item E.1.1) e, segundo o representante da Nike, pode existir um impasse entre os materiais renováveis, pelo grande consumo de água e uso do solo, em relação aos materiais recicláveis, quando bem utilizados. Por outro lado, pode-se observar que as questões sobre toxicidade dos materiais são mais enfatizadas nas empresas americanas. Estas empresas, apesar de não deterem a produção, têm de lidar constantemente com a desconfiança de consumidores e ativistas preocupados, tanto com o que consomem, quanto com as condições de trabalho, principalmente nas fábricas asiáticas.

A reutilização de materiais é uma categoria que representa um dos principais gargalos, quanto ao produto calçado. A empresa 'E' teve como principal estratégia no desenvolvimento de produtos, o reaproveitamento de materiais, contudo pode-se observar que a mescla de materiais virgens e materiais reciclados não favoreceu o fim do ciclo de vida do produto Verde. Além disto, a porcentagem final de conteúdo reutilizado em relação ao total da massa do produto é bastante baixa (1,4%, Tabela 29 item 6.3.3). Ao mesmo tempo, o conteúdo biodegradável (17%, Tabela 29 item 6.3.3) perde sua característica positiva no momento em que está unido aos materiais não degradáveis, sendo que o produto como um todo é de difícil desmontagem. Pode-se afirmar que este é um exemplo do quão importante é a definição do tipo de metabolismo (biológico ou tecnológico) que se deseja no fim de ciclo de vida.

Contudo, o produto Verde possui maior proporção de materiais renováveis em relação ao modelo Convencional (17% e 1,9%, respectivamente, item 6.3.3).

A empresa Nike é a única que possui infraestrutura de coleta pós-uso e uma solução que envolve a reciclagem de tênis através da separação por corte de sola, meia-sola e cabedal. Em 2009, a empresa pesquisava sobre soluções de DfD para calçados esportivos, atualmente tem produtos desmontáveis, mas estes não possuem o mesmo desempenho dos calçados convencionais da marca. A empresa Patagonia possui produtos de fácil desmontagem, projetados segundo os princípios do DfD, mas não possui infraestrutura de *take-back* de calçados, apenas de artigos de vestuário, nos quais é corrente o uso de material reciclado.

A empresa Simple Shoes orientou sua linha mais recente (2010) ao metabolismo biológico, através de solados com tempo de degradação de 20 anos em aterro, um ano depois da publicação de estudo de ACV que indicava como melhor opção a compostagem, por eliminar a necessidade de rede de logística reversa e as etapas de transporte e reprocessamento de matérias.

Observou-se que os critérios água e energia, quando associados à montagem dos produtos, não apresentam diferença entre verdes e convencionais, pois os calçados compartilham as estruturas fabris que são de posse ou contratadas pelas respectivas empresas. A empresa brasileira fabrica tanto o modelo Convencional quanto o Verde em uma fábrica que tem recebido melhorias recentes em relação ao aproveitamento da água e tratamento de efluentes, porém sem certificação LEED. A água é bombeada de poço artesiano e a planta é a maior consumidora do município. Em termos de consumo de energia, a empresa se beneficia da matriz energética brasileira, sendo abastecidos por energia hidroelétrica, com um consumo relativamente alto de energia na montagem do produto, de 16,2 MJ/par.

Nos estudos de caso II e IV (empresas Patagonia e Nike), os edifícios sede e os centros de distribuição das empresas, localizados nos EUA e Europa, possuem certificação LEED, o que assinala boas práticas em relação ao consumo de água e energia dentro da estrutura de posse da empresa. Contudo, a fabricação de calçados em países cuja matriz energética é termoelétrica, com queima de carvão, faz com que a questão das emissões seja um problema mais grave que a comparação do consumo de energia em MJ/par pode sugerir.

Com relação à responsabilidade social, a análise da indústria é emblemática, pela busca de mão-de-obra barata. Normalmente, este fato é usado para desmerecer a estrutura

fabril chinesa o que, em muitos casos, pode não refletir a realidade. Segundo o gerente de produção da empresa Patagonia, neste país deve-se analisar caso a caso, pois há fábricas muito boas e muito ruins. O fato é que cabe às empresas contratantes a responsabilidade de escolha dos fornecedores e da exigência que se cumpram os códigos de conduta. Neste sentido, é importante salientar a troca de informações entre as empresas que compartilham fábricas montadoras, como foi comentado no estudo da empresa Patagonia (item 6.3.6).

É importante destacar, também, a relação entre as três empresas americanas, quando citam uma à outra como bons exemplos. No estudo de ACV da empresa Simple Shoes, foi considerada a estrutura de reciclagem da Nike (que recebe tênis de todas as marcas), enquanto a Patagonia é citada, pelas outras, como exemplo de boas soluções ambientais e controle de sua cadeia verde. Vale destacar que as empresas Nike e Patagonia são associadas à *Fair Labor Association* (FLA), enquanto a empresa brasileira possui Instituto próprio que auxilia a educação através do esporte nas comunidades onde possui fábricas.

Com os estudos de caso, foi possível observar realidades distintas, em modelos de negócio e desenvolvimento de produtos, o que tem significativa importância quando se analisa um produto com cadeia de suprimentos globalizada. Neste sentido, contrastar o cenário americano e brasileiro serviu para fortalecer a forma de análise adotada neste trabalho, com base nos critérios derivados do conceito berço ao berço.

Como contribuição na transição do desenvolvimento de produtos convencionais para produtos verdes, e no futuro sustentáveis, foi proposto o uso da ferramenta AHP tendo como base a estrutura de critérios e subcritérios comentada no item 6.6 e exemplificada no Anexo F. Conforme apontado na revisão de literatura o uso de métricas é fundamental para executar transformações na prática, principalmente quando se trata de análises complexas e repletas de variáveis divergentes, como foi ressaltado nos estudos de caso. Esta proposta busca chamar a atenção para uma forma relativamente simples de avaliar alternativas que permite a discussão entre profissionais de diversas formações dentro de uma equipe de desenvolvimento de produtos multidisciplinar.

Tabela 60 - Resumo comparativo entre as empresas estudadas

Estudo de caso I - Empresa 'E'	Estudo de caso II - Patagonia	Estudo de caso III - Simple Shoes	Estudo de caso IV - Nike
<p>Desenvolver e comercializar produtos inovadores, de alto valor percebido, com qualidade e rentabilidade classe mundial e criação de valor para os acionistas, funcionários, fornecedores e clientes, atuando com responsabilidade social e ambiental."</p>	<p>"Fazer o melhor produto, não causando danos desnecessários, usando nosso negócio para inspirar e por em prática soluções para a crise ambiental."</p>	<p>"Como nós fazemos nosso calçado é tão importante, quanto porque nós fazemos" e "nosso comprometimento é fazer produtos 100% sustentáveis, este é um dos principais pontos da nossa missão."</p>	<p>"Trazer inspiração e inovação para cada atleta" e considerando que "se você tem um corpo você é um atleta"</p>
<p>Desenvolvimento de produto, produção e comercialização de calçados de borracha injetada e calçados para a prática de esportes.</p>	<p>Projeto, teste, avaliação de mercado e vendas de produtos de vestuário para a prática de esportes outdoors.</p>	<p>Desenvolvimento e comercialização de calçados para o cotidiano, num estilo despojado, para um público jovem e que deseja conforto.</p>	<p>Desenvolvimento e comercialização de artigos esportivos de alto desempenho.</p>
<p>Grupo 1 - Desenvolvedores e produtores # 18.255 funcionários contratados. Possui 14 fábricas no Brasil, Uruguai e Argentina.</p>	<p>Grupo 2 - Desenvolvedores # 1000 trabalham diretamente para a empresa, nos escritórios, lojas e centros de distribuição. Em torno de 80 fábricas produzem para a marca, em 17 países.</p>	<p>Grupo 2 - Desenvolvedores Não há informações sobre o tamanho da cadeia específica da empresa. Sabe-se que esta pertence ao grupo Deckers que congrega outras seis empresas.</p>	<p>Grupo 2 - Desenvolvedores # 22.658 funcionários contratados (principalmente nos EUA). Tem em torno de 700 fábricas subcontratadas, em 51 países, das quais 68 plantas produzem calçados. Somam em torno de 500.000 trabalhadores.</p>
<p>Incorporar materiais reciclados ao produto, além dos materiais associados pelo grande público, como sendo ambientalmente amigáveis. Entre eles a juta, o PET reciclado e o couro vegetal. Poucas informações sobre a inserção destes materiais no produto verde é divulgada pela empresa.</p>	<p>Pegada ecológica ressaltando as métricas de consumo de energia, emissões de CO2, geração de resíduos, uso de água. A pegada de 15 produtos (alterados esporadicamente) está disponível no website da empresa, para atender aos consumidores atentos.</p>	<p>Parceria com a Universidade para alcançar dados quantitativos sobre o impacto ambiental dos produtos, através de estudo de ACV. Dentro desta parceria vem formulando um índice de avaliação do impacto ambiental para ser usado na fase de projeto do produto.</p>	<p>Uso de consultoria externa para a formulação de índice envolvendo resíduo, toxicidade, energia e água na escolha de ambientalmente favoráveis. O <u>escore dos produtos ainda não é divulgado aos consumidores.</u> Iniciativa de reaproveitamento do produto pós-consumo.</p>
<p>Na linha verde usou algodão orgânico tingido c/ pigmentos naturais, juta, couro vegetal (feito de látex natural), PET reciclado (50% de poliéster virgem e 50% de fibras provenientes de garrafas plásticas). Porém, para certas partes do calçado foram usados os mesmos materiais dos produtos convencionais, entre eles o PVC, o PU (não reciclável), a borracha butílica e o PES.</p>	<p>Introdução do poliéster reciclado, na linha de vestuários de 1992, e a adoção do uso exclusivo de algodão orgânico, em 1996. Faz medição e redução do volume utilizado, através do uso de materiais reciclados, orgânicos, locais e sustentáveis, tanto quanto possível. No produto analisado houve redução do volume de adesivos utilizados através de solução de projeto. Busca de materiais para substituição de EVA</p>	<p>Uso de materiais rapidamente renováveis: algodão convencional e orgânico, o cânhamo, bambu, cortiça, juta, camurça e borracha natural. Mescla de materiais naturais e sintéticos: mix 50/50 de algodão e Nylon 6. <u>Materiais sintéticos: "potencialmente recicláveis": espuma de TPU e EVA, Materiais reciclados PET e borracha de pneus. Materiais biodegradáveis</u></p>	<p>Trabalho para reduzir a toxicidade dos materiais. <u>Iniciou a remoção do PVC de seus produtos em 1999.</u> Ênfase no algodão orgânico.</p>

	Missão	Core business	Modelo de negócios³¹	Tamanho da cadeia	Estratégias ambientais	Materials
--	---------------	----------------------	--	--------------------------	-------------------------------	------------------

³¹ De acordo com a classificação proposta no item 4.1

Tabela 61 - Continuação do resumo comparativo entre as empresas estudadas

	Estudo de caso I - Empresa 'E'	Estudo de caso II - Patagonia	Estudo de caso III - Simple Shoes	Estudo de caso IV - Nike
Fim do ciclo de vida e Reutilização de materiais	Pouco conteúdo reutilizado em relação à massa total do produto. Maior volume de material renovável no modelo Verde que no modelo Convencional. Conteúdo biodegradável é difícil de separar das partes não degradáveis. O fim do ciclo de vida do produto continua uma questão em aberto na <u>Linha Verde</u> .	Possui <u>coerente solução de DfD</u> em alguns produtos, mas não possui rede de logística reversa para calçados apenas para vestuário, em que é corrente o uso de material reciclado. <u>Aponta o papel do consumidor no retorno dos produtos no final da vida útil.</u>	Possui produtos com soluções de DfD, como o modelo Verde I. Os últimos modelos lançados em 2010 são orientados ao <u>metabolismo biológico, com tempo de degradação de 20 anos em aterro.</u>	Possui <u>infraestrutura de coleta pós-uso, e reciclagem de tênis, através da separação por corte de sola, meia-sola e cabedal e reaproveitamento em pisos para quadras de esportes.</u>
Uso da água	A fábrica que montadora do produto tem recebido melhorias recentes em relação ao aproveitamento da água e tratamento de efluentes. Sendo a água bombeada de poço artesiano e a planta a maior consumidora do município. Pegada de água do modelo Verde consideravelmente maior que a do Convencional, devido aos materiais rapidamente renováveis.	Com iniciativas de economia de água nas instalações do centro de distribuição, o qual possui certificação LEED, e é a maior estrutura de posse da empresa. Em vários produtos (entre eles os analisados neste estudo) utiliza como matéria-prima o couro. Sendo que o fornecedor utiliza tecnologia que permite a reutilização de 60% do efluente, através da osmose reversa.	Não há informações sobre uso da água na montagem do calçado.	Devido ao grande consumo de água na produção de tecidos, estabeleceu padrões de pH, DBO, DQO, cor e espuma, para que o contratado avalie seu efluente. O fator água entra também na avaliação da matéria-prima e escore final do calçado.
Consumo de energia	Fonte: <u>Hydroelétrica, com introdução de energia solar p/ as funções administrativas.</u> Consumo de aproximado : 4,5 kWh/par montado. <u>Com iniciativas de economia de energia, mas sem certificação LEED.</u>	Fonte: Fábricas montadoras na Ásia, onde a matriz energética é termoeétrica, com queima de carvão. Certificação LEED na sede de desenvolvimento de produtos empresa e centros de distribuição (EUA). Consumo de aproximado : 31 kWh/par montado, incluindo transporte.	Fonte: Fábricas montadoras na Ásia, onde a matriz energética é termoeétrica, com queima de carvão. Consumo de aproximado : 3 kWh/par montado.	Fonte: Fábricas montadoras na Ásia, onde a matriz energética é termoeétrica, com queima de carvão. Certificação LEED na sede de desenvolvimento de produtos empresa e centros de distribuição (EUA e Europa).
Resp. Social	Não possui certificação de responsabilidade social. Possui programa social de melhoria da educação através do esporte, buscando atuar em todas as regiões que tem fábrica.	É associada à <i>Fair Labor Association (FLA)</i> Critérios para avaliação de parceiros: requisitos de negócio, (ii) garantia de qualidade, (iii) responsabilidade social e (iv) pegada ecológica.	Expõe, em seu website, as diretrizes de responsabilidade social da corporação a qual pertence.	É associada à <i>Fair Labor Association (FLA)</i> . Destaca entre o componente social do conceito de sustentabilidade, a importância do retorno da água limpa às comunidades, e da remoção dos materiais tóxicos dos efluentes.

CAPÍTULO 7

7 Conclusões

Neste capítulo, apresenta-se inicialmente uma síntese do que foi apresentado ao longo de todo o documento, sob o título de comentários gerais. Posteriormente são retomadas, com maior detalhe, as considerações feitas para cada estudo de caso descrito no capítulo 6. Finaliza-se este trabalho com proposta de possíveis investigações futuras dentro do tema.

7.1 Comentários gerais

Este estudo partiu de uma análise abrangente sobre o impacto que as atividades humanas, principalmente após a revolução industrial, estão acarretando ao planeta e às condições de manutenção dos padrões de produção e consumo nas sociedades. Apesar de alguns assuntos abordados no capítulo 2 já serem de conhecimento geral, buscou-se aprofundar algumas questões, bem como apresentar dados atualizados para descrever o cenário da situação ambiental e as oportunidades relacionadas nesta primeira década do século XXI.

Esse cenário compõe a base que fundamenta os conceitos apresentados no capítulo 3, sobre a abordagem berço ao berço, que pode ser encarada como uma aglutinadora de vários outros conceitos ambientalistas. Neste estudo, o conceito berço ao berço, assim como a estrutura e os critérios da certificação berço ao berço (C2C), proveniente do conceito teórico, foram escolhidos como um *benchmark* para guiar a análise de iniciativas de desenvolvimento sustentável de produtos em empresas do setor calçadista, do Brasil e EUA.

Além da revisão de literatura sobre o tema ambiental, julgou-se necessário caracterizar o setor calçadista em capítulo a parte. O entendimento do contexto atual, bem como a evolução histórica do setor, colabora na análise dos estudos de caso realizados. Visando esta compreensão, foram apresentados, no capítulo 4, os itens de caracterização da cadeia calçadista globalizada e as especificidades de seu impacto ambiental.

A partir das definições conceituais, iniciou-se o relato do trabalho prático desta pesquisa, no capítulo 5, primeiramente caracterizando as empresas estudadas, depois apresentando as estratégias de coleta de dados, e as variáveis adotadas. A estruturação destas variáveis cumpre o objetivo de definir uma forma de avaliação dos produtos e organizações

estudadas, que não visa, obrigatoriamente, eleger melhores e piores empresas ou produtos, mas sim verificar postos-chave para o alcance de melhores práticas.

A análise das organizações e dos casos estudados foi apresentada no capítulo 6, destacando as estratégias que cada empresa vem utilizando e os seus resultados, o que permitiu determinar o nível de abrangência das iniciativas atuais, bem como os entraves no processo de transição das práticas convencionais para as ambientalmente amigáveis. A maior parte das iniciativas envolve as principais áreas destacadas no conceito berço ao berço – materiais, reutilização de materiais, água, energia e responsabilidade social – mesmo que as empresas sigam diferentes estratégias para lidar com as questões ambientais, obtendo distintos resultados.

Assim, as observações feitas no capítulo anterior são retomadas neste capítulo de conclusões, identificando aspectos positivos e limitações, analisando como o processo de desenvolvimento de produtos pode ser guiado para se alcançar produtos cada vez mais verdes e no futuro produtos realmente sustentáveis, produzidos num fluxo cíclico, orientado ao metabolismo tecnológico ou biológico.

7.2 Considerações sobre os resultados

As contribuições a seguir estão baseadas no objetivo geral da pesquisa, de estudar como estão ocorrendo as iniciativas ambientais no desenvolvimento de produtos em organizações do setor calçadista, tendo como parâmetro de análise o conceito berço ao berço, ou seja, a meta de fluxo cíclico no processo produtivo.

Conforme o primeiro objetivo específico de caracterizar o momento presente da indústria calçadista no Brasil e nos EUA, tendo como base a perspectiva histórica e a situação atual cadeia globalizada, observou-se que não é possível analisar a sustentabilidade ambiental das organizações, ou mesmo do setor, sem levar em consideração o tamanho, a estrutura e o *core business* das empresas. Os estudos de caso mostraram que empresas norte-americanas e brasileiras, hoje, possuem modelos de produção bastante distintos. Enquanto as empresas norte-americanas vêm mantendo o foco no desenvolvimento de produtos originais e terceirizado a estrutura de produção, as empresas brasileiras, geralmente, manufaturam um conjunto de produtos próprios e outros licenciados de marcas internacionais para o mercado interno, tendo maior foco na produção que no desenvolvimento de produtos, num cenário de competição com outros países fabricantes de calçados, principalmente a China.

De acordo com o segundo objetivo específico de verificar quais as principais particularidades que podem representar dificuldades na mudança do conceito berço ao túmulo para o berço ao berço, pode-se citar, com base nos estudos de caso, que a diferença de foco e de modelo de negócio afeta consideravelmente a prática de iniciativas ambientais. No Brasil, as empresas possuem considerável controle de sua cadeia de produção, o que tornaria mais fácil a execução de práticas ambientalmente amigáveis. Há iniciativas de certa forma limitadas em desenvolvimento sustentável de produtos, grande parte delas requeridas pela legislação para atender o mercado internacional (principalmente a Europa) e focadas primeiramente no gerenciamento de resíduos e tratamento de efluentes.

Observa-se, nas empresas americanas, maior utilização de estratégias que buscam a compreensão do impacto em toda a cadeia de suprimentos. Mesmo que estas empresas não detenham a estrutura de produção, elas têm investido em projeto e inovação ao longo de muitos anos e, recentemente, podem ser consideradas pioneiras na implementação de iniciativas ambientais. Como foi descrito nos estudos de caso, as empresas possuem iniciativas tanto à montante quanto à jusante na cadeia de suprimentos.

A análise detalhada destas iniciativas, presente no capítulo 6, a qual corresponde especialmente ao terceiro objetivo específico, mostrou que as ações ambientais no desenvolvimento de produtos tiveram início em esforços principalmente à montante na cadeia de suprimentos, na escolha de materiais. Buscando alternativas de materiais renováveis, recicláveis ou compostáveis. No produto calçado, assim como em vários outros, a produção das matérias-primas representa o maior impacto ambiental da cadeia e ainda é um dos pontos mais problemáticos. Persistem as dúvidas em como alcançar as propriedades e o desempenho dos materiais artificiais, com os materiais naturais disponíveis atualmente. A comparação entre os benefícios de cada escolha torna-se mais complexa em relação a aspectos como consumo de água, solo e energia. Os materiais renováveis geralmente apresentam grande consumo de água e terra arável. Na análise de materiais são usadas ferramentas estruturadas para medição do impacto ambiental das decisões de projeto de produto, entre elas, a análise do ciclo de vida e a pegada ecológica.

É importante observar que, mesmo entre as empresas americanas, as quais possuem o mesmo modelo de negócio, a diferença de *core business* influencia tanto o projeto quanto o desempenho no uso, e também a imagem associada ao produto. Calçados para corrida servem para um objetivo diferente que calçados para o dia-a-dia. Por exemplo, no estudo de caso IV –

Empresa Nike – o *core business* é produzir calçados esportivos de alto desempenho, e o desafio para esta empresa é integrar características de sustentabilidade ambiental em seus produtos e em sua imagem sem reduzir a performance. Por outro lado, a lista de requisitos do produto é bem diferente no estudo de caso III – Empresa Simple Shoes, que tem como objetivo desenvolver e comercializar principalmente calçados ambientalmente amigáveis. Estas metas transparecem no estilo e na estética de cada produto.

Os estudos de caso mostram que de acordo com o uso previsto e desempenho esperado para o calçado, a escolha dos materiais pode contemplar maior ou menor exigência de durabilidade e resistência. Neste sentido, é importante considerar o princípio de engenharia verde, prevendo que produtos com atributos e capacidades desnecessários sejam considerados falhas de projeto. Assim, o projeto de produto deve buscar o equilíbrio na definição entre as reais necessidades e o que se convencionou como requisito. Contudo, embora existam diferenças no desempenho do produto, é possível observar que, num primeiro momento, as iniciativas de desenvolvimento sustentável de produtos implementadas pelas duas empresas citadas, Nike e Simple Shoes, tiveram semelhanças importantes, tais como a avaliação dos materiais empregados em termos de toxicidade, consumo de energia e geração de emissões e geração de resíduos. Podem ser citados avanços, atingidos principalmente nas empresas americanas, como o uso de adesivos, primers e solventes à base d'água, e pesquisas em novos materiais para solado, como a “*Grind Rubber*” da Nike, que segundo a empresa envolve certa quantidade de material reaproveitado, e principalmente a “*BioD*” da Simple Shoes, a qual segundo a empresa é biodegradável em aterro num período de 20 anos. Outra área que demanda atenção no setor calçadista é o tratamento de peles, cujo processo mais comum é através do uso do cromo. Para buscar reduzir o impacto negativo deste processo, muitas empresas, entre elas as três empresas americanas estudadas, colaboram junto ao BLC - *Leather Working Group*, para a adoção de práticas rígidas de produção, tratamento e controle de resíduos.

Observou-se que somente as empresas que têm em sua missão o comprometimento de fazer um produto ambientalmente amigável disponibilizam os materiais componentes de seus produtos, o que caracteriza o estágio 2 (item 3.4) em direção à prática do conceito berço ao berço. Ou seja, após eliminar substâncias nocivas, a empresa deve tornar-se transparente aos seus consumidores. Entre as empresas estudadas, somente a Patagonia e a Simple Shoes listam os principais materiais de seus calçados.

O berço ao berço orienta que a seleção de materiais deve estar de acordo com os objetivos traçados em relação ao fim do ciclo de vida, ou seja, ao tipo de metabolismo desejado: biológico (compostagem) ou tecnológico (remanufatura ou reciclagem). Este fato remete ao pensamento à jusante na cadeia, sobre as possibilidades de fechamento do ciclo produção/consumo. Pode-se considerar as questões sobre o fim do ciclo de vida como barreiras a serem transpostas para o alcance de um fluxo cíclico de produção. Contudo, as empresas vêm buscando implementar também ações concretas em relação ao fim de ciclo de vida, trabalhando com o projeto para desmontagem (DfD), a reciclagem dos componentes e mesmo a compostagem em aterro.

O DfD no calçado vai contra anos de evolução no projeto e manufatura do produto, quando o objetivo era unir de forma permanente a sola ao cabedal. Atualmente, a separação de solado e cabedal pode ser considerada um dos pontos críticos do projeto de um calçado orientado ao metabolismo tecnológico. Como foi descrito nos estudos de caso, algumas empresas já alcançaram boas soluções de projeto para desmontagem (DfD), como nos produtos da empresa Patagonia e Nike, mas estes ainda são produtos isolados. Atualmente, as empresas não possuem infraestrutura de coleta pós-consumo e logística reversa, exceto a Nike, que possui uma rede de coleta e reciclagem de calçados, ainda de volume limitado. Por sua vez, a empresa solucionou a desmontagem através da separação de materiais por corte do tênis, em três fatias distintas.

No entanto, soluções amplas para o fim do ciclo de vida envolvem não apenas técnicas de reprocessamento de materiais, como também a construção de parcerias com fornecedores, interesse e disponibilidade das empresas para estabelecer redes de logística reversa, e também cooperação dos consumidores.

Os consumidores desempenham um papel fundamental, porque são eles que determinarão o tempo de cada ciclo, de acordo com o período entre compra e retorno pós-consumo. É importante ressaltar que a devolução de peças de vestuário para remanufatura ainda não é um comportamento habitual aos consumidores, tendo resultados bastante limitados, e por isto provavelmente seja necessário gerar incentivos à prática.

