



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE (PRODEMA)
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)
SUBPROGRAMA PRODEMA/PRPG/UFPI**

CONTRIBUIÇÕES DO BIOMIMETISMO E *ECODESIGN* PARA A
SUSTENTABILIDADE

MIRNA ANDRADE BEZERRA

TERESINA/PI

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO EM MEIO
AMBIENTE (PRODEMA)
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)

CONTRIBUIÇÕES DO BIOMIMETISMO E ECODESIGN PARA A
SUSTENTABILIDADE

MIRNA ANDRADE BEZERRA

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto
Coorientadora: Profa. Dr^a. Elaine Aparecida da Silva

TERESINA/PI

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

B574c Bezerra, Mirna Andrade.
Contribuições do Biomimetismo e *Ecodesign* para a sustentabilidade / Mirna Andrade Bezerra. -- 2017.
124 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/TROPEN), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

“Orientação: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.”

“Coorientação: Prof^a. Dr^a. Elaine Aparecida da Silva.”

1. Sustentabilidade. 2. Educação ambiental. 3. Biomimetismo.
4. *Ecodesign*. I. Título.

CDD 574.5

MIRNA ANDRADE BEZERRA

CONTRIBUIÇÕES DO BIOMIMETISMO E *ECODESIGN* PARA A
SUSTENTABILIDADE

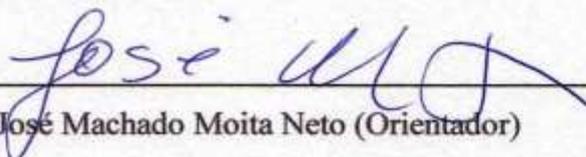
Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto

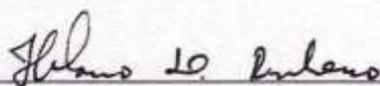
Coorientadora: Profa. Dr^a. Elaine Aparecida da Silva

Teresina, 14 de Fevereiro de 2017.

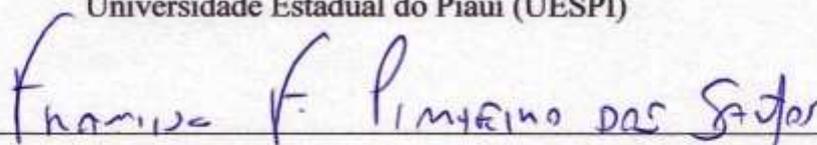
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Machado Moita Neto (Orientador)
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI)



Prof. Dr. Helano Diógenes Pinheiro (Membro Externo)
Universidade Estadual do Piauí (UESPI)



Prof. Dr. Francisco Francielle Pinheiro dos Santos (Membro Interno)
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI)

Dedico....

Aos pais, Glécio Bezerra e Socorro
Andrade, que sempre e incondicionalmente me
orientam e apoiam em todos os momentos, bons
ou ruins, na minha trajetória pessoal e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, gestor e benfeitor de tudo que me foi concedido nestes dois anos de mestrado, recheados de muita luta, aprendizados, dificuldades, vitórias e, principalmente, superações.

Ao orientador e modelo José Machado Moita Neto, pelo aprendizado constante que ele gentilmente concede em cada uma de suas falas, às vezes até sem intenção, mas que fazem a diferença na forma como todas as experiências acadêmicas ou não, vão chegar até você e desta forma serem absorvidas contribuindo para o crescimento intelectual e moral.

A coorientadora Elaine Aparecida da Silva, pelo apoio, incentivo e exemplo em todos os momentos desta caminhada. Pela disponibilidade e paciência em sempre me ajudar a evoluir seja na escrita científica, na interpretação de resultados, na burocracia das submissões de artigos e ainda pela compreensão na reincidência nos mesmos erros. Agradeço pelos momentos de conversas agradáveis, esclarecedoras e de desabafos, realmente me fizeram aprender!

Ao Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente que possui grande importância dentro do estado do Piauí na formação de novos pesquisadores e que fraternalmente acolhe todos que adentram e desejam contribuir para a discussão e elevação da temática central do programa. Aos professores que o compõem, pelos ensinamentos e empenho, em especial à professora Diva que compartilhou sua experiência e contribuiu com aspectos importantes deste trabalho. Aos servidores, Dona Maridete, Seu Raimundo e Zezinho pelo auxílio e prontidão em ajudar.

À CAPES, pelo incentivo à pesquisa por meio da bolsa de estudos concedida a esta discente.

Aos colegas do mestrado e doutorado pela alegria de conhecê-los e compartilhar bons momentos nas disciplinas, viagens e confraternizações. Às amigas Francynara, Vanessa e Joseane que foram companhias quase que constantes, tornando a caminhada um pouco mais leve e alegre.

À Ana Keully Luz e Socorro Carcará que estavam presentes nos momentos que antecederam às avaliações no mestrado (seminário integrador I e qualificação), auxiliando na formatação e treinamento das apresentações.

Aos funcionários da indústria alvo desta pesquisa pela receptividade, atenção e reconhecimento à importância do desenvolvimento deste trabalho.

À toda minha família, tios, tias, primos, primas, em especial, ao Tio Teixeira (Assis) que sempre que possível me ajuda, se interessa pelo meu crescimento profissional e participa

das vitórias, realmente só tenho a agradecer! Aos tios Genésio e Argemiro por se esforçarem tanto em procurar alguns dos livros didáticos para que eu pudesse começar a pesquisa. Assim como, professor Willame, funcionários da SEDUC (4ª GRE e escola Pequena Rubim) e editora Saraiva que foram essenciais na busca por todos exemplares que precisava conseguir para compor a análise.

À prima Vera Bezerra por solicitamente conceder a sua ajuda na tradução e correção de textos para o inglês. Ao meu irmão, pela companhia, conversas, desabafos e conselhos e à prima Marília Teixeira, que é minha segunda irmã, sempre está presente com a melhor palavra de incentivo, não deixando que eu me desesperasse frente aos desafios.

Aos meus pais, que tem minha eterna gratidão e admiração, pelo esforço diário, pela luta incansável, amor incondicional e compreensão....todas as conquistas que tive ao longo desse tempo é dedicada à vocês. Muito Obrigada!

Cântico da Criação por São Francisco de Assis

Louvado sejas, meu Senhor,
com todas as tuas criaturas,
especialmente o meu senhor irmão sol,
o qual faz o dia e por ele nos alumia.
E ele é belo e radiante com grande esplendor:
de Ti, Altíssimo, nos dá ele a imagem.

Louvado sejas, meu Senhor,
pela irmã lua e pelas estrelas,
que no céu formaste claras, preciosas e belas.

Louvado sejas, meu Senhor, pelo irmão vento
pelo ar, pela nuvem, pelo sereno, e todo o tempo,
com o qual, às tuas criaturas, dás o sustento.

Louvado sejas, meu Senhor, pela irmã água,
que é tão útil e humilde, e preciosa e casta.

Louvado sejas, meu Senhor, pelo irmão fogo,
pelo qual iluminas a noite:
ele é belo e alegre, vigoroso e forte.

Louvado sejas, ó meu Senhor, pela nossa irmã a mãe Terra,
que nos sustenta e governa, e produz variados frutos,
com flores coloridas, e verduras...

Francisco de Assis

RESUMO

Os impactos ambientais negativos resultantes das atividades humanas tem gerado crescente demanda pelo desenvolvimento de produtos sustentáveis com a finalidade de atender a legislação ambiental, a exigência dos clientes e as tendências de mercado. Dessa forma, é notável o interesse à melhoria do desempenho ambiental dos produtos por meio da inovação e o envolvimento interdisciplinar para gerar processos produtivos mais eficientes. Esta pesquisa envolve dois conceitos (biomimetismo e *ecodesign*) como alternativas para a sustentabilidade ambiental. O biomimetismo consiste no uso da inteligência evolutiva presente na natureza para melhorar produtos e processos. Neste trabalho, a sua abordagem foi realizada no âmbito educacional a partir da análise de livros texto do PNLD (Plano Nacional do Livro Didático), conferindo se há aplicação do conceito e indicação de formas de inclusão deste conhecimento nas aulas de biologia e nos próprios livros, atendendo ao requisito demandado pelos documentos do Ministério da Educação (MEC) que é a interdisciplinaridade. O conceito de biomimética e exemplos da sua aplicação foram encontrados em quatro livros selecionados para avaliação, mas a abordagem ainda é deficiente. O *ecodesign* caracteriza-se pela inclusão de critérios ambientais desde a fase de projeto do produto, considerando os impactos gerados durante todo o seu ciclo de vida. Sendo assim, a partir da norma ABNT NBR ISO 14006:2011, foram elencados pontos de intervenção e orientações que permitem a implantação do *ecodesign* em uma indústria moveleira de Teresina – PI. A análise do processo produtivo de todos os móveis e mais, especificamente, de três modelos de cadeiras escolares permitiu a identificação de problemas como a destinação de resíduos sólidos, alguns deles perigosos, encontrados nas etapas de fabricação, principalmente, pintura e montagem. Em contrapartida, a indústria possui pontos positivos indutores à implantação do *ecodesign*, como o maquinário de alta tecnologia, coletor de efluentes gasosos (coletor de pó), reutilização e venda de sobras de madeira e ferro, dentre outros. Estes conceitos, embora tenham matrizes diferentes, possuem pontos de integração em que o primeiro se utiliza das formas da natureza para desenvolver produtos sustentáveis, e o segundo contempla já no projeto e desenvolvimento de produtos a inspiração na natureza, colocando em foco aspectos ambientais importantes para redução de impactos negativos na produção, havendo uma troca mútua e relevante no ponto em que eles se encontram. A incorporação da ciência e tecnologia no sistema educacional ou produtivo, como é possível pelo biomimetismo e *ecodesign*, podem ter como mola propulsora uma ética da responsabilidade com a qual as questões ambientais precisam conviver.

Palavras-chave: Biomimética. *Ecodesign*. Livros didáticos. Processo produtivo. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

The negative environmental impacts of human activities have generated growing demand for the development of sustainable products in order to comply with environmental legislation, customer demands and market trends. In this way, the trend of improving the environmental performance of products through innovation and interdisciplinary involvement to generate more efficient production processes is remarkable. This research involves two distinct concepts, biomimicry and ecodesign, as alternative for sustainability. In practice, the first is attempt to use evolutionary intelligence is present in nature to improve products and processes. In this work, its approach was carried out in the educational sphere based on the analysis of textbooks of the PNLD (National Plan of the Textbook), granting that this concept and indication of ways of including this knowledge in biology classes and in the books themselves, according to the requirement required by the MEC (Ministry of education) documents which is an interdisciplinarity. The concept of biomimetics and examples of its application have been found in four books selected for evaluation. The second term is characterized by the inclusion of environmental criteria from a product design stage, considering the impacts generated throughout its life cycle. Therefore, from the standard ABNT ISO 14006: 2011, the intervention points and guidelines for the implementation of ecodesign in a furniture industry in Teresina - PI were approved. The analysis of the production process of all furniture and more specifically three models of school chairs allowed the identification of problems as a destination of solid waste, some of them dangerous, found in the manufacturing stages, mainly painting and assembly. On the other hand, the industry has positive points for the implementation of ecodesign, such as high technology machinery, gaseous effluent collector (dust collector), reuse and sale of wood and iron leftovers, among others. These concepts, although having different matrices, have points of integration in which the former uses the forms of nature to develop sustainable products, and the second contemplates already in the design and development of products reduction of negative impacts on production, and there is a mutual and relevant exchange at the point where they meet. The incorporation of science and technology into the educational or productive system, as is possible through biomimetism and ecodesign, can be used as a quality company with the necessary qualifications.

Keywords: Biomimetics. Ecodesign. Didatic books. Production process. Interdisciplinarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Ascensão da palavra-chave <i>Biomimetics</i>	19
Gráfico 2 - Ascensão da palavra-chave <i>ecodesign</i>	25
Figura 1 - Estratégias para incorporação do <i>ecodesign</i>	93
Figura 2 - Representação do ponto de intersecção entre biomimetismo e <i>ecodesign</i>	99
 Artigo II	
Figura 1 – Modelos de cadeiras escolares.....	58
Figura 2 – Etapas de fabricação das cadeiras.....	59
Figura 3 - Etapas de fabricação e direcionamento dos produtos.....	61
 Artigo III	
Gráfico 1 - Utilização da expressão <i>Ecodesign</i> em livros em inglês na base de dados do Ngram.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos mais citados na base de dados.....	20
Quadro 2 - Síntese de aplicações da biomimética.....	21
Quadro 3 - Indicações de pesquisas sobre biomimética.....	92
Quadro 4 - Aspectos ambientais, sociais e econômicos para uma gestão com sustentabilidade.....	97

Artigo I

Quadro 1 - Livros didáticos e siglas.....	36
Quadro 2 - Livros didáticos, volumes e capítulos no qual foi encontrado o conceito de biomimética.....	46

Artigo II

Quadro 1 - Descrição das etapas de montagem e embalagem.....	62
Quadro 2: Quesitos de qualidade ambiental quanto a adequação ao uso e matérias-primas...63	
Quadro 3: Quesitos de qualidade ambiental para o processo produtivo.....	64
Quadro 4: Quesitos de qualidade ambiental quanto a separabilidade, garantia, embalagem e distribuição.....	64
Quadro 5: Quesitos de qualidade ambiental para gestão no processo de fabricação.....	65
Quadro 6: Quesitos de qualidade ambiental quanto ao atendimento de requisitos legais.....	66
Quadro 7 - Orientações para implementação do <i>ecodesign</i> na indústria pesquisada.....	69

LISTA DE SIGLAS

- ABIMOVEL** – Associação Brasileira de Móveis
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACV** – Avaliação do Ciclo de Vida
- CIPA** – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
- DCNEA** – Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental
- DCNEM** – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
- DfE** – *Design for environmental*
- EA** – Educação Ambiental
- ENEM** – Exame Nacional do Ensino Médio
- EPI** – Equipamento de Proteção Individual
- FIEPI** – Federação das Indústrias do Piauí
- ISO** – *International Organization for Standardization*
- LR** – Logística Reversa
- MEC** – Ministério da Educação
- MDF** - *Medium Density Fiberboard*
- MDP** - *Medium Density Particleboard*
- MOVERGS** - Associação das Indústrias de Móveis do Rio Grande do Sul
- OCNEM** – Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
- PCN** – Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCN +** – Parâmetros Curriculares Nacionais Mais
- PDP** – Projeto de Desenvolvimento de Produto
- PNLD** – Plano Nacional do Livro Didático
- PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- P+L** – Produção Mais Limpa
- PVC** - Policloreto de Vinila
- SGA** – Sistema de Gestão Ambiental
- SGQ** – Sistema de Gestão de Qualidade
- SEMAM** – Secretária Municipal de Meio Ambiente
- TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- TNT** – Tecido Não Tecido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
CAPÍTULO 1: ANÁLISE DOS CONCEITOS BIOMIMETISMO E ECODESIGN NO DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA	30
CAPÍTULO 2: ECODESIGN: UM CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA INDÚSTRIA MOVELEIRA	48
CAPÍTULO 3: ECODESIGN: FERRAMENTA PARA REVERTER PRÁTICAS DE PRODUÇÃO E CONSUMO ECOLOGICAMENTE INCORRETAS	75
5. CONCLUSÃO	98
6. REFERÊNCIAS	100
APÊNDICES	101

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo desenvolvimento de produtos sustentáveis e a abordagem de conceitos e práticas que promovam a sustentabilidade, vem crescendo em todos os setores da sociedade. A tomada de consciência da magnitude dos impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas incita a melhoria do desempenho ambiental dos produtos. A preocupação tem aumentado como resultado da aplicação da legislação e as demandas dos clientes, criando uma necessidade de incorporação de aspectos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos (POULIKIDOU, 2014).

A complexidade, sensibilidade e flexibilidade dos sistemas biológicos que residem na natureza são caracterizados pela sua capacidade de adaptar-se a ambientes em mudança, e pelo seu elevado grau de fiabilidade. Estas características de *design* e os princípios da engenharia que os dirigem oferecem uma larga amplitude de possibilidades para a pesquisa na melhoria de sistemas sintéticos (SOARES, 2008).

Ainda sobre a perspectiva de Soares (2008), as soluções sustentáveis requerem uma integração de vários tipos de conhecimento, desta forma, esta pesquisa aborda a importância da utilização do Biomimetismo e do *Ecodesign* para a promoção da sustentabilidade, a fim de utilizar estes conceitos para o desenvolvimento da Educação Ambiental no âmbito educacional e industrial.

O biomimetismo e o *Ecodesign* são duas áreas distintas, mas que propõem igualmente contribuições à sustentabilidade seja no ambiente escolar, como proposto por esta pesquisa, ou ainda, na concepção de produtos para determinar os impactos ambientais negativos nas primeiras fases de desenvolvimento do *design*.

A Biomimética é uma ciência de difusão recente e que, segundo De Pauwn (2014), a sua aplicação tem gerado resultados inspiradores, oferecendo *designers* de uma perspectiva alternativa no sentido de integrar a sustentabilidade ambiental, com outras estratégias como o *Ecodesign*. Em função disso, têm-se a seguinte problemática: Como o biomimetismo pode ser inserido no cotidiano escolar e nos conteúdos de biologia? Como o *Ecodesign* pode permitir avanços na indústria no que se refere a uma produção sustentável? Como o *ecodesign* pode atuar em conjunto com uma ética da responsabilidade para reverter práticas de produção e consumo insustentáveis?

As pesquisas nas áreas de Biomimetismo e *Ecodesign* destacam-se por seu aspecto interdisciplinar, envolvendo diversos campos do saber, aliando-os a necessidade crescente da sociedade por alternativas sustentáveis e inovadoras na utilização do meio ambiente. A incorporação da ciência e tecnologia no sistema educacional ou produtivo, como é possível pela utilização dos conceitos, podem ter como mola propulsora uma ética da responsabilidade com a qual as questões ambientais precisam conviver.

2. APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS

A presente dissertação objetivou explorar dois conceitos que são ainda pouco abordados, principalmente na educação e na indústria, na qual foram propostas duas metodologias diferenciadas para trabalhar biomimetismo e *ecodesign* dentro dos cenários mencionados. Embora possuam matrizes conceituais diferentes, estão presentes na literatura científica e trazem em comum o caráter inovador, relacionam-se com um modo de ver e modelar a realidade a partir de produtos e serviços mais sustentáveis.

A introdução deste trabalho revela aspectos importantes que subsidiam o entendimento da abordagem dos conceitos, constituindo-se com um referencial teórico e suas respectivas referências elencadas ao final deste.

A dissertação compõe-se de três capítulos, que são referentes aos artigos submetidos a revistas científicas qualisadas e organizados da seguinte maneira: CAPÍTULO 1: Análise dos conceitos biomimetismo e *ecodesign* no desenvolvimento da educação ambiental nos livros didáticos de biologia; CAPÍTULO 2: *Ecodesign*: ferramenta para reverter práticas de produção e consumo ecologicamente incorretas e CAPÍTULO 3: *Ecodesign*: um caminho para a sustentabilidade ambiental na indústria moveleira

O primeiro artigo refere-se ao biomimetismo, definido por Benyus (1997) como uma imitação ou inspiração em formas e processos da natureza a fim de resolver os problemas dos seres humanos, ou pode-se ainda caracteriza-lo como uma tentativa de usar a inteligência evolutiva presente na natureza para melhorar produtos e processos desenvolvidos pelas atividades humanas. O conceito foi avaliado a partir da análise de livros textos do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) e em seu conteúdo foi encontrado e identificado tanto o potencial, como explorações já constantes sobre o assunto podendo ainda ser sugerido novos textos e abordagens com o objetivo de promover a educação ambiental por meio da interdisciplinaridade proporcionada pelo conceito.

A importância do biomimetismo encontra-se na aplicação em favor da sustentabilidade dos processos realizados pelos seres humanos, pois na natureza reside um grande acervo de soluções já dadas que precisam ser conhecidas e implementadas na sociedade.

As contribuições elencadas no artigo foram submetidas à Revista *Gaia Scientia* classificada em qualis B2 em Ciências Ambientais e encontra-se no capítulo 1 desta dissertação juntamente com a sua bibliografia ao final do mesmo.

Também, foi discutido o conceito *ecodesign*, que teve uma aproximação diferente através de um trabalho de campo, com a realização de visitas a uma indústria piauiense, enfocando, principalmente, o setor moveleiro situado no município de Teresina.

A metodologia utilizada explorou o conceito teórico de *ecodesign* que seria um “processo integrado no projeto e desenvolvimento do produto, que visa reduzir impactos ambientais e melhorar continuamente o desempenho ambiental dos produtos, durante todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matéria-prima até o fim da vida” (ABNT, 2011). Ao visitar a indústria, foram exploradas as possibilidades de implantação do *ecodesign* na indústria.

O Capítulo 2 refere-se ao levantamento de dados e resultados encontrados por meio da metodologia utilizada em uma indústria da capital, compondo, desta forma, outro artigo também submetido à Revista *Gaia Scientia*.

O Capítulo 3 também explora o conceito de *ecodesign* como ferramenta para reverter as atuais práticas de produção e consumo ecologicamente incorretas, por meio de uma revisão bibliográfica, com a abordagem de aspectos relevantes do Princípio Responsabilidade proposto por *Hans Jonas*.

Após a apresentação dos resultados principais em forma de artigo, uma discussão geral foi realizada para acrescentar pontos importantes sobre os resultados encontrados na pesquisa.

Como encerramento foram apresentadas as considerações finais sobre biomimetismo e *ecodesign* que resumem os trabalhos realizados, apontando uma perspectiva de fusão entre os dois conceitos mesmo que ainda em estágio inicial.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

BIOMIMETISMO

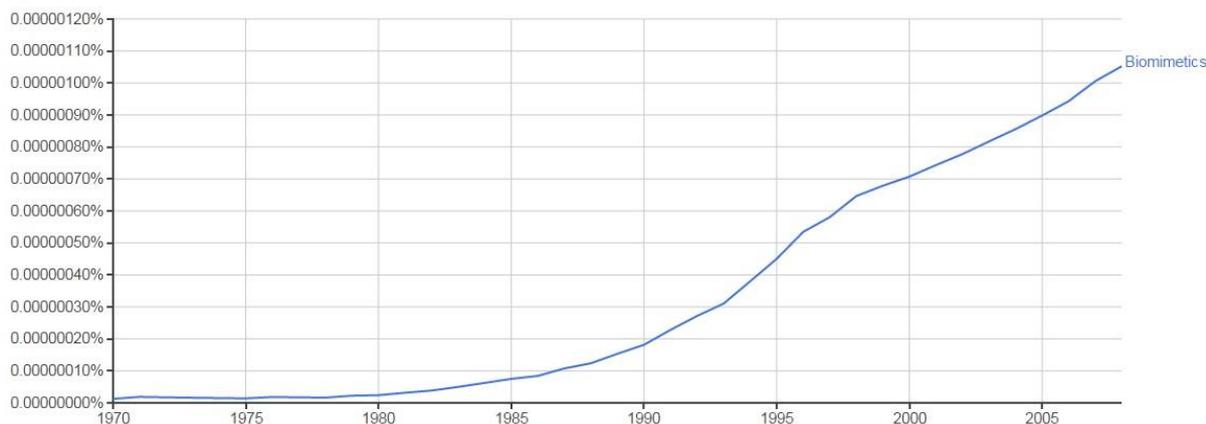
A palavra Biomimética vem do grego *bios*, vida e *mimesis*, imitação, caracteriza-se como a ciência que estuda os modelos da natureza e depois os imita ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos (BENYUS, 2013), ou seja, o biomimetismo é uma tentativa de usar a inteligência evolutiva presente na natureza para melhorar produtos e processos.

A imitação da natureza pelos seres humanos não é recente e a inteligência evolutiva tem sido amplamente utilizada. Os registros começam com a mitologia grega, no qual Ícaro tenta fugir da prisão criando asas parecidas com as de uma ave, Leonardo da Vinci criou uma máquina voadora emulando o voo de pássaros e morcegos, ou ainda, o engenheiro George de Mestral que criou o velcro com a observação da forma de adesão da estrutura de dispersão de algumas plantas ao pelo do seu cachorro e ao material de sua calça (LUKE-LURE, 2014).

Os resultados obtidos por Lepora (2013) no artigo “*The state of the art in biomimetic*” revelam que esta área de pesquisa se expandiu rapidamente a partir de menos de 100 artigos por ano na década de 90 para vários milhares de documentos por ano na primeira década deste século. Além disso, esta área de pesquisa tem grande impacto em uma variedade de temas de investigação, abrangendo robótica, ciência da computação e bioengenharia. El-zeiny (2012) também destaca as áreas de arquitetura e engenharia que tem atraído cada vez mais o interesse mundial para a construção de projetos, na qual, utiliza-se o campo da biomimética para emulação da flora, fauna e até ecossistemas inteiros.

O Gráfico 1 foi obtido pela utilização da ferramenta *Google Ngram Viewer*¹ e demonstra a ascensão no uso da palavra-chave *Biomimetics* em livros, entre os anos de 1970 a 2008, em que se observa um crescente aumento, principalmente, a partir dos anos 90. O gráfico gerado apresenta no eixo x o período em anos e o eixo y indica, dentre as palavras contidas na base de dados, a porcentagem de registros encontrados do termo utilizado para busca.

¹ A ferramenta permite que o usuário pesquise por palavras e ideias dentro de um banco de dados de mais de 5 milhões de livros escritos ao longo dos últimos séculos e que foram digitalizados pelo projeto Google Books. O banco de dados permite a pesquisa somente entre os anos 1800 a 2008.

Gráfico 1: Ascensão da palavra-chave *Biomimetics*

FONTE: Google Ngram Viewer

Nos últimos anos, há crescente motivação na relação benéfica entre a ciência, tecnologia e a natureza. Para Soares (2008) o biomimetismo é mais uma ferramenta para a promoção da sustentabilidade e requer a integração de vários tipos de conhecimento. Esta área ainda se mantém desconhecida por muitos, mas apresenta aspectos positivos por focar a eficiência dos processos ocorridos na natureza (ausente nas atividades humanas), a interdisciplinaridade e a inclusão de aspectos ambientais para tornar as invenções com inspiração na natureza mais sustentáveis.

Na base de dados *Web of Science* (possui um acervo amplo de artigos científicos do mundo inteiro) foi possível constatar a ampla interdisciplinaridade atendida pelo desenvolvimento deste conceito. Várias áreas de pesquisa desenvolveram estudos entre os anos 2007 e 2016, como ciências dos materiais, engenharia, química, física, farmácia (farmacologia), bioquímica (biologia molecular), ciência de polímeros, tecnologia da ciência, robótica, telecomunicações, ciência da computação, biotecnologia (microbiologia aplicada) e sistemas de controle de automação. As áreas que mais publicaram foram Ciência dos materiais, engenharia e química com os maiores percentuais para as duas primeiras áreas. Um número significativo também foi encontrado para as áreas de tecnologia da ciência e ciência da computação (WEB OF SCIENCE, 2016).

Os dez artigos mais citados na base de dados *Web of Science* sobre a temática e suas respectivas áreas de pesquisa foram elencados no Quadro 1:

Quadro 1: Artigos mais citados na Web of Science

<p>1. <i>Poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers: from biomimicry to drug delivery and biomedical applications</i> ÁREA DE PESQUISA: Farmácia/ Farmacologia</p>
<p>2. <i>Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control</i> ÁREA DE PESQUISA: Sistemas de controle de automação</p>
<p>3. <i>Superhydrophobic surfaces: From natural to biomimetic to functional</i> ÁREA DE PESQUISA: Química</p>
<p>4. <i>Biomimetics: lessons from nature - an overview</i> ÁREA DE PESQUISA: Tecnologia da ciência</p>
<p>5. <i>Rigid biological systems as models for synthetic composites</i> ÁREA DE PESQUISA: Tecnologia da ciência</p>
<p>6. <i>Methods for reducing biosensor membrane biofouling</i> ÁREAS DE PESQUISA: Química, Biofísica e Ciências dos materiais</p>
<p>7. <i>Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services</i> ÁREA DE PESQUISA: Biologia</p>
<p>8. <i>Current status of prosthetic bypass grafts: A review</i> ÁREAS DE PESQUISA: Engenharia e Ciências dos materiais</p>
<p>9. <i>Microengineered physiological biomimicry: Organs-on-Chips</i> ÁREAS DE PESQUISA: Química, tecnologia da ciência e Bioquímica</p>
<p>10. <i>Ceramics in restorative and prosthetic dentistry</i> ÁREA DE PESQUISA: Ciências dos materiais</p>

FONTE: WEB OF SCIENCE, 2016.

As diversas áreas de pesquisa apontadas utilizam-se de sistemas biológicos e espécies que são resultado de 3,8 bilhões de anos de evolução. O levantamento bibliográfico desenvolvido por Lurie-Luke (2014) permite inferir que há espécies que são mais inspiradoras em termos de variedade de aplicações, como as plantas e os insetos. Mas, outros animais também possuem grande representatividade, por exemplo, mamíferos, peixes, pássaros, répteis, aracnídeos, crustáceos e até mesmo o mundo microscópico tem sido alvo de inspiração, como as células, bactérias e fungos.

De forma geral, as pesquisas mais recentes sobre biomimética estão distribuídas em quatro níveis de desenvolvimento, são eles: Ideia, Pesquisa (mais desenvolvida), Protótipo e Produto (menos desenvolvida). É possível definir também uma classificação para as aplicações biomiméticas encontradas, podendo ser relacionadas a criação de materiais, movimento, função e comportamento, sensores. As aplicações biomiméticas com maior e menor avanço em níveis de desenvolvimento são, respectivamente, materiais e sensores (LURIE-LUKE, 2014).

Ainda sobre a pesquisa desenvolvida por Lurie-Luke (2014) o quadro 2 elenca as principais observações sobre as aplicações mais bem sucedidas, as tendências emergentes e as áreas inexploradas da biomimética.

Quadro 2: Síntese de aplicações da biomimética

Áreas mais bem sucedidas	
<i>Design</i> de material	Desenvolvimento de materiais inteligentes, com modificações de superfície; arquitetura de materiais e aplicações específicas baseados na capacidade dos seres vivos de reação e resposta ao estímulo externo, novas topografias de superfícies com funções melhoradas, formas e arranjos estruturais e aperfeiçoamento de sistemas já existentes a partir de características específicas de uma adaptação.
Locomoção (movimento)	As aplicações são voltadas especialmente à robótica e o desenvolvimento de pesquisa, protótipos ou produtos é baseado na melhoria da mobilidade, observando a cinética do movimento, liberação ou dispersão, estrutural (forma).
Áreas com tendências emergentes	
<i>Design</i> de material	Baseia-se na exploração da capacidade dos organismos de sentir e reagir ao seu ambiente, que poderiam ser aplicados no desenvolvimento de materiais inteligentes, em particular materiais de automontagem (imitação da habilidade de um sistema em adotar arranjo estrutural específico, ou padrão, sem influências externas) e ópticos (emulação de mecanismos de camuflagem, entre outros).
Sensores	Os atuais desenvolvimentos baseiam-se na compreensão de diferentes mecanismos de detecção nas áreas de acústica, química, temperatura e ondas elétricas. Sensores acústicos (uso do som para a identificação de objetos no caminho de um organismo), sensores químicos (mecanismo para detectar substâncias químicas e odores no ambiente circundante dos organismos), sensores de temperatura (inspiração na resposta dos organismos a mudanças de temperatura e mecanismos pelos quais as mudanças são detectadas).
Áreas inexploradas	
Comportamento	São baseadas, principalmente, em seres vivos que mantêm um comportamento social como as formigas e as abelhas, com a finalidade de obter inovações no transporte (estabelecendo regras para o comportamento e auto-organização, assim como em alguns modelos animais), desenvolvimento de <i>softwares</i> (baseia-se na movimentação de formigas que respondem rapidamente às ameaças e retomam rapidamente o seu comportamento original), desenvolvimento de computadores e robótica.

FONTE: Lurie-Luke, 2014

Na perspectiva de El-Zeiny (2012), apesar de existir um aumento das contribuições, a ampla aplicação e prática de biomimetismo em diversas áreas, deve-se atentar para utilização dos processos biológicos não somente como meras bibliotecas de formas ou decoração, pois imitar ou ser inspirado por formas de aparência natural, texturas e cores por si só não é biomimética, ou seja, para ser verdadeiramente biomimético, um projeto ou ideia deve de alguma forma ser informado pela ciência da natureza, e não apenas a sua aparência.

A mesma autora enfatiza que a Biomimética é mais do que apenas reproduzir um objeto natural ou sistema, e reitera que também não é simplesmente projetar algo considerado

"verde" ou sustentável. É necessário primeiro uma análise aprofundada de um organismo ou ecossistema, em seguida, uma aplicação consciente dos princípios de *design* subjacentes encontrados na solução natural (EL-ZEINY, 2012). Aprender sobre a natureza é uma coisa e aprendendo com a natureza é outra (BENYUS, 2013).

Apesar da grande influência da Biomimética em diversas áreas, principalmente, na concepção e *design* de produtos, são escassas as pesquisas na área educacional que priorizem o conhecimento pelo professor sobre esse novo conceito e que lhe permitam um embasamento científico para aplica-lo em sala de aula. Este novo olhar sobre a natureza permite a abordagem dos conteúdos de Biologia e uma mudança na prática do docente sob o viés da Biomimética.

A interdisciplinaridade da biomimética permite o desenvolvimento da educação ambiental, pois diversas áreas de estudo podem explorar os conhecimentos produzidos a partir dos inúmeros artigos científicos a fim de explorar a ideia de proteção ao meio ambiente com a participação de todos os envolvidos, não somente de áreas que já são conhecidas por abordar a temática ambiental. O desenvolvimento de mais pesquisas sobre este tema, envolvendo soluções sustentáveis, possibilita o reconhecimento que os processos produtivos e o modo de vida vigente não são mais suportados pela natureza.

ECODESIGN

A sociedade utiliza de forma abusiva e desregrada os recursos naturais para um desenvolvimento focado no crescimento econômico. Os resultados destas ações tornaram-se insustentáveis devido aos padrões de consumo elevados sem a devida preocupação com o tempo de resiliência e finitude dos ecossistemas, a capacidade de assimilação de resíduos e rejeitos e a divisão de forma igualitária destas riquezas, surgindo desta forma, grande pobreza e desigualdade social (OLIVEIRA; CORREIA; GOMEZ, 2016).

As primeiras discussões sobre as relações de consumo, economia, meio ambiente e desenvolvimento começaram na década de 1960, com a repercussão do livro “*Silent Spring*” de *Rachel Carson* e não pararam mais. Em 1972, pode-se citar a conferência de Estocolmo que resultou na Declaração sobre o Ambiente Humano e também o estudo “Limites de crescimento”. Mas, dois eventos marcam de forma mais expressiva os debates sobre as questões ambientais, o relatório *Brundtland* e a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento conhecida como Rio 92, que consolidaram o conceito de desenvolvimento sustentável ao aliar a preservação do meio ambiente e do

desenvolvimento econômico de modo a satisfazer as necessidades das gerações presentes e futuras (PHILIPPI JR; RODRIGUES, 2005).

A ideia de sustentabilidade propõe intervenções nos padrões de consumo para garantir recursos para o futuro. Entretanto, propostas com esta finalidade devem considerar a complexidade destas práticas que tornaram-se uma atividade sociocultural, com o envolvimento de “atores políticos, sociais e de mercado que atuam na construção das funcionalidades e dos significados dos produtos/serviços que estão inseridos nas relações de produção e consumo”. Neste contexto, as empresas desempenham importante papel como influenciadoras de mercado e promotora da cultura de consumo sustentável (OLIVEIRA; CORREIA; GOMEZ, 2016).

Atualmente, muitas empresas já se preocupam em incorporar uma gestão e estrutura organizacional voltadas ao uso racional de recursos ambientais, aliando às estratégias de questão econômica como competitividade, eficiência e lucratividade, preocupações com a inserção da variável ambiental, tornando-se, então, vital a sua inclusão aos processos produtivos.

Em partes, o interesse das empresas por tornar processos e produtos mais sustentáveis veio a partir da exigência na aplicação de legislações, que proporcionaram mudanças também nas atitudes e práticas da sociedade, tornando o consumidor mais exigente quanto à identificação de empresas responsáveis com as questões ambientais (SILVA; MORAES; MACHADO, 2015).

Assim como a Política Nacional de Meio Ambiente (PNUMA) instituída em 1981, o artigo 255 da Constituição Federal de 1988 foi um dos primeiros avanços da legislação ambiental. O artigo citado estabelece o direito fundamental de todos os cidadãos, das gerações presente e futura, a um ambiente sadio e responsabiliza o poder público e a coletividade a protegê-lo de forma adequada. A partir disso, várias outras leis de proteção ao meio ambiente foram criadas, como por exemplo, a lei de crimes ambientais (9.605/1998), a Política Nacional de Educação Ambiental (9.795/1999), Política Nacional de Resíduos Sólidos (12.305/2010), dentre outras (PHILIPPI JR; RODRIGUES, 2005; ADISSI; ALMEIDA NETO, 2013).

As empresas, frente à crescente exigência dos consumidores, da legislação e ameaça de indisponibilidade de recursos naturais tem aumentado o interesse por implantar uma gestão ambiental nos seus processos. Para algumas, a incorporação de questões ambientais significa adicionar problemas; mas para outras, as chamadas proativas conseguem além de proteger os

recursos naturais, lucrar com os possíveis desperdícios de seus processos produtivos. Contudo, acredita-se que “as organizações somente serão ambientalmente proativas quando incorporarem a questão ambiental e seus problemas consequentes na sua estrutura organizacional” (JABBOUR; STEFANELLI; TEIXEIRA, 2012).

Segundo Adissi e Almeida Neto (p.9, 2013) um gestor ambiental de um processo produtivo desenvolve esforços para:

Identificar os aspectos ambientais significativos, ou seja, aqueles capazes de provocar impactos ambientais relevantes; especificar as formas de controle desses aspectos, considerando custos e eficiência; implantar e manter a solução mais sustentável para neutralizar as ações danosas do aspecto identificado.

Para o atendimento das questões ambientais e alcançar mercados consumidores internacionais mais exigentes, muitas empresas tem recorrido às certificações. Uma empresa certificada atende a uma norma de referência que é concedida por uma entidade certificadora credenciada (BORELLA; NAIME, 2012).

Algumas normas como as da série 14000 são uma forma de introduzir as questões ambientais no mundo corporativo. Como por exemplo, a ISO 14001 que possui orientações sobre como implantar o sistema de gestão ambiental, ou ainda, a ISO 9001 que trata sobre a gestão da qualidade. Ambas contemplam sistemas de controle de processos e envolvem a gestão de suprimentos, recursos humanos, informações, documentos, projeto, produção e distribuição de produtos e serviços, para atender as necessidades dos clientes e da empresa (BORELLA; NAIME, 2012).

No ano de 2015, a ISO 14001 sofreu alterações significativas no seu conteúdo. O objetivo principal foi adaptar os requisitos desta norma para os da ISO 9001, de modo a torná-las mais compatíveis, com a finalidade de facilitar para as organizações a implementação e integração dos sistemas de gestão (LEWANDOWSKA; MATUSZAK-FLEJSZMAN, 2014).

Dentre as inúmeras modificações, a introdução do *ecodesign* como ferramenta de apoio à contínua melhoria ambiental da organização caracteriza-se como ponto importante. O *ecodesign* possui uma norma específica para regulamentá-lo, a ISO 14006:2011, que o define como a “integração dos aspectos ambientais na concepção e desenvolvimento de produtos, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais adversos ao longo do seu ciclo de vida” (ABNT, 2011, p. 2).

Ainda, segundo a norma de *ecodesign*, vários benefícios podem ser alcançados pelas empresas com a sua implementação, são eles: benefícios econômicos, através do aumento da

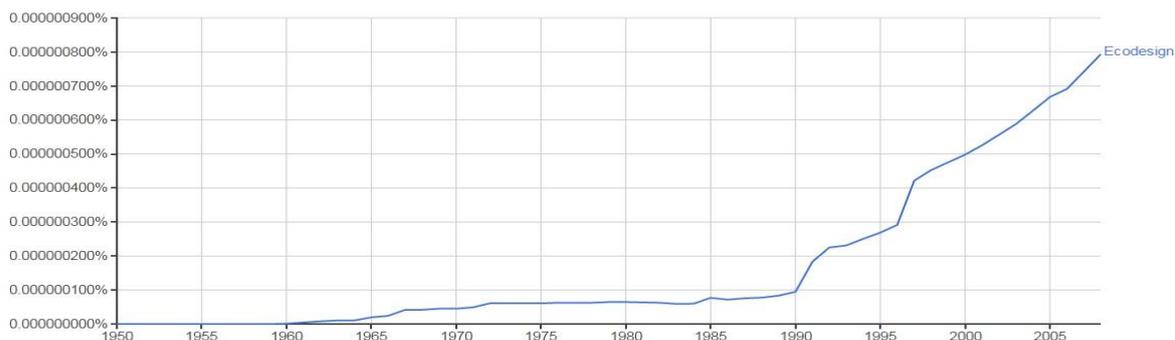
competitividade e/ou redução de custos; promoção da inovação e criatividade; adoção de novos modelos de negócios; a redução da carga ambiental da organização, reduzindo os impactos ambientais negativos; ganhar conhecimento adicional do produto a partir da perspectiva de todo o ciclo de vida; oportunidades para melhorar a imagem corporativa; reforçar a motivação dos funcionários (ABNT, 2011, p. 2).

A fase de concepção de um produto foi identificada como determinante para avaliação do seu impacto ambiental ao longo do ciclo de vida e por esse motivo fornece um ponto de intervenção para implementar as metas ambientais. Desta forma, projetar com o foco ambiental em mente e assumir responsabilidades pelas consequências ambientais do produto a que se referem as decisões específicas e ações executadas durante o processo de *design*, caracteriza-se como uma das prioridades do *ecodesign* ou desenho para o meio ambiente (DEUTZ ET AL., 2013).

Os resultados da pesquisa de Deutz et al. (2013) demonstram que a utilização do *ecodesign*, na prática, tem sido em grande parte limitada para simplesmente cumprir os requisitos mínimos exigidos pela legislação. Para muitos *designers*, incorporar considerações ambientais em seu processo de inovação de produtos é visto como uma restrição na tomada de decisões dificultando a sua idealização, quando os aspectos ambientais são incorporados à concepção do produto se restringem, principalmente, a reciclagem. Estas dificuldades na implantação do *ecodesign* indicam primeiramente a falta de treinamentos dos *designers* que não são especialistas ambientais e que, provavelmente, não sabem mais do que a compreensão de uma pessoa leiga sobre as questões ambientais.

O gráfico 2 revela que apesar das dificuldades encontradas para implantação do *ecodesign*, esta palavra teve uma ascensão significativa a partir de 1990 sendo muito utilizada como objeto de estudo em livros com a temática voltada ao desenvolvimento de produtos sustentáveis.

Gráfico 2: Ascensão da palavra-chave *ecodesign*



FONTE: Google Ngram Viewer

A contribuição potencial do *ecodesign* no desenvolvimento de um produto sustentável deve começar pelo conhecimento das questões ambientais por todos os segmentos da indústria, proporcionadas por ações de educação ambiental que permitam o conhecimento dos problemas que afetam a sociedade e o meio ambiente.

A ISO 14001:2015 (Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso) propôs mudanças quanto ao envolvimento mais efetivo da alta gerência. Para a realização da concepção ecológica o *ecodesign* deve estar envolvido em operações, procedimentos, programas da organização e envolver os vários departamentos como, por exemplo, o *design*, produção, vendas, *marketing*, qualidade, dentre outros. Além disso, é papel da alta gerência envolver e engajar todos os participantes da cadeia de valor, de ambos os lados, os fornecedores (montante) e os consumidores, recicladores, entre outros (jusante), assegurando uma comunicação bidirecional.

A aplicação do *ecodesign* permite que uma empresa, de qualquer tipo de atividade ou porte, inicie no desenvolvimento de produtos/serviços inovadores, promovendo o aparecimento de novas e importantes tecnologias, que podem melhorar sensivelmente as atividades rotineiras e realizar grandes mudanças nos processos produtivos.

O estudo realizado por Calazans e Silva (2016) mostra um caminho para as empresas gerarem suas inovações focando nos processos. Além de atuar como um diferencial frente aos seus concorrentes, bons resultados podem ser alcançados como a redução e otimização do tempo de produção, maior eficiência, lucratividade, diminuição do emprego de matérias-primas, aumento da reutilização e da reciclagem. A inovação, geralmente, está relacionada à contemplação da dimensão econômica, mas se esta for aliada às orientações do *ecodesign* podem atender aspectos sociais e ambientais.

Empresas preocupadas em atingir a sustentabilidade em seus processos produtivos adotam o modelo designado “*Triple Bottom Line*” ou Tripé da Sustentabilidade, que objetiva estruturar toda a organização para causar o menor dano possível, contemplando três aspectos principais: o ambiental, o econômico e o social (CALAZANS E SILVA, 2016). A adoção dessas práticas mantém a imagem da empresa relacionada à responsabilidade ambiental, pois garante ao consumidor processos mais limpos, preservação de recursos, garantia de condições dignas de trabalho aos colaboradores, boa relação com a comunidade e ações que minimizem ou compensem os impactos de suas atividades (BRISOLARA; SILVA; CARDOSO, 2016).

A implantação do *ecodesign* nas empresas permite aplicação de todos os aspectos levantados anteriormente (inovação de processos, responsabilidade socioambiental,

envolvimento da alta gerência e colaboradores, contemplação de questões ambientais desde a fase de projeto dos produtos, dentre outros), pois se caracteriza como uma norma ampla, que inclui preocupações com a administração da organização, bem como o processo produtivo do produto com a avaliação do seu ciclo de vida. Acrescenta-se a isso a responsabilidade compartilhada por todos os *stakeholders* (fornecedores a consumidores) que regulada pelas ações da empresa atinge de forma mais efetiva os objetivos ambientais traçados.

REFERÊNCIAS

- ADISSI, P. J.; ALMEIDA NETO, J. A. Conceitos básicos da gestão ambiental. In: ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BENYUS, J. M. Biomimética; inovação inspirada pela natureza. São Paulo: Editora Pensamento-Cultrix LTDA, 2013. 303p.
- BHUSHAN, B. Biomimetics: lessons from nature - an overview. **Philosophical transactions of the royal society a-mathematical physical and engineering sciences**, vol. 367, n. 1893, p. 1445-1486, 2009.
- BORELLA, I. L.; NAIME, R. Transformar a gestão ambiental em vantagem competitiva. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.6, n.6, p. 1025-1042, 2012.
- BRISOLARA, L. S.; SILVA, V.C.; CARDOSO, N. S. Quais são os principais motivos para obter a certificação NBR ISO 14001? Um estudo com empresas do estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 64-75, 2016.
- BRONES F.; CARVALHO M. M.; ZANCUL E. S. Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development?. **Journal of Cleaner Production**, vol.80, p. 106-118, 2014.
- CALAZANS, L. B. B.; SILVA, G. Inovação de processo: uma análise em empresas com práticas sustentáveis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 115-129, 2016.
- DE PAUW, I.; KARANA, E.; KANDACHAR, P. Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a case study of student design projects. **Journal of Cleaner Production**, vol. 78, p. 174-183, 2014.
- DEUTZ, P.; MCGUIRE, M.; NEIGHBOUR, G. Eco-design practice in the context of a structured design process: an interdisciplinary empirical study of UK manufacturers. **Journal of Cleaner Production**. vol. 39, p. 117-128, 2013.
- EL-ZEINY, R. M. A. Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, nº 50, p. 502-512, 2012.
- ESFAND, R.; TOMALIA, D.A. Poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers: from biomimicry to drug delivery and biomedical applications. **Drug discovery today**, vol. 6, n. 8, p. 427-436, 2001
- GONTIJO, F. K.; Dias, A. M. P. Integrando logística reversa e ecodesign: proposta de um novo Framework. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 2, p. 1-15, 2014.