No Brasil, o estudo de caso da linha verde de uma marca nacional, mostrou que a empresa também trabalhou na seleção de materiais, mas com ênfase no reaproveitamento e na inserção de matérias-primas renováveis. Porém, observou-se que pela carência no

entendimento amplo do conceito de sustentabilidade, os materiais ambientalmente amigáveis foram mesclados aos materiais convencionais, resultando uma distinção discreta entre produto Verde e produto Convencional. Os resultados comparativos dos produtos mostram a importância de um objetivo claro sobre o produto, e principalmente de ferramentas de medição do impacto ambiental, desde o início do desenvolvimento de produtos. Mesmo que estas ferramentas não forneçam resultados detalhados, seu valor e importância estão na facilidade de emprego e entendimento para todos os profissionais de desenvolvimento de produto. A forma de avaliação adotada neste trabalho, desenvolvida com base na revisão da fundamentação teórica do conceito berço ao berço, e a partir da análise crítica do processo de certificação C2C proposto pela empresa MBDC (capítulo 3), representa uma forma simples que pode ser empregada desde as fases iniciais. As grandes áreas cobertas na certificação (materiais, fim do ciclo de vida, uso da água, consumo de energia, e princípios de responsabilidade social) foram complementadas com a inclusão de subcritérios (resumidos na figura 40, item 6.6), com a consideração do modelo de negócio e análise das estratégias ambientais adotadas pelas empresas, e com a utilização da análise multicriterial AHP para comparação entre soluções de projeto e avaliação dos resultados obtidos.

Em relação à responsabilidade social, a análise histórica da indústria calçadista mostra que o setor, como outros, tem continuamente transferindo a localização da estrutura de produção em direção a regiões de mão-de-obra mais barata. No entanto, atualmente, as empresas têm de adotar códigos de conduta cada vez mais rigorosos para guiar suas relações com seus parceiros, fornecedores ou subcontratados. No contexto de subcontratação da produção, o sucesso das empresas está condicionado à habilidade de supervisionar as condições de trabalho, e executar bem as suas atividades para que elas não comprometam os subcontratados, em termos de prazo e custos.

No desenvolvimento de produto, as questões de formação de profissionais e de uma estrutura capaz de gerar inovações também foram comentadas ao longo deste estudo. Observa-se que os países mais desenvolvidos e a China têm investido significativamente em pesquisa e desenvolvimento e também na formação de engenheiros e pesquisadores, como discutido no item 2.2. Estes investimentos influenciam o desenvolvimento de novas tecnologias, em geral. No caso do EUA, tem-se observado um rápido surgimento de demanda e oferta de produtos ambientalmente amigáveis, e as empresas analisadas nesta pesquisa são exemplos desta transformação. No caso da China, além do investimento governamental, a cadeia produtiva também se beneficia dos resultados alcançados pelas empresas

desenvolvedoras de produto, que contratam as fábricas daquele país. Neste contexto globalizado, considera-se que o Brasil precisa dar maior atenção ao fortalecimento do desenvolvimento de produto e de tecnologias ambientalmente amigáveis.

Este contexto leva à hipótese de que a influência da demanda por produtos ambientalmente amigáveis junto ao investimento em educação, pesquisa e desenvolvimento de produtos seja mais profícuo para mudanças em direção a produtos ambientalmente amigáveis, não propriamente o controle da estrutura fabril. Além disto, o entendimento do conceito de sustentabilidade não apenas por parte dos profissionais de desenvolvimento de produto, mas também dos consumidores em geral elevam as expectativas e exigências sobre as características de um produto verde.

Muitos desafios e pontos não resolvidos ainda existem para se alcançar o conceito berço ao berço, porém, objetivos de longo prazo em relação ao metabolismo tecnológico ou biológico começam a ser discutidos com seriedade, dentro das equipes de desenvolvimento de produto. Mas para isto é preciso formas de avaliar soluções de projeto desde cedo e ao longo de todo o processo de desenvolvimento de produtos, por isto algumas ferramentas de avaliação de impacto ambiental foram comentadas, principalmente no capítulo 3. E de acordo com o quarto objetivo específico e no sentido de contribuir para que profissionais de desenvolvimento de produto possam incorporar critérios de avaliação ambiental no seu processo de tomada de decisão, propõe-se que a estrutura de critérios e subcritérios usada nos estudos de caso pode ser empregada para a análise de alternativas verdes ao longo do desenvolvimento de produtos usando a ferramenta de análise multicriterial AHP, como exemplificado no Anexo F.

7.3 Sugestões para investigações futuras

Em vários pontos deste trabalho, foi descrito como o tema sustentabilidade pode ser amplo, e ao mesmo tempo entendido em diversos contextos. Desta forma, há várias possibilidades de futuras investigações, especialmente no que tange a aplicação do conceito berço ao berço. Aqui são descritos apenas alguns dos muitos tópicos a serem explorados:

⊕ Analisar iniciativas ambientais em outros setores produtivos com base na mesma forma de coleta e análise de dados.

⊕ Acompanhar e avaliar a aplicação das diretrizes enunciadas neste trabalho, em empresas que tenham uma estrutura de produção com as características das estudadas (que manufaturem um produto tangível, através de uma cadeia de suprimentos).

⊕ Acompanhar a certificação de um produto com o selo berço ao berço, visto que neste trabalho foram acrescentados outros critérios de análise dentro das grandes áreas em que se baseia a certificação.

⊕ Verificar quais os rumos que as empresas analisadas vão adotar no curto, médio e longo prazos, bem como as alterações pelas quais seus produtos passarão.

⊕ Analisar qual será a evolução tecnológica em cada uma das áreas detalhadas neste estudo (materiais, reutilização de materiais, água, energia e responsabilidade social) no sentido de implementar melhorias rumo à meta de sustentabilidade.

⊕ Acompanhar como as empresas do setor calçadista brasileiro tratam as questões ambientais, principalmente de acordo com as exigências das legislações dos países desenvolvidos como o mercado europeu.

⊕ Verificar se o levantamento de dados com base na certificação berço ao berço pode servir para sensibilizar os decisores das empresas, no sentido de inserir transformações em nível estratégico para alcançar reais benefícios em direção a produção sustentável.

⊕ Automatizar a estrutura de análise com o uso da ferramenta AHP, para emprega-la no cálculo de um índice de avaliação.

⊕ Aplicar a ferramenta de AHP, no mesmo cenário, tendo na avaliação não apenas os critérios de sustentabilidade, mas também os critérios tradicionais de desempenho do calçado, como resistência e conforto, que neste estudo foram propositalmente deixados de lado.

Referências Bibliográficas

A.B.N.T. NBR 10004, Associação Brasileira De Normas Técnicas, 2004.

ABICALÇADOS. Estatísticas. Novo Hamburgo, 2008. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em: 08/04/09.

AccountAbility. Promoting accountability innovations for sustainable development. London, 2009. Disponível em: <<http://www.accountability21.net/>>. Acesso em: 12/06/09.

Adhikari, B., D. De, *et al.* Reclamation and recycling of waste rubber. Progress in Polymer Science, v.25, n.7, p.909-948. 2000.

Aguiar, J. B. S. Justiça de Estância Velha condena por mortandade de toneladas de peixes no Vale dos Sinos. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.tjrs.jus.br/site_php/noticias/mostranoticia.php?assunto=1&categoria=1&item=77509>. Acesso em: 23/05/09.

Al-Harbi, K. M. A.-S. Application of the AHP in project management. International Journal of Project Management, v.19, n.1, p.19-27. 2001.

Albers, K., P. Canepa, *et al.* Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes - A Life Cycle Assessment of the Supply Chain and Evaluation of End-of-Life Management Options. Donald Bren School of Environmental Science and Management, University of Santa Barbara, Santa Barbara, 2008. 108 p.

American Apparel & Footwear Association. Trends - An Annual Compilation of Statistical Information on the U.S. Apparel & Footwear Industries. Arlington, VA, p.30. 2007.

Ammenberg, J. e E. Sundin. Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences. Journal of Cleaner Production, v.13, n.4, p.405-415. 2005.

Arcenas, A., J. Holst, *et al.* The Development of a Standard Tool to Predict the Environmental Impact of Footwear. University of California - Santa Barbara. Santa Barbara. 2009.

Ashby, M. F. Materials and the environment: eco-informed material choice. Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann. 2009. 385 p.

Ashley, S. Designing for the environment. Mechanical Engineering; Vol/Issue: 115:3, Pages: 52-55. 1993.

Ayres, R. U. Life cycle analysis: A critique. Fuel and Energy Abstracts, v.37, p.59-59. 1996.

Ayres, R. U. e A. V. Kneese. Production, Consumption, and Externalities. The American Economic Review, v.59, n.3, p.282-297. 1969.

Ayres, R. U. e U. E. Simonis. Industrial metabolism: restructuring for sustainable development. Tokyo; New York: United Nations University Press. 1994. xiv, 376 p.

- B.L.C. Leather Technology Center. 2009. Disponível em: <<http://www.blcleathertech.com/default.aspx?id=1>>. Acesso em: 06/07/09.
- Barcellos, A. e G. A. Reichert. Estudo de Viabilidade e Sustentabilidade Ecoparque Porto Alegre. A. Barcellos, 2004.
- Blicksilver, J. Apparel and other textile products. In: D. O. Whitten e B. E. Whitten (Ed.). Handbook of American business history. New York: Greenwood Press, 1990.
- Bluesign Technologies AG. 2009. Disponível em: <<http://www.bluesign.com/>>. Acesso em: 30/06/09.
- Bond, S. The global challenge of sustainable consumption. Consumer Policy Review, v.15, n.2 Mar/Apr 2005, p.38-44.
- Böschen, S., D. Lenoir, *et al.* Sustainable chemistry: starting points and prospects. Naturwissenschaften, v.90, n.3, p.93-102. 2003.
- Bradsher, K. China Is Said to Plan Strict Gas Mileage Rules. New York Times. New York: New York Times 2009.
- C.E.E.E. Balço Energético do Rio Grande do Sul – 2005/2006/2007. Companhia Estadual de Energia Elétrica, 2008.
- C.F.R. Code of Federal Regulations - 40 Washington, D.C.: U.S. Government. 2009.
- C.I.A. The world fact book., 2008. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook.>>. Acesso em: 19/06/08.
- Calcott, P. e M. Walls. Waste, recycling, and "Design for Environment": Roles for markets and policy instruments. Resource and Energy Economics, v.27, n.4, p.287-305. 2005.
- California, E. P. A. CARB Hexavalent Chromium Fact Sheet, 2010.
- Câmara dos Deputados. Proposição: PL-203/1991 2007. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br>>. Acesso em: 19/12/07.
- _____. Proposição: PL-3029/1997 2007b. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br>>. Acesso em: 19/12/07.
- Capra, F. A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix. 1998. 256 p.
- Carew, A. L. e C. A. Mitchell. Teaching sustainability as a contested concept: capitalizing on variation in engineering educators' conceptions of environmental, social and economic sustainability. Journal of Cleaner Production, v.16, n.1, p.105-115. 2008.
- Chapagain, A. K., A. Y. Hoekstra, *et al.* The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics, v.60, n.1, p.186-203. 2006.

Clark, J. Green Chemistry and Environmentally Friendly Technologies. In: C. A. M. Alfonso e J. G. Crespo (Ed.). Green Separation Processes. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2005. p.3-18.

Clegg, S., C. Hardy, *et al.* Handbook of organization studies. London; Thousand Oaks: Sage Publications. 1996. xxix, 730 p.

Connelly, M. Populations Out of Control. In: (Ed.). Fatal Misconception: Belknap, 2008.

Connor, R. e W. Rast. Technological Innovation The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) 2009.

Daher, C. E., A. P. Fonseca, *et al.* Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor. VIII Congreso del Instituto Internacional de Costos e I Congreso de la Asociación Uruguaya de Costos. Punta del Este - Uruguay. v. 1: 385-400 p. 2003.

Dahlman, C. J. The Innovation Challenge: Drivers of Growth in China and India. In: C. W. Wessner, National Research Council (U.S.). Committee on Comparative Innovation Policy: Best Practice for the 21st Century., *et al* (Ed.). Innovation policies for the 21st century: report of a symposium. Washington, D.C.: National Academies Press, 2007. xvi, 206 p.

David, A. M. War and Wellingtons. In: G. Riello e P. Mcneil (Ed.). Shoes: a history from sandals to sneakers. Oxford; New York: Berg, 2006. p.439 p.

Demello, M. Feet and footwear: a cultural encyclopedia. Santa Barbara, Calif.: Greenwood Press/ABC-CLIO. 2009. xxii, 360 p.

Design for the Other 90%. New York: Cooper-Hewitt's Design Education Center, 2009. Disponível em: <<http://other90.cooperhewitt.org/about/>>

Duailibi, J. Ele é o falso vilão. Revista Veja: Editora Abril 2008.

E.I.A. International Energy Outlook 2009. Energy Information Administration. Washington, D.C., p.274. 2009a.

_____. Official Energy Statistics from the U.S. Government. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy. 2009 2009b.

E.P.A. The National Biennial RCRA Hazardous Waste Report. Environmental Protection Agency. 2007.

_____. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2007. Environmental Protection Agency. 2008.

Ehrlich, P. R. The population bomb. New York: Ballantine Books. 1968. 223 p.

El-Haggar, S. Sustainable Industrial Design and Waste Management - Cradle-to-cradle for Sustainable Development. San Diego: Elsevier. 2007.

Etheridge, D. M., L. P. Steele, *et al.* Historical CO2 records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. . U.S. Department of Energy. Oak Ridge, Tenn. 1998.

Ethos. Instituto Ethos. 2009. Disponível em: <<http://www.ethos.org.br/>>. Acesso em: 12/06/2009.

F.E.P.A.M. Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais - Etapa RS. Fundação Estadual de Proteção Ambiental RS. Porto Alegre, p.59 2003^a.

_____. Relatório sobre Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul. Fundação Estadual de Proteção Ambiental RS. Porto Alegre, p.27 2003b.

F.M.I. International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, 2009. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/index.aspx>>. Acesso em: 04/07/2009.

Fair Labour Association. FLA Workplace Code of Conduct., 2009. Disponível em: <<http://www.fairlabor.org/>>. Acesso em: 12/06/2009.

Feng, W. e A. I. Isayev. Continuous ultrasonic devulcanization of unfilled butyl rubber. Journal of Applied Polymer Science, v.94, n.3, p.1316-1325. 2004.

Fepam. Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais - Etapa RS. Porto Alegre, p.59 2003^a.

_____. Relatório sobre Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p.27 2003b.

Fischer-Kowalski, M. Society's metabolism: The intellectual history of materials flow analysis, Part 1: 1860–1970. Journal of industrial ecology v.2, n.1. 1998.

Ford, H. e S. Crowther. My life and work. Garden City, N.Y.,: Doubleday, Page & company. 1922. 4 p.l., 289 p.

Friedman, T. L. The world is flat : a brief history of the twenty-first century. New York, NY: Picador. 2007.

_____. Hot, flat, and crowded : why we need a green revolution, and how it can renew America. New York: Farrar, Straus and Giroux. 2008. 438 p.

G.R.I. Global Reporting Initiative 2009. Disponível em: <<http://www.globalreporting.org/Home>>. Acesso em: 12/06/2009.

Gam, H. J. Development and Implementation of sustainable apparel design and production model. (Tese de Doutorado). Oklahoma State University, 2002. 165 p.

Gereffi, G. The Global Economy: Organization, Governance, and Development. In: F. J. Lechner e J. Boli (Ed.). The globalization reader. Malden, MA: Blackwell Pub, 2008. p. xvii, 501.

Global Footprint Network. Ecological Debt Day, 2009a. Disponível em: < <http://www.footprintnetwork.org> >. Acesso em: 24/05/2009.

_____. Ecological Footprint and Biocapacity, 2009b. Disponível em: < <http://www.footprintnetwork.org> >. Acesso em: 24/05/2009.

Global Zeri Network. 2007. Disponível em: < <http://www.zeri.org/index.htm> >. Acesso em: 20/11/2007.

Goldemberg, J. Discussion - Leapfrog Energy Technologies. Energy Policy, v.26, n.10, p.729-741. 1998.

Graedel, T. E. e J. A. Howard-Grenville. Greening the industrial facility : perspectives, approaches, and tools. New York: Springer. 2005. xii, 617 p.

Graedel, T. E. e R. J. Klee. Getting Serious about Sustainability. Environmental Science & Technology, v.36, n.4, p.523-529. 2002.

Granta. CES Eco Selector EduPack. M. Ashby e D. Cebon. Cambridge 2010.

Guimarães, L. B. D. M. Ergonomia de Produto. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, v.2. 2006 (Série Monográfica Ergonomia).

_____. Design/ Desenvolvimento de Produtos. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, v.1. 2008.

_____. Design e Sustentabilidade. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, v.1. 2009a.

_____. Design/ Desenvolvimento de Produtos. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, v.1. 2009b.

Gunningham, N. e D. Sinclair. Barriers and Motivators to the Adoption of Cleaner Production Practices. Australian National University. Canberra. 1997.

Hails, C., J. Loh, *et al.*, Eds. Relatório Planeta Vivo 2006. Gland, Suíça: World Wide Fund For Nature (WWF), p.44 ed. 2006.

Harjula, T., B. Rapoza, *et al.* Design for Disassembly and the Environment. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v.45, n.1, p.109-114. 1996.

Harper, E. M. e T. E. Graedel. Industrial ecology: a teenager's progress. Technology in Society, v.26, n.2-3, p.433-445. 2004.

Harremoës, P., D. Gee, *et al.* Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000. European Environment Agency. Luxembourg, p. 200. 2002

Hartkopf, V. e V. Loftness. Global relevance of total building performance. Automation in Construction, v.8, n.4, p.377-393. 1999.

Hawken, P. The ecology of commerce : a declaration of sustainability. New York, NY: HarperBusiness. 1993. xvi, 250 p.

Hawken, P., A. B. Lovins, *et al.* Natural capitalism : creating the next industrial revolution. Boston: Little, Brown and Co. 1999. xix, 396 p.

Hoekstra, A. Y. e P. Q. Hung. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change, v.15, n.45, p.45-56. 2005.

Huber, J. New technologies and environmental innovation. Cheltenham, UK ; Northampton, MA: Edward Elgar. 2004. x, 365 p.

_____. Pioneer countries and the global diffusion of environmental innovations: Theses from the viewpoint of ecological modernisation theory. Global Environmental Change, v.18, n.3, p.360-367. 2008a.

_____. Technological environmental innovations (TEIs) in a chain-analytical and life-cycle-analytical perspective. Journal of Cleaner Production, v.16, n.18, p.1980-1986. 2008b.

Hulse, C. Budgets Approved, With No G.O.P. Votes. New York Times. New York: New York Times 2009.

I.B.G.E. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2002.

_____. Pesquisa Industrial - Empresa 2005. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2007^a.

_____. Pesquisa Industrial - Produtos 2005. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2007b.

I.E.O.P. MakeItRational - Decision Making Solutions: Innovative Economy Operational Programme. 2010. Disponível em: <<http://makeitrational.com/>>.

I.J.S.G. International Jute Study Group. Dhaka, Bangladesh, 2007. Disponível em: <<http://www.jute.org/>>. Acesso em: 04/11/2010.

I.L.O. International Labour Standards, 2009. Disponível em: <<http://www.ilo.org/global/lang-en/index.htm>>. Acesso em: 12/06/2009.

I.P.C.C. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Working Group II contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Brussels: 6 April. 2007a.

_____. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Working Group III contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Bangkok: 4 May. 2007b.

_____. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Working Group I contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Paris: 2 Febr. 2007c.

I.S.O. The ISO Survey - 2008. International Organization for Standardization. 2009.

- Jacques, J. e C. S. T. Caten. Análise Comparativa entre Produtos Eco e Tradicionais. Revista D (Uniritter), v.02. 2009.
- Jacques, J. J., A. Agogino, *et al.* Sustainable Product Development Initiatives in the Footwear Industry based on the Cradle to Cradle Concept. ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in 15th Design for Manufacturing and the Lifecycle Conference. Montreal, Canada, 2010.
- Jacques, J. J. e I. C. Paula. Desenvolvimento Sustentável de Produtos – Análise da lacuna entre a prática e filosofia em empresas do Rio Grande do Sul. IX ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba, 2007.
- Johansen, R. e R. Swigart. Upsizing the individual in the downsized organization : managing in the wake of reengineering, globalization, and overwhelming technological change. Reading, Mass.: Addison-Wesley. 1994. xiii, 195 p.
- Johnson, M., C. Christensen, *et al.* Reinventing your business model. Harvard Business Review, p.50-59. 2008.
- Jones, V. e A. Conrad. The green-collar economy : how one solution can fix our two biggest problems. San Francisco: HarperOne. 2008. xiii, 237 p.
- Kazmierczak, C. d. S., *et al.* Resíduos de contrafortes termoplásticos provenientes da indústria coureiro-calçadista. In: V. M. John and J. C. Rocha (Ed.). Coletânea HABITARE - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. p.124-175.
- Keeling, C. D. e T. P. Whorf. Atmospheric CO2 records from sites in the SIO air sampling network. In: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge, Tenn., U.S.A.: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy 2005.
- Ketzenberg, M. The value of information in a capacitated closed loop supply chain. European Journal of Operational Research, v.198, n.2, p.491-503. 2009.
- Krieger, M. D. G., A. M. B. Maciel, *et al.* Glossário de Gestão Ambiental. São Paulo: Disal. 2006. 127 p.
- Kura, Y., C. Revenga, *et al.* Fishing for answers: making sense of the global fisheries crisis. World Resources Institute. Washington, DC, p.70. 2004
- Kurokawa, K. O. Metabolism in architecture. Boulder, Colo.: Westview Press. 1977. 208 p.
- L.E.E.D. Building Certification. 2009. Disponível em:
<<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>>. Acesso em: 06/07/2009.
- Lechner, F. J. e J. Boli. The globalization reader. Malden, MA: Blackwell Pub. 2008. xvii, 501 p.

Linden, J. C. d. S. v. d. Um modelo descritivo da percepção de conforto e de risco em calçados femininos. Tese de Doutorado. Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2004.

Lee, H. L. e C. Billington. The Evolution of Supply-Chain-Management Models and Practice at Hewlett-Packard. Interfaces, v.25, n.5, p.42-63. 1995.

Löbach, B. Design Industrial. São Paulo: Edgar Blücher Ltda. 2001.

Locke, R. M. e A. J. Siteman. The Promise and Perils of Globalization: The Case of Nike. In: T. A. Kochan e R.L.Schmalensee (Ed.). Management: Inventing and Delivering Its Future. Cambridge, MA: The MIT Press, p.39-70, 2003.

Lovelock, J. The revenge of Gaia : earth's climate in crisis and the fate of humanity. New York: Basic Books. 2006. xvii, 176 p.

M.B.D.C. Cradle to Cradle Certification Program. McDonough Braungart Design and Chemistry. Charlottesville, 25 p. 2007.

M.C.T. Brasil: Investimentos nacionais em ciência e tecnologia (C&T) 2000 – 2007. Ministério de Ciência e Tecnologia. 2009.

M.E.E. Balanco Energetico Nacional - Resenha Energética Brasileira. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2009.

Malthus, T. R. An Essay on the Principle of Population (1798). In: (Ed.). On Population: Thomas Robert Malthus: Modern Library, 1960.

Marland, G., T. A. Boden, *et al.* Global, Regional, and National CO2 Emissions. In: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge, Tenn., U.S.A.: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy 2006.

Manzini, E. Vezzoli, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: EDUSP, 2002. 366 p. 1ª edição. 2002.

Masters, G. M. Introduction to environmental engineering and science. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. 1997. xiv, 651 p.

McDonough, W. The Hannover Principles Design for Sustainability, 2000. Disponível em: <<http://www.mcdonough.com/principles.pdf>>. Acesso em: 17/12/2007.

McDonough, W. e M. Braungart. Cradle to cradle : remaking the way we make things. New York: North Point Press. 2002. 193 p.

McDonough, W., M. Braungart, *et al.* Applying the Principles of Green Engineering to Cradle-to-Cradle Design. Environmental Science & Technology, v.37, n.23, p.434A-441A. 2003.

Meadows, D. H., J. Randers, *et al.* The limits to growth : the 30-year update. White River Junction, Vt: Chelsea Green Publishing Company. 2004. xxii, 338 p.

Milanez, B. e T. Bührs. Extended producer responsibility in Brazil: the case of tyre waste. Journal of Cleaner Production, v.17, n.6, p.608-615. 2009.

Mustajoki, J. e R. P. Hämäläinen. Web-HIPRE: Global decision support by value tree and AHP analysis. INFOR Journal, v.38, n.3, p.208-220. 2000.

Nascimento, L. F., Â. D. D. C. Lemos, *et al.* Gestão Socioambiental Estratégica. Porto Alegre: Bookman. 232 p. 2008.

Nascimento, L. F. e C. S. Venzke. Ecodesign. In: A. Vilela Jr e J. Demajorovic (Ed.). Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental: Desafios. São Paulo: Senac, v.1, 2006.

National Geographic. Greendex - Consumer choice and the environment. National Geographic, Global Scan. Toronto, 2009.

Neri, M. C. A Nova Classe Média. Fundação Getúlio Vargas, 2008.

O.E.C.D. OECD Environmental Outlook to 2030. Organisation for Economic Co-Operation and Development p.523. 2009.

O.H.S.A.S. OHSAS 18001 Occupational Health and Safety Zone 2009. Disponível em: <<http://www.ohsas-18001-occupational-health-and-safety.com/>>. Acesso em: 12/06/2009.

O.T.A. Green products by design : choices for a cleaner environment. Washington, D.C.: Office of Technology Assessment. 1992. vii, 117 p.

Odum, H. T. Explanations of ecological relationships with energy systems concepts. Ecological Modelling, v.158, n.3, p.201-211. 2002.