- GUO, Z.; LIU, W.; SU, B.L. Superhydrophobic surfaces: From natural to biomimetic to functional. **Journal of colloid and interface science**, vol. 353, n. 2, p. 335-355, 2011.
- HUH, D. et al. Microengineered physiological biomimicry: Organs-on-Chips. **Lab on a chip**, vol. 12, n. 12, p. 2156-2164, 2012.
- JABBOUR, A. B. L. S.; STEFANELLI, N. O.; TEIXEIRA, A. A. Gestão ambiental e estrutura organizacional: estudo de múltiplos casos. **REGE**, v. 19, n. 3, p. 359-372, 2012.
- KANNAN, R. Y. et al. Current status of prosthetic bypass grafts: A review. **Journal of biomedical materials research part b-applied biomaterials**, vol. 74B, n. 1, p. 570-581, 2005.
- KELLY, J.R. Ceramics in restorative and prosthetic dentistry. **Annual review of materials science**, vol. 27, p. 443-468, 1997.
- LEPORA, N.; VERSCHURE, P.; PRESCOTT, T. The state of the art in biomimetic. **Biomimetics & Bioinspiration**, vol. 8, n° 1, p. 11, 2013.
- LEWANDOWSKA, A.; MATUSZAK-FLEJSZMAN, A. Eco-design as a normative element of Environmental Management Systems—the context of the revised ISO 14001:2015. **Int J Life Cycle Assess**, v. 19, p. 1794–1798, 2014.
- LURIE-LUKE, E. Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?. **Biotechnology Advances**, vol. 32, p. 1494-1505, 2014.
- MAYER, G. Rigid biological systems as models for synthetic composites. **Science**, vol. 310, n. 5751, p. 1144-1147, 2005.
- OBERNDORFER, E. et al. Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. **Bioscience**, vol. 57, n. 10, p. 823-833, 2007.
- OLIVEIRA, V. M.; CORREIA, S. E. N. Cultura de consumo, sustentabilidade e práticas empresariais: como as empresas podem contribuir para promover o valor simbólico da sustentabilidade nas atividades de consumo?. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n.1, 2016.
- PASSINO, K. M. Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control. **IEEE control systems magazine**, vol. 22, n. 3, p. 52-67, 2002.
- POULIKIDOU, S.; BJÖRKLUND, A.; TYSKENG, S. Empirical study on integration of environmental aspects into product development: processes, requirements and the use of tools in vehicle manufacturing companies in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, vol. 81, no. 0, p. 34–45, 2014.

PHILIPPI JR. A.; RODRIGUES, J. E. R. Uma introdução ao direito ambiental: Conceitos e princípios. In: PHILIPPI JR. A.; ALVES, A. C. **Curso interdisciplinar de direito ambiental**. Barueri: Manole, 2005.

SILVA, A. L. E; MORAES, J. A. R; MACHADO, E. L. 2015. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 20, p. 29-37,. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522015000100029&script=sci_abstract

SOARES, M. A. R. **Biomimetismo e Ecodesign**: Desenvolvimento de uma ferramenta criativa de apoio ao design de produtos sustentáveis. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

THOMSON Reuters. **Web of knowledge -Searching the Organizations** - Enhanced List. (2016) Disponível em: https://images.webofknowledge.com/WOKRS57B4/help/WOS/hp_organizations_enhanced_index.html Acesso em: 04 de setembro de 2016.

WISNIEWSKI, N.; REICHERT, M. Methods for reducing biosensor membrane biofouling. **Colloids and surfaces b-biointerfaces**, vol. 18, n. 3-4, p. 197-219, 2000.

**CAPÍTULO 1: ANÁLISE DOS CONCEITOS BIOMIMETISMO E ECODESIGN NO
DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA**

ANÁLISE DOS CONCEITOS BIOMIMETISMO E ECODESIGN NO DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

RESUMO

Os conteúdos trabalhados nos livros didáticos de biologia podem permitir o desenvolvimento da Educação Ambiental utilizando-se de dois conceitos ainda novos nesta abordagem, são eles: biomimetismo e *ecodesign*. Possuem grandes contribuições em diversas áreas da ciência, permitindo expor os avanços da tecnologia em favor da resolução dos problemas ambientais gerados por atividades impactantes. A biomimética inspira-se no mundo natural para criar formas altamente eficazes para o desenvolvimento de soluções sustentáveis, o *ecodesign* caracteriza-se como um processo de inclusão de quesitos ambientais no processo de design de produtos. Para isso, realizou-se a avaliação dos livros didáticos do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) dos anos 2015-2017 para identificação de temas da biologia que podem ser utilizados para a incorporação destes conceitos. Após esta fase de investigação dos três volumes das obras, foi realizada uma análise mais detalhada da coleção, contendo contribuições e sugestões do que é possível ser melhorado para que os conceitos de biomimetismo e *ecodesign* possam ser incluídos nos livros didáticos. A análise realizada encontrou em quatro exemplares a menção as inovações da biomimética, mas, o termo e a aplicação do conceito de *ecodesign* não foi detectado em nenhum dos livros, constatando-se grande viabilidade de inserção do mesmo. Os conceitos são importantes para o desenvolvimento da educação ambiental e precisam ser abordados de forma mais efetiva dentro dos conteúdos de biologia por diversos aspectos, mas, principalmente pela interdisciplinaridade e o viés da sustentabilidade que eles contemplam.

Palavras-chave: Biomimetismo. *Ecodesign*. Livros didáticos. Educação ambiental.

CONCEPTOS DE ANÁLISIS DE DISEÑO ECOLÓGICO BIOMIMÉTICA Y EL DESARROLLO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LOS LIBROS DE BIOLOGÍA

RESUMEN

Los contenidos trabajados en los libros de texto de biología pueden permitir el desarrollo de la educación ambiental utilizando dos conceptos todavía nuevos en este enfoque, son: biomimética y ecodiseño. Tienen grandes contribuciones en diversos campos de la ciencia, lo que permite exponer los avances de la tecnología en favor de la resolución de los problemas ambientales causados por actividades impactantes. La biomimética se basa en el mundo natural para crear formas muy eficaces para el desarrollo de soluciones sostenibles, el ecodiseño se caracteriza como un proceso de inclusión de las cuestiones ambientales en el proceso de diseño de productos. Para eso, se llevó a cabo la evaluación de los libros de texto del Plan Nacional de Libros de Texto (PNLT) de los años 2015-2017 para identificación de los temas de la biología que se pueden utilizar para incorporar estos conceptos. Después de esta fase de la investigación y el análisis de los tres volúmenes de las obras, se llevó a cabo un análisis más detallado de la colección, que contiene contribuciones y sugerencias de lo que puede mejorarse de manera que los conceptos de la biomimética y ecodiseño pueden ser incluidos en

los libros de texto. El análisis realizada encontró en cuatro ejemplares la mención a las innovaciones de la biomimética, pero el término y la aplicación del concepto de ecodiseño no se detectó en ninguno de los libros, tomando nota de gran viabilidad de la inserción del mismo. Los conceptos son importantes para el desarrollo de la educación ambiental y deben ser abordados de manera más eficaz dentro del contenido de la biología por varios aspectos, pero especialmente por la interdisciplinariedad y el sesgo de la sostenibilidad que se contemplan.

Palabras clave: Biomimética. Ecodiseño. Libros de texto. Educación ambiental.

ANALYSIS OF THE CONCEPTS BIOMIMETISM AND ECODESIGN IN THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN BIOLOGICAL DIDACTIC BOOKS

ABSTRACT

The contents worked in biology textbooks can allow the development of environmental education using two concepts still new in this approach, they are: biomimicry and ecodesign. They have great contributions in various fields of science, allowing expose the advances of technology in favor of the resolution of environmental problems caused by impacting activities. biomimetics draws on the natural world to create highly effective ways to develop sustainable solutions, ecodesign is characterized as a process of inclusion of environmental questions in the process of product design. For this, we carried out the evaluation of textbooks National Textbook Plan (PNLD) the years 2015-2017 to identify themes of biology that can be used to incorporate these concepts. After this phase of investigation of the three volumes of the works, an analysis of the collection was held, containing contributions and suggestions about what can be improved so that the concepts of biomimicry and ecodesign can be included in textbooks. The analysis found in four volumes the mention of inovation of biomimetics, but the term and application of the concept of ecodesign were not detected in any of in the textbooks, noting it great viability of inserting the same. The concepts are important for the development of environmental education and need to be addressed more effectively within the biology content by several aspects, but mainly by interdisciplinarity and the bias of sustainability that they contemplate.

Keywords: Biomimicry. Ecodesign. Didactic books. Environmental education

INTRODUÇÃO

A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 que dispõe especificamente sobre a Política Nacional de Educação Ambiental (EA) instituiu que a mesma deve ser trabalhada como componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo. Esta lei enfatiza o reconhecimento do seu papel transformador e emancipatório. A resolução nº 2 de 2012 que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (DCNEA) reforça este interesse que se torna cada vez mais visível diante do cenário nacional e mundial em que

a preocupação com as mudanças climáticas, a degradação da natureza, a redução da biodiversidade, os riscos socioambientais locais e globais, as necessidades planetárias evidenciam-se na prática social.

Em função da necessidade de inserção da EA, escola e professores tornam-se possíveis mediadores da transformação requerida, utilizando-se do livro didático como um instrumento e um grande aliado, pois nele estão sistematizados os saberes historicamente acumulados pela ciência, embora não deva ser a única forma de promover a circulação do conhecimento (CARVALHO et al. 2014).

Os conteúdos trabalhados nos livros didáticos podem permitir o desenvolvimento da Educação Ambiental utilizando-se de dois conceitos ainda novos, mas que possuem grandes contribuições em diversas áreas da ciência permitindo expor os avanços da tecnologia em favor da resolução dos problemas ambientais gerados por atividades impactantes.

A biomimética foi adotada como uma estratégia atual na prática de *design*, inspirando-se no mundo natural para criar formas altamente eficazes para o desenvolvimento de soluções sustentáveis. Já o *ecodesign* caracteriza-se como uma ferramenta mais reconhecida e utilizada para a inclusão ambiental no processo de *design* de produto (DE PAUW et al. 2014). A ISO 14006 (ABNT 2011) que normatiza a implantação do *ecodesign* nas indústrias, caracteriza-o como a integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto, com o objetivo de reduzir impactos ambientais adversos ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

A avaliação dos livros didáticos e seus conteúdos identificam temas da biologia que podem ser utilizados para a incorporação destes conceitos, incluindo-os nas abordagens levantadas por cada uma das coleções adotadas na escola pública. Os temas relacionados à ecologia, biodiversidade, desenvolvimento sustentável, desequilíbrios ambientais, ciclos biogeoquímicos, a saúde e o meio ambiente podem ser exemplos de onde poderiam ser introduzidos.

Os livros didáticos são ainda fundamentais dentro da escola, sendo o veículo de informações geradas pela ciência e concretizadas pela tecnologia. Questões como a sustentabilidade podem ser apresentados por meio de conceitos como os de biomimética e *ecodesign*, que permitam contemplar a interdisciplinaridade, que forma indivíduos mais críticos e conscientes dos avanços científicos.

METODOLOGIA

Foram adotadas para análise e elaboração de sugestões as coleções do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) dos anos 2015 a 2017 com o componente curricular Biologia,

contendo ao todo oito coleções de várias editoras dispostos no Guia do livro didático, documento disponibilizado pelo Ministério da Educação (MEC) contendo resenhas sobre o que será abordado no livro para apreciação do professor que deverá selecionar uma delas para trabalhar.

A leitura dos três volumes da coleção objetivou a verificação da existência da abordagem dos conceitos de biomimetismo e *ecodesign* pelos autores, identificação de conteúdos que permitissem a incorporação destes conceitos, bem como a oportunidade de encaixá-los em tópicos, boxes dentro do texto ou ao final dele.

Partindo disso, a análise foi realizada levando em conta três critérios que são:

1. Observação da estrutura do sumário
2. Estrutura da unidade
3. Conteúdos que permitem a possibilidade de inserção do conceito

O primeiro critério permite a visualização de como os conteúdos foram organizados pelo autor. O segundo permite perceber como se desenvolverá estruturalmente os conteúdos nos volumes daquela coleção, observando como as temáticas serão trabalhadas pelo autor, as possibilidades de conexão com assuntos, disciplinas e áreas diferenciadas e a contemplação de pontos sugeridos pelos documentos do MEC. O último critério permite a identificação de conteúdos que abordam ou que possuem possibilidade de encaixe dos conceitos de biomimetismo e *ecodesign*, expondo e sugerindo formas de abordagem pelo professor e autor do livro, incentivando a interdisciplinaridade e a contextualização quando possível.

Após esta fase de investigação e observação dos três volumes da obra, foi realizada uma análise geral da coleção, contendo contribuições e sugestões do que poderia ser melhorado para que os conceitos de biomimetismo e *ecodesign* pudessem ser incluídos nos livros didáticos.

A análise das coleções possibilitou a redação de contribuição a essas temáticas:

- **Biomimetismo:** A inspiração encontrada na natureza pode solucionar diversos problemas humanos, inclusive quando relacionadas à sustentabilidade dentro do *design* industrial. Serão inseridas discussões, levantamento de outras temáticas e a proposta de interdisciplinaridade mencionada e incentivada pelos documentos do MEC por meio deste conceito.
- **Ecodesign:** Os processos realizados nas atividades industriais afetam negativamente o meio ambiente, com as ideias de sustentabilidade e observação de aspectos ambientais

na fase de projeto de produtos pode-se reduzir o impacto de produtos durante o seu ciclo de vida.

Os livros didáticos foram analisados tomando por base os documentos do MEC, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN +), Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) e Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM).

Para melhor identificação dos livros didáticos foram utilizados siglas para designar cada uma das coleções, conforme o exposto no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Livros didáticos e siglas

Nome do livro	Editora	Autor (es)	Siglas
Biologia	AJS	Vivian Lavander Mendonça	L1
Biologia	Saraiva	César da Silva Júnior Sezar Sasson Nelson Caldini Júnior	L2
Biologia em Contexto	Moderna	José Mariano Amabis Gilberto Rodrigues Martho	L3
Biologia Hoje	Ática	Sérgio de Vasconcelos Linhares Fernando Gewandsznadger	L4
Conexões com a Biologia	Moderna	Rita Helena Bröckelmann	L5
Novas bases da Biologia	Ática	Nélio Marco Vincenzo Bizzo	L6
Ser Protagonista - Biologia	Edições SM	Márcia Regina Takeuchi Tereza Costa Osorio	L7
Bio	Saraiva	Sônia G. B. C. Lopes Sergio Rosso	L8

FONTE: Elaborado pela autora

As siglas utilizadas (L1, L2, L3...) designam a coleção completa, que são compostas cada uma por três volumes referentes às séries do ensino médio, respectivamente, volume 1, 2 ou 3.

RESULTADOS

A avaliação da estrutura dos sumários, unidades, capítulos e a observação da possibilidade de inserção dos conceitos de biomimética e *ecodesign* nos livros didáticos em

seus três volumes permitiram a descrição e análise ressaltando os aspectos mais significativos para a viabilidade de incorporação destes temas para discussão e conhecimento dos alunos. Os respectivos livros e análises são designados pelas siglas disponibilizadas no Quadro 1.

Análise L1

O livro didático representa uma ferramenta para auxiliar o professor e conduzir o aluno no pleno desenvolvimento e aprendizado dos conteúdos, sendo necessário que os mesmos sigam ou tentem estabelecer aspectos demandados pelos documentos do MEC, como a interdisciplinaridade e contextualização dos temas abordados no livro.

Outro tema enfatizado nestes documentos é a inserção de conteúdos relacionados à problemática ambiental. Devido ao momento marcado pela ocorrência de diversos desastres ambientais, as DCNEM ressaltam a necessidade dos educadores de compreender a complexa multicausalidade da crise ambiental contemporânea e de contribuir para a prevenção de seus efeitos deletérios e para o enfrentamento das mudanças socioambientais globais. Esta necessidade e decorrentes preocupações são universais.

Em conformidade com o que foi exposto sobre o que os documentos recomendam, a análise revelou que esta coleção (L1) utiliza de forma muito tímida a interdisciplinaridade, relacionando em maior quantidade os conteúdos com as disciplinas da área de Ciências da Natureza e Matemática na qual a Biologia esta inserida, com pouca ou nenhuma abordagem de outras áreas do conhecimento humano, tais como as Ciências Humanas e Exatas.

Os volumes desta coleção são bem ilustrados, mas dispõe os conteúdos de forma resumida. Observa-se ainda que o volume 1 tem poucas informações adicionais ao longo do texto e ao final dos capítulos, podendo ser inseridas normalmente no próprio texto sem nenhum prejuízo ao conteúdo e por se tratarem de uma continuação das informações. Os volumes 2 e 3 já contemplam uma maior quantidade de informações extras, esquemas, seções que estimulam a conexão com a realidade do aluno, fazendo-o relacionar teoria e prática.

Ao analisar os livros didáticos foi possível perceber que a autora pouco enfoca as questões relacionadas ao meio ambiente, os desequilíbrios causados pelo ser humano, a educação ambiental, a sustentabilidade e a conservação da biodiversidade. Nos três volumes, só foi possível constatar no volume 2 a presença efetiva de assuntos relacionados à temática ambiental, não sendo observada a presença de um capítulo específico para a Ecologia.

É necessária a inserção de mais indicações de sites, livros, vídeos e textos que abordem a tecnologia, as questões ambientais, e outros assuntos que estimulem o desenvolvimento crítico sobre os conteúdos repassados.

No que diz respeito à inserção do conceito de biomimetismo, não existe menção ao termo, mas algumas de suas aplicações foram observadas nos capítulos, principalmente, relacionados aos animais. A análise realizada respeitou a estruturação dada as unidades pela autora, sugerindo apenas modificações nos textos, a inserção de esquemas, ilustrações e vídeos que subsidiem o conhecimento desta nova ciência, lançando um novo olhar sobre os conteúdos permitindo que o professor conheça e explore estas informações, a fim de expor ao aluno as inovações geradas pela biomimética.

Análise L2

A coleção analisada apresenta boas possibilidades de inserção do conceito de biomimética por diversos aspectos: 1) Possui vários tipos de box distribuídos na introdução, desenvolvimento e conclusão dos capítulos e unidades, 2) Abordagem de questões atuais, 3) Explora a interdisciplinaridade, 4) Ênfase nas questões ambientais, 5) Muitos textos acessórios para análise e 6) Sugestões de documentos e matérias em sites da internet.

As informações adicionais contidas nos livros, além de permitirem a abordagem do conhecimento e inovação gerados pela inspiração na natureza, contém alguns textos que mencionam a necessidade cada vez mais urgente do homem começar a imitar processos mais eficientes, como os observados nos processos biológicos realizados por plantas e/ou animais. Não há menção somente ao termo Biomimética, mas o conceito é claramente abordado, principalmente, no volume 2 desta obra. Os textos que trazem esta informação geralmente são trabalhados no início dos capítulos e permitem a associação com o que será abordado nos conteúdos, podendo ser acrescentadas em outros momentos inovações relacionadas à biomimética, incorporando o termo para torna-lo mais conhecido.

A observação da capa dos três volumes gera um estímulo à curiosidade e a pesquisa, pois apresentam exemplos de animais que estão camuflados ao seu meio, demonstrado ainda a função deste tipo de adaptação que seria de proteção contra predadores ou ataque contra as suas presas. A camuflagem é considerada um tipo especial de mimetismo, a partir disso, muitas possibilidades de discussão sobre este assunto e também sobre a biomimética podem ser formulados para aproximar os alunos de uma nova visão proporcionada pelas

demonstrações de opções geradas pela natureza, a diversidade e a discussão sobre a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Alguns sites são mencionados para a pesquisa e os títulos das matérias são muito interessantes, incitam a busca e o interesse pelo conteúdo da matéria, mas a grande maioria dos sites indicados não direciona ao endereço eletrônico que está colocado. Às vezes, os endereços equivocados estão relacionados a conteúdos proveitosos para o aluno, mas a matéria que está em destaque não é encontrada ou nem mesmo existe. Algumas dessas matérias sugerem no seu título a abordagem de inovações da biomimética, mas não são encontradas.

Outro aspecto positivo do livro são as muitas ilustrações, esquemas e representações, muitos boxes que aprofundam o conhecimento sobre meio ambiente, saúde, tecnologia, entre outros. O final dos capítulos sempre apresenta dois ou mais textos para leitura e interpretação com informações atuais, relacionadas a outras áreas e disciplinas, questões que trabalham as habilidades exigidas pelo ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) que exploram a interdisciplinaridade, questões que são no formato de outros vestibulares e um caderno de testes relacionados a cada capítulo do livro.

Análise L3

A importância da investigação na ciência e das inovações tecnológicas para o futuro são bem colocadas em um capítulo à parte sobre a ciência e a forma como é conduzida, na qual são levantadas questões sobre a origem, a revolução e a natureza do conhecimento científico. Estas informações colocadas no início do livro são sempre evocadas dentro do texto, servindo de base ao entendimento de outras temáticas.

A maioria dos capítulos apresenta além de uma imagem, textos jornalísticos que exploram outros conhecimentos fazendo com que o aluno observe que aquela temática também está presente em meios de comunicação acessíveis ao seu conhecimento. Para estimular o interesse e gerar curiosidade sobre o assunto do texto, são inseridas algumas perguntas que podem servir de introdução à temática abordada no capítulo.

O box “A importância do tema” está presente em todo início de capítulo e desempenha um papel de facilitador no entendimento por parte do aluno, do que será trabalhado dentro dos capítulos. Entretanto, a exposição poderá tornar deficiente a percepção do próprio aluno sobre aquele tema, por conter a informação explícita, isso o impeça de ao longo do seu estudo fazer conexões próprias de sua observação.

O conceito de mimetismo é trabalhado no volume 2 no item sobre adaptação e evolução e contém informações mais detalhadas que outras coleções sobre esta características apresentada por alguns animais e plantas.

Esta coleção apresenta um livro digital que pode ser visto no site da editora e contém vários vídeos ilustrativos sobre as temáticas apresentadas nos capítulos que possuem um ícone de identificação do conteúdo digital. Uma falha observada é que dentro do livro não há referência de onde o aluno deve procurar este recurso, ficando restrito mais a utilização do professor, sendo que poderia ser muito útil para o estudo individual do aluno.

Análise L4

A coleção analisada possui um padrão (boxes bem distribuídos, informações extras ao logo dos capítulos, riqueza de ilustrações) nos três volumes, não decaindo ou aumentando o repasse de informações extras contidas em box e seções, ressaltando questões em relação ao conteúdo daquele capítulo dentro do texto e ao final de cada exposição.

O autor propõe trabalhos em equipe que permitem a troca entre as disciplinas de Química, Geografia, Matemática, História e, também, o contato com os professores das mesmas, permitindo a aproximação dos profissionais de cada área com objetivo de promover a interdisciplinaridade. Em contrapartida, revela-se a necessidade do professor de Biologia promover esta conexão entre áreas em seu próprio discurso, sem recorrer a outros profissionais porque aquela temática não é do seu domínio. É importante que o professor da disciplina, seja ela qual for, possua a habilidade de fazer conexões com outras áreas de estudo.

Foi observado que o livro possui muitos boxes com informações sobre tecnologia, ambiente, sociedade e seu cotidiano, ética e aprofundamento de alguns assuntos relacionados à temática, mas o autor não sugere novos sites, livros, filmes ou vídeos que convidem o aluno a refletir sobre aquele assunto e formar a sua própria opinião sobre aquela temática. No final do livro, há alguns sites relacionados a cada um dos capítulos inseridos no livro, mas sugere-se que eles ocupem lugares de maior destaque.

A apresentação do livro informa que um ícone chamado “Conteúdo digital” indica objetos educacionais digitais relacionados aos conteúdos, mas nada foi encontrado dentro dos livros ou de forma complementar ao mesmo que seja referente ao que este ícone indica, somente as sugestões de sites e revistas ao final do livro, que não condiz ao que foi apresentado.

O volume 3 desta coleção possui uma unidade voltada somente para o estudo da Ecologia, abordando vários assuntos relacionados aos desequilíbrios ambientais, as suas causas e as possíveis soluções para este problema. Percebe-se uma maior facilidade de inserir as aplicações do biomimetismo, e também, do *ecodesign* quando há esta divisão dos conteúdos relacionados ao meio ambiente, não impedindo que aconteça a abordagem destes conceitos caso o livro não faça essa separação ou não proporcione um maior destaque com uma unidade específica para os conteúdos de Ecologia.

A análise também constatou a presença do conceito de mimetismo no capítulo referente às relações ecológicas do tipo predação, caracterizando-o como um artifício presente em presas e predadores para defesa e ataque, com as características desenvolvidas ao longo da evolução por meio de mutações. Ressalta-se que este conteúdo poderia ser tratado também na unidade sobre evolução de forma a permitir a inserção do conceito de biomimetismo voltado para estes dois tipos de conteúdos, proporcionando enfoques diferentes para as aplicações desta nova ciência.