Odum, H. T. e N. Peterson. Simulation and evaluation with energy systems blocks. Ecological Modelling, v.93, n.1-3, p.155-173. 1996.

Olsen, K. H. e J. Fenhann. Sustainable development benefits of clean development mechanism projects: A new methodology for sustainability assessment based on text analysis of the project design documents submitted for validation. Energy Policy, v.36, n.8, p.2819-2830. 2008.

Oxtoby, D. W., H. P. Gillis, *et al.* Principles of modern chemistry. Fort Worth: Saunders College Pub. 1999. xxiii, 876 p.

P.N.U.D. Brasil. Relatório de Desenvolvimento HUmano 2007/2008 - Combater as alterações climáticas: solidariedade num mundo dividido. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2008.

Pauli, G. Upsizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição. Porto Alegre: Fundação Zeri/Brasil L&PM. 1998.

Pnud Brasil. Relatório de Desenvolvimento Humano- Recismo, Pobreza e Violência, 2005.

_____. Protocolo de Montreal - Proteção da camada de Ozônio, 2007. Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/>>. Acesso em: 29/10/2007.

Pnuma e F. Comim. Poverty and Environment, 2007.

Poston, T. M., K. M. Mcfadden, *et al.* Acute toxicity of smoke screen materials to aquatic organisms, white phosphorus-felt, red phosphorus-butyl rubber and SGF No. 2 fog oil. Final report. p.Medium: X; Size: Pages: 167. 1986.

Prahalad, C. K. The fortune at the bottom of the pyramid. Upper Saddle River, N.J.: Wharton School Pub. 2006. xxiii, 273 p.

Rahim, S. White House proposes new, stricter national fuel efficiency standards. New York Times. New York: New York Times 2009.

Rathje, W. The Garbàge Decade. American Behavioral Scientist, v.28, n.9, p.20. 1984.

Raupach, M. R., G. Marland, *et al.* Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences, v.104, n.24, June 12, 2007, p.10288-10293. 2007.

Renner, J., P. A. Oliveira, *et al.* A Ergonomia como Fator de Transformação na Cultura Organizacional: Um Caso da Indústria Calçadista do RS. ABERGO - 14^o Congresso Brasileiro de Ergonomia. Curitiba 2006.

Rexford, N. The perils of choice. In: G. Riello e P. Mcneil (Ed.). Shoes : a history from sandals to sneakers. Oxford ; New York: Berg, 2006. 439 p.

Ribeiro, L. A. Gestão dos resíduos sólidos urbanos com geração de energia: o Projeto Ecoparque de Porto Alegre. Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. 100 p.

Riello, G. A foot in the past: consumers, producers and footwear in the long eighteenth century. Oxford ; New York: Pasold Research Fund/Oxford University Press. 2006. xiii, 302 p., [16] p. of plates p. (Pasold studies in textile history)

Riello, G. e P. Mcneil. Shoes : a history from sandals to sneakers. Oxford ; New York: Berg. 2006. 439 p.

Roesch, S. M. A. Projetos de Estágio do Curso de Administração. São Paulo: Atlas. 1999.

Rubin, E. S. e C. I. Davidson. Introduction to engineering and the environment. Boston: McGraw-Hill. 2001. xxi, 696 p.

Saaty, T. L. The analytic hierarchy process : planning, priority setting, resource allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co. 1980. xiii, 287 p.

_____. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, v.1, n.1, p.83-98. 2008a.

_____. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, v.1, n.1. 2008b.

Saaty, T. L. e L. G. Vargas. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2001. 333 p. p. (International series in operations research & management science)

Sae-Oui, P., C. Sirisinha, *et al.* Properties and recyclability of thermoplastic elastomer prepared from natural rubber powder (NRP) and high density polyethylene (HDPE). Polymer Testing, v.29, n.3, p.346-351. 2010.

Santos, R. F. D. Investigação do Método de Desenvolvimento de Calçados no Pólo Calçadista do Vale do Rio dos Sinos e Patanhana no Estado do Rio Grande do Sul. (Dissertação de Mestrado). Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. 233 p.

Scholz, R. W. e O. Tietje. Embedded case study methods : integrating quantitative and qualitative knowledge. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications. 2002. 392 p.

Segars, J. W., S. L. Bradfield, *et al.* EcoWorx, Green Engineering Principles in Practice. Environ. Sci. Technol., v.37, n.23, p.5269-5277. 2003.

Sheldon, R. Editorial: Green Chemistry - One Year On. Green Chemistry. 2000.

Sinuany-Stern, Z., A. Mehrez, *et al.* An AHP/DEA methodology for ranking decision making units. International Transactions in Operational Research, v.7, n.2, p.109-124. 2000.

Slater, K. Environmental impact of textiles: production, processes and protection. Cambridge: Woodhead. 2003. xi, 228 p.

Social Accountability International. SA8000, 2009. Disponível em: <<http://www.sa-intl.org/>>. Acesso em: 12/06/2009.

Solis, H. L. House Passes Solis' Green Jobs Bill. Washington, DC, 2007. Disponível em: <http://solis.house.gov/list/press/ca32_solis/wida6/greenjobsaug4.shtml>. Acesso em: 03/06/2009.

Spence, K., Ed. Nike: by the Numbers. Lexington: Gatton College of Business & Economics, University of Kentucky. 2009.

Sreeram, K. J. e T. Ramasami. Sustaining tanning process through conservation, recovery and better utilization of chromium. Resources, conservation, and recycling, v.38, n.3, p.185-212. 2003.

Staikos, T., R. Heath, *et al.* End-of-life management of shoes and the role of biodegradable materials. 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering. Leuven, Bélgica, 2006. 497-502 p.

Staikos, T. e S. Rahimifard. A decision-making model for waste management in the footwear industry. International Journal of Production Research, v.45, n.18, p.4403 - 4422. 2007a.

_____. An end-of-life decision support tool for product recovery considerations in the footwear industry. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v.20, n.6, p.602 - 615. 2007b.

_____. Post-Consumer Waste Management Issues in the Footwear Industry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, v.221, n.2, p.363-368. 2007c.

Steffen, A. Worldchanging : a user's guide for the 21st century. New York: Abrams. 2006.

Stern, N. H. The economics of climate change: the Stern review. Great Britain, HM Treasury, Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press. 2007. xix, 692 p.

Takata, S., F. Kirnura, *et al.* Maintenance: Changing Role in Life Cycle Management. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v.53, n.2, p.643-655. 2004.

The Greenhouse Gas Protocol Initiative, 2009. Disponível em:
<<http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools>>. Acesso em: 30/06/2009.

The Ramsar Convention on Wetlands. The Ramsar List, 2009. Disponível em:
<<http://www.ramsar.org/>>. Acesso em: 12/06/2009.

Thoning, K. W., et al. Atmospheric Carbon Dioxide Dry Air Mole Fractions from quasi-continuous measurements at Barrow, Alaska; Mauna Loa, Hawaii; American Samoa; and South Pole, 2009. Disponível em: <<http://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/in-situ/>>.

Thorpe, B. Citizen's Guide to Clean Production. University of Massachusetts Lowell. 1999.

U.N. Global Compact. United Nations Global Compact, 2009. Disponível em:
<<http://www.unglobalcompact.org/>>. Acesso em: 12/06/2009.

U.N. Water. Statistics: Graphs and Maps, 2009a. Disponível em:
<<http://www.unwater.org/statistics.html>>. Acesso em: 10/06/2009.

_____. World Water Development Report: Water in a Changing World. The United Nations, 2009b, Disponível em: <<http://www.unwater.org/statistics.html>>. Acesso em: 10/06/2009.

U.N.E.P. Ecodesign Strategy. United Nations Environment Programme Organization. 1996.

Ulrich, K. T. e S. D. Eppinger. Product design and development. Boston: McGraw-Hill/Irwin. 2004. xviii, 366 p.

Undp. Human Development Reports: United Nations, 2009. Disponível em:
<<http://hdr.undp.org/en/statistics/>>. Acesso em: 22/05/2009.

Vachon, S. e R. D. Klassen. Green project partnership in the supply chain: the case of the package printing industry. Journal of Cleaner Production, v.14, n.6-7, p.661-671. 2006.

Van Der Ryn, S. e S. Cowan. Ecological design. Washington, D.C.: Island Press. 1996. xv, 201 p.

W.C.E.D. Our common future. Oxford ; New York: Oxford University Press. 1987. xv, 383 p.

W.R.A.P. World Responsible Accredited Production, 2009. Disponível em: <<http://www.wrapapparel.org/>>. Acesso em: 12/06/2009.

Wade, R. H. Is Globalization Reducing Poverty and Inequality? In: F. J. Lechner e J. Boli (Ed.). The globalization reader. Malden, MA: Blackwell Pub., 2008. p.xvii, 501 p.

Water Footprint Network, 2009. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/>>. Acesso em: 15/05/2009.

Wiles, J. L. Leather and Leather Products. In: D. O. Whitten e B. E. Whitten (Ed.). Handbook of American business history. New York: Greenwood Press, 1990.

Wimmer, W., R. Züst, *et al.* ECODESIGN implementation : a systematic guidance on integrating environmental considerations into product development. Dordrecht ; Great Britain: Springer. 2004. xvii, 140 p.

Xanthopoulos, A. e E. Iakovou. On the optimal design of the disassembly and recovery processes. Waste Management, v.29, n.5, p.1702-1711. 2009.

Yin, R. K. Case Study Research : Design and Methods: Sage Pubns. 1994. 184 p.

_____. Case study research : design and methods. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications. 2003. xvi, 181 p. p. (Applied social research methods series)

Yunus, M. e A. Jolis. Banker to the poor : micro-lending and the battle against world poverty. New York: PublicAffairs. 1999. ix, 258 p.

Zhou, E. Y. e B. Stembridge. Patented in China - the Present and Future State of Innovation in China, 2008.

Anexo A – Gráficos e conceitos mencionados na revisão bibliográfica

A.1 Gráficos sobre Emissões e Concentração de CO₂ comentados no item 2.1.3

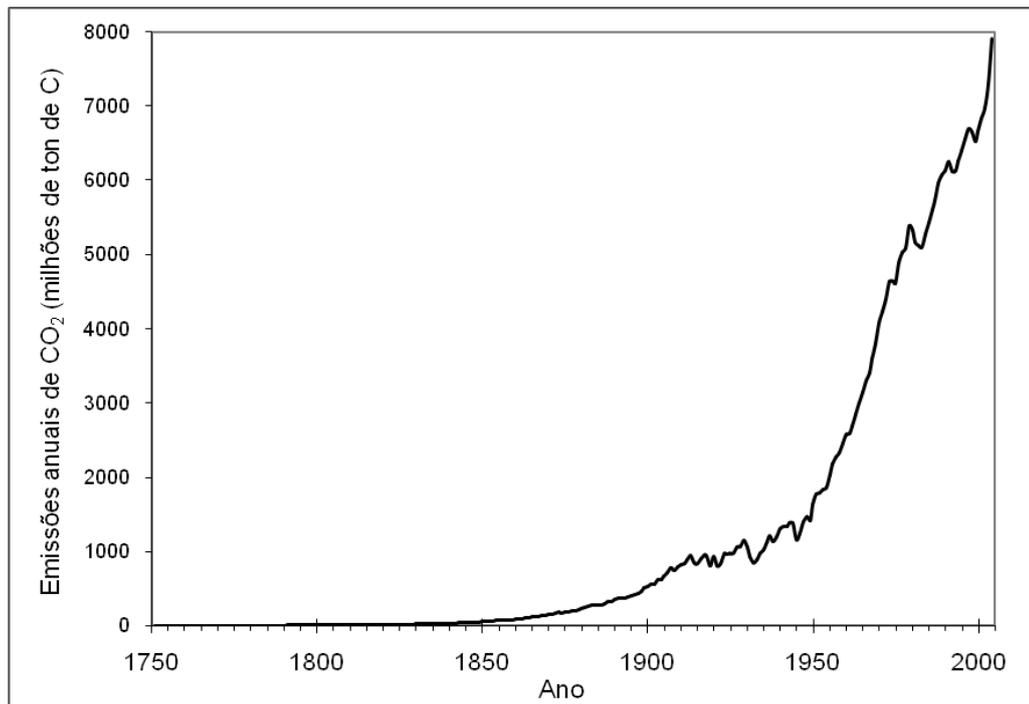


Figura 42 - Emissões anuais de CO₂ durante o período 1751-2004, a partir da queima de combustíveis fósseis (MARLAND, BODEN et al., 2006)

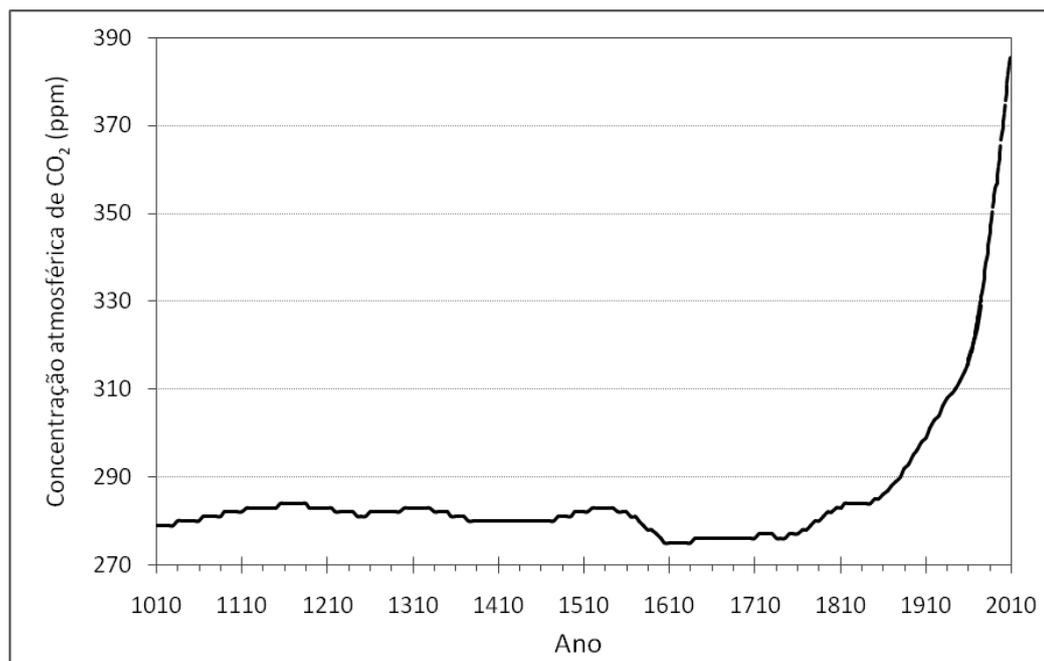


Figura 43 - Concentração atmosférica de CO₂ durante o período 1010-2008. A linha sólida (1010-1978) mostra os dados obtidos a partir de amostras de gelo da Antártica (ETHERIDGE, STEELE et al., 1998), e a linha

pontilhada (1958-2008) apresenta as medições realizadas na estação meteorológica de Mauna Loa, no Havai (KEELING e WHORF, 2005; K.W.THONING, KITZIS *et al.*, 2009)

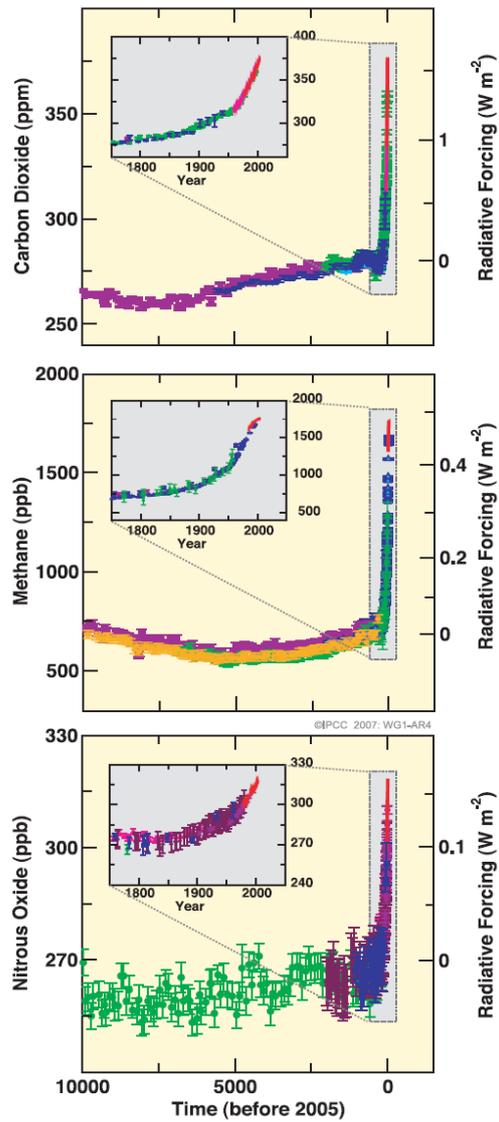


Figura 44 - Concentrações atmosféricas históricas de CO_2 , CH_4 e N_2O ao longo dos últimos 10.000 anos (I.P.C.C., 2007a)

A.2 Resumo das abordagens ambientalistas e ferramentas comentadas no item 3.2

Abordagem	Conceito	Algumas referências
Berço ao Berço	Tem como objetivo uma mudança em relação à lógica berço ao túmulo, propondo principalmente resgatar o princípio cíclico da natureza, onde dejetos de uma espécie ou de uma atividade servem de alimento à outra, pois a produção de lixo é uma característica da ação humana.	McDonough e Braungart (2002); Van der Ryn e Cowan (1996)
Berço ao Túmulo	Ciclo de vida partindo da extração e processamento de matéria-prima, indo para manufatura, uso e prevendo a disposição em aterro ao final da vida do produto, é o chamado fluxo berço ao túmulo – cradle to grave.	El – Haggag (2007)
Capitalismo Natural	<i>“o objetivo do negócio não é simplesmente ganhar dinheiro e sim, promover conforto e bem estar à humanidade”</i>	Hawken, Lovins et al., (1999)
<i>Zero Emissions Research & Initiatives</i> Método Zeri (Emissão Zero)	Propõe um fluxo cíclico, visando harmonizar as necessidades humanas com a utilização de processos produtivos, que preservem a capacidade de reposição dos recursos no planeta, incentivando intervenções positivas sobre o meio ambiente e a ampliação da visão tradicional de produção, para analisar oportunidades onde, geralmente, se impõe o antagonismo produto versus resíduo. Defende que, ao desenvolver produtos e pensar sistemas produtivos, os resíduos de uma atividade devem ser considerados matéria-prima para outra.	Johansen e Swigart (1994) Global Zeri Network (2007) Pauli (1998)
Ecologia Industrial	Estudo das inter-relações entre as estruturas fabris e entre complexos industriais. As organizações industriais devem estruturar-se de maneira que o resíduo de uma seja matéria-prima para outra.	Ayres e Simonis (1994) Harper e Graedel (2004) Graedel e Howard-Grenville (2005)
Cadeia Verde	Interação entre as organizações, dentro da cadeia de produção, com relação à prevenção da poluição na fonte e no contato com os consumidores.	Vachon e Klassen, (2006)
Produção limpa	Aponta que os sistemas de produção e os produtos não deveriam ser poluentes, mas sim preservar a diversidade na natureza e na cultura, garantindo também às gerações futuras a satisfação de suas necessidades. Elementos principais: (i) enfoque precautório, (ii) enfoque preventivo, (iii) participação de trabalhadores e comunidade, e (iv) abordagem integrada para o uso de recursos ambientais.	Greenpeace Thorpe (1999)
Química Verde	Movimento pelo desenvolvimento de processos e produtos ambientalmente aceitáveis. Para isto busca envolver educação, pesquisa e aplicação comercial ao longo de toda a cadeia de suprimentos da indústria química	Graedel e Howard-Grenville (2005) Clark (2005)

Ferramenta	Definição	Algumas referências
Produção Mais Limpa (P+L)	Aplicação contínua e integrada de estratégias preventivas em processos, produtos e serviços, para aumentar a ecoeficiência e reduzir riscos para os seres humanos e o meio ambiente. Está relacionada à identificação e solução de problemas específicos no processo produtivo que levem à minimização ou reutilização de resíduos e emissões	Gunningham e Sinclair (1997) Nascimento, Lemo et al., (2008).
Análise de ciclo de vida <i>Life Cycle Assessment</i>	Objetiva levantar dados sobre todo o impacto ambiental de um produto ou serviço, de seu berço até seu túmulo, ou seja, do início da extração de matérias-primas até o descarte final. É um processo usado para analisar as escolhas econômicas e ambientais de um produto ou tecnologia	Ayres (1996) UNEP (2004) US EPA (2006)
<i>Design for Environment</i> (DfE)	Busca antecipar a análise dos impactos ambientais negativos no desenvolvimento de produtos e processos, trabalhando segundo parâmetros de engenharia de manufatura. Para isto, trata de atributos como reciclagem, desmontagem, manutenção, facilidade de conserto ou renovação e reuso, como objetivos de projeto e não restrições	Guimarães (2009b). Ashley (1993).
Ecodesign	Busca orientar as decisões dos projetistas no sentido de escolhas que tenham menos impacto ambiental, e para isto, analisa toda a cadeia de produção, uso e descarte, contando muitas vezes com o auxílio da ferramenta de ACV. É uma forma de analisar uma solução ou guiar propostas de projeto por meio da “teia de estratégias”, proposta pela UNEP em 1996.	Wimmer, Züst et al., (2004) Guimarães (2006)

A.3 Potencial de aquecimento global – Global Warming Potencial (GWP) e CO₂ Equivalente

É um parâmetro de comparação entre o impacto no aquecimento global de 1kg de um determinado gás do efeito estufa e 1 kg de CO₂ que inclui um horizonte de tempo, ao longo do qual o gás permanece agindo na atmosfera. Este parâmetro não possui unidade. Por exemplo, de acordo com os dados da Tabela 62, um processo que emite hoje, 1kg de N₂O e 1000kg de CO₂, tem um impacto de 1289kg, em 20 anos, dos quais aproximadamente 22% são resultado da emissão de óxido nitroso (MASTERS, 1997)

O conceito de CO₂ equivalente ou ‘CO₂e’ também é um parâmetro de comparação entre os gases do efeito estufa, e mede a concentração de CO₂ que seria necessária para atingir o mesmo nível de potencial de aquecimento global que um determinado gás analisado. O CO₂e é expresso em partes por milhão em volume ppmv.

Tabela 62 – Potencial de Aquecimento Global de gases do efeito estufa (I.P.C.C., 2007c)

Gás	Tempo de vida <i>t</i> (anos)	Potencial de Aquecimento Global - GWP - <i>Global Warming Potential</i> (anos)		
		20	100	500
Dióxido de carbono CO ₂	-	1	1	1
Metano CH ₄	12	72	25	7,6
Óxido Nitroso N ₂ O	114	289	298	153

CFC- 12 (R-12)	CF ₂ Cl ₂	100	11.000	10.900	5.200
HFC- 32 (R-32)	CH ₂ F ₂	4,9	2.330	675	205

A fórmula para o cálculo do GWP é expressa pela equação abaixo:

$$GWP = \frac{\int_0^T \Delta F_g \cdot R_g(t) dt}{\int_0^T \Delta F_{CO_2} \cdot R_{CO_2}(t) dt}$$

Onde:

ΔF_g = força radioativa do gás em questão por kg (W/m²kg)

ΔF_{CO_2} = força radioativa do CO₂ por kg (W/m²kg)

R_g = fração de 1kg do gás que permanece na atmosfera no tempo t

R_{CO_2} = fração de 1kg de CO₂ que permanece na atmosfera no tempo t

T = período de tempo para o efeito cumulativo em ano.

Anexo B – Formulários da Certificação Berço ao Berço

B.1 Formulário Principal

Contact Information

- A) Date: _____
- B) Company: _____
- C) Manufacturer: _____
(if not 'Company')
- D) Primary SIC /
NAICS Number: _____
- E) Secondary SIC /
NAICS Number: _____
- F) Product Trade
Name: _____
- G) Product Type: _____
- H) Contact Person: _____
- I) Mailing Address: _____
- J) Telephone: _____
- K) Fax: _____
- L) Email: _____

1 Materials

- A) Complete the attached "Cradle to Cradle Certification - Materials Appendix."
- B) Attach all supplier data forms for material ingredient data.
- C) Attach process flow diagrams for the product assembly/manufacturing process, possibly including mass balance information for inputs and outputs.
- D) List all facilities in which the finished product is assembled/manufactured (i.e., facilities in which suppliers' materials/components are combined to create the finished product). Please attach additional sheets, if necessary. Note: You will use the 'Facility Label' identifiers to report facility-specific data in other sections of this application.

Facility Label	Facility Name	Geographical Location	Contact Person and Contact Information
Facility A			
Facility B			
Facility C			
Facility D			
Facility E			

- E) If your product/process contains materials considered as high hazard for human and environmental health, if company has one, attach written plan (including timeline) for the eventual phase-out/replacement of these ingredients.
- F) If all ingredients previously considered as high hazard have been removed from your product/process make it clear.

- G) If the product is designed to be used within building interiors, then attach product emission testing results from an approved lab, for either ASTM D5116 (small chamber) or ASTM D6670 (large chamber).