Os questionamentos feitos ao final de cada Unidade por questões de vestibulares, ENEM e até mesmo pelo autor podem proporcionar a abordagem de novas informações relacionadas ao conteúdo do enunciado daquela questão, permitindo que o aluno consiga acrescentar mais informações as que já estão disponíveis. Foi sugerida nas análises a criação de boxes que permitam fazer interligações das temáticas levantadas nos enunciados das questões com outras áreas, transposição de conhecimento científico ao cotidiano do aluno como forma de despertar a sua curiosidade, incitando-o a buscar mais conhecimento.

Análise L5

Os livros desta coleção possuem diversos tipos de boxes, seções e notas explicativas que contemplam informações adicionais relevantes, interligando-os com diversos temas e áreas como a Educação Ambiental, a Etnobiologia, a física, a química, a economia, abordando as questões sociais envolvidas nos processos, permitindo que o aluno se sinta parte do que está sendo colocado e conhecendo outras culturas por meio dos exemplos, esquemas e imagens inseridas no texto.

Outro aspecto importante observado foi a frequência com que assuntos relacionados ao meio ambiente aparecem interligados com outros conteúdos, enfatizando o desenvolvimento sustentável, a educação ambiental, a conservação dos ecossistemas e da biodiversidade. A utilização da Educação Ambiental é uma forma muito eficiente de promover a

interdisciplinaridade, por ser um tema transversal, ele pode e deve ser contemplado em diversas áreas, conteúdos e disciplinas; assim como dispõe a resolução 002/12 sobre as Diretrizes Curriculares sobre a Educação Ambiental.

No que se refere ao objetivo desta análise que é a inserção ou não dos conceitos de biomimetismo dentro dos conteúdos do livro didático, foi possível perceber que os autores inseriram o conceito, mas não o vincularam ao termo utilizado (biomimetismo). Apesar de não ter um grande destaque dentro do texto, quando o conceito foi utilizado estava restringido às questões e a seção “Conexões” todas no final do livro.

As sugestões realizadas nas análises ressaltam a necessidade de dar maior destaque às inovações propostas pela biomimética, inserindo esses conhecimentos dentro dos textos, utilizando recursos como a ilustração e o esquema muito utilizado em outros conteúdos do livro, a introdução de boxes maiores que abordem as variadas interfaces geradas por esta ciência.

Muitos sites, livros, vídeos e filmes são indicados ao final de todas as unidades, e poderiam ser sugeridas mais opções que abordem o biomimetismo, tais como a observação do espaço natural, discussões sobre vídeos que mostram inovações biomiméticas, dentre outras atividades que permitam o aprofundamento do aluno neste assunto.

As atividades práticas poderiam ser outra forma de inserção do biomimetismo, já que os livros propõem muitas atividades como essa, além de projetos que também são propostos para outros temas, mas que poderiam envolver os alunos em uma atividade em que eles mesmos desenvolveriam formas de conhecer e aprofundar o conhecimento sobre esta ciência, a partir de subsídios criados pelo professor para que seja possível a concretização desta proposta. A sugestão de jogos e brincadeiras, seminários, estudos do meio e debates também são propícios à inserção do biomimetismo e são sugeridos como forma de ação para os professores nos PCN+.

Em resumo, pode-se perceber que os livros desta coleção apresentam uma grande possibilidade para inserção da Biomimética, por apresentar suporte para introdução de um novo olhar dentro das várias seções e boxes que estimulam a interdisciplinaridade, apesar de já possuir uma abordagem tímida destes conhecimentos já amplamente utilizados pela ciência.

Análise L6

Nesta coleção foi possível perceber o uso de muitas imagens que auxiliam e estimulam a percepção dos alunos e podem permitir a interligação com abordagens sobre tecnologia e

ciência, relacionadas à inspiração na natureza. O livro dá um destaque grande a alguns cientistas, esquecendo-se da ciência como empreendimento coletivo. Poderia ter sido mais explorado, as inovações tecnológicas auxiliando o aluno na inserção em um contexto resultante da revolução científica e tecnológica.

Informações atualizadas e com caráter interdisciplinar inserida durante o texto, ao final dos capítulos e unidades apresenta-se como uma contribuição à elevação do conhecimento, tornando possível ao professor o estímulo às discussões por meio de temáticas relacionadas aos conteúdos estudados, quase sempre carregados por boxes específicos. Os três volumes do livro poderiam tratar de assuntos diversos nos boxes, como meio ambiente, saúde, tecnologia, ética, entre outros. Alguns tipos de boxes são sempre encontrados ao final dos capítulos e são em sua grande maioria voltados somente ao que foi abordado no conteúdo, mas auxiliam na síntese de ideias como a utilização de quadros sinópticos, a formulação de perguntas e respostas como se fossem em uma conversação de internet chamado de “*Biochat*” e o estímulo ao posicionamento crítico sobre algumas questões que a partir de um texto são problematizadas com a intenção de ouvir a opinião do aluno, se de fato conseguiu compreender os conteúdos da unidade.

As questões ambientais foram bem abordadas nos volumes 1 e 2, pois foram tratadas com diferentes enfoques como as bases da ecologia, os aspectos socioambientais e o meio ambiente relacionado à qualidade de vida, abrindo espaço a sugestão de inserção dos conceitos de biomimética e também de *ecodesign*, como alternativas para o desenvolvimento de atividades sustentáveis.

Os livros didáticos contam ainda com exercícios, experimentos, sugestões de leitura, pequenos quadros contendo o significado de palavras do texto e vídeos compondo o conteúdo digital.

Análise L7

Esta coleção apresenta vários aspectos relevantes e que podem permitir a inserção dos conhecimentos gerados pela biomimética. O primeiro exemplo disso é a variedade de boxes criados pelo autor (Biologia tem história, Biologia se discute, saiba mais, Ciência, tecnologia e sociedade, entre outros) que permitem mais possibilidades para introduzir o biomimetismo e não só esta temática, mas também outras como o *Ecodesign* e avaliação do ciclo de vida.

Outro aspecto importante evidenciado nesta obra foram as ligações estabelecidas de forma explícita e implícita com outras disciplinas das Ciências da Natureza, Matemática,

Ciências Humanas e entre áreas diversas da ciência, permitindo que o professor tenha suporte para desenvolver o que o PCN+ sugere, que é fazer associações da sua disciplina com outras para que o aluno consiga estabelecer sínteses necessárias a partir dos discursos e práticas de cada uma das disciplinas.

Estabelecida esta forma de trabalho, em que se faz conexões com várias áreas a partir do estudo da biologia, torna-se cada vez mais fácil inserir o biomimetismo por sua característica própria de interdisciplinaridade e ligação direta com o uso da tecnologia, desta forma a sociedade se torna cada vez mais envolvida com essa questão aproximando o aluno do que poderia ser observado em seu cotidiano e que não era tratado em sala de aula.

Discussões são levantadas no desenvolvimento do conteúdo com o box “Biologia se discute” em que se tem uma informação já bem estabelecida na biologia e uma outra que é aceita por uma pequena quantidade de pessoas. Nos conteúdos relacionados ao meio ambiente, muitas discussões podem ser suscitadas sobre o uso da biomimética e *ecodesign*, fazendo estabelecer-se tanto a ideia de inspiração na natureza para resolução de problemas como a de desenvolvimento de produtos sustentáveis com a contemplação das questões ambientais desde a fase de projeto de um produto, minimizando impactos.

Analisando as atividades encontradas após os capítulos percebe-se uma deficiência quanto ao incentivo maior no desenvolvimento de habilidades que podem ser exploradas na inserção de questões com mais textos e informações adicionais contemplando a interdisciplinaridade inclusive inserindo a biomimética, fazendo com que o aluno conheça, pesquise e queira saber mais sobre este conceito.

Muitas propostas de atividades investigativas e em grupos são indicadas, sugere-se a inserção de atividades que permitam a interação dos alunos com a natureza para a mudança de olhar com relação ao aprendizado proporcionado pelos processos biológicos, assim como os pesquisadores tem realizado com a biomimética, reaprendendo a observar a natureza.

A vivência e o conhecimento dos processos produtivos em indústrias da cidade permitem que o professor colabore na apresentação dos conhecimentos sobre o *ecodesign*, estimulando atividades práticas e que colocam os alunos em contato com ações sustentáveis que estão sendo desenvolvidas dentro das empresas.

Análise L8

Para a inserção do conceito de biomimética e suas inovações, por serem informações ainda pouco conhecidas ou desconhecidas, faz-se necessária a existência de variados tipos de

boxes que permitam inserir estes conhecimentos atrelados aos conteúdos repassados no texto ou ao final dos capítulos, também relacionados ao conteúdo.

Esta coleção apresenta uma quantidade favorável de boxes para inserção de novos conceitos, mas que poderiam ser melhoradas proporcionando mais ligações com assuntos relacionados à sociedade e ao seu cotidiano, o uso da tecnologia e uma maior aproximação com as disciplinas que fazem parte das Ciências da natureza, como também de outras ciências e áreas que não são próximas a realidade do aluno a fim de lhe mostrar novos conhecimentos.

Os conteúdos que envolvem a Ecologia, os desequilíbrios causados pelo homem, bem como, as alternativas para remediação de vários destes problemas foram bem colocados nestes volumes, principalmente, no primeiro. O box “Ampliando e integrando conhecimentos” contempla de forma ampla, resumida e com contribuições de vários textos de revistas, jornais e questionamentos interessantes que incitam a discussão, a curiosidade e a pesquisa em várias temáticas, assim como as relacionadas ao meio ambiente, permitindo várias oportunidades para inserção da biomimética e do *ecodesign*.

Ressalta-se, também, a importância de dois outros boxes, o “Colocando em foco” e o “Despertando ideias”, que de formas distintas podem contribuir para inserção do biomimetismo e do *ecodesign*. O primeiro por aparecer muitas vezes ao longo do texto e ao final dos capítulos pode favorecer a menção do biomimetismo e do *ecodesign* mais vezes dentro do texto e em contextos diferentes, permitindo que o aluno fixe o conceito, mas também consiga estabelecer ligações do conteúdo com as ideias inovadoras que serão expostas. O segundo poderá inserir estes conceitos de forma mais prática, com o desenvolvimento de propostas de atividades que promovam a interação com a natureza e o ambiente industrial, aproximando os alunos desta realidade e colocando-os como agentes de transformação da sua própria visão de mundo e futuros desenvolvedores de alternativas para a sustentabilidade.

A partir desta análise percebe-se que a ligação com outras disciplinas e áreas ainda é muito tímida, mas existe. Propõe-se a criação de outros tipos de boxes, atividades, temáticas de discussão que contemplem este aspecto bastante enfatizado pelos documentos do MEC que é a interdisciplinaridade e a contextualização dos conteúdos.

DISCUSSÃO

A análise dos livros didáticos proporcionou uma visão ampla de como os conteúdos podem ser trabalhados, a importância das imagens, esquemas, representações, textos complementares para a discussão, trabalhos em equipe e atividades de pesquisa.

A criação de boxes com diversos enfoques, temática e finalidades de expor ao aluno questões sobre o meio ambiente, saúde, tecnologia, cotidiano, cultura, ética, entre outros possibilitam a incorporação dos conceitos de biomimética e *ecodesign* por realizar conexões com diversas áreas da ciência, introduzindo a sustentabilidade de forma a promover a educação ambiental de formas variadas, em vários contextos e temáticas proporcionando também o desenvolvimento da interdisciplinaridade, quesito sugerido nos documentos do MEC como necessário a ser trabalhado pelo professor.

Em suma, observa-se a necessidade de um apoio maior para a divulgação destes conceitos nos livros didáticos. Apesar de ter sido encontrado em quatro exemplares a menção às inovações da biomimética (Quadro 2), o termo e a aplicação do conceito de *ecodesign* não foi observado em nenhum dos exemplares analisados, mas constata-se grande viabilidade de inserção do mesmo.

Quadro 2: Livros didáticos, volumes e capítulos no qual foi encontrado o conceito de biomimética

Nome do livro	Editora	Autor (es)	Capítulos em que foi encontrado o conceito de biomimética
Biologia	Saraiva	César da Silva Júnior/ Sezar Sasson/ Nelson Caldini Júnior	Volume 2: Reino Animalia (Anfíbios) Volume 3: Metabolismo Celular (Metabolismo energético)
Biologia	AJS	Vivian Lavander Mendonça	Volume 2: Diversidade biológica III: animais (Mollusca) (Aves) (Poríferos - Atividades)
Novas bases da Biologia	Ática	Nélio Marco Vincenzo Bizzo	Volume 2: Biodiversidade: eucariotos III (Peixes)
Conexões com a Biologia	Moderna	Rita Helena Bröckelmann	Locomoção e coordenação de organismos (Ecolocalização – Atividades)

FONTE: Elaborado pela autora

Nesta análise, os conteúdos em que foram encontradas maiores ocorrências do conceito de biomimetismo foram os relacionados aos animais e aos hábitos de defesa, ataque e características da estrutura corporal que desenvolveram ao longo do processo evolutivo. Segundo Lurie-Luke (2014) existem espécies que são mais inspiradoras que outras em termos de variação de aplicações, como as plantas e os insetos. Sendo assim, foi possível identificar nas unidades e capítulos dos livros analisados a possibilidade de inserção do conceito biomimetismo (Apêndice A) em diversos conteúdos como ecologia, evolução, dentre outros.

CONCLUSÃO

Os conceitos de biomimetismo e *ecodesign* precisam ser abordados de forma mais efetiva dentro dos conteúdos de biologia por diversos aspectos, mas, principalmente pela interdisciplinaridade e o viés da sustentabilidade que eles contemplam.

A ideia de inspiração na natureza para resolução dos problemas humanos foi encontrada em quatro dos oito exemplares analisados, o mesmo não aconteceu com o conceito de *Ecodesign*, entretanto vários conteúdos permitem a sua inserção.

O estudo deste material vai permitir a criação de um material didático que contenha informações relevantes sobre biomimética e *ecodesign*.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14006**: Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para incorporar o *ecodesign*. Rio de Janeiro, 2011, 35p.

Brasil. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB/DICEI, 2013.

Brasil. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

Brasil. Ministério da Educação. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012**. Estabelece as Diretrizes Curriculares para a Educação ambiental. Disponível em:
<http://conferenciainfanto.mec.gov.br/images/pdf/diretrizes.pdf>

Brasil. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

Brasil. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>

Carvalho MES. 2014. O livro didático e a circulação do conhecimento: Uma análise da questão ambiental na geografia escolar. **Interfaces Científicas – Educação**, 2 (2): 57 – 65.

De pauw I, Karana E and Kandachar P. 2014. Comparing biomimicry and cradle to cradle with ecodesign: a case study of student design projects. **Journal of Cleaner Production**, 78: 174-183.

**CAPÍTULO 2: ECODESIGN: UM CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

ECODESIGN: UM CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA INDÚSTRIA MOVELEIRA

RESUMO:

O *ecodesign* é um processo que objetiva reduzir e/ou mitigar os impactos ambientais de produtos durante todo o seu ciclo de vida. Este trabalho teve o objetivo de identificar a viabilidade de implantação do *ecodesign* em uma indústria do setor moveleiro localizada na cidade de Teresina-PI. A pesquisa foi realizada com base na norma da ABNT NBR ISO 14006:2011 que trata sobre as diretrizes para incorporar o *ecodesign*, sendo dividida em três fases: 1-Diagnóstico, 2-Definição de móveis, 3-Identificação de possibilidades de implantação do *ecodesign*. Foram selecionadas e analisadas as etapas de fabricação de três modelos de cadeiras pertencentes ao mobiliário escolar do tipo adulto. As etapas do ciclo de vida dos produtos envolvem: aquisição de matérias-primas, planejamento dos produtos, *design*, produção e transporte. A indústria não possui Sistema de Gestão Ambiental (SGA), representando a realidade da maioria das indústrias moveleiras dessa cidade. Verificou-se uma quantidade maior de processos (nove etapas), matérias-primas, resíduos e componentes para a fabricação do modelo 3. O modelo 1 possui menos etapas de produção (total de seis), aquisição de matéria-prima no próprio estado, para este produto não foram utilizadas embalagens e após a fabricação direcionadas ao cliente. Nesta indústria, há possibilidades de implantação do *ecodesign* com adoção de melhorias na economia de matéria-prima, escolha de fornecedores que fabriquem materiais mais sustentáveis e duráveis. A indústria necessita desenvolver ações voltadas ao atendimento dos requisitos mínimos dispostos na ABNT NBR ISO 14001, a fim de conectar a gestão dos processos aos impactos ambientais negativos causados por esta atividade.

Palavras-chave. Gestão Ambiental. Produção sustentável. Rótulo ecológico. Cadeiras.

ECODESIGN: UN CAMINO A LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA DE MUEBLES

RESUMEN:

El ecodiseño es un proceso que tiene como objetivo reducir y / o mitigar los impactos ambientales de los productos durante todo su ciclo de vida. Este estudio tuvo como objetivo identificar la viabilidad de implementación de diseño ecológico en una industria del sector del mueble en la ciudad de Teresina-PI. La encuesta se realizó en base a la norma ISO 14006 de: 2011, que se ocupa de las directrices para la incorporación de diseño ecológico, que se divide en tres fases: 1-diagnóstico, identificación, 3 posibilidades de despliegue 2-Definición móviles de diseño ecológico . Ellos fueron seleccionados y analizados los pasos de la fabricación de tres modelos de sillas que pertenecen al tipo adulto de mobiliario escolar. Las etapas del ciclo de vida del producto que implica: la compra de materias primas, planificación de productos, diseño, producción y transporte. La industria no tiene Sistema de Gestión Ambiental (SGA), que representa la realidad de la mayor parte de la industria del mueble de esta ciudad. Hubo un mayor número de procesos (nueve pasos), materias primas, residuos y componentes para la fabricación del modelo 3. Modelo 1 tiene un menor número de pasos de producción (total de seis), compra de materias primas en el mismo estado, embalaje de este producto no se utiliza y después de la fabricación dirigida al cliente. En esta industria, hay posibilidades de implementación de diseño ecológico con la adopción de mejoras en la

economía de las materias primas, la elección de los proveedores que fabrican materiales más sostenibles y duraderos. La industria necesita desarrollar acciones dirigidas a cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la norma ISO 14001, con el fin de conectar la gestión de procesos con impactos ambientales negativos causados por esta actividad.

Palabras clave: Gestión ambiental. producción sostenible. Etiqueta ecológica. Sillas.

ECODESIGN: A PATH TO ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN FURNITURE INDUSTRY

ABSTRACT

Ecodesign is a process that aims to reduce and / or mitigate environmental impacts of products throughout their entire life cycle. This work aimed to identify the feasibility of implementing ecodesign in a furniture industry located in the city of Teresina-PI. The research was carried out based on the ISO 14006: 2011 standard that deals with the guidelines for incorporating ecodesign, being divided into three phases: 1-Diagnosis, 2-Definition of furniture, 3-Identification of ecodesign deployment possibilities. The manufacturing stages of three models of chairs belonging to adult school furniture were selected and analyzed. The product lifecycle stages involve: procurement of raw materials, product planning, design, production and transportation. The industry has no Environmental Management System (EMS), representing the reality of most of the furniture industries in that city. A larger number of processes (nine stages), raw materials, residues and components for the manufacture of model 3 were verified. Model 1 has fewer stages of production (total of six), acquisition of raw material in the state, For this product no packaging was used and after the manufacture directed to the customer. In this industry, there is scope for implementing ecodesign with the adoption of improvements in the economy of raw material, choice of suppliers that manufacture more sustainable and durable materials. The industry needs to develop actions aimed at meeting the minimum requirements set forth in ABNT NBR ISO 14001, in order to connect process management to the negative environmental impacts caused by this activity.

Key words: Environmental management. Sustainable production. Ecolabel. Chairs.

Introdução

As atividades industriais de diversos setores tem impactado negativamente o meio ambiente. Para González-Gracia et.al (2011) a fabricação de móveis em países Europeus emprega diversos tipos de matérias-primas e é essencialmente uma indústria de montagem com produtos conhecidos mundialmente por sua qualidade técnica e também estética. No setor moveleiro brasileiro são produzidos móveis de diversos tipos, colchões, armários, dentre outros, compostos por matérias-primas diversificadas como o vime, plástico, estofados, dentre outros.

A diversidade e quantidade de materiais utilizados na fabricação de móveis e a necessidade de atitudes ambientalmente corretas são fatores relevantes na definição de

mudanças para otimização do processo produtivo. Dentre as inúmeras iniciativas e métodos para mitigação dos impactos ambientais negativos na fabricação dos produtos podem ser utilizadas: a Ecoeficiência e Produção Mais Limpa que estão voltadas aos impactos gerados especificamente na produção, envolvendo a eficiência do maquinário para reduzir perdas, gasto de energia, água, entre outros (SILVA et al. 2015).

O *Ecodesign*, importante ferramenta para redução de impactos também possui contribuições, pois não se restringe à produção, mas a todo ciclo de vida do produto, envolvendo toda a organização para atendimento de quesitos ambientais desde a fase de projeto e desenvolvimento dos produtos.

Neste trabalho, serão apresentadas as atividades de uma indústria do setor moveleiro de Teresina-PI, que fabrica produtos de madeira e ferro, com o objetivo de identificar a viabilidade de implantação do *ecodesign*, a partir da análise dos processos de três produtos (cadeiras escolares) de modelos diferentes.

Ecodesign e o setor moveleiro

O *ecodesign* possui uma interpretação ampla sob a perspectiva de Poulikidou (2014), pois pode ser visto como uma integração de considerações ambientais na concepção dos produtos, e como tal, pode ser utilizado como um termo geral para todas as abordagens relacionadas com a sustentabilidade ambiental no *design*.

Outro conceito de *ecodesign* é dado por Brones et al. (2014) de forma a detalhar o que significa essa prática dentro de indústrias, na concepção e *design* de produtos, caracterizando-o como a “inclusão da variável ambiental nas diferentes etapas de projeto, desenvolvimento e execução de produtos, processos ou serviços, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental das atividades envolvidas”.

A fase de concepção de um produto é determinante para avaliação dos impactos gerados no ciclo de vida e por esse motivo fornece um ponto de intervenção para implementação de metas ambientais. Desta forma, caracteriza-se como uma das prioridades do *ecodesign* ou desenho para o meio ambiente, assumir responsabilidades ao projetar e tomar decisões específicas para executá-las durante o processo de *design* com a finalidade de tornar o produto mais sustentável. (DEUTZ et al. 2013).

Os resultados da pesquisa de Deutz et al. (2013) demonstram que a utilização do *ecodesign*, na prática, tem sido em grande parte limitado para cumprir os requisitos mínimos exigidos pela legislação. Para muitos *designers*, a incorporação de considerações ambientais

no processo de inovação de produtos dificulta a sua idealização, muitas vezes, o *ecodesign* limita-se a utilização da reciclagem.

Em uma pesquisa com empresas francesas e canadenses sobre os benefícios econômicos do *ecodesign*, há indícios de que ele não seja apenas uma abordagem ambiental eficiente, pois incluem vários outros benefícios para as empresas que o adotam. O primeiro deles é a redução de custos, pela melhor utilização de matérias-primas que podem ser recicladas, a redução de energia e a otimização de vários processos do ciclo de vida do produto. Outras duas relevantes vantagens são a maior satisfação dos consumidores, que estão cada vez mais sensibilizados com as questões ambientais e por último, tornar as empresas mais competitivas em locais em que é mais exigido o atendimento à legislação ambiental (Plouffe et al. 2011).

Apesar dos vários benefícios, o *ecodesign* não tem sido sistematicamente aplicado pelas empresas. Segundo Pigosso (2013), os principais motivos para a não implantação estão relacionados ao gerenciamento e execução. Como por exemplo, a falta de sistematização das práticas de concepção ecológica existentes, a não integração do *ecodesign* a um contexto mais amplo de desenvolvimento do produto, gestão e estratégia corporativa, ausência de um roteiro para apoiar as empresas na melhoria contínua e impulsioná-la a maiores níveis de execução, dentre outros.

Para Lähtinen (2014) o projeto pode ser usado para aumentar o valor agregado na fabricação de produtos, inclusive no setor de móveis, no qual há a consideração às percepções dos clientes de estética e preferências de marca, bem como o atendimento aos valores culturais e ecológicas gerais. Esta pesquisa afirma que do ponto de vista do consumidor, a madeira como matéria-prima tem vários pontos fortes, quando comparado com outros materiais utilizados para fabricação de móveis, incluindo quesitos como a proteção do ambiente, não-toxicidade e aspecto natural. Durante a fase de fabricação, a madeira caracteriza-se como material de fácil processamento, integra-se com outros materiais, e é possível personalizar e tratar, por exemplo, com diferentes tipos de substâncias de acabamento de superfície.