2 Material Reutilization/Design for Environment

- A) For which of the following metabolisms has the product been designed?
- | | | |
|--------------------------|-------|--|
| 1) Biological metabolism | _____ | (i.e., intention is for product to be composted following use) |
| 2) Technical metabolism | _____ | (i.e., intention is for product to be recycled following use) |
| 3) Both | _____ | (i.e., intention is for product to be separated into biological and technical materials following use, and for these to be composted and recycled) |
| 4) Neither | _____ | (i.e., the product has not been designed to be composted nor recycled) |
- B) If the product contains both biological and technical nutrient materials, describe how materials are marked and attached to one another to simplify post-use disassembly.
- C) Please complete the following fields in order for to calculate the product's Nutrient (Re)utilization Score.
- | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| Percent of the product: | | |
| 1) Recyclable | (The Researcher will complete) | The researcher will use the material data in Section 1 to determine the recyclable percentage. Requires a commercially-available recycling technology for the specific material. |
| 2) Compostable | _____ | Materials which are considered compostable based on the DIN or ASTM standards. |
| 3) Recycled content | _____ | Material which is derived from a post-consumer or post-industrial/pre-consumer recycled source (please indicate). Recycled content will only be counted if it does not contain any problematic inputs (e.g., recycled content PVC will not count). |
| 4) Rapidly renewable content | _____ | Material which is either plant- or animal-based and considered rapidly renewable (i.e., can be regrown and harvested within a "minimal" amount of time). |
| Calculation: | | |
| Nutrient (Re)utilization Score: _____ | | |
- D) If post-use product recovery and material reutilization (i.e., composting/recycling) systems are not currently in place and in-depth planning for those systems has not occurred, then mark if your company is developing a plan to establish such systems in the future [].
- E) If you answer in a positive way for question bellow, then attach a copy of your well-defined plan for those activities, including scope, timeline, budget and partners.
- F) If post-use product recovery and material reutilization systems are currently in place and operating, then attach documentation of this process and how used products and materials are converted into new products.

3 Energy

For the following questions, please submit average energy data based on the previous six months of operations.

- A) For each facility within which the finished product is assembled/manufactured, how much energy* is used to assemble/manufacture the product? Calculate these values either based on metering of the specific production line or allocating full facility energy use to the portion of manufacturing represented by this product. Please enter values and units in the table on the next page.

Facility Label	Assembly Energy* (MJ/kg of product; or indicate correct units)	Calculation Method Used	
		Inline Metering	Production Allocation
Facility A			
Facility B			
Facility C			
Facility D			
Facility E			

*Assembly/manufacturing energy is the portion of the facility's total energy use which can be attributed to assembling the finished product, plus an appropriate allocation of energy used in other facility operations.

- B) For each facility, what percentage of assembly/manufacturing energy* is derived from renewable sources (e.g., wind, biomass, hydroelectric, solar)? Renewable energy can be obtained through on-site production, direct purchase or purchase of Green-e certified renewable energy certificates. If applicable, attach copies of renewable energy certificates or contracts with providers.

Facility Label	Percentage of Assembly Energy Derived from Renewable Source				
	Wind	Biomass	Hydroelectric	Solar	Other (specify)
Facility A					
Facility B					
Facility C					
Facility D					
Facility E					

*Assembly/manufacturing energy is the portion of the facility's total energy use which can be attributed to assembling the finished product, plus an appropriate allocation of energy used in other facility operations.

- C) If not all of the energy for the product's final assembly/manufacturing (within each facility) is derived from renewable sources, then attach a copy of a plan for supplying that energy via current solar income, including a timeline, measurable goals and milestones; in case the company has one.
- D) If applicable mark here [] - If all of the energy for the product's final assembly/manufacturing (within each facility) is derived from renewable sources, and attach copies of renewable energy certificates or contracts with providers.
- E) Attach data about your suppliers, including the quantities and sources of their manufacturing energy, specially if they use alternative and renewable sources, in case the company has this information.

4 Water

- A) If exist attach your company's set of principles or guidelines that will inform your facility's future strategies for protecting and preserving the quality and supply of water resources.
- B) For each facility in which your finished product is assembled/manufactured, complete the following questions, adapted from the Global Environmental Management Initiative's Water Source Profile Form <www.gemi.org/water/resources/WaterSourceProfileForm.doc>. Copy and complete the questions for each facility.

Facility A: (or indicate correct facility label)

- 1) Water source(s) _____
- 2) What type of water source(s) is it?
 - Aquifer _____
 - Surface water _____
 - Reclaimed _____
 - Other (please specify) _____
 - Additional comments _____
- 3) Where is the source located? _____
- 4) What are the other major demands on the source?
 - Industrial _____
 - Municipal _____
 - Ecosystem _____
 - Additional comments _____

- C) Is any assembly facility located within or adjacent to a Ramsar listed wetland <www.ramsar.org/index_list.htm>?

Facility Label	Ramsar Wetland Site? (Yes / No)	Name of Wetland
Facility A		
Facility B		
Facility C		
Facility D		
Facility E		

- D) Identify the watershed within which each assembly facility operates.

Facility Label	Watershed Name	USGS Cataloging Unit Number (use US EPA website < http://cfpub.epa.gov/surf/locate/index.cfm >) or Location (City, State, Country)
Facility A		
Facility B		
Facility C		

Facility D		
Facility E		

E) Indicate from which source of water each facility withdraws water from and discharges effluent to.

Facility Label	Withdrawal Source	Discharge	Impacts by Facility
Facility A			
Facility B			
Facility C			
Facility D			
Facility E			

F) Is each facility considered a major or minor user of water relative to other users within its watershed? Contact the local or regional water authority for this information.

Facility Label	Major / Minor Water User Within Watershed
Facility A	
Facility B	
Facility C	
Facility D	
Facility E	

G) Conduct a facility-wide water audit for each product assembly/manufacturing facility. For water balance calculations, use the attached "Cradle to Cradle Certification Applicant Data Form -- Water Appendix." Copy and complete the table and appendix form for each product assembly/manufacturing facility.

Facility A: (or indicate correct facility label)

#	Water Use	Cubic Meters Per Year	Percent of Total Use
1)			
2)			
3)			
4)			
5)			
6)			
7)			
8)			
9)			
10)			
	Subtotal (water use)		
	Total water purchased or obtained		100,0%
	Difference (unaccounted for)		

Example Facility:

#	Water Use	Cubic Meters Per Year	Percent of Total Use
1)	Cooling: tower make-up and boiler make-up	7.966	38,3%
2)	Process use: parts and mixing vat cleaning	3.848	18,5%
3)	Domestic: faucets, toilets and showers	3.536	17,0%

4)	Once-through cooling: air compressors and pumps	2.388	11,0%
5)	Landscaping	832	4,0%
6)	General washing, sanitation, and maintenance	561	2,7%
7)	Leaks (detected)	416	2,0%
8)	Food preparation: dishwasher	312	1,5%
9)			
10)			
	Subtotal (water use)	19.859	95,5%
	Total water purchased or obtained	20.800	100,0%
	Difference (unaccounted for)	941	4,5%

H) For each facility, how much process water is used to assemble/manufacture the product (i.e., all water for the assembly process and other facility operations, on a per-product basis)? Calculate these values either based on metering of the specific production line or allocating full facility water use to the portion of manufacturing represented by this product. Please enter values and their units in the table on the next page.

Facility Label	Process Water (liters/kg of product; or indicate correct units)	Calculation Method Used	
		Inline Metering	Production Allocation
Facility A			
Facility B			
Facility C			
Facility D			
Facility E			

I) What measures to conserve water resources have been taken at the facility for the following areas?

Embodied in Products	Personnel
Process and Equipment Use	Consumption
Cleaning	Medical
Metal finishing	Sanitary and Domestic
Painting	Toilets
Dyeing and finishing	Urinals
Photo processing	Faucets
Product fluming (water transport)	Showers
Cooling and Heating	Kitchen
Single-pass cooling	Cafeteria uses
Cooling towers/chillers	Dishwashers
Boiler, hot water, steam systems	Ice machines
Air washers	Faucets/taps

Boiler scrubber	Outdoor Uses
Other Facility Support	Landscaping
Floor washing	Irrigation
Air emission wet scrubbers	Particulate emission control
Building washing	Decorative fountains/ponds
Quality assurance testing Laboratories	Vehicle washing
Wastewater treatment	

- J) Does each finished product assembly/manufacturing facility meet or exceed EPA and state water quality regulations for discharges, under EPA’s National Pollution Discharge Elimination System (NPDES)? Each facility must document it has not been designated as "Significant Noncompliance (SNC)" or "non-major / minor" chronic violator by its state for a period of two years prior to application date?
- K) For each facility, list the NPDES permit number and name of designated water coordinator.

Facility Label	NPDES Permit Number
Facility A	
Facility B	
Facility C	
Facility D	
Facility E	

- L) Describe water conservation improvements that have been implemented during the last five years at each assembly facility for the areas listed in Question I above. Indicate the water use reductions in terms of liters/kg or gal/lb of finished product. Attach documentation regarding the measures, technologies or process changes implemented.
- M) Describe innovative projects for reclaiming or recycling water resources or preserving water quality that have been implemented at each assembly facility. Below are some examples of innovative processes. Attach documentation for each facility.

Alternative Treatment Systems

- “Living machines”
- Constructed wetlands

Novel Demand Reduction

Strategies

- Waterless urinals
- Low-flow fixtures
- Flow control technologies
- Use of gray water
- Personnel education programs

Reclamation and Recycling of Process

Waste Water

- Water quality matched to task requirements
- Water cascaded to lower-quality tasks to maximize use prior to treatment/discharge

Non-point Source Pollution

Reduction

- Green roofs Composting toilets Drainage swales
- Capture and storage of roof/landscape run-off for reuse
- Native/xeriscape plantings to eliminate landscape irrigation
- Porous pavement to capture rainwater for landscape irrigation/gray water use

5 Social Responsibility

A) Attach the public statement(s) your company has adopted or is implementing regarding its social and ethical performance goals. The statement(s) must address the areas listed below and be signed by the Chairman/CEO, either formally or in effect. Indicate whether the statement(s) has only been adopted at this time or currently is being implemented.

Labor Practices*

Corporate and Personal

Ethics*

- Supplier relationships
- Competitive behavior
- Integrity

Customer Service

Local Community

*This area must be addressed within the statement(s).

B) Indicate all locations where the statement(s) is/are available for employee review.

- 1) Posted in facilities _____
- 2) Employee handbook _____
- 3) Employee training _____
- 4) Company intranet _____
- 5) Company newsletter _____
- 6) Other (please specify) _____

C) Indicate all locations where the statement(s) is/are available for public review.

- 1) Public website _____
- 2) Annual report _____
- 3) Press release _____
- 4) External newsletter _____
- 5) Marketing materials _____
- 6) Other (please specify) _____

D) Is your company exploring certification/accreditation by another organization for labor practices? Which one? The labor practice assessment system must feature the characteristics listed below.

Internationally
 Accepted
 Intra-industry or Inter-industry Framework
 Minimum Components to be Assessed

Child labor	Discrimination	Compensation
Forced labor	Discipline/harassment	Freedom of association
Health and safety	Working hours	and collective bargaining

E) List the labor practice criteria for which your company has begun to gather data for initial self-assessment of all product assembly facilities. Provide all/some of the available data (preferably in the format used in the assessment system) in the table below or attach the certifying/accrediting organization's form/additional sheets, as necessary.

#	Labor Practice Criterion	Criterion Category	Current Data
1)			
2)			
3)			
4)			
5)			
6)			
7)			
8)			
9)			
10)			

F) Has your company been certified/accredited for labor practices? In which assembly/manufacturing facilities? Attach documentation from assessment organization. Also, submit copies of future approvals as they are received (for regular verification updates, as required by the assessment system).

G) Have your suppliers adopted statements regarding their social and ethical performance goals? In addition, have suppliers implemented any necessary workplace improvements in order to better achieve those goals? If true, then summarize these activities.

Additional Information

Please provide any additional comments or data for use within your product evaluation.

"As an authorized representative of the applicant company, I verify that all responses provided above are correct, based upon our currently available data."

 Signature and Date

 Printed Name

 Title

B.2 Formulário sobre Materiais

Based on Cradle to Cradle™ Certification Data Form -- Materials Appendix

Contact Information

A) Company: _____

B) Manufacturer: (if not 'Company') _____

C) Facility/ Laboratory: _____

D) Contact Person: _____

E) Contact Information: _____

Ingredient Materials

Please provide the following data for all materials/components contained in the product/process at a concentration of at least 100 ppm (0.01%), including any catalysts, dyes, colorants or residual monomers. Please copy and attach additional sheets, if necessary to outline the complete formulation.

#	Material/component identifier (e.g., trade name; product number)	Weight(specify units)	Function (within product)	Recycled content ¹ or rapidly renewable content ² (% , by weight)	Recyclable? (technical ³ nutrient)	Compostable? (biological ⁴ nutrient)	Connections permit easy disassembly from other materials? (Yes / No)	Supplier name
Ex:	Acme Nylon 3456	0.8 kg	base material	12,0%	Yes	No	No	Acme Products
1)								
2)								
3)								
4)								
5)								
6)								

¹ Recycled content refers to the percentage of the material reclaimed from previous use, recovered either from an industrial system prior to disposal ("post-industrial") or following its use within a product ("post-consumer"). Recycled content only will be counted if it does not contain any inputs that are problematic for human or environmental health.

² Rapidly renewable content refers to material derived from biological sources (i.e., plant-based or animal-based) which can be easily regenerated within a short timeframe, to replace the quantity of material harvested for the product.

Based on the paradigm of Cradle to Cradle Design™ and goal of transforming material metabolisms, the following terms refer partially to current reality and partially to future objectives:

³ A material can be considered a potential technical nutrient if it primarily contains a base material that is known or expected to be recyclable through mechanical, chemical or other means, at commercial scale, at bench scale or in theory. The product manufacturer or material supplier should provide any recyclability information that is not widely known.

⁴ A material can be considered a potential biological nutrient if it primarily contains a base material that is known or expected to be safely compostable within most public or private composting systems, and is combined with additives that are not expected to hinder such safe composting. MBDC will evaluate the actual compostability of the complete material, based on the additives with which it is combined. The product manufacturer or material supplier should provide any compostability information that is not widely known.

B.3 Formulário sobre Água

Contact Information

- A) Company: _____
- B) Manufacturer:
(if not 'Company') _____
- C) Product Trade Name: _____
- D) Contact Person: _____
- E) Contact Information: _____
- F) Facility/ Lab Name: (e.g., "Facility A") _____

Water Balance

This worksheet asks you to measure and report annual values for each category below (i.e., sources/withdrawals; storage; use; discharge). Please copy and complete this form for each facility in which the finished product is assembled or manufactured.

I.Sources / Withdrawals

- A) Billed Sources
- | | | |
|---------------------|-------|----------------|
| 1) Municipal Supply | _____ | m ³ |
| 2) Hauled | _____ | m ³ |
- B) Pumped by Facility
- | | | |
|------------------|-------|----------------|
| 3) Surface Water | _____ | m ³ |
| 4) Groundwater | _____ | m ³ |
- C) Other Sources
- | | | |
|--|-------|----------------|
| 5) Collected Rainwater (monitored) | _____ | m ³ |
| 6) Collected Rainwater (not monitored) | 0 | m ³ |
- Calculation of unmonitored rainwater estimate:
- | | | |
|-----------------------|-------|----------------|
| 6a) Area of collector | _____ | m ² |
| 6b) Annual rainfall | _____ | mm |
- Estimate = [(6a) * (6b)] / 1000 <-- this value will be entered into blank (6) above
- | | | |
|----------------------|-------|----------------|
| 7) Any Other Sources | _____ | m ³ |
|----------------------|-------|----------------|
- Description: _____
- D) Total for All Sources/Withdrawals
- | | | |
|-------------------|---|----------------|
| 8) Total Estimate | 0 | m ³ |
|-------------------|---|----------------|
- = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7) <-- this value will be entered into blank (8) above

II.Storage

- E) Total for All Storage Facilities
- | | | |
|--|-------|----------------|
| 9) Storage at Beginning of Year | _____ | m ³ |
| 10) Storage at End of Year | _____ | m ³ |
| 11) Net Addition to Storage (10) - (9) = | 0 | m ³ |

The net addition to storage can be negative, if over the year there is a net withdrawal from the storage facilities. In this case, the amount in (9) will be greater than the amount in (10).

III.Use

Please record all water use types and their annual volumes. Please review the list of potential water uses at the end of this form to identify possible data sources for this section.

F) Total for All Uses

12) Embodied in Products	_____	m ³
13) Process and Equipment Use	_____	m ³
14) Cooling and Heating	_____	m ³
15) Other Facility Support	_____	m ³
16) Personnel	_____	m ³
17) Sanitary and Domestic	_____	m ³
18) Outdoor Uses	_____	m ³
19) Total Estimate	<u>0</u>	m ³

= (12) + (13) + (14) + (15) + (16) + (17) + (18) <-- this value will be entered into blank (19) above

IV.Discharge

G) Metered or Billed

20) Treatment Plant	_____	m ³
21) Hauled	_____	m ³
22) Other	_____	m ³

H) Direct Discharge

23) Surface Water	_____	m ³
24) Groundwater	_____	m ³
25) Any Other Discharges	_____	m ³

Description: _____

I) Totals for All Discharges

26) Total Estimate	<u>0</u>	m ³
--------------------	----------	----------------

= (20) + (21) + (22) + (23) + (24) + (25) <-- this value will be entered into blank (26) above

V.Balance

By balancing the different categories of sources/withdrawals, storage, use and discharge against one another, any remainder can be attributed to one or more of the following:

- Water that is fully consumed and cannot be recovered
- Water that leaks or evaporates from the system
- Statistical/measurement errors

Sources	(+) 0	m ³
Net Storage	(+) 0	m ³
Use	(-) 0	m ³
Discharge	(-) 0	m ³
 Total Remainder	 = 0	 m ³

Each of the categories above can provide opportunities for water conservation and should be assessed for such opportunities.

Potential Types of Water Use**Embodied in Products****Process and Equipment Use**

- Cleaning
- Metal finishing
- Painting
- Dyeing and finishing
- Photo processing
- Product fluming (water transport)

Cooling and Heating

- Single-pass cooling
- Cooling towers chillers
- Boiler, hot water, steam systems
- Air washers
- Boiler scrubber

Other Facility Support

- Floor washing
- Air emission wet scrubbers
- Building washing
- Quality assurance testing
- Laboratories
- Wastewater treatment

Personnel

- Consumption

- Medical

Sanitary and Domestic

- Toilets

- Urinals

- Faucets

- Showers

- Kitchen

- Cafeteria uses

- Dishwashers

- Ice machines

- Faucets/taps

Outdoor Uses

- Landscaping

- Irrigation

- Particulate emission control

- Decorative fountains/ponds

- Vehicle washing

This form is adapted from "Annex 1: Worksheet for Estimating Water Balance" from the Water Protocol of the Global Reporting Initiative (GRI)
<<http://www.globalreporting.org/guidelines/protocols.asp>>.

B.4 Formulário para os Fornecedores

This form must be completed by each supplier that provides ingredients for the product seeking certification. Note: MBDC reserves the right to analytically test specific materials if warranted and does conduct random analytical testing twice yearly as a means of data verification.

Contact Information

- A) Supplier Company Name: _____
- B) Material Manufacturer: (if not 'Supplier Company') _____
- C) Material Trade Name: _____
- D) Contact Person: _____
- E) Contact Information: _____

Materials

Please provide the following data for all substances/mixtures contained in the product at a concentration of at least 100 ppm (0.01%), including any catalysts, dyes, colorants or residual monomers. Please copy and attach additional sheets, if necessary to outline the complete formulation.

#	Substance/mixture identifier (e.g., trade name; product number)	CAS number (Chemical Abstract Service) < http://webbook.nist.gov/chemistry >	Concentration or concentration range (0-1%, 1-5%, 5-15%, 15-50%, 50%+)	Function (within material)	Supplier name (if applicable)
Ex:	C.I. Pigment Blue 15	147-14-8	0,50%	colorant	Acme Products
1)					
2)					
3)					
4)					
5)					
6)					
7)					
8)					
9)					
10)					

Energy

- A) For the facility within which this material is manufactured/formulated, how much energy* is used to manufacture the material? Calculate these values either based on metering of the specific production line or allocating full facility energy use to the portion of manufacturing represented by this product. Please enter values and units in the table below.

Manufacturing Energy* (MJ/kg of product; or indicate correct units)	Calculation Method Used	
	Inline Metering	Production Allocation

*Manufacturing energy is the portion of the facility's total energy use which can be attributed to manufacturing the material, plus an appropriate allocation of energy used in other facility operations.

- B) What percentage of manufacturing energy* is derived from renewable sources (e.g., wind, biomass, hydroelectric, solar)? Renewable energy can be obtained through on-site production, direct purchase or purchase of Green-e certified renewable energy certificates. If applicable, attach copies of renewable energy certificates or contracts with providers.

Percentage of Manufacturing Energy Derived from Renewable Source				
Wind	Biomass	Hydroelectric	Solar	Other (specify)

*Manufacturing energy is the portion of the facility's total energy use which can be attributed to manufacturing the material, plus an appropriate allocation of energy used in other facility operations.

Social Responsibility

- A) Attach the public statement(s) your company has adopted or is implementing regarding its social and ethical performance goals. The statement(s) must address the areas listed below and be signed by the Chairman/CEO, either formally or in effect. Indicate whether the statement(s) has only been adopted at this time or currently is being implemented. See the "Cradle to Cradle Certification Program" overview document for example statements.

- Labor Practices*
- Corporate and Personal Ethics*
 - Supplier relationships
 - Competitive behavior
 - Integrity
- Customer Service
- Local Community

*This area must be addressed within the statement(s).

- B) Indicate all locations where the statement(s) is/are available for employee review.

1) Posted in facilities _____

- 2) Employee handbook _____
- 3) Employee training _____
- 4) Company intranet _____
- 5) Company newsletter _____
- 6) Other (please specify) _____

C) Indicate all locations where the statement(s) is/are available for public review.

- 1) Public website _____
- 2) Annual report _____
- 3) Press release _____
- 4) External newsletter _____
- 5) Marketing materials _____
- 6) Other (please specify) _____

D) What workplace improvements has your company implemented in order to better achieve the stated social and ethical performance goals? Summarize these activities and attach any available documentation.

Additional Information

Please provide any additional comments or data for use within the evaluation of your material.

Anexo C – Resumo das Variáveis

Tabela 63 - Matriz resumo da coleta de dados das variáveis relacionadas à sustentabilidade ambiental e social

Sustentabilidade	Estratégias ambientais no PDP	<input type="checkbox"/> Usa	<input type="checkbox"/> Conhecida na literatura	<input type="checkbox"/> ACV		Quais?	
		<input type="checkbox"/> Não usa	<input type="checkbox"/> Desenvolvida na empresa	<input type="checkbox"/> Pegada ecológica			
	Estratégias ambientais na Produção	<input type="checkbox"/> Usa	<input type="checkbox"/> Conhecida na literatura	<input type="checkbox"/> P+L		Quais?	
		<input type="checkbox"/> Não usa	<input type="checkbox"/> Desenvolvida na empresa	<input type="checkbox"/> Reaproveitamento de resíduo (venda)			
	Materiais	Tem informações sobre a composição química?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Parcialmente	<input type="checkbox"/> Sim	
		Usa materiais com toxicidade até		 Livre	 Moderada	 Alta	 S/ Informação
		Tem estratégia para melhorar em relação à toxicidade?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim		Como?
	Reutilização	Usa materiais:	Compostáveis	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	___%	Quais?
			Recicláveis	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	___%	
			Reciclados	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	___%	
			Rapidamente renováveis	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	___%	
		Possui estrutura de <i>logística reversa</i> ?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	Obs.	
Água	Consumo na montadora (litros/par):		Obs				
	Consumo na cadeia (litros/par):						
	Fonte:						
	Maior consumidor nas redondezas da montadora?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim			
	Quais estratégias usa para reduzir o consumo?						
Energia	Consumo na montadora (kWh/par):						
	Consumo na cadeia (kWh/par):						
	Fonte:		<input type="checkbox"/> Termoelétrica	<input type="checkbox"/> Hidroelétrica			
			<input type="checkbox"/> Solar	<input type="checkbox"/> Eólica	<input type="checkbox"/> Biomassa	<input type="checkbox"/> Outra	
	Possui estratégia p/ melhorar eficiência?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim			
	Possui estratégia p/ mudar de matriz energética?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim			
Possui certificação LEED?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sede	<input type="checkbox"/> Nas montadoras			
Responsabilidade Social	Possui princípios estabelecidos?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim			
	Quais os meios de divulgação utilizados?						
	Coleta dados sobre sua mão de obra?		Como?				
	Possui certificação?		<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	Qual?		
				<input type="checkbox"/> Social a Accountability International - SA8000			
				<input type="checkbox"/> Worldwide Responsible Apparel Production - WRAP			
				<input type="checkbox"/> Fair Labor Association			
				<input type="checkbox"/> Outra			

Tabela 64 - Matriz resumo da coleta de dados das variáveis relacionadas à sustentabilidade econômica – Modelo de negócio

Características da Empresa	Core Business		
	Missão		
	Produção anual total (Nº pares)		Produção anual do modelo analisado
	Nº de profissionais envolvidos no PDP		Nº de profissionais envolvidos no PDP do produto analisado
	Nº de fornecedores ou empresas parceiras		Nº de empresas parceiras no PDP do produto analisado
	Nº de fabricas montadoras total		Nº de fabricas que produzem o modelo

Anexo D – Listas dos materiais empregados em alguns dos produtos analisados

D. 1 Materiais componentes do modelo Convencional da empresa F – Estudo Piloto

Tabela 65 – Materiais e componentes do modelo Convencional, analisado no Estudo Piloto

	Identificação do Material/componente (ex., nome fantasia; número do produto)	Peso Real (peso medido/ produto)	Função do componente no produto	Transcrição para a Planilha Resumo	Conteúdo reciclado ou rapidamente renovável (%; por peso)	Reciclável? (nutriente técnico ³)	Compostável? (nutriente biológico ⁴)	As ligações com outros materiais/ componentes permitem fácil desmontagem?
1	Palmilha Overlock	12 g	Palmilha	Palmilha			Não	
2	Palmilha Interna +EVA	40 g	Conforto	EVA+ Tecido atoalhado			Não	
3	Contraforte (222)	16,5 g	Armação do Calcanhar				Não	
4	Couraça (1506)	19,5 g					Não	
5	Espuma de PU (densidade 45 carga 60, 25mm)	37,5 g	Conforto	Espuma de PU			Não	
6	Forro Atoalhado (dublado c/ espuma de PE 3mm, densidade 28 e jersey)	29,5 g	Conforto	Dublado: Espuma de PE + Tecido Jersey			Não	Não
7	E.V.A (conformado 4mm, dublada forrada c/ atoalhado, sublimada c/ logotipo da empresa)	junto à palmilha interna	Conforto	Dublado: EVA+tecido			Não	
8	Sintético Lama (2mm)	126 g	Cabedal Externo				Não	
9	Sintético Lama (1,5mm)	36 g	Cabedal Externo				Não	
10	Bidin (espuma 90/3mm)	38 g	Armação do Cabedal	Espuma de poliéster			Não	
11	Borracha (Injetada Bicolor)	398 g	Sola	Borracha butílica			Não	
12	Enchimento Dublado (ADACAL + EVA 2mm)	45 g		Dublado: Placa Adacal+ EVA			Não	
13	Nylon dublado (Espessura 3mm e densidade 28)	2 g	Estética	Nylon			Não	
14	Ilhós (componente de latão)	-	Atacador (p/ Cadarço)				Não	
15	Elástico (25 mm)	-	Segura lingueta				Não	
16	Etiqueta	3 g	Id. no. do Tênis				Não	
17	Etiqueta da Ligueta Bordada	1 g	Id. Marca				Não	
18	Linha Nylon(costura)	-	Fixação				Não	
19	Linha (bordado 120)	-	Bordado				Não	
20	Fita de Abrir Costura (Nylon 20mm)- Fita de algodão	-	Reforço p/ costura luva				Não	
21	Linha de Blaquarear (10)	-	Fortalecer bico/calcanhar				Não	
22	Halogenante (Líquido (9522/1)+ Pó (10003243)		Prepara sola p/ colagem				Não	
23	Adesivo base (100)		Protetor do Halogenante				Não	
24	Solvente (9522/1)		Limpeza Cabedal				Não	

25	Adesivo 136 M		Colagem sola/cabedal				Não
26	Adesivo base (110)		Base usada p/ preparar o cabedal p/ aplicar o adesivo 136				Não
27	Regia 106M		Prepara a costura (entre sintético e bidin, entre os sintéticos e entre etiqueta e sintético)				Não

D. 2 Materiais componentes do Modelo Verde da empresa E – Estudo de Caso I

Tabela 66 - Materiais e componentes do modelo Verde, analisado na Empresa E

	Identificação do Material/componente (ex., nome fantasia; número do produto)	Peso Real (peso medido/ produto)	Função do componente no produto	Transcrição para a Planilha Resumo	Conteúdo reciclado ou rapidamente renovável	Reciclável? (nutriente técnico ³)	Compostável? (nutriente biológico ⁴)	As ligações com outros materiais/ componentes permitem fácil desmontagem?
1	LONA ECO JUTA DUBL C/ F 170 L 153	87,34 g	GÁSPEA	Tecido de Juta	Sim	Não		Não
2	LONA ECO JUTA DUBL C/ F 170 L 153	19,6 g	LINGUETA					
3	LAMINADO LATEX NATURAL; ARTIGO: COUROVEGETAL AMAZON-LIFE; ESPESSURA: 1,1MM+- 0,2; SUBSTRATO: MALHA ALGODAO NATURAL	12 g	VISTA	Laminado: [Latex Natural+Malha de algodão]	Sim	Não		Não
4	COURO NAPA BIOLEATHER	6,56 g	TALONEIRA	Couro Bioleather				
5	TEC JERSEY +ESPUMA POLIETILENO, 4mm +TEC JERSEY	14 g	FORRO DA GÁSPEA	Laminado: [Tec Jersey (PES) + Espuma de PU]	Não	Não	Não	Não
6	TEC JERSEY +ESPUMA POLIETILENO, 4mm +TEC JERSEY	3,73 g	FORRO DA LINGUETA					
7	TECIDO SPASA; ACOPLAGEM: ESPUMA POLIETILENO 4mm D20 + TELA	12 g	FORRO DO COLARINHO	Acoplado: [Tec+PE+Tela]	Não	Não	Não	Não
8	LAM VINILCROMO, PVC LISO FOSCO 1,0mm C/MALHA PES	5,07 g	REFORÇO DA VISTA	Laminado: [PVC + Malha de PES]	Não	Não	Não	Não
9	LAM VINILCROMO, PVC LISO FOSCO 1,0mm C/MALHA PES	7,2 g	REFORÇO DO COLARINHO					
10	ESPUMA POLIESTER D30 10mm	4,6 g	ESPUMA DO COLARINHO	Espuma de Poliéster	Não	Não	Não	Não
11	BIDIM BOXFLEX; C/COLA TERMOPLASTICA	1,63 g	REFORÇO DA VISTA	Poliéster	Não	Não	Não	Não
12	PLACA ARTEFLEX ³² /DUBLAUTO PS-3/FORMAX PALMIMAX 220 2,5mm ³³	15,75 g	PALMILHA DE MONTAGEM					
13	PLACA RHEPLAFLEX V-25 ³⁴ / FORMAX MAXSOFT 10 0,7mm	3,25 g	COURAÇA	EVA +				
14	ARRUELA ALUMINIO (12 arruelas de 2,5 g)	30g	ARROELA DO ILHÓS	Aluminio	Não	Sim	Não	Não
15	SOLADO DE BORRACHA NATURAL COM RESÍDUOS DE LONA CLAROS, MONOCOLOR	201 g	SOLADO	Misturado: [Borracha Natural + Resíduo de tecido de lona]	Sim	Não	Não	Não
16	BORRACHA NATURAL COM RESÍDUOS DE LONA CLAROS, MONOCOLOR	24 g	BIQUEIRA DE BORRACHA					

³² <http://www.artecola.com.br/menu/laminados-especiais/artecola/arteflex-pr>

³³ <http://www.formax.com.br/>

³⁴ <http://www.rhenoflex.com/products/toe-puffs/imperfex.html>

	Identificação do Material/componente (ex., nome fantasia; número do produto)	Peso Real (peso medido/ produto)	Função do componente no produto	Transcrição para a Planilha Resumo	Conteúdo reciclado ou rapidamente renovável	Reciclável ? (nutriente técnico)	Compostável? (nutriente biológico)	As ligações com outros materiais/ componentes permitem fácil desmontagem?
17	BORRACHA COR NATURAL (Butílica)	1 g	ETIQUETA	Borracha Butílica	Não	Não	Não	Não
18	PONTEIRA IGUAL ao modelo convencional BORRACHA COR NATURAL (Butílica)	32 g	PONTEIRA					
19	BORRACHA COR CHOCOLATE (Butílica)	190 g	VIRA					
20	CONTRAFORTE SUP 1,6mm	32,82g	CONTRAFORTE					
21	PALMILHA DE EVA; TECIDO COR CRU; ESPESSURA: 5+-0,5 mm; TRANSFER / SUBLIMACAO: DENSIDADE: 0,13+-0,02; DUREZA: 20+-5; GRAMATURA: 110+-5	54 g	PALMILHA DE ACABAMENTO	Sublimado: [EVA+ Tecido]	Não	Sim	Não	Sim
22	ATACADOR PET/JUTA; (LARGURA 9mm); COMPRIMENTO PONTEIRA: 19mm; FORMATO:TUBULAR; MATERIAL PONTEIRA: ACETATO	13 g	ATACADOR (CADARÇO)	Misturado: [PET Reciclado + Juta]	Sim	Não	Não	Sim
23	VIES %ALG T611 DB FEC 14mm	2,92 g	VIÉS DA LINGUETA	Itens não incluídos na análise				
24	ETIQUETA TRANSFER; LOGO	1g	TRANSFER DA GÁSPEA					
25	ILHÓS 108/60	5 g	ILHÓS DA VISTA					
26	LINHAS	3,41 g	LINHAS PARA COSTURA					
27	ETIQUETA COMPOSIÇÃO: BAMBU; DIMENSAO(L x C): 38X30mm	1,75 g	ETIQUETA DO DETALHE DA LINGUETA.					
28	ETIQUETA NUMERACAO; TIPO: COSTURADA; MATERIAL FITA:TAFETA NYLON RESINADO; DIMENSAO ETIQUETA: 30X35mm	0,212 g	ETIQUETA DE NUMERAÇÃO					
29	FITA TINTA SECA DRY INC TRANSFER	0,252 g	CARINBO "TOCHA" DA TALONEIRA					
30	TINTA PARA SILK MARROM	0,3g	SILK DA ETIQUETA DE BORRACHA					
31	PRODUTO 608-14	8 g	COLAR PEÇAS					
32	PRODUTOS QUIMICOS	28 g	PRODUTOS QUIMICOS					

NUMERACAO: 38

Embalagem*

1	PAPEL DE SEDA BUCHA 30X50mm 26/28GR	8 g	BUCHA
2	PAPEL SEDA S/IMPRESSAO 30X50 20GR	4 g	ENVOLTORIO
3	TAG MARCA	2 g	TAG
4	PINO DE NYLON FAST PIN 25mm NATURAL	0,3 g	PINO
5	CX. INDIV + VERNIZ 180G/m ² + MICRO PARDO 252G/m ²	184 g	CAIXA

*Não foi incluída na análise

D. 3 Materiais componentes do modelo Convencional da empresa E – Estudo de Caso I

Tabela 67 - Materiais e componentes do modelo Convencional, analisado na Empresa E

	Identificação do Material/componente	Peso Real (peso medido/ produto)	Função do componente no produto	Transcrição para a Planilha Resumo	Conteúdo reciclado ou rapidamente renovável	Reciclável? (nutriente técnico ³)	Compostável? (nutriente biológico ⁴)	As ligações com outros materiais/ componentes permitem fácil desmontagem?
1	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	40 g	CANO 4X1	Laminado: [Poliuretano PU (1,6 mm)+ PVC (1mm)+ Manta Não Tecido Poliéster (180g/m ²)]	Não		Não	Não
2	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	38,75g	GÁSPEA 2X1					
3	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	19,1 g	TALONEIRA 2X1					
4	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	10 g	VISTA 2X1					
5	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	5,2 g	PUXADOR 2X1					
6	LAMINADO; MATERIAL: PU/PVC (POLIURETANO / POLICLORETO DE VINILA); ESPESSURA: 1,6 +- 0,1mm; LARGURA: 1,4 +- 0,1mm X 54"; SUBSTRATO: MANTA AGULHADA NAO TECIDO/POLIESTER 180G/m ²	5,8 g	ENFEITE LATERAL 4X1					
7	LAMINADO ;ARTIGO: VINEL BASICO SIROCCO ;COR: PRETA ;PANTONE: SEM PANTONE (PRETA) ;ESPESSURA: 0,7 +- 0,1 MM;SUBSTRATO: SPUNLACED POLIESTER 40G/M2 ;SOL.94861	9,2 g	ENFEITE DA LINGUETA 2X1	Laminado [PVC+ Poliéster (40g/m ²)]	Não		Não	Não
8	TECIDO NYLON; ACOPLAGEM:- ESPUMA PU D20 4mm + TELA	14,2 g	FORRO DO COLARINHO 2X1	Acoplado: [Tecido de Nylon (2 camadas) + Espuma de PU (4mm)]	Não		Não	Não
9	TECIDO NYLON; ACOPLAGEM:- ESPUMA PU D20 4mm + TELA	8,7 g	FORRO DA LINGUETA 2X1					
10	TECIDO NYLON; ACOPLAGEM: ESPUMA PU D33/45 4mm + TECIDO	8,7 g	COLARINHO EXTERNO 2X1					
11	TECIDO NYLON; ACOPLAGEM: ESPUMA PU D33/45 4mm + TECIDO	14,5 g	LINGUETA 2X1					
12	TECIDO NYLON; ACOPLAGEM: ESPUMA PU D33/45 4mm + TECIDO	9 g	FORRO DA GÁSPEA 2X1					
13	LAMINADO VINILCROMO PVC LISO FOSCO 1,0mm C/ MALHA	4,8 g	REFORÇO DA VISTA 2X1	Laminado: [PVC+ Malha]	Não		Não	Não
14	LAMINADO VINILCROMO PVC LISO FOSCO 1,0mm C/ MALHA	6,6 g	REFORÇO DO					

			COLARINHO 2X1					
	Identificação do Material/componente	Peso Real (peso medido/ produto)	Função do componente no produto	Transcrição para a Planilha Resumo	Conteúdo reciclado ou rapidamente renovável (% por massa)	Reciclável? (nutriente técnico)	Compostável? (nutriente biológico)	As ligações com outros materiais/ componentes permitem fácil desmontagem?
15	BORRACHA (Butílica) DURA S/TECIDO 1,5mm	32,8 g	CONTRAFORTE 2X1	Borracha Butílica	Não		Não	Não
16	PEIXINHO DE BORRACHA (Butílica)	30g	REFORÇO SOLA					
17	VIRA DE BORRACHA (Butílica)	190 g	VIRA					
18	SOLADO SERRILHADO DE BORRACHA (Butílica)	196 g	SOLA					
19	PONTEIRA DE BORRACHA (Butílica)	24 g	PONTEIRA					
20	PALMILHA DE ACABAMENTO (EVA)	96 g	PALMILHA	EVA	Não		Não	Sim
21	ATACADOR PES MHT 8mm	9 g	CADARÇO	PES	Não		Não	Sim
22	ESPUMA POLIESTER D30 10mm	5,7 g	ESPUMA DA LINGUETA 2X1	Espuma Poliéster (10mm)	Não		Não	Não
23	ESPUMA POLIESTER D30 10mm	2,9 g	ESPUMA DO COLARINHO 2X1					
24	PLACA ADAFLEX 1,5mm	15,7 g	PALMILHA DE MONTAGEM 2X1	Placa de Celulose +Resina	15g			Não
25	TINTA PLASTISSOL STAMP	5 g	SILKS	Itens não incluídos na análise				
26	ETIQUETA TRANSFER DE NUMERAÇÃO	1g	ETQ. Nº					
27	ETIQUETA PANO 12X41MM PBA 280 BORD BAND BRASIL	1g	ETQ. ENFEITE					
28	LINHAS DE COSTURA	2,5 g	LINHAS P/ COSTURA					
29	KIT PRODUTOS QUIMICOS	32 g	PRTS					

NUMERACAO: 38

Embalagem*

1	PAPEL BUCHA	8 g	BUCHA
2	PAPEL SEDA	4 g	ENVOLTÓRIO
3	TAG COM INSTRUÇÕES	1 g	TAG
4	PINO DE NYLON FAST PIN 25,0mm NATURAL	0,3 g	PINO P/ COLOCAR TAG
5	CAIXA	184g	CAIXA

*Não foi incluída na análise

Anexo E – Breve caracterização ambiental dos materiais da indústria calçadista

Este anexo descreve os materiais utilizados na confecção dos calçados analisados neste estudo, entre os quais estão os principais usados na indústria atualmente e outros comumente considerados ambientalmente amigáveis. Enfatiza-se principalmente as propriedades relacionadas ao impacto ambiental, aqui designadas como ‘ecopropriedades’. Contudo como alerta Ashby (2009) diferente de outras propriedades como mecânicas, térmicas e elétricas, que possuem equipamentos sofisticados e padrões bem estabelecidos de medição, as ecopropriedades são mais difíceis de quantificar com precisão, devido às diversas formas de transformação dos materiais e de quantificação de atributos como consumo energia, emissões de CO₂, etc. Assim grandes diferenças (um fator de 1000) na energia incorporada ou na pegada de CO₂ (ver Anexo B) podem ser consideradas, além disto cresce a importância das variáveis sobre fração reciclada atualmente, durabilidade etc.

Estudos mostram que materiais sintéticos tendem a ter um impacto ambiental negativo maior em comparação aos materiais naturais (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Porém, neste anexo, discute-se também o impacto no uso da água e da terra para a produção dos materiais renováveis. Os materiais estão divididos em (i) fibras naturais e peles, (ii) polímeros e outros.

E.1 Fibras naturais e peles

As fibras naturais e peles foram basicamente os únicos materiais utilizados na fabricação de calçados até a Segunda Guerra Mundial. Mas perderam seu domínio com a introdução dos materiais sintéticos e a evolução da indústria química, como foi comentado no capítulo 4. Segundo Slater (2003) atualmente, um estima-se que da produção mundial de fibras têxteis(em torno de 60 milhões de toneladas), em torno de 50% são sintéticas. A seguir são apresentadas as principais fibras naturais e peles utilizadas dentro da indústria calçadista, resumindo a maior variedade de informações possível que auxiliariam a tomada de decisão consciente tem como critérios as cinco áreas do conceito Berço ao Berço. Entre os materiais usados para as fibras sintéticas alguns dos mais utilizados estão listados no item seguinte, polímeros.

Segundo Albers *et. al* (2008) a produção de fibras naturais requer em torno de 10% menos energia que poliméricas (aproximadamente 90 GJ/ton.). Quando se inclui o uso de fertilizantes, contudo, o consumo de energia aumenta para 15% a mais que as fibras sintéticas.

E.1.1 Algodão

O algodão é uma das fibras vegetais mais populares na fabricação de tecido, correspondendo à aproximadamente 40% da produção de fibras têxteis, enquanto as fibras sintéticas estão em torno de 55%. Durante o período de 1997-2001, por exemplo, o comércio internacional de produtos de algodão correspondeu a 2% montante global do valor comercializado internacionalmente (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006). O cultivo do algodão cresceu aproximadamente 50% nas últimas décadas do século XX, enquanto a produção de outras fibras naturais permaneceu a mesma (SLATER, 2003).

Embora seja um recurso rapidamente renovável, necessita 150 dias de sol a cada colheita (SLATER, 2003), hoje a forma de cultivo do algodão pode ser considerada ambientalmente questionável pelo uso intensivo de inseticidas, alguns autores indicam que o volume é de aproximadamente 25% do consumo mundial, e 10% do volume de pesticidas (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009). Os danos das lavouras de algodão dependem do volume de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio e outros menos significativos) e os pesticidas que são lixiviados e percolam no solo da camada superficial e atingem o lençol freático ou mesmo água superficiais (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006). Os pesticidas usados nas lavouras de algodão estão entre os de classificação mais perigosa, como os organo-fosfatos (*organophosphates*), e são levados pelo ar, solo e água causando efeitos negativos à saúde humana e ambiental (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009).

Em contrapartida ao problema da poluição, cresce o cultivo e a utilização do algodão orgânico, onde não há a aplicação de fertilizantes ou pesticidas. Esta matéria-prima é bastante difundida como ambientalmente amigável. Contudo, outra questão desfavorável ao algodão, tradicional ou orgânico, é o seu cultivo em regiões de clima quente e árido, o que faz com que seja necessário irrigar a lavoura. Esta situação ocorre no Mediterrâneo e em outras regiões secas como o Uzbequistão, Paquistão, norte da Índia, província de Xinjiang na China, o Egito e a Turquia, estes dois últimos são países conhecidos pela produção de algodão orgânico. A pegada de água global relacionada ao consumo de produtos de algodão é estimada em 256 Gm³/ano, o que corresponde a uma média per capita de 43m³/ano (CHAPAGAIN, HOEKSTRA *et al.*, 2006).

No calçado o algodão é usado no cabedal de tecido, ou como forro para cabedais de outros materiais, ou ainda no revestimento de palmilhas.

Tabela 68 – Ecopropriedades do Algodão

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	16	18 ^(a)	MJ/kg
Pegada de água	9.981 ^(b)	11.000 ^(c)	l/kg

Fontes: (a) Ashby, M. and Cebon, D.; CES Edupack 2005.

(b) Chapagain et al, The water footprint of cotton, Ecological Economics (2006), 186-203. Disponível em http://www.waterfootprint.org/Reports/Chapagain_et_al_2006_cotton.pdf

(c) Média global segundo Water Footprint Network.

E.1.2 Bambu

O bambu é uma planta com alto índice de crescimento, de 60 a 90 cm em 24 horas, por isto é considerado uma boa opção para substituir as fibras naturais tradicionalmente usadas. Além disto, pelo fato da planta ser resistente a várias pestes pode ser facilmente cultivada sem pesticidas. O bambu também tem propriedades hipoalergênicas, antimicrobicos e antibactérias, além da maciez.

O processo de extração da fibra é semelhante ao do cânhamo (descrito abaixo) e do linho. Porém, para o branqueamento da fibra de bambu é necessário um significativo processo químico, sendo que a água resultante deste processo pode causar um impacto negativo, caso não tratada adequadamente. A empresa “P”, em seu website adverte que a maior parte dos tecidos de bambu, no mercado, tem uma textura macia, similar ao rayon (seda artificial), exatamente porque tem o mesmo processo de fabricação que o rayon, o qual é considerado ambientalmente nocivo. A fibra do rayon é gerada a partir da celulose (proveniente de madeira, papel, algodão ou bambu), através de processo químico, isto faz com que esta fibra pertença a uma categoria intermediária entre os materiais naturais e os artificiais.

E.1.3 Linho (Flax) e Cânhamo (Hemp)

Fibras de origem vegetal, o cânhamo foi largamente empregado desde a Idade Média até o final do século XIX, perdendo apenas para o linho. O linho e o cânhamo são fibras extraídas do talo da planta, fibras que tem esta origem são de cultivo menos danoso que as fibras vindas junto à semente (a exemplo do algodão), porque necessitam menos fertilizantes ou pesticidas, contando que se forneça água suficiente (SLATER, 2003). O processamento inicia com a remoção das fibras, mediante a decomposição química ou biológica do caule. Esta segunda opção não possui significativo impacto ambiental negativo, consistindo na deposição da planta em água para que o caule seja decomposto liberando a fibra, o mesmo processo pode ser empregado para o linho. Na forma tradicional este processo pode durar

semanas, mas com tecnologia atual sua duração é em torno de duas horas (SLATER, 2003). Depois da separação das fibras, elas podem ser fiadas e tecidas, gerando um tecido bastante durável, resistindo a tensões até oito vezes maiores que o algodão (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008).

Tabela 69 - Ecopropriedades do Cânhamo

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	8	8,9 ^(a)	MJ/kg
Pegada de água	2.719 ^(b)	-	l/kg

Fontes: (a) Ashby, M. and Ceballos, D.; CES Edupack 2005.

(b) Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>

E.1.4 Cortiça

A cortiça é um material renovável, mas com um período de regeneração de seis a nove anos, e exige a retirada manual da casca da árvore e a remoção da cera. Além disto, a maior demanda pelo material ocorre na produção de rolhas, em torno de 60% do montante total. A cortiça tem propriedades como anti-bactericida, sendo impermeável e um material para as partes acolchoadas do calçado (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008).

E.1.5 Juta

Fibra de origem vegetal é extremamente durável. As fibras tendem a ser mais finas que outras largamente empregadas, como o cânhamo. A juta traz vantagens no sequestro de carbono pela capacidade de metabolizar CO₂. Afirma-se que em uma estação de produção, aproximadamente 100 dias, um hectare de juta converte em torno de 13,6 toneladas de CO₂ em aproximadamente 10 toneladas de oxigênio (I.J.S.G., 2007)O processamento da fibra de juta é semelhante ao do cânhamo e do bambu. O caule sofre um processo, geralmente químico, de extração da lignina. As fibras então são transformadas em filamentos contínuos e depois tecidos. O impacto ambiental deste processo deve ser considerado (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008).

As regiões que se destacam na produção mundial são a China, Índia, Tailândia, Myanmar, Bangladesh e Nepal. Esta localização facilita seu uso como matéria-prima para as empresas que manufaturam produtos na Ásia.

Tabela 70 - Ecopropriedades da Juta

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	3,7	8 ^(a)	MJ/kg
Pegada de água	2605 ^(b)	-	l/kg

Fontes: (a) UN FAO (Food and Agriculture Organization), Consultation on Natural Fibres, Rome, Dec2004. Disponível: http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/343/en/esc_4.pdf.

(b) Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>

E.1.6 Lã

Fibra de origem animal, proveniente de ovinos e caprinos. A produção de lã, tal como o couro, pode ser entendida como custo ambiental compartilhado entre produção de alimento e de matéria-prima industrial. Porém, infelizmente, de forma geral as raças que dão melhor fio não são as melhores para a produção de carne. A criação e extração da lã não consome grande volume de energia, sendo que os animais se adaptam aos terrenos mais acidentados. Contudo, os produtos químicos usados no controle de doenças do rebanho podem poluir reservatórios de águas superficiais (SLATER, 2003).

O beneficiamento industrial da lã exige pesados equipamentos e consome um volume considerável de água, porém, em instalações adequadas este custo pode servir à produção da fibra e ao subproduto lanolina, empregado na indústria farmacêutica.

E.1.7 Seda

A produção comercial da seda, sericultura, envolve os custos ambientais de controle do ambiente em que o bicho-da-seda se desenvolve e sua dieta. Tal controle abrange ar limpo, equipamento de para aquecer e resfriar, o que remete ao consumo de energia para o funcionamento de todo o sistema. Junto a isto, a alimentação do bicho-da-seda é baseada em folhas de amoreira, que também devem ser cultivadas utilizando fertilizantes e consumindo água e solo (SLATER, 2003).

Nos últimos anos tem-se destacado o cultivo extensivo da seda, ou seja, a criação do bicho-da-seda nas florestas da Índia, que seria a alternativa mais ambientalmente amigável, por não usar substâncias químicas e trazer fonte de renda para as famílias ocupadas nesta atividade. Embora, em relação a químicos que trazem risco, deve-se ater também à fase posterior de tingimento (SLATER, 2003).