Segundo dados da Abimovel (2014) existem vários pólos moveleiros instalados no Brasil. Os principais pólos estão localizados nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul, com maior quantidade de municípios participantes e que compõe a Associação das Indústrias de Móveis do Rio Grande do Sul (MOVERGS). No Nordeste o mais importante pólo está instalado em Fortaleza, no estado do Ceará. No Guia da Federação das Indústrias do Estado do Piauí (FIEPI), nos anos de 2013/2014, o Piauí

contabilizou cerca de 120 empresas que fabricam móveis de diversos tipos, como madeira, metal, entre outros. O município de Teresina possui 74 indústrias atuando no setor moveleiro (FIEPI, 2014).

Os trabalhos desenvolvidos por Gonzalez-Garcia et.al. (2011), Mirabella (2014), Iritani et.al., (2015), Lähtinen (2014) apresentam como objeto de estudo o setor moveleiro utilizando como matéria-prima a madeira, aliando a ferramenta *ecodesign* para identificação de impactos ambientais e sua posterior mitigação, demonstrando a importância das pesquisas nesta área.

Diretrizes para incorporação do *ecodesign*

As organizações que possuem responsabilidade socioambiental buscam, constantemente, melhorar o desempenho ambiental dos produtos e serviços que oferecem para mitigar os impactos negativos de suas atividades. Contudo, essa não é a realidade da maioria das micro e pequenas empresas brasileiras. Algumas iniciativas são no sentido de atender a legislação ambiental a fim de evitar penalidades, reduzir gastos ou alcançar consumidores cada vez mais exigentes por produtos, processos e serviços mais sustentáveis.

Para o atendimento às demandas dos consumidores e legislações para redução de impactos negativos das atividades, o *ecodesign* tem se caracterizado como ferramenta para resolução de problemas. A norma da ABNT NBR ISO 14006, sobre as diretrizes para implantação, compreende outras duas para sua aplicação, explicitando a atuação em nível de gestão com as normas ABNT NBR ISO 14001 e 9001, mas também enfocando o processo de projeto e desenvolvimento, com um olhar mais específico ao produto.

O conteúdo da norma ABNT NBR ISO 14006 é voltado às organizações que possuem SGA, sendo dividida em três seções: 1) Papel da alta gerência, 2) Diretrizes para incorporação do *ecodesign* no SGA, 3) Atividades de *ecodesign* no projeto e desenvolvimento de produto (ABNT, 2011).

A primeira orientação é dada à alta gerência que deve estar envolvida nas questões estratégicas relevantes para o negócio e para a gestão, ciente dos benefícios potenciais do *ecodesign* como os econômicos, redução da responsabilidade legal, dentre outros. Na segunda seção, há introdução de normas do SGA (14001) e SGQ (9001) que estabelecem, respectivamente, orientações para a gestão de impactos ambientais relacionadas à organização e gestão do projeto e desenvolvimento do produto. A abordagem das diretrizes de incorporação é finalizada com uma descrição genérica do *ecodesign* com enfoque no ciclo de vida do produto (ABNT, 2011).

As diretrizes desta norma podem, também, ser aplicadas às organizações que queiram reduzir os impactos negativos de suas atividades, mas que não possuem SGA e SGQ. Entretanto, é necessário que a empresa tenha interesse em desenvolver o mínimo estabelecido na ISO 14001, como o desenvolvimento de uma política ambiental, planejamento com identificação de aspectos ambientais relevantes, atendimento a requisitos legais, estabelecimento de objetivos, metas e desenvolvimento de programas para, posteriormente, implementar ações que influenciem no projeto e desenvolvimento de produtos. Após atendimento destas etapas essenciais, julga-se necessário, a verificação, o monitoramento e análise crítica do planejamento estratégico de implantação do *ecodesign* (ABNT, 2011).

Recentemente, a norma ABNT NBR ISO 14001 foi atualizada e contém informações relevantes à implantação do *ecodesign*, como a definição mais precisa de aspectos ambientais, a função da liderança, comprometimento da alta direção. Além disso, alguns quesitos foram incluídos ou reformulados, como a importância do apoio de recursos financeiros e humanos, definição de competências e a conscientização dos trabalhadores (ABNT, 2015a).

Rótulo ecológico

A ABNT possui normas para produtos de borracha, aço, higiene pessoal, eletroeletrônicos, químicos, mobiliário, dentre outros. A normalização de produtos específicos auxilia no controle da qualidade ambiental por meio de alguns critérios, como: adequação ao uso, as matérias-primas utilizadas, o processo produtivo, a separabilidade dos componentes do produto, a embalagem, distribuição, gestão aplicáveis ao processo de fabricação e atendimento a requisitos legais.

O objetivo da norma é conceder o rótulo ecológico às indústrias que queiram adequar seus produtos para reduzir os impactos de suas atividades. Após a análise sobre a adequação correta e atendimento de vários quesitos, o rótulo ecológico é concedido à indústria pela equipe de técnicos da ABNT que avaliam em períodos determinados as condições de permanência ou retirada desta certificação.

O rótulo ecológico pode ser requerido pela empresa para vários tipos de produtos, desde que atendam os critérios mencionados anteriormente. Um exemplo é a norma de qualidade ambiental para cadeiras de escritório (ABNT, 2015b) que pode ser aplicada a vários tipos de cadeiras como as do mobiliário escolar.

Metodologia

A pesquisa foi realizada com base na norma da ABNT ISO 14006:2011 (Apêndice D – esquema da norma) que trata sobre as diretrizes para incorporar o *ecodesign*. O foco do estudo é uma indústria moveleira de Teresina – PI, a fim de avaliar as possibilidades de implantação do *ecodesign*. Três etapas distintas podem ser destacadas:

1 - Diagnóstico: Foram elaborados dois *checklists* (Apêndices C e E), um baseado no conteúdo da norma sobre *ecodesign* (ABNT, 2011) e outro baseado na norma que regulamenta rótulo ecológico para cadeiras de escritório (ABNT, 2015b) podendo ser também aplicada para cadeiras de móveis escolares, com a finalidade de nortear a pesquisa.

2 - Definição de móveis: Foram acompanhadas a produção de vários tipos de móveis, com o objetivo de conhecer as etapas do processo produtivo. A partir disso, três tipos de cadeiras escolares foram selecionadas para estudo.

3 - Identificação de possibilidades de implantação do *ecodesign*: os instrumentos utilizados para diagnóstico (*checklist*, registros fotográficos e a literatura científica) permitiram a discussão dos resultados.

Foram realizadas, no total, oito visitas na indústria pesquisada. Durante seis dias o acompanhamento foi diretamente no setor produtivo, observando as atividades do setor técnico e os processos de fabricação. Ocorreram mais duas visitas, uma no depósito, para registro das atividades que ocorrem neste espaço, como a montagem e embalagem, e outra na loja matriz que é um dos pontos de venda da indústria, no qual se localiza também o setor de projeto e desenvolvimento de produtos e a alta gerência (Apêndice B).

Para realização da pesquisa foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado pelo responsável legal e um termo de confidencialidade (Apêndices F e G) assinado pelos pesquisadores que garante sigilo do nome da empresa e dos funcionários.

Os resultados serão apresentados seguindo as três etapas de trabalho dentro da indústria, bem como as inter-relações com a norma ISO 14006:2011 sobre as diretrizes de implantação do *ecodesign*.

Resultados

A indústria produz diversos tipos de móveis com duas matérias-primas principais: a madeira e o ferro. A produção é composta por móveis de linha e planejados. Os primeiros são, principalmente, móveis de escritório como estações de trabalho, gaveteiros, armários, entre

outros. No segundo tipo são produzidos móveis com especificações individuais e a pedido do cliente.

Os móveis de linha possuem um *design* padrão e os planejados necessitam de um projeto junto ao software Promob com as especificações adaptadas ao pedido do cliente. Os dois tipos, ao final, passam pelo setor técnico da indústria para serem produzidos.

A empresa possui uma loja matriz, depósito, filial e a indústria, localizadas em espaços físicos diferentes. Na matriz está estabelecido o ponto de vendas dos móveis, setor de projetos e a alta direção. No depósito funcionam algumas etapas do processo produtivo como estofaria e a montagem, além do armazenamento de componentes dos produtos, alguns que são utilizados para revenda. As filiais (total de duas) realizam a venda do mobiliário produzido pela indústria e os materiais de revenda. A indústria concentra em suas instalações as etapas mais importantes do processo produtivo que incluem o setor técnico e os de produção, com galpões diferenciados destinados a marcenaria, pintura e metalúrgica.

Os principais quesitos observados, durante as visitas, na indústria pesquisada foram:

Matérias-primas: Compensado de madeira, painéis de *Medium Density Fiberboard* (MDF) e *Medium Density Particleboard* (MDP), ferro, tubos de aço-carbono, laminados de Policloreto de Vinila (PVC), fitas de borda, perfis, plásticos, tecidos, espuma, cola, pregos, solventes, tintas, ponteiros, grampos.

Fornecedores: A indústria possui referência no mercado em que atuam e a maioria dos fornecedores possuem ações de responsabilidade socioambiental, estão instaladas fora do estado, com exceção as que fornecem o metalon.

Infraestrutura: Galpões amplos com compartimentos específicos para marcenaria, metalúrgica e pintura, espaços arejados, ventilação adequada com exceção do espaço de pintura.

Maquinário: Utiliza em seus processos tecnologia avançada, máquinas robotizadas com controlador lógico programável para redução do consumo de energia, processos e perda de material. Utilizam também muitas máquinas operadas manualmente.

Gestão de resíduos: Não há gestão de resíduos. Produzem diversos tipos de resíduos e em quantidades variadas. Sobras de madeira e ferro são revendidas, mas para outros materiais não há ações de reciclagem ou reutilização.

Qualidade: Há uma preocupação ainda inicial com uma gestão de qualidade, com estudos preliminares para implantação da ISO 9001.

Segurança: Utilizam EPIs e em cada galpão placas indicam quais são os necessários para cada tipo de máquina.

Responsabilidade Socioambiental: Licença de operação expedida pela secretaria municipal de meio ambiente. Não possuem ações voltadas a minimização dos impactos negativos gerados por suas atividades.

O mobiliário que possui bom retorno econômico para esta indústria é o de móveis escolares. Geralmente, são feitos pedidos em grandes quantidades, que podem ser por meio de contratos com órgãos públicos em âmbito Federal, Estadual ou Municipal, além de empresas privadas. Por ser um dos produtos com maior escala de produção, o mobiliário escolar foi escolhido para comparação de três cadeiras (a fim de indicar a que produz menos impactos ambientais negativos no processo produtivo).

Foram selecionadas três tipos de cadeiras, fabricadas para utilização em conjunto com uma mesa, que apresentam a mesma função, diferindo apenas os tipos de materiais e componentes. Na figura 1 podem ser observadas imagens ilustrativas das cadeiras.

Figura 1: Modelos das cadeiras escolares



FONTE: Elaborado pela autora

O modelo 1 possui estrutura de ferro do tipo metalon diferenciando-se dos modelos 2 e 3 fabricadas com aço-carbono. Estes dois últimos modelos possuem o mesmo tipo de matéria-prima, são versáteis, permitindo fabricar vários tipos de cadeiras somente modificando os componentes, como: assento e encosto (plástico ou estofado), inclusão ou não de braço de apoio, entre outros aspectos que podem ser incorporados sem alteração da estrutura principal de aço carbono.

As matérias-primas utilizadas na fabricação dos três modelos de cadeiras escolares são: o modelo 1 possui kits de plástico (encosto e assento), metalon², solventes, parafusos, tintas e

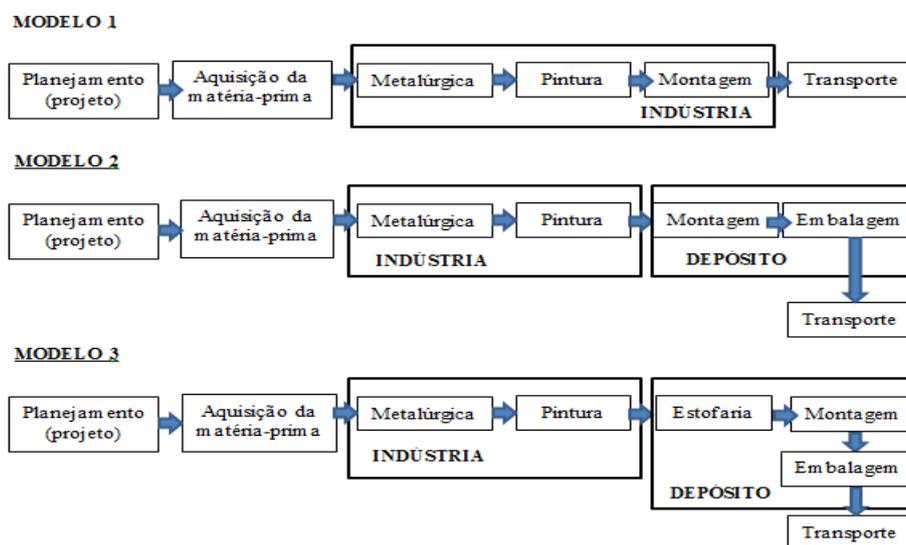
² Termo técnico utilizado para peça de ferro produzida a partir da fundição de placas de ferro tendo como resultado os formatos mais comuns de quadrados e retângulos

ponteiras. No modelo 2 são utilizados kits de plástico (encosto e assento), tubo oblongo³, solventes, parafusos, tintas e ponteiras e o Modelo 3 é composto por compensado de madeira, tubo oblongo, perfil, espuma, cola, solventes, parafusos, tintas, grampos, ponteiras, tecidos e o TNT⁴ (Tecido Não Tecido).

Os demais produtos, como gaveteiros, estações de trabalho, armários, são utilizados painéis de madeira do tipo MDF e MDP, compensado e fitas de borda composta de PVC.

Na figura 2, são apresentados fluxogramas dos processos analisados neste trabalho. Nem todas as etapas de fabricação ocorrem no mesmo espaço físico, como é o caso dos modelos 2 e 3 que são finalizadas no depósito da indústria.

Figura 2: Etapas de fabricação das cadeiras



FONTE: Elaborado pela autora

Para melhor visualização das etapas de fabricação e direcionamento dos produtos, na Figura 3 é apresentado, de forma simplificada e ampliada, o fluxo dos três modelos de cadeiras e dos demais produtos desta empresa. Os modelos de cadeira 1, 2 e 3 são representados, respectivamente, por M1, M2, M3 e os demais produtos, que passam pela etapa de marcenaria e que são constituídos por painéis de MDF ou MDP são designados pela sigla DP.

³ Termo técnico utilizado para designar este tipo tubo composto por aço-carbono que possui o formato oblongo

⁴ Designado desta forma por não ser produzido em teares como os tecidos tradicionais, mas com material a base de polipropileno, atóxico e semipermeável a gotas e partículas.

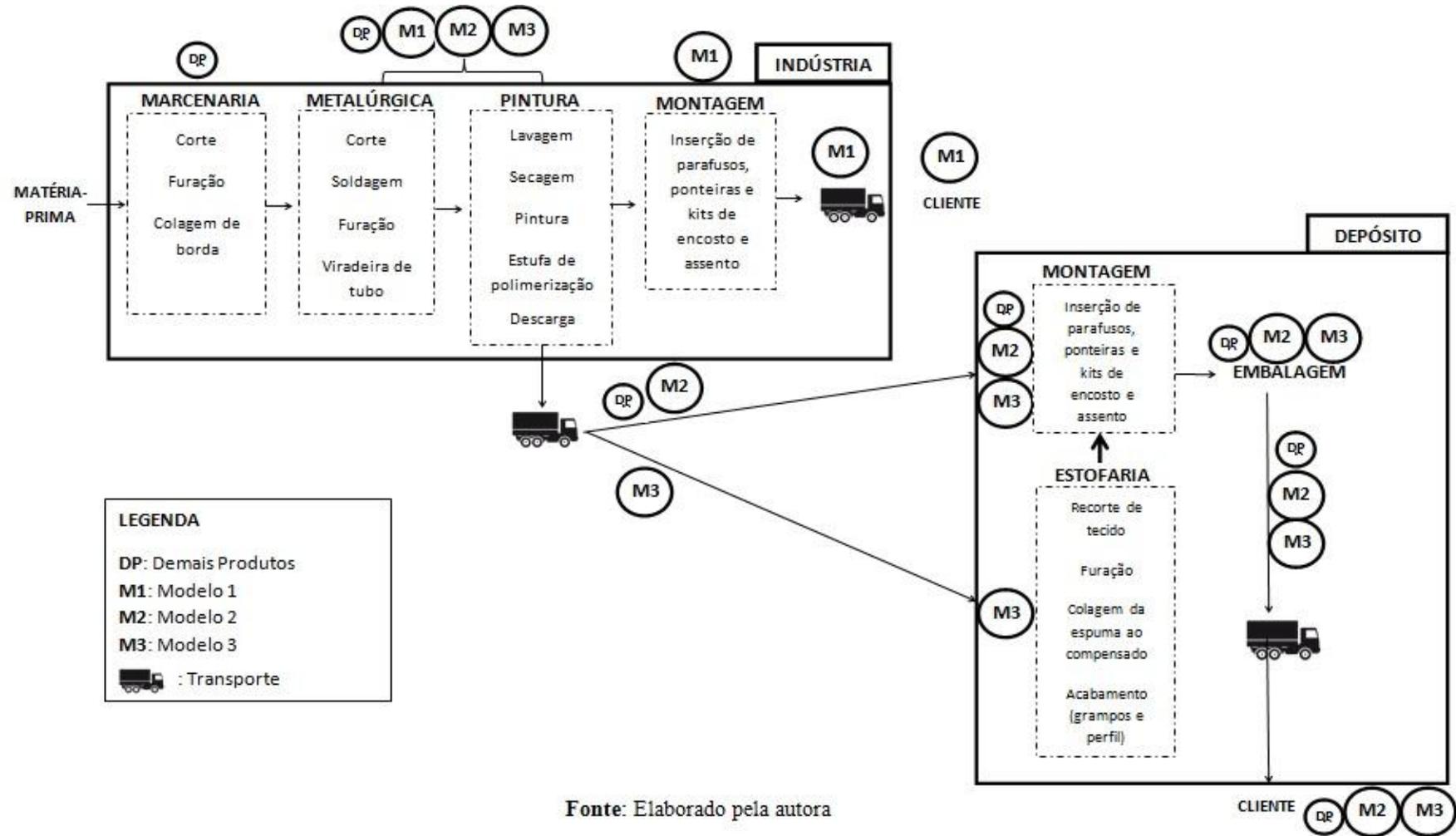
As cadeiras escolares (M1, M2 e M3) passam primeiramente pela etapa de Metalúrgica. São construídos os gabaritos no setor de ferramentaria, a partir deste modelo serão produzidas as partes para soldagem em série.

A matéria-prima (metalão ou tubo oblongo) é cortada com base em cálculos a fim de possibilitar o aproveitamento de todo o tubo, quando utilizado o maquinário elétrico, em que há menos perdas e é utilizada menor quantidade de óleo para lubrificar o equipamento, diferentemente da máquina manual com a mesma função, mas com mais perdas.

O material é repassado na viradeira de tubo, que realiza deformação na peça na posição da estrutura da cadeira. Em seguida, a furação dos tubos é feita por prensas que podem ser de três tipos dependendo da espessura da matéria-prima. O robô de solda une todas as partes da cadeira produzidas separadamente, montando a estrutura.

A pintura é a etapa seguinte. As estruturas das cadeiras são enfileiradas em transportadores aéreos e direcionadas à cabine de lavagem com água em temperatura elevada e adição de fosfato. Elas passam por um processo de secagem em outra câmara. Na cabine de pintura eletrostática a pó, é realizada a aspersão da tinta manualmente com borrifadores. Para adesão da tinta à superfície de ferro, as estruturas são encaminhadas para a estufa de polimerização. Posteriormente, os transportadores são descarregados e a estrutura das cadeiras são empilhadas e enfileiradas para montagem.

Figura 3: Etapas de fabricação e direcionamento dos produtos



No Quadro 1 são descritas as fases de montagem e embalagem para os três modelos de cadeiras, visualizadas na Figura 1 de forma mais detalhada.

Quadro 1: Descrição das etapas de montagem e embalagem

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<p>Montagem: Realizada por dois funcionários. As cadeiras são empilhadas para inserção das ponteiros nos pés e os kits de assento e encosto. Os resíduos gerados são, em sua maioria, restos de embalagens, como plásticos bolha e caixas de papelão.</p> <p>Embalagem: Não possui</p>	<p>Montagem: Realizada no depósito. Segue os mesmos procedimentos do modelo 1. Requer maior quantidade de componentes quando comparada a primeira. Dentre os quais, podemos destacar: parafusos e ponteiros.</p> <p>Embalagem: Manual, no depósito da indústria.</p>	<p>Montagem: Os funcionários realizam a colagem da espuma ao compensado para confecção de assento e encosto, posteriormente os tecidos e o perfil são aderidos com grampos a essas estruturas e anexados a estrutura da cadeira.</p> <p>Embalagem: Manual</p>

Além da fabricação de cadeiras escolares, a base de produção desta indústria são os móveis compostos por madeira, com utilização de painéis do tipo MDF ou MDP, estes são representados na figura 1 como “Demais Produtos (DP)”. Para produzi-los é necessário que o painel seja, primeiramente, cortado em tamanhos já estabelecidos em projetos e repassados ao operador da máquina, através de comandos. Este material é furado e depois direcionado para a etapa de colagem de bordas. Além disso, é realizada a limpeza manual com solventes para a retirada de resíduos de colas e observação de qualquer imperfeição na peça.

Caso o móvel necessite de estruturas de ferro, na metalúrgica são realizados, respectivamente, os processos de corte, furação, soldagem e, se necessário, deformação do ferro para adequação ao produto. Os móveis de madeira também são montados no depósito para posterior entrega ao consumidor.

A ABNT possui orientações sobre a qualidade ambiental para fabricação de cadeiras de escritório que também podem ser aplicadas às cadeiras de mobiliário escolar. Pela relevância da norma (ABNT, 2015b), foi realizada uma adaptação a fim de auxiliar a observação mais detalhada dos processos de fabricação das cadeiras e dos demais produtos da indústria. O quadro 2 contém quesitos de qualidade ambiental para fabricação dos produtos quanto a adequação ao uso e aos tipos de matérias-primas utilizadas na indústria.

Quadro 2: Quesitos de qualidade ambiental quanto a adequação ao uso e matérias-primas

ADEQUAÇÃO AO USO	
Os produtos possuem características de estabilidade, ergonomia, resistência, segurança e durabilidade conferidos pela adequação à NBR 14006:2008 que estabelece os requisitos mínimos, exclusivamente, para conjunto aluno individual, composto de mesa e cadeira, para instituições de ensino em todos os níveis. A referida norma encontra-se no catálogo da ABNT e é utilizada nos ensaios técnicos da principal fornecedora dos kits com encosto e assento de plástico (M1, M2 e M3).	
MATÉRIAS-PRIMAS	
Madeira	Uma das principais matérias-primas utilizadas nesta indústria são os painéis de MDF, MDP e o compensado. A aquisição dos painéis é realizada em indústrias de referência neste tipo de mercado, localizadas em São Paulo, e possuem políticas de manejo adequado das florestas, ações de reflorestamento, selos verdes que garantem adequação sustentável de seus processos, além de ações voltadas à responsabilidade social. Já a fornecedora de compensado para as cadeiras do modelo 3, apesar de também ser referência no mercado, não possui em seu endereço eletrônico detalhes de ações que promovam a sustentabilidade. A indústria pesquisada não tem uma política voltada especificamente para a aquisição sustentável de matérias-primas. Em seus processos produtivos não faz a manipulação de fungicidas, inseticidas ou preservativos para a madeira, pois os painéis são tratados na fábrica de origem. Uma das fornecedoras de painéis de madeira, por exemplo, utiliza uma tecnologia chamada microban na prevenção à proliferação descontrolada de bactérias e fungos.
Tecidos	Os tecidos para recobrir encosto e assento são amplamente utilizados no setor de estofaria e o fornecedor desta matéria-prima possui informações mais específicas no site sobre o seu material, os corantes utilizados nos tecidos ou ainda ações para proteção ambiental e redução de seus impactos negativos. Muitos resíduos e sobras de tecido são descartados diariamente na confecção dos móveis. Nenhuma ação de reaproveitamento, reutilização ou reciclagem é feita deste material. Todos os resíduos são destinados ao aterro de Teresina.
Resinas sintéticas	O PVC é uma resina sintética utilizada nos processos desta indústria como componente das fitas de borda, sapatas (estruturas que protegem os pés das mesas) e as ponteiras. Este material não é facilmente separado do produto final. A indústria não possui ações de reciclagem, reutilização ou programas de eliminação parcial ou total do PVC nos processos produtivos. A norma da ABNT (2015b) recomenda a eliminação gradual desta resina até a eliminação total dos produtos. Os principais fornecedores desta matéria-prima trabalham com perfis extrusados e termoplásticos em vários setores como o moveleiro.
Materiais de enchimento	O material de enchimento das cadeiras, é fornecido pela mesma empresa dos kits de plástico para assento e encosto, sapatas e ponteiras, caracterizando-se como uma das principais fornecedoras da indústria pesquisada. Um aspecto importante deste fornecedor é a Certificação da ONU – PNUD Brasil que atesta a preocupação desta empresa em reduzir ou eliminar as emissões de Hidroclorofluorcarbono (HCFs) prejudiciais à camada de ozônio
Fornecedores de metal	As fornecedoras desta matéria-prima estão localizadas no estado do Piauí e Ceará. A primeira fornece o Metalon. Partindo de dados coletados no site desta empresa, não há o estabelecimento de normas importantes à proteção do meio ambiente. A indústria do Ceará fornece os tubos de aço oblongo utilizados nas cadeiras dos modelos 2 e 3. Esta indústria não possui a certificação ISO 14001, mas, atende requisitos importantes como o tratamento de água, esgotos e reciclagem de sucata.

O quadro 2 contém abordagem de aspectos importantes sobre os tipos de matérias-primas mais utilizados na indústria pesquisada e informações sobre os principais fornecedores da mesma. O quadro 3 aborda etapas relacionadas ao processo produtivo e que caracterizam-se como principais causadoras de impactos ambientais negativos desta indústria.

Quadro 3: Quesitos de qualidade ambiental para o processo produtivo

PROCESSO PRODUTIVO	
Material particulado	A indústria possui tubos que coletam o pó até um reservatório instalado do lado de fora dos galpões (coletor de pó); posteriormente, esse resíduo é transformado em blocos e vendido para indústrias que utilizam caldeiras em seus processos produtivos. Ainda assim, há a liberação de material particulado na máquina manual para colagem das fitas de borda, gerando grande quantidade de resíduos deste tipo.
Desengorduramento	Nesta etapa são utilizados produtos químicos, tais como, solventes, fosfato e removedor, classificados como perigosos por serem tóxicos, inflamáveis e/ou corrosivos. Este é o único processo que utiliza água e que devido às altas temperaturas da etapa de lavagem produz um efluente gasoso de cor escura, eliminados por uma chaminé que não possui filtro para retenção destas impurezas liberadas na atmosfera.
Pintura	As cabines de pintura ocupam um galpão inteiro na indústria. Segundo informações do fabricante, o compartimento próprio para a pintura possui um sistema de exaustão que permite a retirada de partículas de aplicação, um sistema de recuperação e/ou retenção de pó.

As etapas de desengorduramento (retirada de resíduos que se encontram nas estruturas de ferro) e pintura utilizam produtos químicos que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. O descarte deste resíduo é um dos pontos que mais devem ser observados pelas indústrias que os utilizam e também pelos próprios fabricantes do produto, inserindo o quanto antes a logística reversa (LR).

No quadro 4 estão elencados outros quesitos de qualidade ambiental que foram observados dentro indústria. São eles: a separabilidade dos componentes de um produto, garantia, embalagem e sua distribuição.

Quadro 4: Quesitos de qualidade ambiental quanto a separabilidade, garantia, embalagem e distribuição

SEPARABILIDADE
Os produtos devem ser facilmente desmontados para facilitar a recuperação ou reciclagem dos seus componentes. Os modelos de cadeiras estudados apresentam facilidade variável para desmontar necessitando de uma ferramenta simples para desparafusá-lo da estrutura de ferro. Apresenta dificuldade para retirar encosto ou assento dos modelos 2 e 3, em alguns casos podendo danificar a peça. A facilidade de separação dos materiais constituintes permitiria a reutilização ou reforma das estruturas de ferro pertencentes às cadeiras e o reaproveitamento de matérias-primas caso a indústria desenvolvesse programas de devolução dos produtos após o uso pelo cliente (logística reversa). Após a reforma dos produtos recebidos poderiam revendê-los com preços mais baixos por conter peças usadas.

EMBALAGEM	
Materiais	Os materiais para embalagem não são os mesmos para todos os produtos. Foram observados vários tipos de plástico, como: bolha, o liso e outro de maior espessura que os anteriores de cor amarelada, que segundo os funcionários, é de um material reciclável. A máquina chamada embaladeira, utiliza o material reciclável, mas só está em funcionamento quando há muitos produtos e de maior dimensão, pois o consumo de energia é alto.
Informações para o consumidor	Os produtos de linha possuem um manual de instrução para os clientes. Segundo o funcionário, para os planejados é inviável que para cada modelo seja confeccionado um manual diferenciado, por este motivo estes móveis não são acompanhadas de instruções. As cadeiras também não possuem manual de instrução. Entretanto, sugere-se que a empresa desenvolva manuais com instruções para os móveis planejados, orientando-o a desmontar ou reformar o móvel adquirido.
DISTRIBUIÇÃO	
Transporte próprio	A indústria pesquisada possui uma frota própria composta por seis caminhões e quatro pick ups de pequeno porte em bom estado de conservação. Os caminhões são novos e é feita a troca dos veículos com uma frequência regular. Sempre que possível, realizam estudos para otimizar a logística de transporte e distribuição para reduzir o consumo de combustível e o desgaste do veículo.

O quadro 5 especifica as ações da indústria quanto a gestão de energia, água e resíduos relacionados ao processo de fabricação.

Quadro 5: Quesitos de qualidade ambiental para gestão no processo de fabricação

GESTÃO APLICÁVEIS AO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	
Gestão de energia	Contratação de empresa de consultoria para elaboração de um plano de redução de energia do maquinário da indústria. Não se estende aos outros setores da indústria.
Gestão de água	Não há programas de acompanhamento e otimização do consumo de água, nem metas para redução. Apesar do consumo de água nas máquinas ser pequeno, seriam importantes iniciativas de economia. A água é utilizada diretamente na produção em dois momentos: na lavagem das estruturas de ferro e na limpeza das máquinas. Além disso, há higienização de espaços como os banheiros e as entradas onde estão instalados o setor técnico, salas de reunião, auditório e refeitório.
Gestão de resíduos	A indústria não possui um gerenciamento de resíduos. Este é um dos principais problemas verificados, pois são gerados em grande quantidade e acondicionados temporariamente dentro do galpão onde ocorrem as etapas do processo produtivo. Não possuem um local de armazenamento externo e a separação dos resíduos só ocorre para a madeira, o ferro e a fita de borda. A maioria dos resíduos de ferro e madeira já tem uma destinação específica. O ferro é direcionado à sucata de uma empresa que utiliza as sobras para peças de uso ferroviário. A madeira é fornecida, principalmente, para uma fabricante de produtos de limpeza que a utiliza como combustível nas caldeiras. Outros resíduos, como a espuma e o tecido também são enviadas para aterro.

Os resíduos, perigosos e não perigosos, caracterizam-se como um dos problemas mais significativos encontrados nesta indústria, principalmente, pela falta de separação dos tipos de resíduos, acondicionamento incorreto e descarte inadequado.

O quadro 6 destaca de que forma há o atendimento aos requisitos legais, quanto a parte ambiental e a outros regulamentos como os trabalhistas, de segurança, entre outros.

Quadro 6: Quesitos de qualidade ambiental quanto ao atendimento de requisitos legais

ATENDIMENTO AOS REQUISITOS LEGAIS	
Atendimento à legislação ambiental	A indústria possui a licença de operação emitida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMAM).
Atendimento a regulamentos trabalhistas, anti-discriminatórios e de segurança	Há o atendimento satisfatório a regulamentos de segurança, supervisionados semanalmente por profissionais de segurança do trabalho. Em todos os galpões, salas e espaços foi possível constatar a presença de extintores de incêndio dentro da validade, mangueiras em casos de emergência, saída de emergência, alertas sonoros de incêndio, equipamentos de proteção individual, placas de advertência para os locais de estocagem de gás ou compartimentos com eletricidade, entre outros. A empresa criou a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). O nível de ruídos foi medido nos galpões da indústria variando entre 84 e 87 dB e no depósito, varia entre 71 e 86 dB, estando dentro dos limites estabelecidos.

A indústria não faz uso de outras leis e normas ambientais, como por exemplo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos que seria útil na resolução da problemática com os resíduos. Há grande preocupação no atendimento de leis que possam ocasionar algum prejuízo financeiro (como a aplicação de multas) ou a imagem da empresa.

Discussão

As questões ambientais não são tratadas com prioridade na indústria pesquisada. Os problemas encontrados podem representar ameaça à saúde pública e ao meio ambiente e não se aplicam somente à fabricação das cadeiras como, também, aos demais produtos. Um dos principais pontos é a destinação inadequada dos resíduos, principalmente, os perigosos.

A etapa que apresentou maior produção de resíduos foi a montagem das cadeiras. Já para as estofadas, há uma variedade maior de resíduos, como pedaços de espuma, tecidos, grampos e restos de perfil que não são reaproveitadas na mesma cadeia e nem em outras cadeias produtivas. Há segregação do ferro e da madeira, pois estes são posteriormente revendidos, já os outros materiais são direcionados ao aterro controlado no município de Teresina.

Outra etapa em que foi verificado impacto ambiental negativo foi a de pintura, em que são manipuladas substâncias perigosas por suas características de inflamabilidade e

corrosividade. Nos processos envolvidos na pintura são liberados efluentes gasosos sem nenhum tipo de filtragem antes do lançamento na atmosfera. Pela variedade e quantidade há a necessidade de implantação de um plano de gerenciamento de resíduos para todas as unidades da empresa e, principalmente, para o local onde acontece o processo produtivo.

É necessário o estabelecimento de uma comunicação com o cliente a fim de torná-lo mais consciente dos processos realizados nesta indústria, bem como, informá-los sobre o descarte adequado, como desmontar, reformar (se necessário) ou instruções de como utilizar o produto a fim de que tenha uma maior vida útil. Esta comunicação poderia ser estabelecida facilmente, por intermédio de sites, manual de instrução do produto, catálogos através de informativos a fim de sensibilizar o consumidor. Uma das vantagens da implantação do *ecodesign* é a possibilidade de fidelizar o cliente pela responsabilidade ambiental que a empresa assume em seus processos produtivos.

Foram observados pontos positivos que podem ser indutores à implantação do *ecodesign*. Há um interesse, ainda que em estágio inicial, para redução dos impactos negativos causados pela indústria como a utilização de matérias-primas de empresas com certificação ambiental, maquinário com alta tecnologia que possibilita a otimização de processos e redução de ruídos, coletores de efluentes gasosos (coletor de pó), reutilização e venda de sobras de madeira, ferro e ambientes com iluminação natural.

Além desses aspectos, foram observados os quesitos de segurança aos trabalhadores da indústria, como o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), extintores de incêndio, placas de identificação de perigo e criação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). No depósito da indústria, há poucas placas informativas e os EPIs são pouco utilizados. A observação destes aspectos são importantes para o desenvolvimento da organização e a preocupação com os colaboradores configura-se como elemento importante ao bem-estar social e ambiental.

Alternativas como a logística reversa, definida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), bem como a reutilização, a reciclagem, parcerias com projetos sociais que desenvolvam trabalhos de reciclagem, podem ser consideradas boas práticas de atendimento à destinação adequada de resíduos que são de responsabilidade do gerador, desenvolvendo ações de responsabilidade socioambiental da empresa.

Verificou-se que o modelo de cadeira 3 possui mais impactos negativos que os modelos 1 e 2; na sua produção são utilizados muitos componentes que podem ser reaproveitados ou reciclados mas que não são, este modelo possui maior quantidade de matéria-prima trazida de outros estados (principalmente, Ceará e São Paulo) e dois

deslocamentos são realizados na cidade de Teresina (para o depósito e para o cliente). Já o modelo 1, a matéria-prima é adquirida no próprio município e próximo à indústria, diminuindo os custos ambientais e econômicos com o seu transporte, não são utilizadas embalagens para o seu acondicionamento e a montagem acontece na própria indústria, sendo transportada diretamente ao cliente.

O modelo 1 possui características favoráveis do ponto de vista ambiental, entretanto no modelo 3 há possibilidades de modificações no projeto que permitem reduzir os impactos negativos de sua produção, além de possuir componentes que podem ser facilmente renovados, reutilizados ou reciclados em oposição aos kits de plástico que compõem os modelos 1 e 2 que caso sejam danificados, a solução será trocá-los por outro, podendo ser devolvidos ao fabricante, caso implementem a política de recebimento destes materiais. Os kits de plástico são comprados de um fornecedor em São Paulo, já prontos para montagem.

Orientações para implementação do *ecodesign* na indústria pesquisada

Um *ecodesign* estruturado e gerenciado com o apoio de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) deve incluir, além das diretrizes da ABNT NBR 14006, conhecimentos de gestão dos processos associados aos impactos ambientais (ABNT NBR 14001) e de processos da gestão de projeto (ABNT NBR 9001). Desse modo, no Quadro 7, são apresentados os requisitos e as orientações para atendimento dos mesmos pela indústria pesquisada, considerando as três normas citadas.

Quadro 3: Orientações para implementação do ecodesign na indústria pesquisada

Normas da ABNT	Requisitos	Descrição	Orientações para atendimento dos requisitos elencados na indústria pesquisada
14006 – Diretrizes para incorporar o ecodesign	Envolvimento da alta direção	Benefícios de incorporação do <i>ecodesign</i> ; Estabelecimento de diretrizes estratégicas e gerenciamento da implementação	Levantamento de informações sobre os benefícios do <i>ecodesign</i> para a organização, clientes e partes interessadas; Desenvolver um planejamento estratégico, alocação de recursos humano, técnico e financeiro, estabelecimento de objetivos e promoção da inovação dos produtos, bem como a integração das estratégias para o <i>ecodesign</i> em todos os procedimentos e ações da empresa.
	Atividades de projeto e desenvolvimento de produto	Pensamento do ciclo de vida: Consideração dos aspectos ambientais por todas as fases do ciclo de vida do produto	Estabelecer um objetivo para minimizar o impacto ambiental adverso total do produto; Identificar, qualificar e quantificar (se possível) os aspectos ambientais significativos como lançamento de efluentes e produção elevada de resíduos, aspectos observados dentro desta indústria.
		Processo de ecodesign: Escolha de uma solução de projeto que equilibre aspectos ambientais e outros como função e desempenho.	Considerar os objetivos ambientais ao atender regulamentos de saúde, ergonomia, segurança, dentre outros.
		Avaliação ambiental dos produtos	Utilizar métodos ou ferramentas de

			análise disponíveis, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).
14001 – Sistema de Gestão Ambiental	Política ambiental	Determinação da natureza, escala e impactos ambientais; Estabelecimento e análise crítica de objetivos ambientais; Melhoria contínua do processo de <i>ecodesign</i>	Declarar um conjunto de princípios como compromisso e descrever as intenções da organização para apoiar e elevar o seu desempenho ambiental refletidos nos processos desenvolvidos pela empresa.
	Planejamento	Aspectos ambientais: Identificação de aspectos ambientais que podem ser controlados ou influenciados em cada etapa do ciclo de vida	Determinar por meio de um método aspectos ambientais e os impactos ambientais associados às fases do ciclo de vida do produto (aquisição de matéria-prima, projeto, produção, transporte/entrega, uso e disposição final). A organização pode considerar na determinação de seus aspectos ambientais, as emissões para o ar, lançamentos em água e terra, uso de energia, geração de rejeitos e subprodutos, uso do espaço e relacioná-los às atividades da organização como a gestão de rejeitos e resíduos, incluindo a reutilização, recuperação, reciclagem e disposição.
		Requisitos legais: incluem requisitos que uma organização tem que cumprir ou opta por cumprir	Atendimento à legislação ambiental e podem incluir acordos, normas, rotulagem voluntária e compromissos ambientais.
		Objetivos ambientais: Focados na melhoria do impacto ambiental durante todo o ciclo de vida como também ao processo de <i>ecodesign</i>	É recomendado que para cada aspecto ambiental significativo fosse

			desenvolvido um objetivo alinhado à política ambiental.
Apoio		Recursos: Determinar e prover recursos necessários	Alocação de recursos humano, técnico e financeiro para o planejamento, implementação e a melhoria do <i>ecodesign</i> .
		Competência: Pessoas responsáveis pelo projeto e desenvolvimento do produto que tenham conhecimento dos aspectos ambientais nas fases do ciclo de vida	Identificar pessoas responsáveis pelo projeto e desenvolvimento do produto que estejam cientes dos aspectos e impactos ambientais ocasionados em cada etapa do ciclo de vida dos produtos. Os responsáveis devem interagir com outras áreas da empresa (venda, <i>marketing</i> , produção e outros) para aplicar estratégias ambientais de melhoria.
		Conscientização: Ciência da política ambiental; aspectos ambientais significativos e dos impactos ambientais reais e potenciais	Conhecimento da política ambiental da empresa por parte dos colaboradores, conscientes da participação nos compromissos da empresa, incluindo a conduta no trabalho poderá afetar o atendimento a requisitos como o ambiental.
Comunicação		Interna: Entre os vários níveis da organização; Externa: Partes interessadas; Informar as partes envolvidas no ciclo de vida do produto	Estabelecimento de uma comunicação com todos os envolvidos direta e indiretamente com projeto e desenvolvimento e em todos os níveis e funções da organização; Informar, principalmente ao cliente, como aumentar a vida útil do produto,

			desmontar, recuperar ou reciclar por meio de manuais em diversos formatos (papel, digital, outros).
9001 – Sistema de Gestão de Qualidade	Planejamento de projeto e desenvolvimen to	Determinação das considerações ambientais que serão integradas; Seleção de critérios ambientais nas fases de projeto e desenvolvimento	Integrar as considerações ambientais às fases do projeto e desenvolvimento do produto e definir quais os critérios ambientais serão utilizados.
	Análise crítica		Verificar se não há transferência de impacto ambiental adverso de uma fase do ciclo de vida a outra.
	Verificação		Avaliar detalhadamente o projeto em função dos objetivos ambientais estabelecidos, se possível, com a utilização de um protótipo.
	Validação		Avaliar o comportamento final do produto em função da especificação ambiental.

Fonte: Adaptado de ABNT (2015a), ABNT (2011)

Conclusão

A indústria pesquisada possui possibilidades de implantação do *ecodesign*, mas necessita de um desenvolvimento de ações voltadas ao atendimento dos requisitos mínimos dispostos na ABNT NBR ISO 14001, que regulamenta o Sistema de Gestão Ambiental nas indústrias.

A fabricação dos produtos gera uma quantidade de resíduos diversificados e sem destinação adequada. Os processos de pintura e montagem são as etapas que apresentam mais impactos negativos. O primeiro, pela produção de resíduo perigoso (fosfato e solventes) e descarte inadequado; o segundo, pela quantidade de resíduos de plástico, papelão, tecido, perfis e espumas descartados, com reaproveitamento somente do papelão.

Para a implantação do *ecodesign* nesta indústria, é necessário primeiramente que os *designers* adquiram noções básicas e sensibilização às questões ambientais que podem ser desenvolvidas pela participação em cursos *online* e presenciais que motivem esses colaboradores a contribuam para responsabilidade socioambiental da empresa com a contemplação da variável ambiental em seus projetos.

Outro aspecto importante aos *designers* é o conhecimento dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos produtos que podem ser controlados ou influenciados, as entradas (consumo de materiais, energia, dentre outros), saídas que resultem em impactos ambientais (resíduos, emissões e outros) e a sua significância, incluindo essas informações ou as modificações nos projetos em documentos que estabeleçam a comunicação com as partes interessadas (colaboradores, consumidores, fornecedores) que possam auxiliar no desenvolvimento de soluções com a finalidade de reduzir impactos negativos.

Outros estudos devem ser realizados para melhor compreensão das formas de implantação do *ecodesign* que poderão variar de acordo com o tipo de empresa, o nível de desenvolvimento de ações ambientais ou de qualidade que estão sendo estabelecidas, gestão voltada à inovação e ao melhoramento dos processos produtivos, bem como o estabelecimento de uma responsabilidade socioambiental que proporcione a contemplação de quesitos ambientais no projeto e desenvolvimento dos produtos.

Referências

- ABIMÓVEL - Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário. 2014. **Relatório das atividades desenvolvidas em 2014**. Disponível em: http://www.abimovel.com/img/download/pt/download-pt_14.pdf. Acesso em: jun. 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2011. **ABNT NBR ISO 14006 : 2011 - Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para incorporar o ecodesign**. Rio de Janeiro, 35p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2015a. **ABNT NBR ISO14001: 20015 – Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 41p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2015b. **Rótulo ecológico para cadeiras de escritório**. Disponível em: http://abnt.org.br/produtos/app/arquivos/pdf/PE-261.03_R%C3%B3tulo%20ecol%C3%B3gico%20para%20cadeiras%20de%20escrit%C3%B3rio%20.pdf
- Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
- Brones F, Carvalho MM e Zancul ES. 2014. Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development?. **Journal of Cleaner Production**, 80:106-118.
- Deutz P, Mcguire M e Neighbour G. 2013. Eco-design practice in the context of a structured design process: an interdisciplinary empirical study of UK manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, 39:117-128.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PIAUÍ. 2014. **Guia Industrial do Piauí**. Teresina: FIEPI.
- González-gracia S et.al,. 2011. Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. **Science of the Total Environment**. 410:16-25.
- Iritani DR. et. al. 2015. Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry. **Journal of Cleaner Production**, 96: 308-318,.
- Lähtinen K, Vivanco DAS e Toppinen A. 2014. Designers' wooden furniture ecodesign implementation in Scandinavian country-of-origin (COO) branding. **Journal of Product & Brand Management**, 23:180-191.
- Mirabella N, Castellani V e Sala S. 2014. LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: a furniture case study. **Int J Life Cycle Assess**, 19: 1536-1550.
- Pigosso, DCA, Rozenfeld H e Mcaloone TC. 2013. Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, 59:160-173.

Plouffe S et.al. 2011. Economic benefits tied to ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, 19: 573-579.

Poulikidou S, Björklund A e Tyskeng S. 2014. Empirical study on integration of environmental aspects into product development: processes, requirements and the use of tools in vehicle manufacturing companies in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, 81: 34–45.

Silva ALE, Moraes JAR e Machado EL. 2015. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 20: 29-37. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522015000100029&script=sci_abstract

**CAPÍTULO 3: ECODESIGN: FERRAMENTA PARA REVERTER PRÁTICAS DE
PRODUÇÃO E CONSUMO ECOLÓGICAMENTE INCORRETAS**

ECODESIGN: FERRAMENTA PARA REVERTER PRÁTICAS DE PRODUÇÃO E CONSUMO ECOLOGICAMENTE INCORRETAS

RESUMO

O presente artigo discute a utilização do *Ecodesign* como ferramenta para reverter as atuais práticas de produção e consumo ecologicamente incorretas. Neste sentido, o trabalho contempla o precedente histórico da industrialização, as suas consequências, a implantação do *Ecodesign* nas indústrias, bem como a abordagem de aspectos relevantes do *Princípio Responsabilidade* proposto por Hans Jonas.

Palavras-chave: *Ecodesign*. Ética da responsabilidade. Industrialização

ECODESIGN: TOOL FOR REVERT PRACTICES PRODUCTION AND CONSUMPTION ENVIRONMENTALLY INCORRECT

ABSTRACT

This article discusses the use of the Eco Design as a tool to reverse the current production practices and ecologically incorrect consumption. In this sense, the work includes the historical precedent of industrialization, its consequences, the implementation of Ecodesign in industries as well as the relevant aspects of the approach Responsibility Principle proposed by Hans Jonas.

Keywords: Ecodesign. Ethics of responsibility. Industrialization

INTRODUÇÃO

O interesse por temas que tratam acerca da insustentabilidade das práticas atuais de produção e consumo, assim como da preocupação com as consequências das atividades realizadas, principalmente em indústrias que desenvolvem produtos, processos e serviços tem aumentado nos últimos anos, impulsionando o desenvolvimento de novas técnicas que permitam reverter o quadro de intensa degradação dos recursos naturais.