E.1.8 Couro

O couro é um material ancestral no feitiço de calçados, pode ser considerado o mais antigo deles. O curtimento de peles foi desenvolvido no período neolítico há 7000 anos no sul da Ásia, e posteriormente no Oriente Médio e Oriente Próximo, e nos 1000 anos seguintes a técnica foi empregada por todas as civilizações ancestrais clássicas (DEMELLO, 2009). O couro pode ser considerado um resíduo da produção de carne, quando resultado do tratamento da camada intermediária das peles de animais criados para consumo (principalmente bovinos). Este material tem propriedades que o fazem bastante superior para o feitiço de calçados, entre elas a viscoelasticidade e a distribuição do tamanho dos poros, que em parte permitem a respiração e o reajuste à flutuação de volume dos pés (SREERAM e RAMASAMI, 2003).

Apesar da vantagem de ser um recurso rapidamente renovável, significativos problemas ambientais são apontados para este material. A pecuária (principalmente bovino) é umas das atividades que mais contribuem para as emissões de gás metano e como resultado o aumento do índice de Potencial de Aquecimento Global. Além disto, conforme o tipo de criação adotado, há riscos de contaminação de solo e água (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009), como na criação intensiva, sem cuidado na destinação do excremento animal. Por outro lado, com manejo adequado a criação de gado pode ajudar a adubação do solo.

O tratamento das peles, por sua vez, foi e é considerado um dos grandes problemas da indústria calçadista, pelo uso do cromo hexavalente, composto identificado como carcinogênico sem níveis seguros de exposição (CALIFORNIA, 2007). Hoje aproximadamente 90% do tratamento de peles utiliza o processo com cromo. Depois da primeira cura com sal, para prevenir a decomposição, é removida a gordura através de maquinário específico, e a pele é imersa em solução salina concentrada, posteriormente são removidos os pelos, usando ao longo do processo uma variedade de produtos químicos. Então a pele é tratada com enzimas, sal, e ácido sulfúrico, depois mergulhada em água e biocidas, ficando pronta para o curtimento. Na fase de curtimento a pele é esticada e mergulhada em composto de sulfato de cromo, formaldeído, polímeros sintéticos ou mesmo tanino, durante doze horas (DEMELLO, 2009). O processo com cromo produz altos níveis de VOCs, que gera ozônio ao nível da superfície e particulados nocivos ao sistema respiratório. Os efluentes deste processo, por sua vez, geram altos níveis de nitrogênio, sulfetos, cromo e cloretos, e outras substâncias químicas que reduzem o oxigênio de águas superficiais, colaborando para o

fenômeno de eutrofização (ARCENAS, HOLST *et al.*, 2009). Inclusive os trabalhadores que manufaturam os calçados têm o fator de risco câncer acrescido. Devido às toxinas usadas na prevenção da decomposição das peles considera-se que o couro produzido desta forma levará décadas para se biodegradar (DEMELLO, 2009).

BLC *Leather Working Group* (LWG) é um grupo que congrega o esforço de curtumes, marcas de calçados e revendedores para alcançar melhores práticas na indústria de tratamento de peles. Segundo a instituição o trabalho do grupo prioriza características ambientais, buscando trazer visibilidade aos resultados alcançados e definindo outras metas para melhoria continuada (B.L.C, 2009).

Tabela 71 – Ecopropriedades do Couro

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	102	113 ^(a)	MJ/kg
Pegada de água	17093 ^(b)	-	l/kg

Fontes: (a) Ashby, M. and Cebon, D.; CES Edupack 2005 Database, by Granta Design.

(b) Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>

E.2 Polímeros

São os materiais oriundos da indústria química, a maioria deles provém de fontes não renováveis – petróleo – e são de difícil degradabilidade. Há divergências no tratamento destes materiais, porque embora apresentem um grande impacto ambiental na extração, processamento e no final de seu ciclo de vida, argumenta-se em favor destes materiais a facilidade de modelagem e as propriedades mecânicas, térmicas e elétricas. Além disto, os polímeros termoplásticos têm a possibilidade de reciclagem (ASHBY, 2009).

A reciclagem de materiais termoplásticos, no entanto, compete diretamente com a versão virgem do polímero, e a viabilidade deste processo depende do o custo benefício e da desempenho do produto final. Ao mesmo tempo em que existem estudos e processos para a reciclagem de termofixos, estes são bem mais complexos, caros e por isto, comercialmente menos viáveis. Além disto, os polímeros de maneira geral são de difícil decomposição, o que causa o problema do considerável volume de resíduo pós-consumo (ADHIKARI, DE *et al.*, 2000).

E.2.1 Borracha (látex) natural

A matéria-prima principal é a borracha originária da árvore seringueira, o látex. Produzida artesanalmente/ extrativismo vegetal na floresta amazônica, e na forma de monocultura no continente Asiático, principalmente na Malásia. Para prevenir contaminação por bactérias, após coletado o látex deve ser solidificado em 24h.

Tabela 72 – Ecopropriedades da Borracha Natural (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	62	70	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	1,5	1,6	kg/kg
Pegada de água	*1500	2000	l/kg
Produção Anual	7,7x10 ⁶	7,8 x10 ⁶	T/ano
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	ND ³⁵	ND	MJ/kg
Pegada CO ₂ na reciclagem	ND	ND	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	0,1	-	%

O látex é transformado através em alta temperatura e pressão juntamente com enxofre e agentes aceleradores e ativadores, no processo de vulcanização. Segundo a organização World Wildlife Foundation os efeitos ambientais negativos do cultivo, produção e uso da borracha natural estão relacionados aos efluentes resultados da conversão da forma líquida à forma utilizada pela indústria. A composição geral do latex liquido é de 60% de água, 35% de partículas de borracha e 5% de outras resinas, como cinzas, açúcares e proteínas (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). É o elastômero mais utilizado, mais de 50% de toda a produção (ASHBY, 2009). No calçado o material é empregado principalmente em solados.

Embora experimentalmente a borracha natural possa ser reciclada, este material perde muito de suas propriedades devido à degradação térmica que ocorre no processo de reciclagem (SAE-OUI, SIRISINHA *et al.*, 2010). Por isto, neste trabalho a borracha natural é considerada um material não reciclável. Segundo sua MSDS (*Material Safety Data Sheet*), são subprodutos da sua decomposição Isoprene e monóxido de carbono. Contudo, a borracha natural não é um material perigoso, ou que ofereça considerável risco, por isto adotou-se o Nível A e B – Verde, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

³⁵ ND: Não Disponível

No produto verde do estudo de caso I – Empresa E, o látex natural foi utilizado na confecção de um material chamado “couro vegetal”, através de sua aplicação sobre tecido, com características estéticas similares ao couro de origem animal. Algumas diferenças no processo produtivo foram destacadas, como a substituição da fumaça, durante a vulcanização, pela secagem ao sol, o que representou melhora nas condições de saúde dos trabalhadores envolvidos³⁶.

E.2.2 Borracha butílica

É o material sintético que tem propriedades semelhantes ao látex borracha, mas resulta da polimerização de monômeros derivados do petróleo. Tem propriedades mecânicas, térmicas (mantém suas propriedades em temperaturas acima de 150⁰C) e elétricas que a tornam atrativas em diversas aplicações. Em calçados pode ser usada principalmente em solados e em calçados injetados (como botas de chuva e sapatos de EPI). Este material também é empregado em pneus, e uma possibilidade de remanufatura do material (de acordo com o conceito tratado no item 2.1.2) é o uso da borracha de pneus usados na confecção de solados para a indústria calçadista. Neste caso, para disposição final do calçado é aconselhada a queima controlada para geração de energia.

Tabela 73 – Ecopropriedades da Borracha Butílica (ASHBY, 2009)

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	95	120	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	3,6	4,2	kg/kg
Pegada de água	*63,8	191	l/kg
Produção Anual	1,03x10 ⁷	1,06 x10 ⁷	T/ano
Reservas	*2,9 x10 ⁸	2,95 x10 ⁸	T
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	ND	ND	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	ND	ND	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	2	4,1	%

Apesar de vários métodos já propostos para a reciclagem da borracha butílica (ADHIKARI, DE *et al.*, 2000; FENG e ISAYEV, 2004), como este não é um processo comum nas redes de infraestrutura de reciclagem, neste estudo foi considerado que a borracha butílica não é um material reciclável.

³⁶ Fonte: <http://www.e-fabrics.com.br/>

A polimerização da borracha gera impactos ambientais entre eles emissões de VOC's e CO₂. Segundo a World Wildlife Foundation o volume de efluente no processamento da borracha é de 25 a 40 vezes maior que o volume produzido do material (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Segundo sua MSDS (*Material Safety Data Sheet*), não há risco no uso industrial normal, ou seja, com uso de equipamentos mínimos de proteção individual. Porém, há estudos que documentam efeitos em organismos aquáticos devido à combustão do material e deposição em cursos d'água (POSTON, MCFADDEN *et al.*, 1986), assim adotou-se o Nível C - Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

E.2.3 EVA (Ethylene Vinyl Acetate ou Etileno-acetato de vinila)

O EVA é um copolímero originado da união do etileno e do acetato de vinila (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Os elastômeros deste tipo são feitos a partir do polietileno. Embora elastômeros tradicionalmente não possam ser remoldados, alguns recursos podem ser usados para que eles se comportem como termoplásticos, o que possibilita que sejam transformados através dos mesmos processos, podendo ser reciclados (ASHBY, 2009).

O material é considerado inerte e não biodegradável, assim, as opções de fim de ciclo de vida, envolvem a reciclagem, a incineração ou a disposição em aterro. Deve-se observar que a queima do material pode gerar monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros subprodutos como hidrocarbonos oxidados e não oxidados (ASHBY, 2009).

Tabela 74 – Ecopropriedades do EVA (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	*86,7	95,8	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	*2,88	3,19	kg/kg
Pegada de água	96,4	289	l/kg
Produção Anual	ND	ND	T/ano
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	*36,4	40,2	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	1,21	1,34	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	6	10	%

Este material é aprovado para contato direto com alimentos, bastante usado em embalagens e também como adesivo (ASHBY, 2009). É utilizado em calçados para prática de esportes, principalmente em tênis pela propriedade de elasticidade. Pode ser usado em palmilhas, em outros casos como espuma para garantir conforto ao usuário, usado como

enchimento. Um dos impactos negativos do material se deve às emissões fugitivas³⁷ para o ar e a água. Contudo, o maior impacto de materiais plásticos como o EVA está associado ao final da vida útil dos produtos e a disposição inadequada por parte dos consumidores finais (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008).

Além de ser um recurso não renovável. Segundo a MSDS (*Material Safety Data Sheet*) do material, apenas em caso de super exposição pode causar irritação, da mesma forma se em contato com olhos e pele. O material não é considerado carcinogênico pela NTP, IARC, ou OSHA; e também não é considerado poluente marinho. Assim sua classificação é considerada Nível C – Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

E.2.4 Neoprene (Polychloroprene)

Os materiais deste tipo são exemplos de borracha sintética, cujas principais características são alta estabilidade química e resistência à água, óleo, gasolina e radiação UV. É empregado em roupas a prova d'água, provendo flexibilidade e elasticidade.

Tabela 75 – Ecopropriedades do Neoprene (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	95,9	106	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	3,4	3,9	kg/kg
Pegada de água	126	378	l/kg
Produção Anual	ND	ND	T/ano
Reservas	ND	ND	Ton
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	ND	ND	MJ/kg
CO ₂ footprint na reciclagem	ND	ND	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	*1	2	%

E.2.5 Nylon (Poliamidas)

O nylon é uma poliamida, a qual pode sofrer um processo de extrusão e alcançar a espessura do fio da seda e assim substituí-lo. Há vários tipos de nylon para os mais diversos usos. É utilizado largamente na indústria do vestuário, embora também tenha outros empregos como reforço, com outras fibras. Em alguns modelos de calçados analisados neste estudo, principalmente os tênis, é empregado nos forros, linhas e etiquetas.

³⁷ Emissões fugitivas são as emissões de gases ou vapores de equipamentos sob pressão que ocorrem devido a vazamentos involuntários. São de difícil controle e afetam a qualidade do ar local, e podem oferecer risco aos trabalhadores e instalações.

Este material, como outros comentados neste estudo, deriva da sintetização de petroquímicos, uma fonte não renovável. Junto a isto, a produção do nylon gera emissões de óxido nitroso (N₂O), um dos principais gases do efeito estufa, com potencial de aquecimento global quase 300 vezes o do CO₂ (ver Tabela 62). Outro impacto negativo do uso deste material está ligado ao uso de formaldeído, um químico tóxico indicado como carcinogênico, indicado como de alta toxicidade (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Desta forma, mesmo que a MSDS (*Material Safety Data Sheet*) indique que o material é inerte, e sua manipulação industrial seguindo cuidados habituais não ofereça riscos, sua classificação é considerada Nível C – Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

Tabela 76 – Ecopropriedades do Nylon (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	121	135	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	5,5	5,6	kg/kg
Pegada de água	*136	408	l/kg
Produção Anual	3,7X10 ⁶	3,8 X10 ⁶	T/ano
Reservas	*9,2X10 ⁸	9,3X10 ⁸	Ton
Reciclagem			
			
Energia Incorporada na reciclagem	50,8	56,7	MJ/kg
CO ₂ footprint na reciclagem	2,31	2,35	kg/kg
Fração reciclada atualmente	*0,5	1	%

E.2.6 Polietileno (PE)

O polietileno foi um dos primeiros polímeros, sintetizado em 1933, foi o primeiro do conjunto de termoplásticos chamados de poliolefina, grupo que domina uma grande porção do consumo de polímeros. O polietileno é inerte e extremamente resistente à água doce e salgada, à maioria das soluções aquosas e aos alimentos. É um material barato e particularmente fácil de moldar e fabricar, é encontrado numa considerável variedade de cores, podendo também ser transparente, translúcido ou opaco. Serve à diversos usos relacionados à produtos domésticos e outros, e também como fibra.

Nos produtos analisados este material é utilizado como espuma dublado ou acoplado à tecidos de forro interior, com a função de proporcionar conforto ao usuário. Devido ao tipo de união do material à outros, nos produtos analisados o PE perde a possibilidade de reciclagem.

De acordo com a MSDS o polietileno não é considerado perigoso sob condições normais de uso, mas pode liberar vapores tóxicos quando queimado. A incineração também pode gerar monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros sub-produtos (hidrocarbonos oxidados e não oxidados). Assim, sua classificação é considerada Nível C – Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

Tabela 77 - Ecopropriedades do PE (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	*77	85	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	*2	2,2	kg/kg
Pegada de água	*38	110	l/kg
Produção Mundial Anual	68x10 ⁶	69x10 ⁶	T/ano
Reservas	*1,7x10 ⁹	-	Ton
Reciclagem			
			
Energia Incorporada na reciclagem	32	36	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	0,82	0,91	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	7,5	9,5	%

E.2.7 Poliestireno (PS)

O poliestireno é um polímero barato e fácil de moldar, e sua larga aplicação é associada à embalagens, como capas de CD, utilizado também em brinquedos, artigos domésticos, entre outros. Neste estudo foi identificada sua aplicação na palmilha de montagem de um dos modelos analisados.

Tabela 78 - Ecopropriedades do Poliestireno - PS (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	86	99	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	*2,7	3	kg/kg
Pegada de água	*108	323	l/kg
Produção Mundial Anual	1,2x10 ⁷	1,22x10 ⁷	Ton/ano
Reservas	*3x10 ⁸	3,1x10 ⁸	Ton
Reciclagem			
			
Energia Incorporada na reciclagem	36,1	41,6	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	1,1	1,2	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	2,1	3	%

Sua reciclagem não é tão comum quanto outros polímeros e poucos postos têm infraestrutura para reciclar este material, o que explica a baixa fração da produção reciclada atualmente. Na situação em que aparece neste estudo dublado com uma palmilha de celulose e resina, o que não contribui para o processo de reciclagem

E.2.8 Poliéster

Poliésteres podem ser termofixos, termoplásticos ou elastômeros, o nome é resultado da combinação de dois processos de transformação (polimerização+esterificação). As resinas de poliéster insaturado são termofixas, e boa parte deste material é utilizada em fibra de vidro, e não é reciclável. Quando a empresa não deixa claro que tipo de espuma de poliéster está utilizando, neste estudo pressupõem-se que é não reciclável.

Tabela 79 – Ecopropriedades do Poliéster (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	*84	93	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	*2,7	3	kg/kg
Pegada de água	*88,1	264	l/kg
Produção Mundial Anual	4x10 ⁷	4,05x10 ⁷	T/ano
Reservas	*1x10 ⁹	1,01x10 ⁹	Ton
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	ND	ND	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	ND	ND	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	0,1		%

OBS.: Dados para poliéster termofixo (que não pode ser reciclado)

Na indústria do calçado o poliéster pode ser usado na fabricação de um tipo de não-tecido com ampla aplicação. Material que pode servir de imitação de couro, chamado Bidim, é formado por filamento contínuo ou cardado, agulhado ou termoligado, sendo de fácil aplicação em superfícies de resinas termoplásticas, por processo de extrusão ou espalmagem. Serve como material para palmilhas de montagem, contrafortes, couraças, entretelas, forros, reforços, enchimentos, avessos, substratos diversos ³⁸.

Segundo a MSDS (*Material Safety Data Sheet*) na forma de fibra, existe o risco de irritação pela poeira nos processos fabris, principalmente de tecelagem, enquanto processos térmicos podem liberar vapores que irritam nariz e garganta. Os sub-produtos da queima são principalmente monóxido de carbono (CO), etilenoglicol, aldeídos e outros compostos de

³⁸ http://www.bidim.com.br/Mod_03/Aplicacaool.asp?CodAplic=4

carbono, hidrogênio e oxigênio. Por isto, sua classificação é considerada Nível C – Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

E.2.9 Politereftalato de etileno (PET)

O PET é um exemplo de poliéster saturado. Termoplástico que preserva propriedades mecânicas em temperaturas acima de 175⁰C é impermeável, forte e fácil de modelar e esterilizar, o que possibilita reuso. É um dos materiais mais reciclados atualmente. A fibra de PET reciclado, e os tecidos provenientes dela, têm sido bastante enfatizados como alternativa verde, por incorporar o resíduo de garrafas descartáveis. Os tecidos confeccionados com a fibra de PET estão presentes principalmente nos cabedais e também nos cadarços. No entanto, prevalece questões sobre o final da vida útil do produto calçado: como será o reaproveitamento deste material?

Tabela 80 – Ecopropriedades do PET (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	79,6	88	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	2,21	2,45	kg/kg
Pegada de água	*14,7	44,2	l/kg
Produção Anual	9x10 ⁶	9,02x10 ⁶	T/ano
Reservas	*2,5x10 ⁸	2,6x10 ⁸	Ton
Reciclagem			
			
Energia Incorporada na reciclagem	33,4	37	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	0,928	1,03	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	20	22	%

O impacto ambiental da produção de PET, é semelhante ao dos materiais sintéticos o qual envolve consumo de água e energia, as substâncias químicas associadas, e os efluentes e resíduos resultantes (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Além disto o PET tem origem numa fonte não renovável. Contudo, a possibilidade de reciclagem oferece o benefício da economia de energia, como mostra a tabela acima.

A MSDS (*Material Safety Data Sheet*) indica que o material não apresenta componentes carcinogênicos ou mutagênicos, e não é irritante para a pele, porém pode irritar levemente os olhos, se aconselha evitar a geração de poeira. A decomposição térmica do PET pode causar irritação na pele e vias respiratórias. Os sub-produtos da combustão incluem CO₂,

CO, etileno e acetaldeído (*acetaldehyde*). Devido a isto, sua classificação é considerada Nível C – Amarelo, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

E.2.10 Polivinil cloreto ou Policloreto de Vinila (PVC)

O vinil (PVC) é um dos polímeros mais baratos e mais utilizados. Na sua forma pura é termoplástico (tpPVC), rígido e não muito tough, porém quando incorpora plastificantes (elPVC) alcança flexibilidade e aparência semelhante ao couro ou a borracha, substituindo-os na indústria calçadista com largo emprego. Quando reforçado com fibra de vidro atinge maior resistência, sendo utilizado em componentes para construção civil, como aberturas, revestimentos de pisos e telhados, etc.

O PVC, cujo uso vem sendo reduzido (algumas marcas enfatizam que baniram a substância de seus produtos, como é visto no capítulo 6), quando queimado a baixa temperatura tem potencial para gerar compostos de organoclorados (*organo-chlorine*), que são extremamente tóxicos. Já os materiais sintéticos usados nos cabedais, os produtos usados no acabamento do couro, os adesivos, os limpadores e os solventes contribuem na emissão de VOCs e na formação de ozônio ao nível da superfície terrestre, onde este gás é tóxico (STAIKOS, HEATH *et al.*, 2006). Por isto, neste estudo o PVC é considerado nível Vermelho, na classificação da Figura 19, item 3.3.1

Como a maior parte dos outros polímeros usados na indústria calçadista o PVC é agregado à outros materiais de forma que não permite fácil separação e por isto inviabiliza a remanufatura e a reciclagem. Segundo informações divulgadas pela a empresa ‘C’ – Estudo de caso II, dificuldades de preço e desempenho são as principais barreiras para a eliminação do PVC.

Tabela 81 – Ecopropriedades do PVC (ASHBY, 2009)

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	68	95	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	2,2	2,6	kg/kg
Pegada de água	*18,9	56,7	l/kg
Produção Anual	4,9X10 ⁷	5,1 X10 ⁷	T/ano
Reservas	*1,38X10 ⁹	1,4X10 ⁹	Ton

Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	28,6	39,9	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	0,924	1,09	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	0,5	1	%

E.2.11 Poliuretano (PU)

A produção do poliuretano é feita a partir da reação entre diisocianato e poliol. A reação entre estas substâncias dá origem à espuma de poliuretano, que pode ser produzida em placas ou folhas (que devem ser cortadas posteriormente), ou conformada através em moldes específicos.

O material pode ser reciclado, como exemplo a indústria de carpetes dos EUA, a qual busca colocar 80% do material reciclado no estofamento de carpetes. Porém na sua forma de termoplástico é referido como TPU.

Tabela 82 - Ecopropriedades do PU (ASHBY, 2009)

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	*99.89	110.96	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	*3,85	4,26	kg/kg
Pegada de água	338	347 ^{obs}	l/kg

Obs.: Fonte dos dados de consumo de água: Eco-profiles of the European Plastics Industry (2010), <http://ca.plasticseurope.org>

Na indústria calçadista é mais popular o uso do material termofixo, por isto, nos estudos de caso quando não especificado o TPU, o PU é considerado não reciclável. Para atender a exigências de legislação da EPA, os produtores americanos desenvolveram tecnologia que permite quase eliminar da manufatura o uso de certas substâncias voláteis, como o cloreto de metileno. Junto a isto, segundo a *Poliurethane Foam Association*³⁹, houve a eliminação quase total de polybrominated Diphenyl Ethers e de CFCs.

A principal questão ambiental relacionada à produção da espuma de PU é a utilização do tolueno (*toluene di-isocyanate* - TDI), uma substância química usada como intermediária, que é extremamente tóxica à humanos. Exposição aguda ao TDI traz risco aos sistemas nervoso central, respiratório e gastrointestinal, e também a pele e olhos, enquanto a exposição

³⁹ Poliurethane Foam Association (PFA): <http://www.pfa.org/>

crônica é possivelmente carcinogênica (ALBERS, CANEPA *et al.*, 2008). Na queima, os produtos do PU são óxidos de carbono, hydrogen cyanide, aromatic and aliphatic hydrocarbons. Desta forma, mesmo que segundo a MSDS (*Material Safety Data Sheet*) do material considere seu uso preveja baixo risco de toxicidade para o PU, devido aos riscos ao longo da cadeia o material foi considerado Nível X – Vermelho, na classificação da Figura 19, item 3.3.1.

E.2.12 Polietersulfone (Polyethersulfone – PES)

É uma resina, que na temperatura ambiente é similar aos plásticos como o policarbonato, isto é, uma resina dura e rígida, transparente, não cristalina, resistente ao calor. A principal característica deste material é a resistência à altas temperaturas, PES mantém condições satisfatórias por um longo período sem mudanças dimensionais ou deterioração física a temperaturas superiores à 200 °C.

Contudo, a resina PES pode ser moldada em equipamentos comuns de injeção e trabalhada através dos tipos de processamento mais comuns como extrusão, moldagem por compressão, solution casting and sintering.

Tabela 83 - Ecopropriedades do PES (ASHBY, 2009)

Ecopropriedades do Material	Min	Max	Un
Energia Incorporada no primeiro ciclo	* 130,89	144,91	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	* 6,08	6,71	kg/kg
Pegada de água	158 ^{Obs}		l/kg

Obs: O dado não foi encontrado em nenhuma das fontes consultadas, assim foi utilizada a média dos valores dos polímeros presentes neste estudo.

Segundo a MSDS (*Material Safety Data Sheet*), o material não é identificado como carcinogênico, porém não há dados documentados sobre seus efeitos com exposição crônica. O documento citado aponta que em situações bastante limitadas, a exposição à fibras de PES pode resultar em irritação das vias respiratórias, e exposição prolongada pode causar efeitos adversos, mas não são especificados quais efeitos.

A decomposição térmica, que ocorre em temperaturas maiores que 120 °C, libera pequeno volume de nitrogen oxides, CO, compostos orgânicos, e outras substâncias potencialmente perigosas. De acordo com a mesma MSDS, não há dados precisos sobre a eco-toxicidade.

Devido a falta de dados a classificação sobre o material apresentada na MSDS é considerada Nível Cinza, na classificação da Figura 19, item 3.3.1

E.3 Alumínio

O alumínio é o terceiro metal mais abundante na crosta terrestre, o ferro vem em primeiro seguido do silício, e é o segundo mais importante na economia, o primeiro é o aço. Embora reciclável, sua extração, ou seja o primeiro ciclo, consome considerável energia (ASHBY, 2009).