Assim, o *Ecodesign* surge como uma nova e viável possibilidade de “integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto, com o objetivo de reduzir impactos ambientais adversos ao longo de todo o ciclo de vida de produto” (ABNT, 2011). A fim de agregar características sustentáveis aos produtos, o *ecodesign* impõe melhorias e mudanças nas fases de aquisição de matéria-prima, produção, vendas, dentre outras fases do ciclo de vida que podem ser influenciáveis.

A partir de então, ressalta-se a crescente importância desta temática quando se lança um olhar crítico aos processos produtivos intensificados desde a Revolução Industrial, com a acelerada retirada de recursos naturais. As urgentes mudanças requeridas devido à escassez desses recursos exigem medidas radicais para a resolução deste problema em que às indústrias

são impostas tudo o que elas possam fazer para mudar, e não apenas dar algum passo adiante em comparação com o status anterior.

Tendo por base o acima exposto, o objetivo deste artigo é mostrar que o *Ecodesign* contribui para que a indústria minimize a utilização de recursos ambientais, com práticas que possam adotar as ideias propostas pelo *Princípio Responsabilidade* de Hans Jonas.

Por fim, são destacadas as contribuições dadas pelo *Ecodesign* para implantação de uma produção industrial sustentável. Para tanto, utilizamos como metodologia a pesquisa bibliográfica tomando como referencial principal a discussão levantada por Marijane Lisboa no livro “Ética e cidadania planetárias na era tecnológica” que tem como base as ideias propostas por Hans Jonas.

A industrialização: precedentes históricos

É costumeiro utilizar a expressão “Revolução Industrial” para nomear o notável desenvolvimento econômico acontecido na Inglaterra nos séculos XVIII e XIX. Esse progresso teve sua origem na organização de um sistema fabril, tornado possível graças a excepcionais avanços na área tecnológica. A invenção e o uso das máquinas a vapor, de novas ferramentas de trabalho e a criação de equipamentos destinados à indústria têxtil tornaram possível a evolução desse novo sistema de trabalho. Profundas mudanças ocorreram com a substituição do trabalho rural e do artesanato pelas atividades industriais (ORNELLAS, 2007).

Ornellas (2007) ressalta que a industrialização reuniu e abarcou modificações ideológicas, econômicas e sociais que transformaram uma sociedade exclusivamente agrária em verdadeira sociedade industrial e urbana. O predomínio das máquinas, a intensificação do comércio, o trabalho operário e não mais artesanal, além de outros fatores, fizeram da Revolução Industrial um marco histórico singular. Com ela nasceu o Capitalismo (MOTA, 1986).

Com o advento da Revolução Industrial estabeleceu-se um sistema baseado no consumo, que tem como pilar fundamental produzir mais para ter mais lucro. Dessa forma, o desenvolvimento da industrialização impulsionou o crescimento econômico, promoveu geração de riquezas. Por outro lado, esse avanço trouxe também uma série de problemas ambientais devido aos meios de produção empregados nos processos produtivos (KRAETZ, 2013).

Ainda segundo Kraetz (2013), um dos subprodutos mais importante da revolução industrial, foi o acelerado crescimento urbano que ocorreu devido à saída de muitos trabalhadores do campo para a cidade a fim de trabalhar nas indústrias, visto que os meios de produção natural já não eram mais tão procurados devido à rapidez da produção industrial. Esse crescimento desordenado das cidades gerou uma série de problemas sociais e ambientais.

O Brasil quando entrou na era da produção industrial, e do crescimento econômico, da mesma forma que outros países, seguiu o processo já conhecido de produção, com intensa retirada de recursos naturais e conseqüente aceleração do uso abusivo da natureza.

CONSEQUÊNCIAS DA INDUSTRIALIZAÇÃO

A industrialização trouxe crescimento, desenvolvimento, progresso, mas também problemas ambientais relacionados direta e indiretamente com o modo de produção. As formas de produção, somados a exploração sistemática e intensa dos recursos naturais, generalizaram-se e expandiram-se de maneira descontrolada. Segundo Kraetz (2013), isso ocorreu porque não pensaram em nenhum tipo de previsão para conter as conseqüências que poderiam trazer ao meio ambiente.

Kraetz (2013) enfatiza, ainda, que a utilização desmedida de recursos naturais:

Durante todo o século XIX, e também no decorrer da maior parte do século XX, a exploração desenfreada do meio ambiente se manteve sem qualquer tipo de questionamento, sustentada pela visão equivocada de que os recursos naturais, alguns não renováveis (carvão mineral e petróleo) estavam a disposição do homem e que estes recursos seriam ilimitado. Nos anos 70, os processos de degradação ficaram mais evidentes e os meios científicos começaram a sinalizar para a possibilidade de que determinados recursos naturais poderiam se esgotar.

O pensamento acima conduz à afirmação de que as principais causas da poluição e, conseqüentemente, da degradação do meio ambiente, vem do modelo atual de produção que, em muitos casos, continua sem nenhuma preocupação com o meio ambiente. Juntando-se a isto, hoje, temos o consumismo que contribui de forma assustadora para a exploração dos recursos da natureza, ao mesmo tempo em que despeja no meio ambiente, resíduos e agentes cada vez mais poluentes.

O sistema industrial, por sua vez, entende que a geração de resíduos é uma conseqüência do processo produtivo e do consumo. Por isso mesmo, procura remediar tais problemas através de ações e tecnologias que controlem os avanços da poluição. No entanto, estas iniciativas não evitam o problema, pois atuam depois da geração do resíduo. As

tecnologias de fim-de-tubo⁵ não se caracterizam como eficientes, uma vez que absorvem novos recursos e energia, gerando novos resíduos que também precisam de tratamento (LISBOA, 2009).

Desde os anos 1970, as preocupações começaram a ganhar força devido à questão ambiental ter maior espaço nas agendas públicas e privadas em grande parte do planeta. Entretanto, os padrões predominantes de produção e consumo, aprimorados ao longo de todo o século XX, continuam poluindo exatamente como no início da industrialização. Neste caso, podemos afirmar que contribuem para a terra tornar-se insustentável.

O que se tem feito para enfrentar o problema dos efeitos poluentes da industrialização não condiz com a necessidade de recuperar a degradação causada por esse tipo de atividade. Por isso, ampliam-se e aprofundam-se as pressões sobre as empresas pela adoção de sistemas de gestão ambiental (KUEHR, 2007), bem como pela adoção de novas formas de produção que minimize a ação dos resíduos poluentes.

Alicerçado no tripé abundância de recursos naturais (inclusive energéticos), aumento da produtividade do trabalho e presença do Estado de Bem-Estar Social, o padrão de “desenvolvimento” predominante ao longo de praticamente todo o século XX parecia, até os anos 1970, solidamente implantado e inabalável. A partir dessa década, os pressupostos que sustentavam os padrões de produção e de consumo começam a sofrer fortes questionamentos. Os primeiros abalos são resultantes do efeito combinado da crise do petróleo com a publicação, pelo Clube de Roma, do relatório “Os limites do crescimento” (BUARQUE, 2004).

Neste sentido, Lisboa (2009), em seu livro “*Ética e cidadania planetárias na era tecnológica*” ressalta que a *Clean Production* parte do pressuposto de que qualquer produto deve ser analisado dentro do seu ciclo de vida, que inclui a extração das matérias-primas e insumos necessários à sua produção, além de avaliar a destinação final dos resíduos. Os métodos de produção devem ser examinados quanto aos impactos causados aos ecossistemas e às comunidades nas quais diversas etapas são realizadas, a fim de evitar maiores danos à sociedade, à população de fauna e flora e à degradação dos solos.

Em consonância com o desenvolvimento da conscientização e relevância na avaliação do ciclo de vida dos produtos, o conceito *Cleaner Production* acrescenta que é necessário estimular o *design* de produtos que sejam duradouros e reutilizáveis, evitando a fabricação de

⁵ Chamadas assim por assumirem como inevitável a geração de resíduos, para depois buscar um destino ambientalmente seguro.

produtos com obsolescência programada, onde está presente a criação de produtos que possam ser desmontados, concertados por partes e com peças de reposição padronizadas. Em vista desta nova exigência, o *Ecodesign*, contempla o *design* sustentável de produtos na indústria.

Segundo Borchardt et al. (2008), o *ecodesign* possui práticas que não são únicas ou estáticas, apresentam uma evolução tecnológica na sua execução. As suas práticas podem incluir a escolha de materiais de baixo impacto ambiental, projetos voltados a simplicidade a fim de reduzir o uso de matéria-prima e energia na fabricação de produtos, gerenciamento de resíduos, não utilização de substâncias perigosas, dentre outros quesitos que podem ser observados no processo produtivo e que possam reduzir os impactos ambientais negativos gerados pelas indústrias.

ECODESIGN

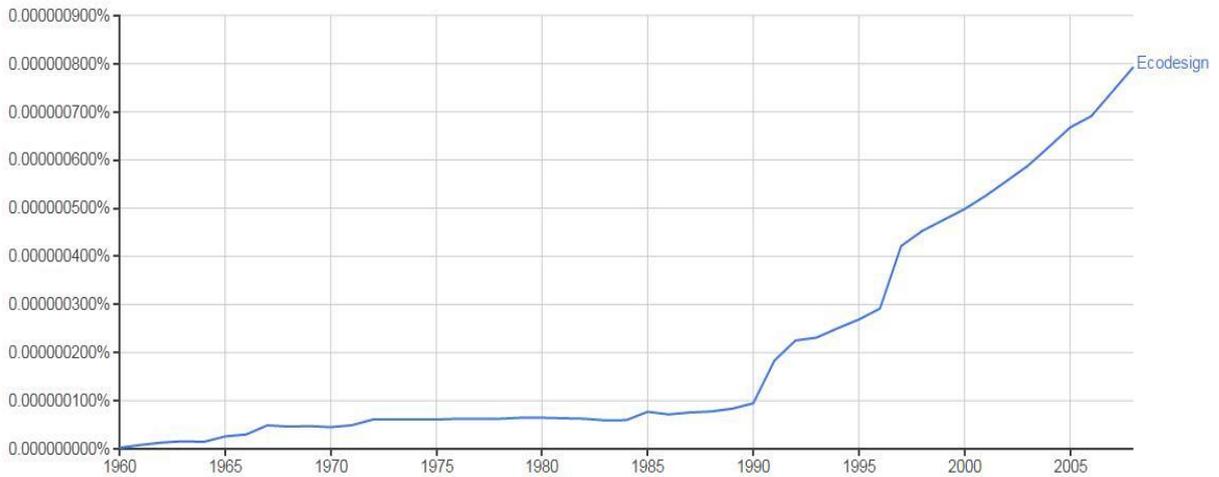
O *design* contemporâneo apresenta-se cada vez mais imbricado com a sustentabilidade, inovação e bem-estar social, principalmente diante das demandas da sociedade e do mercado. A análise do ciclo de vida do sistema-produto é primordial em qualquer desenvolvimento de projeto de produto ou serviço (CAVALCANTE et al., 2012).

A partir da demanda de produtos e serviços que contemplem aspectos sustentáveis, surgiram mais fortemente na década 90 as ideias sobre o *Ecodesign*, a indústria eletrônica dos EUA procurava minimizar o impacto, por ela causado, ao meio ambiente decorrente de sua atividade (BORCHARDT et al., 2008).

A Associação Americana de Eletrônica (*American Electronics Association*) formou uma força-tarefa para desenvolver projetos que levassem em conta a preocupação com o meio ambiente. Assim, passou a providenciar uma base conceitual que beneficiasse primeiramente os membros da associação. Desde então, o nível de interesse pelo assunto cresceu e os termos *ecodesign* e *design for environment* passaram a ser mencionados em programas de gestão ambiental (BORCHARDT et al., 2008).

O Gráfico 1, gerado na ferramenta *Google Ngram Viewer*, demonstra a ascensão no uso da palavra-chave *Ecodesign* em livros, assim como também demonstra que este termo já era utilizado a alguns anos antes, mas teve uma elevação no interesse por este assunto, principalmente a partir de 1990 quando a Indústria Eletrônica dos EUA passou por grandes transformações.

Gráfico 1: Utilização da expressão *Ecodesign* em livros em inglês na base de dados do Ngram



Fonte: Google Ngram Viewer

O *ecodesign* é utilizado como ferramenta para operacionalizar as matérias primas, com as quais são construídos os produtos e demais bens de consumo no ciclo fechado de material. É também conhecido como DfE (*Design for Environment ou Projeto para o Ambiente*). Caracteriza-se por ser uma especialização do *design* que leva em consideração requisitos ambientais em todo o ciclo de vida dos produtos, além dos requisitos tradicionais. O projeto de *design* com requisitos ambientais, incluídos no processo, deve levar em conta todo o ciclo de vida do produto desde a elaboração do projeto até o descarte final do produto (TEIXEIRA, 2005).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), por sua vez, pode ser utilizada como ferramenta do *Ecodesign*, pois, segundo Chehebe (2002), é uma técnica de avaliação de aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto. Segundo Ljungberg (2005), a ACV compreende etapas que vão desde a retirada, no meio ambiente, das matérias-primas (berço) até a disposição do produto final (túmulo). Sendo assim, os impactos ambientais de um produto são determinados por entradas e saídas durante o ciclo de vida: entram matérias-primas e energia; e saem gases, efluentes, resíduos, contaminação do solo, ruído, vibrações, radiações e calor.

No meio acadêmico, conceitos como *ecodesign* e avaliação do ciclo de vida (ACV) têm promovido uma releitura nas técnicas de concepção, projeto e produção industrial de bens (BYGGETH; BROMAN; RÒBERT, 2007), oferecendo o embasamento teórico para diretivas de aplicação em projeto de produto.

Produtos com objetivos tradicionais, como desempenho, custo da manufatura e confiabilidade, surgem conjuntamente com objetivos ambientais dentro das técnicas de projeto do *Ecodesign*, reduzindo os riscos ambientais, o uso de recursos naturais, aumento da eficiência energética e da reciclagem. Assim, a utilização do *ecodesign* e ACV dentro das indústrias atua como meios para preservar, não apenas o ambiente, mas também aumenta a competitividade e a imagem pública da indústria (BORCHARD et al., 2010).

Para idealização de produtos com a utilização do *Ecodesign* o projetista seleciona e articula soluções de projeto, segundo seu impacto no ciclo de vida do produto, ou seja, fabricação, embalagem, uso, troca de peças e fim de vida (BORCHARDT et al., 2008). Avalia também a utilização do produto, porque este não é independente nem homogêneo e exige outros produtos e atores para a sua fabricação, bem como para o seu transporte e uso.

Destaca-se também a importância do equilíbrio entre custos ambientais e aspectos funcionais dos produtos, pois a aplicação do *Ecodesign* requer uma análise de sua viabilidade na organização e, conseqüentemente, de sua inserção na rotina de desenvolvimento de produtos (BORCHARD et al., 2012).

Alguns fatores podem influenciar na implementação do *Ecodesign* nas indústrias, como, por exemplo, a pressão externa de requisitos legais, influências econômicas internas, percepção e valorização do consumidor e a disponibilidade de novas tecnologias. Outro fator levantado na pesquisa de Deutz et al. (2013) para a dificuldade de implantação do *ecodesign*, é que para muitos *designers*, incorporar considerações ambientais no processo de inovação de produtos é visto como uma restrição na tomada de decisões dificultando a sua idealização, quando os aspectos ambientais são incorporados a concepção do produto se restringem principalmente a reciclagem.

As dificuldades encontradas para a implantação do *Ecodesign* indicam, primeiramente, a falta de treinamento dos *designers* que não são especialistas em produção ecologicamente correta e, provavelmente, não sabem mais do que a compreensão de uma pessoa leiga sobre as questões ambientais (DEUTZ et al., 2013). Por conseguinte, para a contribuição efetiva do *Ecodesign*, dentro dos processos desde a sua concepção até sua destinação final, faz-se necessário o interesse em contribuir para a solução dos problemas ambientais que atingem a nossa sociedade e a ameaça de escassez de recursos naturais em todos os segmentos da indústria.

Devido à importância do favorecimento dos quesitos ambientais no projeto e desenvolvimento dos produtos e, em contrapartida, a dificuldade em implantar e gerir o *ecodesign* nas indústrias, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou no

Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental pela Comissão de Estudo de Sistema de Gestão Ambiental a ABNT NBR ISO 14006:2011 que normaliza as diretrizes para incorporar o *ecodesign* em qualquer organização independentemente do tipo, do tamanho e do produto fornecido.

A norma com diretrizes para implantação do *Ecodesign*, a ISO 14006, legitima a preocupação global sobre danos ambientais e incentiva as organizações a prestarem mais atenção à gestão dos impactos de suas atividades e produtos, visando à melhoria contínua de seu desempenho ambiental (ABNT, 2011).

Atualmente, outra área de importância vital para o *ecodesign* é a inclusão em suas práticas de valores que propiciem uma conduta ética que contribua para a solução dos problemas ambientais. É possível dizer que a pressão social por uma ética que tenha a responsabilidade como princípio nos processos corporativos, é razoável. Tal ética faz com que, a cada dia, um número crescente de organizações passe a observar a variável ambiental nas suas práticas e estratégias de negócio. Isso requer mudanças nos processos produtivos, que devem ser mais eficientes e menos agressivos ao ambiente, o que certamente representa uma condição para a permanência no mercado (KRAETZ, 2013).

Em observação a toda a problemática envolvida no desregramento da produção, consumo excessivo e a necessidade de tomada de decisões que evitem a completa deterioração dos recursos naturais, torna-se imperativo adotar uma ética que ajude a fazer com que a tecnologia seja usada com responsabilidade.

A RELAÇÃO INDÚSTRIA, *ECODESIGN* E ÉTICA

A técnica e o que ela proporciona encantam cada vez mais a civilização contemporânea. Embora esta, juntamente com a ciência e outros ramos do saber, tenha trazido vários benefícios à humanidade, não se pode negar que, separada da ética, desenvolveu os mais diversos meios de dominação do homem sobre a natureza (RIBEIRO, 2010).

O alerta dado pela natureza demonstrado por meio de catástrofes naturais, escassez de recursos, redução e/ou desaparecimento de espécies importantes e esgotamento de solos, são alguns dos vários sinais de que a conduta humana de consumo desenfreado não é sustentável, pondo em risco a sobrevivência de todas as espécies, inclusive a do próprio homem, exigindo, com isso, o desenvolvimento de uma nova ética.

Aliado a este pensamento, as ideias de Rockstrom et al. sobre os limites do planeta publicadas no artigo “*A safe operating space for humanity*” (Um espaço operacional seguro

para a humanidade) enfatizam a importância de considerar o tempo de resiliência da natureza, ou seja, o seu poder de regeneração frente as interferências do homem. Para isso, Rockstron explica que “os limites planetários seriam processos que influenciam a habilidade do planeta de se manter em um estado desejável para dar apoio ao desenvolvimento humano”.

A equipe envolvida neste estudo chegou à conclusão que sete limites essenciais à manutenção do planeta não podem ser ultrapassados, caso contrário se tem o risco de afetar o equilíbrio ecológico, impedindo o poder de reestruturação próprios da natureza. As análises realizadas durante a pesquisa demonstram que as atividades humanas já ultrapassaram os limites adequados para três delas: Mudanças climáticas, biodiversidade e concentração de nitrogênio na atmosfera.

Embora tenham surgido várias teorias éticas que defendem uma conduta ecologicamente correta, como forma de preservar a vida, é muito válida a discussão proposta pela Ética da Responsabilidade, do filósofo alemão Hans Jonas (RIBEIRO, 2010).

Hans Jonas (2006) destaca em seu livro “*O Princípio Responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização contemporânea*” que as concepções das chamadas “éticas tradicionais”,⁶ não são mais condizentes com os problemas que a humanidade enfrenta hoje, porque seu modo de agir foi acrescido pelo poder adquirido com os produtos da tecnociência. Esta realidade do processo de produção industrial, nada obstante, não reconhece a necessidade de preservar a natureza para as gerações futuras e, por isso mesmo, os efeitos de suas ações ultrapassam o presente e continuam a prejudicar o homem no futuro.

Sendo assim, em relação à tecnociência ela assumiu patamares antes inimagináveis e o homem passa a conceber a tecnologia como instrumento de dominação da própria natureza, constituindo, assim, instrumento indispensável para o poder humano de conhecer a natureza e dominá-la. O sucesso da tecnociência, portanto, deve ser temido em vista de representar um potencial perigo de extinção da humanidade e da natureza. Por outro lado, não é possível descartar a importância para a melhoria da qualidade de vida (RIBEIRO, 2010).

Ainda segundo Ribeiro (2010), a preocupação com o futuro da natureza revela o traço constitutivo da ética de Jonas cabendo ao princípio responsabilidade superar as éticas tradicionais.

A ética jonasiana baseada na responsabilidade deve passar a ser pensada do ponto de vista do que pode vir a fazer o homem com a tecnologia. A responsabilidade, portanto, recai e

⁶ Jonas denomina de “éticas tradicionais” todas as éticas que não incluam a natureza como possuidora de um valor “em si”, ou seja, que mereça ser defendido pelo homem.

provém simultaneamente do futuro, ou melhor, da exigência para que haja futuro, destacando que os indivíduos não estão isolados e que a dimensão ética não se dá somente no agir próximo, mas num mundo onde o agir é coletivo deve estar compromissado com a permanência da vida no presente e no futuro (RIBEIRO 2010).

A ética da responsabilidade de Jonas (2006), por levar em conta o desenvolvimento tecnológico das sociedades mais avançadas, indica que será necessário uma autolimitação no uso dos recursos e das técnicas a disposição do homem para a preservação do planeta para atuais e futuras gerações.

Na visão de Battestin e Ghiggi (2010), a ética jonasiana, gravita em torno dos seguintes elementos: o domínio das relações com o mundo extra-humano, toda a dimensão da *techne* (habilidade), com exceção da medicina, era considerado eticamente neutro. Outro elemento importante diz respeito ao caráter antropocêntrico da ética tradicional, e sua significação ética estava *stricto sensu* relacionada diretamente ao homem com próprio homem. Jonas (2006) considera que os efeitos remotos ou consequências distantes da ação do homem não eram levados em conta, e sim considerados obras do acaso, limitando as suas ações à extensão previsível do tempo de suas vidas.

Lisboa (2009) esclarece que para Jonas, devido os resultados impensados de nossa ação, emerge um novo papel da ciência na moral. A mesma autora destaca que é necessário que o nosso saber deva ser suficientemente sólido para orientar a nossa ação, mas que é preciso reconhecer que ele nunca será capaz de prever exaustivamente o impacto negativo que a tecnologia é capaz de trazer para a humanidade, que, por seu turno, só se ocupa com o lado bom da tecnociência.

Estas ideias e a constatação desse novo cenário inspiraram o Princípio da Precaução que se tornou o paradigma de tomada de decisões políticas na área ambiental e em todas as áreas em que se apresente essa disparidade ou distância entre o conhecimento possível de previsão sobre os efeitos de nossa ação e potencial de riscos desta mesma ação (LISBOA, 2009).

O trabalho de Rockstrom et al. sobre os limites do planeta também aponta na mesma direção de Jonas. Os limites planetários devem ser respeitados, sob pena, de modificarmos irremediavelmente o equilíbrio fundamental das relações ecológicas, reduzindo o seu poder de resiliência. Para isso, ações de responsabilidade devem ser tomadas em todos os setores produtivos, a fim de conservarmos os recursos naturais fundamentais a sobrevivência das futuras gerações.

Deste modo, o *Ecodesign* poderá ter no futuro breve um crescimento vertiginoso diante da necessidade imperiosa de mudança de rumos em relação ao modo que concebemos o desenvolvimento atualmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instalação das indústrias em todo mundo consolida de forma irreversível a dominação do homem por meio de máquinas, uso intensivo e desenvolvimento de novas tecnologias de forma a dominar a natureza, aumenta o lucro e conseqüentemente o consumo para alimentar o sistema capitalista que se baseia necessariamente, na aquisição de novos produtos pelos consumidores.

Desta forma, desenha-se um panorama de utilização intensa de recursos naturais para atender a demanda por mais lucros. Sem dúvida a preocupação com a terra deve ser uma prioridade humana.

Os limites impostos pela natureza quando desconsiderados podem afetar interações ecológicas importantes à manutenção da vida, comprometendo o poder de resiliência que tem sustentado os constantes abusos do ser humano. A fim de garantir a existência de recursos naturais suficientes para as futuras gerações é necessário que além de novas alternativas de processos ecologicamente corretos se desenvolva uma postura de responsabilidade que atue como barreira a extração abusiva de bens naturais.