Tabela 84 - Ecopropriedades do Alumínio (ASHBY, 2009)

	Min	Max	Un
Ecopropriedades do Material			
Energia Incorporada no primeiro ciclo	* 200	240	MJ/kg
Pegada de CO ₂ no primeiro ciclo	* 11	13	kg/kg
Pegada de água	*125	375	l/kg
Produção Anual	33X10 ⁶	34X10 ⁶	T/ano
Reservas	20X10 ⁹	2.2X10 ⁹	Ton
Reciclagem			
Energia Incorporada na reciclagem	18	21	MJ/kg
Pegada de CO ₂ na reciclagem	1,1	1,2	kg/kg
Fração da produção reciclada atualmente	33	55	%

Anexo F - Ferramenta de análise multicriterial - AHP

É proposto o emprego do Processo de Análise Hierárquica ou *Analytic Hierarchy Process* - AHP para analisar diferentes soluções de projeto ao longo do desenvolvimento de produto. Ferramenta proposta na década de 1970 por Thomas L. Saaty, e que nas últimas décadas vem sendo utilizada nos mais diversos cenários, principalmente, em estudos de tomada de decisão envolvendo um conjunto de alternativas, avaliadas segundo diferentes critérios e sub-critérios (SAATY, 2008a).

Segundo Saaty e Vargas (2001) a AHP foi projetada para lidar com parâmetros racionais e intuitivos, tangíveis e intangíveis, na seleção da melhor alternativa entre várias, segundo critérios pré-estabelecidos. O método da AHP é baseado na estrutura hierárquica de um problema de decisão, constituído de três níveis: (1^o) o objetivo da decisão, (2^o) os critérios para a tomada de decisão, (3^o) as alternativas existentes, conforme descrito na Figura 45.

O propósito desta estrutura é tornar possível o julgamento de importância dos elementos de um dado nível em relação aos elementos do nível adjacente. Este julgamento pode ser realizado através de comparação absoluta ou relativa. Na comparação absoluta as alternativas são avaliadas em relação a um padrão ou benchmarking. Por exemplo, usam-se termos como ‘excelente’, ‘muito bom’, ‘bom, regular’, ‘ruim’ e ‘muito ruim’. Na comparação relativa as alternativas são julgadas par a par em relação a um atributo em comum. Usam-se termos como ‘melhor que’, ‘tão bom quanto’ ou ‘pior que’ (SAATY e VARGAS, 2001). Os critérios de pontuação usados neste estudo são explanados no item a seguir (F.1).

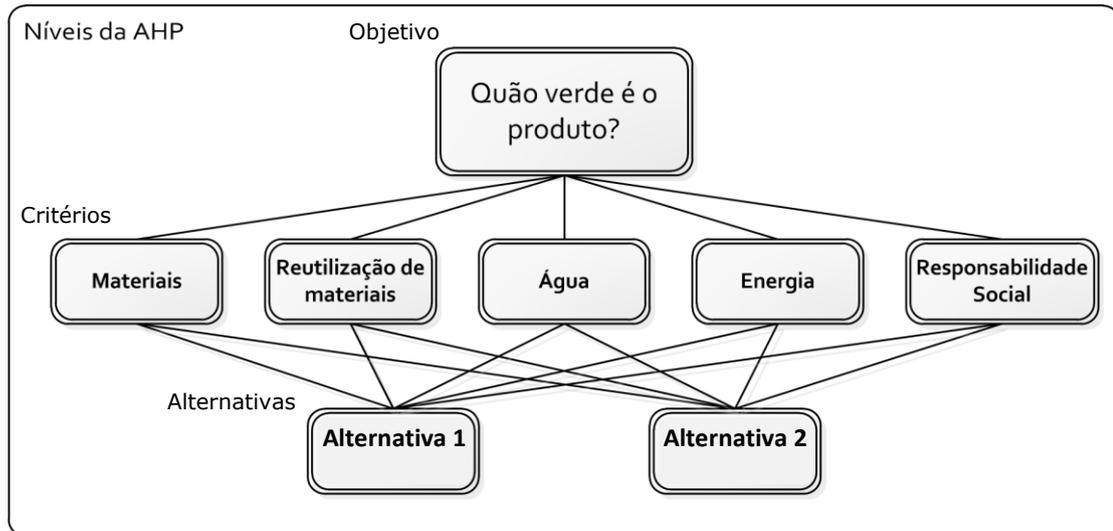


Figura 45 – Estrutura hierárquica em três níveis do problema abordado no estudo: “Quão verde é o produto?”

É importante ressaltar que a comparação deve ser feita entre alternativas de um mesmo grupo, ou seja, elementos relativamente homogêneos. Embora neste estudo todos os produtos sejam calçados, existem significativas diferenças entre eles, por exemplo, entre um tênis de corrida e um sapato feminino. Desta forma, os estudos de caso foram descritos agrupando produtos de uma mesma categoria da mesma empresa, porque também não está na proposta do estudo comparar os resultados entre as empresas.

O uso desta ferramenta é previsto para problemas qualitativos de variados enfoques com objetivo de quantificar e hierarquizar parâmetros, como salienta Sinuany-Stern et. al. (2000). Segundo Saaty (1980) a representação hierárquica pode ser usada para descrever como mudanças nos níveis superiores afetam a prioridade dos elementos de níveis mais abaixo, isto é, alterando-se a hierarquia dos critérios pode ocorrer alteração no ranqueamento de alternativas.

Segundo Saaty (1980) a representação hierárquica provê informações detalhadas sobre os níveis mais baixos, junto com a descrição de atores e seus objetivos nos níveis acima. Restrições em elementos de um nível são melhores representadas no nível imediatamente superior, de forma a assegurar que elas serão satisfeitas. Em estudos anteriores, que utilizaram a AHP em análises ambientais (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007b; JACQUES e CATEN, 2009), a estrutura das matrizes de comparação evidencia os critérios que obtiveram melhoria, e aqueles em que os produtos verdes permaneceram nas mesmas condições dos convencionais.

A partir da definição dos três níveis (objetivo, critérios e alternativas), a AHP é estruturada em matrizes de comparação. A Tabela 85 exemplifica a matriz comparativa entre os critérios de avaliação (2º nível). A pontuação da comparação é realizada da linha em relação à coluna. Assim, o valor atribuído na célula destacada (1,2) significa quanto o critério ‘material’ é mais ou menos importante que ‘reutilização de materiais’, conforme as características do problema abordado (1º nível).

Se o produto da linha é equivalente, mais importante, ou melhor, em relação ao produto listado na coluna, utiliza-se um valor P , como na célula (1, 2), de acordo com o sistema de pontuação ou escala utilizado. Caso contrário, se para o problema analisado o produto da linha tem menos importância ou tem propriedades inferiores ao produto da coluna geralmente utiliza-se $1/P$, como na célula (2, 1), de acordo com os mesmos níveis estabelecidos no sistema de pontuação (ver item a seguir). Assim a matriz terá a diagonal com valor neutro, como na Tabela 85 (SAATY e VARGAS, 2001).

Tabela 85 - Matriz comparativa entre os critérios de avaliação

	Materiais	Reutilização de materiais	Água	Energia	Responsabilidade de Social
Materiais	1	P			
Reutilização de materiais	$1/P$	1			
Água			1		
Energia				1	
Responsabilidade Social					1

Após a comparação entre os elementos, os valores das células devem ser normalizados. Somam-se os valores das colunas e divide-se o valor de cada célula pelo valor da soma da respectiva coluna, de modo que a soma das colunas, a partir de então será um. Para se determinar o peso de cada critério, calcula-se então a média das linhas e têm-se o ranqueamento em ordem crescente de importância. O mesmo procedimento deve ser realizado quando se faz a comparação ao nível das alternativas.

Neste trabalho, para fazer um exemplo de cálculo de AHP utilizou-se os softwares MakeItRational (I.E.O.P., 2010), desenvolvido pelo *Innovative Economy Operational Programme* da União Europeia, e HIPRE (MUSTAJOKI e HÄMÄLÄINEN, 2000), desenvolvido pelo Laboratório de Análise de Sistemas da Universidade de Tecnologia de Helsinki.

F.1 Sistema de pontuação dos critérios e das soluções a serem analisadas

Propõe-se a comparação entre elementos baseada numa escala relativa, ou seja, um elemento é comparado em relação a outro, gerando dois níveis de ranqueamento. O primeiro estabelece uma hierarquia entre os critérios analisados, já que, em consequência do que foi comentado nos capítulos 3 e 4, a ordem de importância entre eles não é a mesma para todos os produtos. Posteriormente, devem ser ranqueadas as alternativas em si. Para os dois níveis pode-se utilizar uma escala numérica, mas com pequena diferenciação na definição dos índices. Na Tabela 86 está a lista da pontuação para o ranqueamento dos critérios e sub-critérios de avaliação. A pontuação utiliza cinco níveis de diferenciação, empregando somente os números ímpares de 1 a 9, buscando facilitar o julgamento comparativo, já que quanto maior número de níveis é mais difícil fazer a distinção entre eles.

Tabela 86 - Matriz de pontuação para comparação pareada em ordem crescente de importância entre critérios (SAATY e VARGAS, 2001)

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Quando dois critérios contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Experiência e julgamento contribuem favoravelmente a ao primeiro atributo que ao segundo.
5	Fortemente importante	Experiência e julgamento contribuem significativamente em favor do primeiro atributo que ao segundo.
7	Forte e comprovadamente importante	O primeiro critério é muito mais importante que o segundo, inclusive sua dominância é demonstrada na prática.
9	Extremamente importante	As evidências da importância do primeiro critério são as mais fortes possíveis.

Para quantificar os resultados alcançados pelos produtos verdes em cada critério, estabeleceu-se a pontuação descrita na Tabela 87. Esta pontuação está relacionada aos atributos alcançados pelas soluções de projeto, por exemplo, se no modelo I é empregado recurso renovável e se o modelo II não apresenta uma diferenciação neste parâmetro, a pontuação terá valor 1. Da mesma forma, se o modelo I contém alto nível de toxicidade no processo produtivo e o modelo II não contempla melhorias neste sentido, sua pontuação permanece 1.

Assim, a avaliação empregada neste estudo não está direcionada em determinar em que medida o produto degrada o meio ambiente, porque este não é o propósito deste tipo de ferramenta. Mas sim, busca-se a diferença entre produtos. A AHP pode contribuir para análises mais genéricas possibilitando inclusive determinar em que medida um produto agride mais ao meio ambiente que outro e um determinado critério.

Tabela 87 - Matriz de pontuação para comparação pareada em ordem crescente de melhoria entre produtos

Intensidade de melhoria	Definição	Explicação
1	Sem alterações	O produto permanece com as mesmas, ou características equivalentes à alternativa
3	Resultados moderados (Nível Baixo)	O produto verde contém pequena melhora em relação à alternativa
5	Resultados muito satisfatórios (Nível Médio)	O produto verde apresenta melhora considerável frente à alternativa.
7	Resultados superiores (Nível Alto)	Quando o produto verde apresenta uma solução ambientalmente muito superior.
9	Resultado ideal (Excelente)	Quando o produto verde apresenta uma solução completamente correta do ponto de vista ambiental

F.2 Hierarquização dos critérios

Há uma série de parâmetros que podem ser enumerados quando se avalia o impacto ambiental de um produto. Muitas avaliações envolvem uma lista exaustiva de critérios e conhecimento técnico profundo sobre as características de determinados materiais e mecanismos de funcionamento. Por isto, estabelecer quais são os critérios mais importantes para produtos de uma forma geral, é apontado como algo bastante difícil e muitas vezes subjetivo, pois depende do contexto específico de produção e uso. Desta forma, a hierarquização dos critérios pode e deve ser revisada e modificada conforme o produto analisado, sendo que isto faz parte da dinâmica da ferramenta. Os softwares para a aplicação da AHP descrevem a análise de sensibilidade (*sensitivity analysis*), que mostra a alteração da avaliação de acordo com a mudança do peso do critério, permitindo a visualização do impacto do peso do critério em relação à escolha indicada. Outra medida importante na aplicação da AHP é a consistência da avaliação, e aconselha-se que esta medida seja menor que 10% (SAATY e VARGAS, 2001). Na hierarquização dos critérios segundo o software MakeItRational o índice de consistência (CR) da matriz de pontuação dos critérios é 1,26%.

Uma característica interessante da ferramenta AHP é a possibilidade de congrega a percepção de vários especialistas no ranqueamento de critérios. Isto é feito através da média geométrica da pontuação dada por cada indivíduo na priorização dos critérios. Segundo Saaty e Vargas (2001) na estrutura da AHP pressupõe primeiro a ênfase no objetivo da análise. O objetivo neste caso, a comparação entre produtos específicos – calçados – deve basear-se no entendimento do contexto do desenvolvimento de produto e da produção destes produtos.

Como resultado, na Figura 46 está um exemplo de ranqueamento dos critérios para as cinco principais áreas analisadas, e a justificativa para a pontuação recebida consta no item F.4.

É importante ressaltar que, segundo o objetivo da análise de verificar “quão verde é o produto”, dentro do critério “Fim de ciclo de vida e Reutilização de Materiais”, para estabelecer pesos aos sub-critérios ficou evidente a necessidade de se definir qual tipo de metabolismo é perseguido. Se o alvo no desenvolvimento do produto é o metabolismo biológico, então sub-critérios como biodegradabilidade e renovabilidade adquirem importância muito maior que a existência da rede de logística reversa ou propriedades de reciclabilidade. Por outro lado, se o enfoque está no metabolismo tecnológico, reciclabilidade será um dos sub-critérios mais importantes, junto com características de desmontagem e rede de logística reversa. Desta forma, conforme apresentado no item F.5, se comparou os sub-critérios para os dois tipos de metabolismo, obtendo-se diferentes pesos, sendo que estes foram aplicados de acordo com as particularidades de cada produto ou o contexto de cada iniciativa.

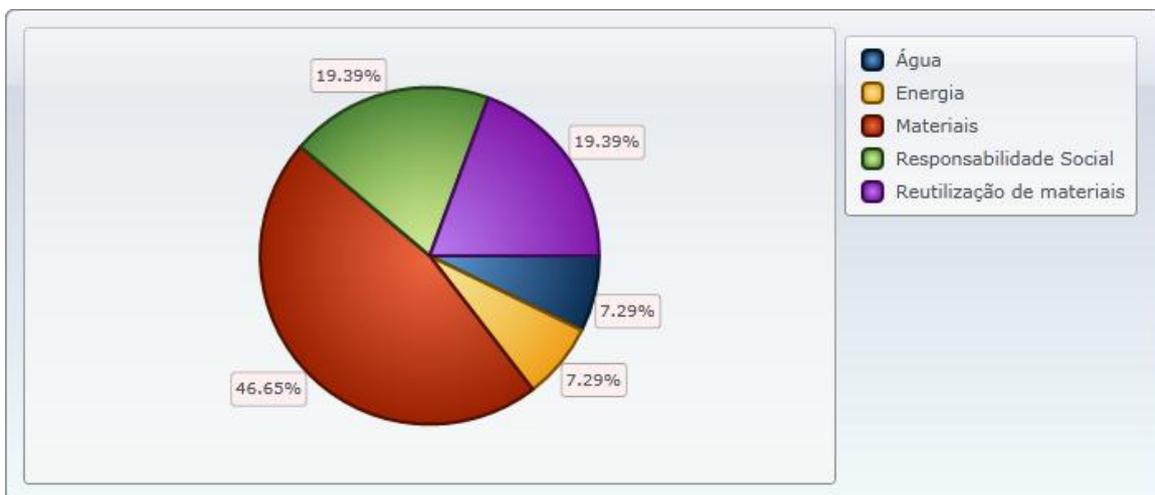


Figura 46 – Hierarquização dos critérios de análise

F.3 Exemplo de aplicação prática da ferramenta AHP

Neste item, apresenta-se um exemplo de aplicação prática da ferramenta de análise multi-criterial AHP, a partir dos resultados obtidos nos estudos de caso II e III, descritos anteriormente nos itens 6.3 e 6.4. Os critérios e sub-critérios adotados são aqueles apresentados na Figura 37, item 6.6, os mesmos que foram utilizados ao longo da análise dos estudos de caso. Cabe ressaltar que este procedimento poderia ser utilizado também durante o projeto dos produtos, a fim de avaliar como decisões específicas de projeto impactam o

desempenho ambiental do produto sendo desenvolvido em relação à outras alternativas existentes ou em consideração.

Após a hierarquização dos critérios e sub-critérios (ver itens F.4 e F.5), e cálculo dos pesos relativos conforme o procedimento decrito acima, procede-se a comparação pareada entre as alternativas, para cada um dos sub-critérios adotados.

Na Figura 43, tem-se o resultado da análise multi-criterial feita para os produtos analisados no estudo de caso II (empresa Patagonia), onde os produtos podem ser considerados como destinados principalmente ao metabolismo tecnológico. O Produto Verde I e o Produto Verde II foram comparados conforme a matriz de pontuação apresentada na tabela 86, com base na análise feita no item 6.3. Resumidamente, dentro do critério Materiais, tem-se que: o Produto Verde II apresentou uma pequena melhora (3) em relação à Toxicidade (50% da sua massa é composta por borracha natural, um material classificado como verde na tabela 34, item 6.3.2); considerável melhora (5) em relação à massa (redução de quase 60% em relação ao Produto Verde I); grande melhora (5) na pegada de água (tem menos de 1/3 da pegada do Produto Verde I); grande melhora (5) na energia incorporada (redução de 72% no valor); e nível de desempenho semelhante (1). No critério Fim do ciclo de vida/Reutilização de Materiais, o Produto Verde II mostrou-se melhor (3) na questão de reusabilidade/reciclabilidade. Entretanto, o Produto Verde I foi consideravelmente melhor (5) em relação à renovabilidade (70% dos materiais versus 28%); e muito superior (9) em suas características de desmontagem; enquanto ambos produtos apresentaram o mesmo comportamento (1) em relação à Rede de logística reversa (inexistente) e Biodegradabilidade (0% da massa em ambos produtos). Atribuiu-se também o valor de (1) nos critérios relativos ao consumo de água e energia na montagem (visto que ambos dividem a mesma fábrica) e aos princípios de responsabilidade social (mesma empresa).

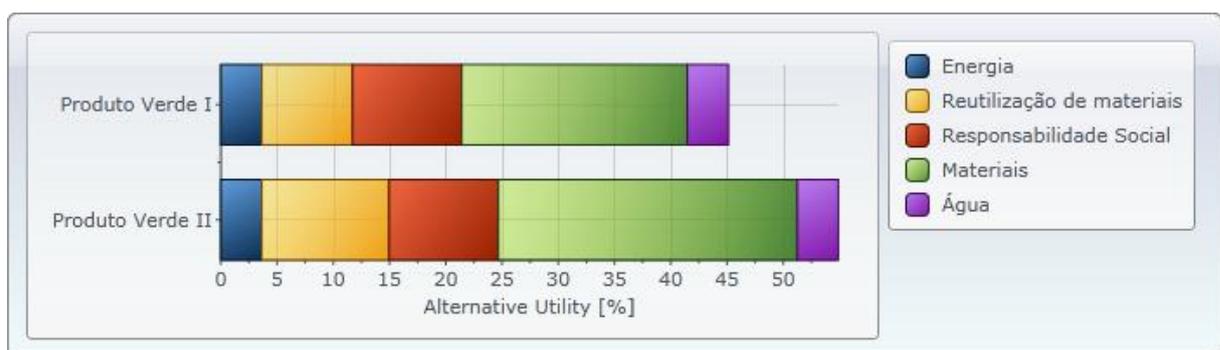


Figura 47 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Patagonia

Assim, como resultado desta análise multi-criterial, na figura 43 pode-se observar claramente, e de forma quantitativa, que o Produto Verde II representa uma melhor alternativa que o Produto Verde I, indicando uma evolução gradual nas características ambientais dos produtos desenvolvidos por esta empresa. Neste caso, a análise resultou em uma “utilidade da alternativa” de 55% (para o Produto Verde II) versus 45% (para o Produto Verde I). Como apresentado na tabela 86, segundo a pontuação da AHP, uma solução excelente ou ideal (o que pode ser interpretado como um produto que atinja o ideal berço a berço), receberia aqui uma pontuação de 9 : 1, ou seja, utilidade de 90% versus 10%.

Na Figura 44, apresenta-se o resultado da análise multi-criterial feita para os produtos analisados no estudo de caso III (empresa Simple Shoes), onde os produtos são destinados principalmente ao metabolismo biológico. Da mesma forma, o Produto Verde I e o Produto Verde II foram comparados conforme a matriz de pontuação apresentada na tabela 86, mas agora com base na análise feita no item 6.4. Neste caso, dentro do critério Materiais, o Produto Verde II apresentou melhora (3) na questão da massa (redução de 30%), e na energia incorporada (redução de 30%, mesmo após a subtração da energia economizada no Produto Verde I devido à utilização de resíduo de pneu para o solado); e considerável melhora na pegada de água (redução de 40%); enquanto ambos produtos foram considerados semelhantes (1) quanto à toxicidade e nível de desempenho. No critério Fim do ciclo de vida/Reutilização de Materiais, o Produto Verde II apresentou uma considerável melhora (5) na sua Biodegradabilidade (82% versus 27%), mas ambos produtos foram considerados semelhantes (1) na questão de reusabilidade/reciclabilidade (0% da massa dos produtos), Logística reversa (inexistente), e Renovabilidade (50% da massa nos dois casos). Novamente, atribuiu-se o valor de (1) nos critérios relativos ao consumo de água e energia na montagem (visto que ambos produtos dividem a mesma fábrica) e aos princípios de responsabilidade social (mesma empresa).



Figura 48 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes

Novamente, como resultado da análise multi-criterial para estes dois produtos, na figura 44 pode-se observar que o Produto Verde II representa claramente uma melhor alternativa que o Produto Verde I. Neste caso, a análise resultou em uma “utilidade da alternativa” de 59% (para o Produto Verde II) versus 41% (para o Produto Verde I).

A ferramenta AHP permite ainda que se faça uma análise mais detalhada sobre a influência de cada sub-critério dentro do critério principal, como ilustram as figuras 45 e 46. Na figura 45, que apresenta os sub-critérios de “Materiais”, fica claro como as melhoras nos índices de pegada de água e energia incorporada, seguidas da redução da massa do calçado, contribuíram para o aumento da pontuação obtida pelo Produto Verde II. Igualmente, na figura 46, que apresenta os sub-critérios incluídos em Fim do ciclo de vida/Reutilização de Materiais, pode-se observar como a adoção do solado biodegradável contribuiu na melhoria da avaliação do Produto Verde II neste critério.

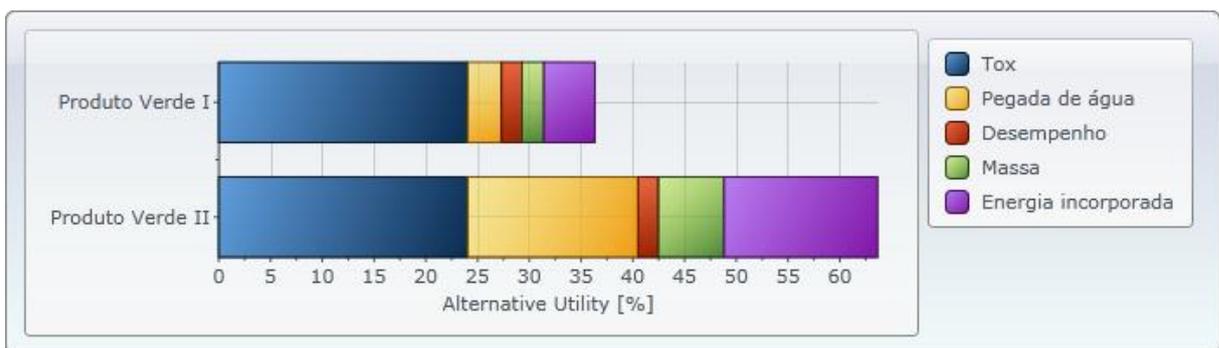


Figura 49 – Influência dos sub-critérios de “Materiais” para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes



Figura 50 – Resultado da análise multi-criterial para os Produtos Verdes I e II da empresa Simple Shoes

Como mencionado anteriormente, os próximos itens (F.4 e F.5) apresentam uma breve descrição sobre como a hierarquização dos critérios e sub-critérios, feita para a realização das análises multicriteriais apresentadas neste exemplo.

F.4 Exemplo de hierarquização dos critérios

A seguir é apresentada a matriz de AHP para a avaliação comparativa dos cinco critérios, que correspondem às cinco áreas do conceito berço ao berço. Um exemplo de hierarquização foi apresentado na Figura 46, e a justificativa na comparação entre eles é descrita a seguir. A comparação teve como base as peculiaridades do cenário da indústria calçadista. Como mencionado anteriormente, a hierarquização dos critérios pode e deve ser revisada e modificada conforme o produto analisado e realidades específicas do setor industrial em questão, sendo que isto faz parte da dinâmica da ferramenta.

Tabela 88 – Matriz de comparação dos critérios de análise

Critérios de Avaliação	Materiais	EoL & Reutilização de Materiais	Água	Energia	Responsabilidade Social
Materiais	1	3	5	5	3
EoL & Reutilização de Materiais	1/3	1	3	3	1
Água	1/5	1/3	1	1	1/3
Energia	1/5	1/3	1	1	1/3
Responsabilidade Social	1/3	1	3	3	1

1^a. linha: Materiais x Outros Critérios

Materiais vs. Reutilização de materiais: o critério ‘Materiais’ é considerado moderadamente mais importante (3) que ‘Fim do ciclo de vida (EoL)’ e ‘Reutilização de materiais’, devido aos riscos associados à saúde humana e ambiental (ALBERS, CANEPA et al., 2008). Além disto, a toxicidade na produção dos materiais e montagem do calçado afeta também as alternativas pós consumo (STAIKOS, HEATH et al., 2006; ALBERS, CANEPA et al., 2008).

Materiais vs. Água: a comparação ressalta a importância do uso da água na produção dos materiais, os conceitos de pegada de água (subcritério de ‘Materiais’) e de água virtual (ver itens 3.3.3 e 4.5.3). Muitos dos materiais rapidamente renováveis têm significativa pegada de água, assim como a transformação de materiais não renováveis. Isto torna o critério ‘Materiais’ fortemente mais importante (5) que o critério ‘Água’.

Materiais vs. Energia: mesmo caso que o anterior, esta comparação também inclui a energia usada na produção dos materiais (ver item 4.5.4), assim a escolha de materiais apresenta grande impacto em relação à energia, como no sub-critério ‘Energia incorporada’. Em contrapartida, o setor calçadista não é um setor que se destaca no consumo de energia, pode-se dizer que este não é um problema básico no contexto atual, ao contrário de ‘Materiais’. Por isto, o critério ‘Materiais’ foi considerado fortemente mais importante (5) que ‘Energia’.

Materiais vs. Responsabilidade Social: esta comparação apresenta significativa sobreposição de elementos, já que a toxicidade dos materiais afeta tanto os trabalhadores quanto usuários do produtos. Desta forma, o critério ‘Materiais’ foi considerado moderadamente mais importante (3) que ‘Responsabilidade Social’, porque dele depende diretamente a saúde humana e ambiental tanto das comunidades ao redor das fábricas, quanto aquelas que deverão lidar com o produto na fase de uso e fim de ciclo de vida.

2ª linha: EoL e Reutilização de Materiais x Outros Critérios

EoL e Reutilização de Materiais vs Água: o fim do ciclo de vida e a reutilização de materiais é percebido de forma diferente conforme a localização dos consumidores, por exemplo, na Europa onde as áreas de aterro são cada vez mais restritas, o destino dos produtos após o uso tem cada vez mais restrições (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c), enquanto, em países como os EUA e o Brasil a realidade é diferente. No entanto, é importante considerar que todas as alternativas de fim de ciclo de vida têm seus contras, isto junto ao aumento significativo do consumo (ver item 4.5), fazem com que este critério seja cada vez mais importante. Aterros, por exemplo, exigem infra-estrutura e manutenção cuidadosa para não comprometer águas subterrâneas, além disto os resíduos da produção configuram-se um problema, já que nem sempre são tratados de forma adequada (ver item assim 2.1.2). Assim na análise comparativa, considerou o primeiro critério moderadamente mais importante (3) que o segundo.

EoL e Reutilização de Materiais vs Energia: considerou-se que a indústria calçadista não é dos setores de maior consumo de energia, embora utilize alguns materiais com altos índices de energia incorporada (ver Anexo H). Ao mesmo tempo, o crescimento dos resíduos pré e pós-consumo já configuram um volume significativo. Por isto, atribuiu-se que o critério de EoL é moderadamente mais importante (3) que energia para o produto calçado.

EoL e Reutilização de Materiais vs. Responsabilidade Social: Considerou-se que EoL tem a mesma importância (1) que Responsabilidade Social, devido à sobreposição entre o respeito pela sociedade ligado à externalidade dos resíduos gerados no fim do ciclo de vida (ver itens 2.1.2) e às questões de condições de trabalho bastante comentadas na indústria calçadista e ligadas ao conceito de responsabilidade social.

3ª linha: Água x Outros Critérios

Água vs Energia: considerou-se que os critérios Água e Energia tem o mesmo nível de importância (1), porque a indústria calçadista não apresenta na montagem do produto um consumo intenso de água ou energia. Sendo que o impacto mais significativo destas duas variáveis está relacionado a produção de materiais, assim o critério ‘Materiais’ já envolve pegada de água e energia incorporada e há uma comparação específica desses subcritérios. Por outro lado, os dois critérios variam de acordo com a localização da produção, podendo apresentar fontes de água e energia de maior ou menor impacto, e o domínio das iniciativas de economia de recursos gira em torno de possibilidade semelhantes como a melhoria das edificação fabris, dos centros de distribuição ou das sedes das empresas.

Água vs Responsabilidade Social: nesta comparação há sobreposição de elementos, porque ‘Responsabilidade Social’ pressupõem boa utilização dos recursos naturais. Além disto, em regiões onde recursos hídricos são abundantes, as questões de responsabilidade social são mais prementes. Quando há negligência ao critério ‘Responsabilidade Social’ podem ocorrer problemas de uso indevido de águas superficiais e subterrâneas (ver exemplo relacionado ao setor calçadista no item 2.1.2). Por isto, considerou-se o critério ‘Água’ moderadamente menos importante (1/3) que ‘Responsabilidade Social’.

4ª linha: Energia x Responsabilidade Social

Nesta comparação, ressalta-se que a indústria calçadista tem como característica o trabalho intensivo, tendo dificuldade na automação de tarefas (ver item 4.1). Por esta e outras razões, a indústria calçadista se localiza em regiões de menor valor de mão de obra, como comentado no item 4.5.5. Ao mesmo tempo, o consumo de energia na produção de calçados não é considerado intenso. Por isto, mesmo que se reconheça a importância do tema ‘Energia’, atribuiu-se que este critério é moderadamente menos importante (1/3) que ‘Responsabilidade Social’, no contexto da produção de calçados.

F.5 Exemplo de hierarquização dos sub-critérios

A seguir são apresentadas as matrizes de comparação dos sub-critérios adotados para cada um dos critérios principais, junto com a justificativa da comparação entre eles. A comparação teve como base as peculiaridades do cenário da indústria calçadista. Como mencionado anteriormente, a hierarquização dos sub-critérios pode e deve ser revisada e modificada conforme o produto analisado e realidades específicas do setor industrial em questão.

F.5.1 Comparação dos sub-critérios do critério 'Materiais'

Tabela 89 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério 'Materiais'

Sub-critérios de Materiais	Toxicidade	Massa	Pegada de água	Energia incorporada	Nível de desempenho
Toxicidade	1	5	3	3	9
Massa	1/5	1	1/3	1/3	3
Pegada de água	1/3	3	1	1/3	5
Energia Incorporada	1/3	3	3	1	5
Nível de desempenho	1/9	1/3	1/5	1/5	1
CR=1.98%					

1ª. linha: Toxicidade x Outros sub-critérios

Toxicidade vs. Massa: atualmente a principal questão enfrentada pela indústria calçadista ainda é a toxicidade dos materiais e processos de fabricação comumente utilizados (STAIKOS, HEATH et al., 2006; ALBERS, CANEPA et al., 2008). Assim o sub-critério 'Toxicidade' foi considerado fortemente mais importante (5) que 'Massa', sub-critério relacionado à quantidade de material utilizado e ao resíduos do final da vida útil.

Toxicidade vs. Pegada de água: como foi comentado no Capítulo 4 e no Anexo H alguns materiais bastante utilizados na fabricação de calçados têm alta pegada de água, como o couro e tecidos. Porém, a toxicidade dos processos produtivos destes mesmos materiais, por enquanto, é mais preocupante, por isto 'Toxicidade' é considerado moderadamente mais importante (3) que 'Pegada de água'.

Toxicidade vs. Energia incorporada: o mesmo raciocínio empregado para a comparação anterior foi utilizado. Mesmo que alguns materiais, principalmente os petroquímicos, tenham alto índice de energia incorporada, a ‘Toxicidade’ dos materiais é moderadamente mais importante (3) que as questões associadas à energia, por afetar diretamente os trabalhadores, comunidades no entorno das instalações fabris e usuários.

Toxicidade vs. Desempenho: como o sub-critério desempenho está associado à robustez do produto e ao tempo de vida útil, julgou-se a ‘Toxicidade’ é muito mais importante (7) que o ‘Desempenho’ para os calçados de uso diário que são o alvo deste estudo. Atualmente, mesmo os calçados esportivos, quando usados por esportistas amadores requerem desempenho bem abaixo daquele para que o calçado foi projetado.

2^a linha: Massa x Outros sub-critérios

Massa vs. Pegada de água: devido à importância do bom uso dos recursos hídricos (ver item 3.3.3) e das questões que afetam a produção de materiais importantes para a indústria calçadista (ver item 4.5.3), considerou-se ‘Massa’ moderadamente menos importante (1/3) que ‘Pegada de água’.

Massa vs. Energia incorporada: da mesma forma que o critério anterior, as questões sobre a energia necessária à produção de um material é moderadamente mais importante que a quantidade empregada deste material, e o seu conseqüente resíduo pós-consumo. Assim ‘Massa’ foi considerada moderadamente menos importante (1/3) que ‘Energia incorporada’.

Massa vs. Desempenho: como as questões sobre o impacto do resíduo pós-consumo vem ganhando importância, principalmente nos países da Europa (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007c), destino que boa parcela das exportações, considerou-se o sub-critério ‘Massa’ moderadamente mais importante (3) que o critério desempenho. Mesmo porque, com o aumento o consumo pode sugerir redução da vida útil do produto, ou alta taxa de reposição, o que pode exigir menos robustez.

3^a linha: Pegada de água x Outros sub-critérios

Pegada de água vs. Energia incorporada: na comparação entre consumo de água e de energia na produção de materiais considerou-se que as questões de energia atualmente são mais preemente, devido à grande parte da produção mundial estar localizada em países com matriz energética baseada em termoelétricas, alimentadas com carvão mineral. As emissões

geradas e o impacto ambiental associado, fazem a pegada de água moderadamente menos importante (1/3) que energia incorporada, mesmo sendo o atendimento ao consumo de água um dos próximos desafios em muitas regiões do planeta.

Pegada de água vs. Desempenho: as questões de provisão de água em muitas regiões produtoras de recursos renováveis utilizados na indústria calçadista (ver item 4.5.3) fazem com que a ‘Pegada de água’ seja considerada fortemente mais importante (5) que o sub-critério ‘Desempenho’.

4ª linha: Energia Incorporada x Desempenho

Como foi comentado anteriormente grande parte da produção mundial de materiais e a montagem do produto calçado está localizada em países com matriz energética baseada na queima de carvão mineral. As emissões geradas e o impacto ambiental associado a esta fonte de energia são significativos, portanto ‘Energia incorporada’ foi considerada fortemente mais importante (5) que ‘Desempenho’.

F.5.2 Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao fim de ciclo de vida e à reutilização de materiais **com foco no metabolismo biológico**

Como foi comentado no Capítulo 5, para estabelecer pesos aos sub-critérios desta área ficou evidente a necessidade de se definir qual tipo de metabolismo é perseguido. Assim, a seguir é descrita a comparação entre sub-critérios para os dois tipos de metabolismo, iniciando com o metabolismo biológico.

Tabela 90 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério ‘Reutilização de Materiais’ de acordo com a opção de Metabolismo Biológico

Sub-critérios de Reutilização de Materiais (Metabolismo Biológico)	Reusabilidade	Reciclabilidade	Renovabilidade	Biodegradabilidade	Logística Reversa	Desmontagem
Reusabilidade	1	5	1/3	1/3	5	3
Reciclabilidade	1/3	1	1/7	1/9	1	1/3
Renovabilidade	5	7	1	1	9	5
Biodegradabilidade	5	9	1	1	9	5
Logística Reversa	1/3	1	1/9	1/9	1	1/3
Desmontagem	1/3	3	1/5	1/5	3	1
CR= 1.92%						

1ª linha: Reusabilidade x Outros Subcritérios

Reusabilidade vs. Reciclabilidade: na maior parte das situações as características ligadas ao reuso tem significativa importância pela possibilidade de extensão da vida útil do produto e por isto, representa melhor aproveitamento dos recursos dispendidos na produção do mesmo. Desta forma, ‘Reusabilidade’ foi considerada moderadamente mais importante (3) que ‘Reciclabilidade’.

Reusabilidade vs. Renovabilidade: considerando o metabolismo biológico a possibilidade de rápida renovação das matérias-primas tem grande importância, já que no final do ciclo de vida o produto deve retornar à natureza como nutriente através de decomposição segura e nova gama de matérias-primas devem ser extraídas. Por isto, ‘Reusabilidade’ foi considerada moderadamente menos importante (1/3) que ‘Renovabilidade’.

Reusabilidade vs. Biodegradabilidade: para o retorno seguro do produto como nutriente biológico a característica de biodegradabilidade é especialmente importante. Assim, ‘Reusabilidade’ foi considerado moderadamente menos importante (1/3) que ‘Biodegradabilidade’.

Reusabilidade vs. Rede de logística reversa: como foi mencionado a extensão da vida útil do produto bastante importante na economia de recursos naturais, por isto, ‘Reusabilidade’ foi considerada fortemente mais importante (5) que a ‘Rede de logística reversa’, no contexto do metabolismo biológico. Mesmo que o produto seja projetado para compostagem em sistemas coletivos, provavelmente a estrutura necessária deverá ser provida pela municipalidade, e não há necessidade de retorno do produto ao domínio do produtor.

Reusabilidade vs. Desmontagem: apesar de em alguns produtos as características de desmontagem contribuírem para a possibilidade de reuso (ver item 6.3, exemplo Patagonia), este não pode ocorrer independente da desmontagem. Desta forma, ‘Reusabilidade’ foi considerada moderadamente mais importante (3) que ‘Desmontagem’.

2ª linha: Reciclabilidade x Outros Subcritérios

Reciclabilidade vs. Renovabilidade: no metabolismo biológico o sub-critério reciclabilidade não é valorizado, pois o produto ou componente é projetado como nutriente de processos biológicos. ‘Reciclabilidade’ é considerada forte e comprovadamente menos importante (1/7) que ‘Renovabilidade’.

Reciclabilidade vs. Biodegradabilidade: no metabolismo biológico biodegradabilidade é fundamental, assim ‘Reciclabilidade’ é extremamente menos importante (1/9) que ‘Biodegradabilidade’.

Reciclabilidade vs. Rede de logística reversa: o retorno do produto ao produtor faz sentido quando no final da vida útil sua disposição traz riscos relacionados à toxicidade ou se há possibilidade de reuso, remanufatura ou reciclagem de componentes ou materiais. Com a previsão do metabolismo biológico as situações descritas acima não correspondem aos objetivos perseguidos, por isto ‘Reciclabilidade’ e ‘Logística reversa’ tem o mesmo nível de importância (1) na comparação pareada e são sub-critérios de pouca relevância.

Reciclabilidade vs. Desmontagem: como foi mencionado, a desmontagem pode estar associada à possibilidade de reuso, por isto, o sub-critério ‘Reciclabilidade’ foi considerado moderadamente menos importante (1/3) que ‘Desmontagem’.

3ª. linha: Renovabilidade x Outros Subcritérios

Renovabilidade vs. Biodegradabilidade: reconhecendo as questões de uso intenso dos recursos naturais abordadas no item 2.1.1, considerou-se que ‘Renovabilidade’ é tão importante quanto (1) ‘Biodegradabilidade’, sendo que ambos os sub-critérios têm bastante relevância no metabolismo biológico.

Renovabilidade vs. Rede de logística reversa: pelo somatório de razões já expostas nos itens acima, considerou-se que ‘Renovabilidade’ é extremamente mais importante (9) que ‘Rede de logística reversa’.

Renovabilidade vs. Desmontagem: devido à ligação entre desmontagem e reuso, este sub-critério não está ligado apenas ao metabolismo tecnológico, assim ‘Renovabilidade’ é considerado fortemente mais importante (5) que ‘Desmontagem’.

4ª. linha: Biodegradabilidade x Outros Subcritérios

Biodegradabilidade vs. Rede de logística reversa: biodegradabilidade é fundamental no metabolismo biológico, enquanto logística reversa é um sub-critério mais preocupante quando se trabalha o metabolismo tecnológico. Assim, ‘Biodegradabilidade’ é extremamente mais importante (9) que ‘Logística reversa’.

Biodegradabilidade vs. Desmontagem: como foi mencionado as características de desmontagem não estão ligadas apenas ao metabolismo tecnológico, mas também ao reuso, assim ‘Biodegradabilidade’ é considerado fortemente mais importante (5) que ‘Desmontagem’.

5ª linha: Rede de logística reversa x Desmontagem

O sub-critério ‘Rede de logística reversa’ foi considerado moderadamente menos importante (1/3) que ‘Desmontagem’, porque este último também está associado à facilidade de decomposição e compostabilidade em sistemas públicos.

F.5.3 Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao fim de ciclo de vida e à reutilização de materiais **com foco no metabolismo tecnológico**

Tabela 91 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério ‘Reutilização de Materiais’ de acordo com a opção de Metabolismo Biológico

Sub-critérios de Reutilização de Materiais (Metabolismo Tecnológico)	Reusabilidade	Reciclabilidade	Renovabilidade	Biodegradabilidade	Logística Reversa	Desmontagem
Reusabilidade	1	1	3	9	3	3
Reciclabilidade	3	1	5	9	3	3
Renovabilidade	1/3	1/5	1	3	1/3	1/3
Biodegradabilidade	1/3	1/9	1/3	1	1/5	1/5
Logística Reversa	1	1/3	3	5	1	1
Desmontagem	1/3	1/3	3	5	1	1
CR= 1.85%						

1ª linha: Reusabilidade x Outros Subcritérios

Reusabilidade vs. Reciclabilidade: nesta comparação valorizou-se as características de pela possibilidade de extensão da vida útil do produto e conseqüente melhor aproveitamento das matérias-primas. Da mesma forma, a reciclabilidade no metabolismo tecnológico é fundamental para que o produto ou componente seja considerado nutriente tecnológico. Assim ‘Reusabilidade’ foi considerado tão importante quanto (1) ‘Reciclabilidade’.

Reusabilidade vs. Renovabilidade: pela economia de recursos ‘Reusabilidade’ foi considerado moderadamente mais importante (3) que ‘Renovabilidade’.

Reusabilidade vs. Biodegradabilidade: no contexto do metabolismo tecnológico a característica de biodegradabilidade não apresenta significativa relevância. Assim, foi atribuído que ‘Reusabilidade’ é extremamente mais importante (9) que ‘Biodegradabilidade’.

Reusabilidade vs. Rede de logística reversa: estes dois sub-critérios são correlacionados, e ambos são bastante importantes. Entretanto, pela economia de recursos ‘Reusabilidade’ foi considerado moderadamente mais importante (3) que ‘Logística reversa’.

Reusabilidade vs. Desmontagem: mesmo que a facilidade de desmontagem possa estar relacionada ao reuso, a possibilidade de reuso em si pode ser encarada como mais importante. Por isto, ao ‘Reuso’ foi atribuída moderada importância (3) em relação à ‘Desmontagem’.

2^a linha: Reciclabilidade x Outros Subcritérios

Reciclabilidade vs. Renovabilidade: a remanufatura e a reciclagem são a base do metabolismo tecnológico, e atualmente muitos dos materiais altamente recicláveis não são rapidamente renováveis, a exemplo do alumínio. Neste contexto, considerou-se ‘Reciclabilidade’ fortemente mais importante (5) que ‘Renovabilidade’.

Reciclabilidade vs. Biodegradabilidade: a comparação entre estes dois sub-critérios confronta os objetivos principais de cada tipo de metabolismo. De acordo com o metabolismo tecnológico a remanufatura e a reciclagem são as metas no desenvolvimento de produtos, assim, ‘Reciclabilidade’.

Reciclabilidade vs. Rede de logística reversa: estes dois sub-critérios são correlacionados. Apesar da inexistência da rede de logística reversa representar uma barreira à reciclagem, este último sub-critério ainda é fundamental para que o metabolismo tecnológico ocorra. Desta forma, ‘Reciclabilidade’ é moderadamente mais importante (3) que ‘Logística reversa’.

Reciclabilidade vs. Desmontagem: os mesmos argumentos da comparação anterior podem ser empregados nesta análise. Por isto, ‘Reciclabilidade’ foi considerada moderadamente mais importante (3) que ‘Desmontagem’.

3^a linha: Renovabilidade x Outros Subcritérios

Renovabilidade vs. Biodegradabilidade: de acordo com metabolismo tecnológico, biodegradabilidade tem menor relevância, e renovabilidade muitas vezes tem correlação inversa com reciclabilidade. Contudo, ‘Renovabilidade’ ainda pode ser considerado moderadamente mais importante (3) que ‘Biodegradabilidade’.

Renovabilidade vs. Rede de logística reversa: pela importância da rede de logística reversa no cumprimento do objetivo do metabolismo tecnológico, o sub-critério ‘Renovabilidade’ é considerado moderadamente menos importante (1/3) que ‘Logística reversa’.

Renovabilidade vs. Desmontagem: devido à importância da desmontagem no metabolismo tecnológico, neste contexto, considerou-se ‘Renovabilidade’ moderadamente menos importante (1/3) que ‘Desmontagem’.

4ª linha: Biodegradabilidade x Outros Subcritérios

Biodegradabilidade vs. Rede de logística reversa: como já foi dito no metabolismo tecnológico, biodegradabilidade não é um sub-critério relevante dentre os seis aqui analisados. Enquanto, logística reversa é um sub-critério determinante. Assim, ‘Biodegradabilidade’ é fortemente menos importante (1/5) que ‘Logística reversa’.

Biodegradabilidade vs. Desmontagem: da mesma forma que na comparação acima, características de desmontagem colabora significativamente para o metabolismo tecnológico. Por isto, ‘Biodegradabilidade’ foi considerado fortemente menos importante (1/5) que ‘Desmontagem’.

5ª linha: Logística Reversa x Desmontagem

Pode-se afirmar que estes dois últimos sub-critérios tem uma correlação bastante forte, e em conjunto colaboram expressivamente para a remanufatura e para reciclagem, ajudando a cumprir o objetivo do metabolismo tecnológico. Assim, considerou-se que a ‘Logística Reversa’ é igualmente importante (1) a ‘Desmontagem’.

F.5.4 Análise comparativa entre os sub-critérios relacionados ao uso de água

Tabela 92 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério ‘Água’

Sub-critérios de Água	Fonte e consumo na montagem	Consumo na montagem	Iniciativas p/ economia
Fonte	1	1/5	1/3
Consumo na montagem	5	1	1
Iniciativas p/ economia	3	1	1
CR=2.78%			

1ª linha: Fonte x Outros Sub-critérios

Fonte vs. consumo na montagem: apesar da diferença entre uma fonte de água que apresente volume controlado, como um empresa de abastecimento municipal, seja benéfica em relação à água simplesmente bombeada de poço artesiano, considerou-se que não importa a proveniência a fonte de água é moderadamente (3) importante que o volume consumido.

Fonte vs. Iniciativas de economia de água: considerou-se que ‘Fonte’ é moderadamente menos importante (1/3) que ‘Iniciativas de economia de água’, devido à métrica deste último sub-critério estar associada à Certificação LEED, que atualmente assegura bom padrão de redução de impacto ambiental em edificações. Possivelmente este parâmetro pode ser estendido à investigação de novos processos produtivos que economizem água, porém informações neste nível ainda são sigilosas dentro das empresas e inviabilizariam a análise deste sub-critério na prática.

2ª linha: Consumo na montagem x iniciativas de economia de água

Como a montagem do produto calçado não requer grande volume de água, o consumo na montagem está relacionado ao número de trabalhadores nas fábricas e às próprias instalações. Por isto, considerou-se ‘Consumo na montagem’ de igual importância (1) à ‘Iniciativas para economia de água nas instalações’.

F.5.5 Análise comparativa entre os subcritérios relacionados ao consumo de energia

Tabela 93- Matriz de comparação dos sub-critérios do critério ‘Energia’

Sub-critérios de Energia	Fonte	Consumo na cadeia	Iniciativas p/ economia
Fonte	1	1/3	3
Consumo na cadeia	3	1	5
Iniciativas p/ economia	1/3	1/5	1
CR= 3.69%			

1ª linha: Fonte na montagem x Outros Subcritérios

Fonte vs. Consumo na cadeia: o tipo de fonte de energia é responsável pela definição de boa parte do impacto ambiental, principalmente em relação ao tipo de recurso (renovável ou não) e às emissões resultantes e todas as suas conseqüências. No entanto, o sub-critério consumo

envolve também as questões de transporte, assim considerou-se que ‘Fonte na montagem’ é moderadamente menos importante (1/3) que ‘Consumo na cadeia’.

Fonte vs. Iniciativas para economia de energia: pelas razões acima comentadas para o sub-critério ‘Fonte’, este foi considerado moderadamente mais importante (3) que as ‘Iniciativas para economia de energia nas instalações’.

2ª linha: Consumo na cadeia x Iniciativas para economia de energia

O ‘Consumo de energia na cadeia’ foi considerado fortemente mais importante (5) que que ‘Iniciativas para economia de energia nas instalações’, devido à delimitação mais restrita do segundo sub-critério, enquanto o primeiro engloba energia das instalações e também no transporte.

F.5.6 Análise comparativa entre os subcritérios relacionados à Responsabilidade Social

Tabela 94 - Matriz de comparação dos sub-critérios do critério ‘Responsabilidade Social’

Sub-critérios de Responsabilidade Social	Certificação	Programas de Desenvolvimento Social	Princípio Precautório
Certificação	1	3	1/3
Programas de Desenvolvimento Social	1/3	1	1/5
Princípio Precautório	3	5	1
CR= 3.69%			

1ª linha: Certificação de responsabilidade social x Outros Sub-critérios

Certificação vs. Programa de desenvolvimento social nas regiões de montagem do produto: devido ao nível de comprometimento e de fiscalização das normas relacionadas à responsabilidade social e saúde e segurança no trabalho, considerou-se que o sub-critério ‘Certificação’ é moderadamente mais importante (3) que ‘Programa de desenvolvimento social’.

Certificação vs. Princípio precautório: pelo possível alcance da aplicação do princípio da precaução, tanto na responsabilidade social para com funcionários e usuários, como o impacto que este traz nas questões de produção (como a toxicidade), considerou-se o sub-critério ‘Certificação’ moderadamente menos importante (1/3) que o ‘Princípio da precaução’.

2^a linha: Programa de desenvolvimento social x Princípio da precaução

Pelas mesmas razões expostas acima em relação ao alcance do ‘Princípio da precaução’, considerou-se que ‘Programa de desenvolvimento social’ é fortemente menos importante (1/5) que ‘Princípio da precaução’.