Em vista do que foi exposto, o *Ecodesign* aparece como ferramenta para reduzir ou mesmo extinguir do *design* e desenvolvimento de produtos aspectos nocivos ao meio ambiente, para isso, deve-se contemplar as questões ambientais desde o processo de concepção de produtos.

A avaliação do ciclo de vida do produto caracteriza-se como ferramenta importante ao *ecodesign* e auxilia a redução de impactos ambientais negativos dos produtos durante toda a fabricação e até mesmo após a saída da indústria. O fabricante poderá influenciar o consumidor a adotar práticas adequadas a destinação após a vida útil, reciclagem, reforma ou reutilização do produto.

A avaliação contínua e o desenvolvimento de melhorias na implantação do *ecodesign* nas indústrias sugere o envolvimento de forma atuante de toda a organização, desde a alta gerência até o mais simples colaborador. Para isso, a abordagem de questões ambientais e a inclusão dessas variáveis aos produtos das indústrias devem ser do conhecimento de todos que contribuem direta ou indiretamente, incluindo fornecedores, clientes, dentre outros.

Enfim, constata-se a crescente e imperativa proposição de uma ética que contemple e seja utilizada no setor industrial. A ética da responsabilidade proposta por Hans Jonas vem ao encontro das ideias de cuidado e preocupação com o futuro comum e preocupa-se acertadamente com o uso correto e planejado do meio ambiente, com a consciência de que os recursos são escassos e que precisamos assegurar o direito de viver das futuras gerações.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO 14006*: Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para incorporar o ecodesign. Rio de Janeiro, 2011, 35p.

BARBIERI, J. C. O local e o global na implementação do desenvolvimento sustentável. In: CABRAL, A.; COELHO, L. (Orgs.). *Mundo em transformação: caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. p. 23-46.

BATTESTIN, C.; GHIGGI, G.. O Princípio Responsabilidade de Hans Jonas: um princípio ético para os novos tempos. *Thaumazein*, nº 6, p. 69 a 85, Santa Maria, 2010.

BORCHARDT, Miriam et al. Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v.11, n. 2, p. 341-353, 2008.

BORCHARDT, Miriam et al . Avaliação da presença de práticas do Design for Environment (DfE) no desenvolvimento de produto de uma empresa da indústria química. *Prod. online*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 58-69, 2012 .

BORCHARDT, Miriam et al . Reprojetado do contraforte: um caso de aplicação do ecodesign em manufatura calçadista. *Prod. online*, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 392-403, set. 2010 .

BYGGETH, S.; BROMAN, G.; ROBERT, K. A method for sustainable product development based on a modular system of guiding questions. *Journal of Cleaner Production*, v.15, p. 1-11, 2007.

BUARQUE, S. C. *Construindo o desenvolvimento local: metodologia de planejamento*. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

CAVALCANTE, A. L. B. L.; PRETO, S. C. S.; PEREIRA, F. A. F.; FIGUEIREDO, F. L. G. Design para a Sustentabilidade – um conceito interdisciplinar em construção. *Projética Revista Científica de Design*, Londrina, v. 3, n. 1, p. 252-263, 2012.

DEUTZ, P.; MCGUIRE, M.; NEIGHBOUR, G. Eco-design practice in the context of a structured design process: an interdisciplinary empirical study of UK manufacturers. *Journal of Cleaner Production*. vol. 39, p. 117-128, 2013.

FONSECA, Sergio Azevedo; MARTINS, Paulo Sérgio. Gestão ambiental: uma súplica do planeta, um desafio para políticas públicas, incubadoras e pequenas empresas. *Prod. [online]*., vol.20, n.4, p. 538-548, 2010.

- JONAS, H. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Trad. Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto/Editora da PUC-RIO, 2006.
- KRAETZ, G.; ALENCASTRO, M. S. C.; Sistema de gestão ambiental, produção mais limpa e ecodesign: diferencial competitivo e inovador para as empresas brasileiras. *Revista da Faculdade Santa Cruz*, v. 9, n.1, p. 23-34, 2013.
- KUEHR, R. Environmental technologies e from misleading interpretations to an operational categorisation & definition. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, 2007.
- LISBOA, M. V. *Ética e Cidadania Planetárias na Era Tecnológica: o caso da Proibição da Basiléia*. 1. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.
- MOTA, C. G. *História moderna e contemporânea*. São Paulo (SP): Moderna; 1986.
- ORNELLAS, Thuê Camargo Ferraz de. Aspectos históricos, culturais e sociais do trabalho. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 4, nº 59, p. 552-555, 2007.
- RIBEIRO, R. D. de V. *Hans Jonas: uma proposta ética*. *Cadernos do PET Filosofia*, v. 1, n. 2, p. 13-29, 2010.
- ROCKSTROM, Johan et al. *A safe operating space for humanity*. *Nature*, v. 461, p. 472-475, 2009.
- TEIXEIRA, M. G.; CÉSAR, S. F. *Ecologia industrial e ecodesign: requisitos para a determinação de materiais ecologicamente corretos*. *Revista Design em Foco*, Salvador, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2005.

4. DISCUSSÃO

BIOMIMETISMO

O termo “biomimética” ainda é pouco difundido, mas possui numerosos exemplos clássicos, como por exemplo, o velcro. Esta área tem evoluído de inspirações macroscópicas como a observação de asas de pássaros e o sonar de golfinhos, para o mundo microscópico, no qual os pesquisadores começaram a tentar recriar ativamente as ações das enzimas. A inovação na escala social também representa uma fronteira biomimética e a convivência em sociedade de abelhas e formigas, bem como os hábitos para determinação de localização também estão sendo estudados para emulação em sensores.

As variadas inovações tecnológicas da biomimética apresentam soluções em diversos campos da ciência como a química, engenharia, entre outros, e mostram-se excelentes às indústrias na criação de novos produtos para o mercado. Sendo assim, é relevante tornar os avanços nesta área cada vez mais sustentáveis, utilizando-se da educação como forma de sensibilização, a fim de não torna-la mais uma ação que contribuirá para deteriorar a natureza.

A principal abordagem desta pesquisa sobre biomimética está relacionada às escolas públicas de ensino médio que aderem ao PNL D e que, por conseguinte recebem livros gratuitos fornecidos pelo governo por meio do MEC. A delimitação para esta etapa do ensino não exclui a possibilidade de aplicações no ensino infantil e fundamental. Percebe-se que grande contribuição ao estudo da biomimética pode ser dada também pela educação profissional e tecnológica.

A Educação Profissional e Tecnológica abrange os cursos de formação inicial e continuada ou qualificação profissional, Educação Profissional Técnica de Nível Médio e Educação Profissional Tecnológica, de graduação e de pós-graduação. As duas últimas principalmente caracterizam-se como campos promissores à difusão e aplicação das inovações biomiméticas, por priorizar o desenvolvimento da tecnologia e ter como um de seus princípios a:

contextualização, flexibilidade e interdisciplinaridade na utilização de estratégias educacionais favoráveis à compreensão de significados e à integração entre a teoria e a vivência da prática profissional, envolvendo as múltiplas dimensões do eixo tecnológico do curso e das ciências e tecnologias a ele vinculadas (BRASIL, 2012, p. 2)

As aulas de biologia possuem uma infinidade de possibilidades de abordagem desta temática, pois permite o estudo dos seres vivos, seus mecanismos, comportamento e adaptação ao ambiente ao longo de milhares de anos. A apresentação deste conceito permite o

conhecimento das funções observadas no mundo animal e vegetal, trazendo-os para a realidade do aluno tornando-o sensibilizado à importância dos sistemas biológicos, a resiliência dos processos naturais, a inteligência evolutiva e o equilíbrio dinâmico entre todas as espécies dentro de um ecossistema.

Estas ideias, se repassadas com a profundidade que merecem, podem atuar como um estímulo à educação ambiental, pois facilmente explora-se o senso de cuidado e responsabilidade com ambiente natural, ressaltando os vários aspectos da natureza que no futuro serão a solução para inúmeros problemas ocasionados pela atividade humana. Desta forma, é possível envolver também outras disciplinas como química, física, geografia, dentre outras. Nos cursos técnicos e tecnológicos as possibilidades são ainda maiores, pois o foco da formação está na tecnologia e as iniciações no estudo da biomimética podem evoluir de ideias para aplicações, com o desenvolvimento de protótipos ou mesmo produtos.

O Brasil possui umas das maiores biodiversidades do planeta e fica atrás no que diz respeito à sua iniciação nas pesquisas sobre essa temática. Vários países como Estados Unidos Inglaterra, Austrália, França, dentre outros, pesquisam sobre a área e já reconhecem como solução para vários problemas não resolvidos e que a natureza, de forma sábia, apresenta soluções extremamente bem desenvolvidas e eficientes.

O primeiro passo para disseminação deste conceito é apresentá-lo a sociedade, aos pesquisadores, bem como, demonstrar a sua efetividade frente ao desafio que é encontrar soluções sustentáveis. Aos docentes cabe papel essencial, no estímulo e favorecimento do conhecimento da biomimética e aos discentes será possível a sua utilização para alavancar as pesquisas no Brasil.

Esta pesquisa objetivou identificar nos livros textos fornecidos pelo PNLD a alunos do ensino médio a utilização do conceito ou a sua definição com a intenção de torna-lo mais conhecido pela comunidade científica, pelos professores e alunos, explorando a interdisciplinaridade que pode ou deve ser iniciada pela biologia, mas não monopolizada por esta.

A disponibilidade de informações sobre a temática está bem disseminada na internet com várias notícias, matérias, textos jornalísticos, artigos científicos, vídeos e documentários do Brasil e principalmente de outros países que possuem maiores avanços em pesquisas e desenvolvimento de produtos. A seguir, o quadro 3 elenca alguns links com indicações para maior aprofundamento da temática, sendo possível encontrar muitos outros em buscas simples.

Quadro 3: Indicações de pesquisas sobre biomimética

Indicações de pesquisas sobre biomimética	Fonte/Link
Brasileiros	
Biomimética: a ciência que se inspira na natureza Tipo: matéria	http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1504-biomimetica-a-ciencia-que-se-inspira-na-natureza.html
A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto Tipo: Artigo científico	http://www.pgdesign.ufrgs.br/designetecnologia/index.php/det/article/viewFile/52/33
Inspiração Natural Tipo: matéria	http://revistabrf.com.br/inspiracao-natural/
Biomimética Tipo: Vídeo	TEDxSudeste https://www.youtube.com/watch?v=h-4nK-jyQoY&list=PL9tvYXx95uRAJlrTmy5YL2PgzmWm8eT8f
Biomimetismo: Invenções inspiradas na natureza Tipo: matéria	http://www.coletivoverde.com.br/biomimetismo/
Biomimetismo, quando a indústria aprende com a natureza Tipo: matéria	http://www.revistaplaneta.com.br/biomimetismo-quando-a-industria-aprende-com-a-natureza/
Biomimética sustentabilidade: aprendendo com a natureza Tipo: Site	http://www.biomimetica.com.br/
Internacionais	
Cabbage White butterfly holds secret to better solar panels Tipo: matéria	http://www.telegraph.co.uk/news/earth/wildlife/11776300/Cabbage-White-butterfly-holds-secret-to-better-solar-panels.html
Nature Tech : The Material World (BBC) Tipo: Documentário (somente em inglês)	https://www.youtube.com/watch?v=neeP9v_x3os
Biomimicry education network Tipo: Site	https://ben.biomimicry.net/
The magnificence of spider silk Tipo: Vídeo	TED
Robots that fly...and cooperate Tipo: Vídeo	TED
Design at the intersection of technology and biology Tipo: Vídeo	TED
The secrets of nature's grossest creatures,	TED

channeled into robots Tipo: Vídeo	
Biomimética construção sustentável Tipo: Vídeo	https://www.youtube.com/watch?v=Z5AiEgOY14E
Biomimicry 3.8 Tipo: Site	https://biomimicry.net/what-is-biomimicry/

Especialmente aos docentes que desejam abordar esta temática em suas aulas e que não sabem por onde começar, este trabalho possui sugestões de algumas formas de aplicação, o site *Biomimicry Education Network* contém orientações para o professor abordar o conceito e o artigo científico *Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity* que relata uma experiência desenvolvida nas aulas de biologia, com a aplicação de exemplos da natureza expostos pelo professor para incorporação no *design* de produtos.

Segundo Gardner (2014) “os professores de biologia podem aproveitar este ‘impulso’ para envolver seus alunos com a biologia através de atividades de aprendizagem ativa”. Neste estudo, explora-se a aprendizagem baseada em design, um método de ensino centrado no desenvolvimento de projetos pelos próprios alunos, que enfatiza a colaboração e aprendizagem prática. Gradualmente, atividades como esta podem ser incorporadas às salas de aula brasileiras do ensino médio, cursos técnicos de nível médio e tecnológicos, graduações e pós-graduações, com a finalidade de atender cada vez mais a tendência educacional de aliar teoria e prática e capacidade de resolução de problemas pelos alunos.

ECODESIGN

A demanda por processos produtivos mais sustentáveis, o desenvolvimento de legislação ambiental mais atuante e consumidores mais sensibilizados têm sido motivadores importantes para uma nova tendência no mundo corporativo. As empresas, para permanecerem no mercado, precisarão atualizar-se na busca de novas alternativas para a redução nos impactos ambientais de seus processos e produtos, considerando desde os insumos materiais e energéticos da produção até o reaproveitamento e a disposição final dos resíduos e dos próprios produtos (SILVA; MOITA NETO, 2011).

O *ecodesign* contempla todo o ciclo de vida do produto e caracteriza-se como ferramenta para alcançar, através do projeto e desenvolvimento do produto (PDP), o atendimento de quesitos ambientais pelas indústrias de qualquer tipo de atividade.

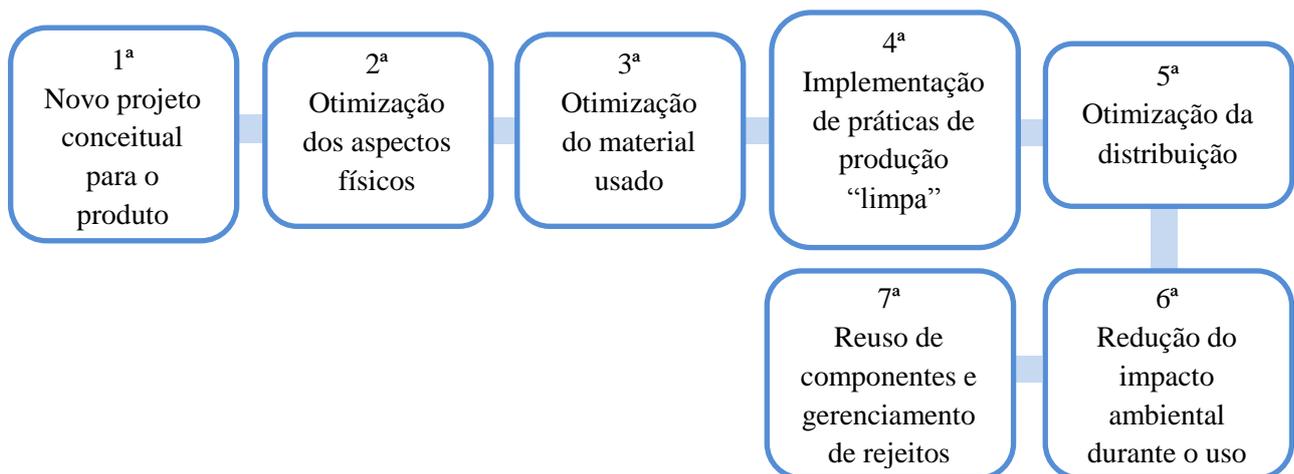
Os *designers*, principais responsáveis pelo PDP, enfrentam grande desafio já que desenvolvem seus produtos de forma tradicional. A inclusão do quesito ambiental nos

projetos dificulta sobremaneira a implantação do *ecodesign* de forma mais efetiva nas empresas.

Apesar das dificuldades, são inúmeros os benefícios do *ecodesign* para uma empresa, começando pelo marketing ambiental ou verde que pode ser desenvolvido como “ferramenta importante para se promover não somente o desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos, como também todo o conceito de desenvolvimento sustentável” (GOUVINHAS (2013).

O mesmo autor elenca sete estratégias de aplicação do *ecodesign* que complementam os resultados apresentados no artigo 2. A Figura 1 ilustra de forma sintética as estratégias que podem ser adotadas pelas indústrias para incorporação do *ecodesign* na fabricação de produtos levando em conta todo o ciclo de vida do produto.

Figura 1: Estratégias para incorporação do *ecodesign*



Adaptado de Gouvinhas (2013)

Ainda segundo este autor, a primeira estratégia se refere à forma de repensar o produto desde a sua concepção básica, reavaliando vários aspectos com relação a função do produto, as necessidades do consumidor final a partir dos valores desenvolvidos pela sociedade sobre a questão ambiental. A segunda estratégia engloba aspectos de forma, estética, materiais e a relação do usuário com o produto. Terceira estratégia objetiva que as empresas utilizem materiais, substâncias e tratamentos menos agressivos ao meio ambiente. O uso contínuo de processos e produtos mais eficientes que previnam impactos negativos correspondem à quarta estratégia. A quinta estratégia garante maior eficiência no transporte dos produtos. A sexta requer produtos projetados que permitam o consumidor fazer o uso eficiente dos consumíveis e a sétima estratégia trata sobre o reuso de componentes e gerenciamento de resíduos e rejeitos (GOUVINHAS, 2013).

A indústria pesquisada possui possibilidades de implantação do *ecodesign* e foram identificados dois principais aspectos ambientais que podem gerar impactos negativos ao ambiente, são eles: a produção de resíduos sólidos e a geração de efluentes na etapa de pintura.

Resíduos sólidos

Os resíduos são uma grande problemática em várias atividades humanas pela dificuldade em dar uma destinação adequada e a grande quantidade que é produzido diariamente devido ao acentuado crescimento urbano e aos costumes consumistas da população. A maioria das cidades ainda não possuem locais específicos para recebimento dos resíduos que podem ser, segundo a NBR 10004:2004, de classe I ou perigosos, que requerem maior atenção por apresentarem riscos à saúde humana e ao meio ambiente; e os de Classe II ou não perigosos que podem ser em sua grande maioria reciclados ou dispostos em aterros sanitários.

A indústria pesquisada possui este dois tipos de resíduos. Os perigosos encontrados classificam-se como inflamáveis e corrosivos. Os não perigosos são classificados segundo a degradabilidade como moderados, pois são compostos por papéis, papelão e outros materiais degradáveis e também como dificilmente degradáveis devido a existência de tecidos e plásticos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela lei nº 12.305/10 foi um marco regulatório para a questão dos resíduos sólidos e tem como objetivo

A não geração, a redução, a reutilização e o tratamento (...), bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Reduzir o uso de recursos naturais no processo de produção, intensificar ações de educação ambiental, aumentar a reciclagem no país, promover a inclusão social, a geração de emprego e renda de catadores de materiais recicláveis (...) (FREIRES; PINHEIRO, 2013, p. 235).

Muitos destes materiais que ocupam a posição de resíduos nesta indústria podem ser reciclados ou reutilizados. A ação de reciclagem poderá estimular o trabalho de catadores, com a criação de cooperativas que se organizam e trabalham em conjunto com a administração local que realiza a coleta seletiva, a fim de desenvolver projetos de reciclagem. No Brasil, várias cooperativas já estão sendo formadas em São Paulo, Belo Horizonte e João Pessoa (FREIRES; PINHEIRO, 2013).

Segundo Freires e Pinheiro (2013) os catadores são responsáveis por 90% do material que alimenta as indústrias de reciclagem, além de evitarem que estes resíduos tornem-se

rejeitos ao serem coletados pelo serviço do município. No estado do Piauí, especificamente Teresina ainda são poucas as ações de reciclagem e o estímulo ao desenvolvimento de cooperativas de catadores. A melhor destinação dos resíduos desta indústria e o envolvimento de catadores da cidade ou mesmo do entorno da indústria, poderiam ser beneficiados com o desenvolvimento e estímulo a cooperativas, a exemplo de outros estados, caracterizando-se como uma ação social desenvolvida pela mesma, com a finalidade de propiciar a melhoria de vida das pessoas com a geração de renda e promovendo a imagem de empresa com responsabilidade social.

Os resíduos podem apresentar-se como um problema ou mais uma forma de melhorar o ganho econômico e ambiental das empresas. Os conceitos de ecoeficiência e produção mais limpa (P+L) enriquecem as alternativas para a consolidação de um equilíbrio entre o econômico e o ambiental.

As empresas ecoeficientes “limitam os desperdícios de água, energia e materiais, reduzindo de forma progressiva a geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas, traduzindo-se em ganhos econômicos e ambientais” (FREIRES; PINHEIRO, 2013, p. 239). A P+L, especificamente para a indústria pesquisada, poderá ser útil, pois o princípio básico desta metodologia segundo Gouvinhas (2013, p.73) é “eliminar, ou pelo menos reduzir, a geração de resíduos durante o processo produtivo” sendo facilmente aliado ao *ecodesign*.

Ambos, *ecodesign* e P+L, propõem a redução de impactos negativos no ciclo de vida dos produtos, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Mas, há diferenças nas aplicações, pois no primeiro deve ter o envolvimento de toda a organização, o foco é o projeto e desenvolvimento do produto que permitirá a redução de impactos negativos durante todo ciclo de vida, visa identificar e minimizar os aspectos ambientais que poderão tornar atividade potencialmente poluidora. A P+L também envolve a organização a partir do comprometimento da direção e sensibilização dos funcionários de forma mais limitada que o *ecodesign*, e o foco desta metodologia é o processo produtivo e a redução de resíduos.

Outro aspecto importante da PNRS é a “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana”. Para os resíduos sólidos perigosos, como agrotóxicos (embalagem e seus derivados), pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, eletroeletrônicos e lâmpadas fluorescentes, a implantação de sistemas de logística reversa é obrigatória.

A indústria pesquisada possui problemas com a destinação adequada de resíduos perigosos, entretanto a logística reversa (LR) apresenta-se como alternativa também aos não perigosos. Com o objetivo de estudar fluxos de materiais que vão do usuário final a um novo ponto de consumo ou reaproveitamento, a LR atua na recolha dos produtos a serem recuperados inserindo-os na mesma cadeia ou em outra cadeia de suprimentos após o reprocessamento.

A partir do estudo de logística reversa em indústrias de plástico, realizado por Silva e Moita Neto (2011) em Teresina, constata-se a viabilidade de implantação da LR neste tipo de atividade, assim como também é possível que ela seja utilizada dentro da indústria moveleira que possui grande variedade de materiais e que no caso da indústria pesquisada possui iniciativas como a reforma de móveis com associação a empresas terceirizadas para posterior revenda ou conserto, devolvendo o produto ao cliente e aumentando o tempo de vida útil do mesmo.

O artigo *Ecodesign: um caminho para a sustentabilidade ambiental na indústria moveleira* evidencia três aspectos importantes ao desenvolvimento de uma gestão para a sustentabilidade. O Quadro 4 elenca informações para o atendimento dos aspectos ambientais, sociais e econômico segundo Quelhas; Meiriño; Neto (2013) que subsidiam os resultados do artigo mencionado.

Quadro 4: Aspectos ambientais, sociais e econômicos para uma gestão com sustentabilidade

AMBIENTAIS	SOCIAIS	ECONÔMICOS
<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de ferramentas que buscam aliar a produção de bens e serviços à preservação da capacidade de suporte dos ecossistemas e serviços ambientais. - Ecoeficiência nos processos produtivos com o incremento no uso de insumos, redução do desperdício de matérias-primas, água e energia, logística reversa para destinação e reciclagem, contemplação de quesitos ambientais no projeto dos produtos, dentre outras ações 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de ferramentas para acompanhamento da qualidade e segurança dos produtos, sem comprometer a confidencialidade do consumidor. - Adesão às leis, padrões regulatórios, respeito às leis trabalhistas e aos direitos humanos, condições de segurança e saúde no trabalho - Utilizar ferramentas de comunicação e marketing para encorajar os clientes a consumirem de forma sustentável 	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecimento de bens e serviços com preços acessíveis - Desenvolvimento de infraestrutura para a construção de mercados inclusivos - Promoção de estratégias de sustentabilidade para a criação de valor na relação com investidores

Para Gouvinhas (2013) há uma visão comum no que concerne ao desenvolvimento sustentável, pois são necessários que sejam contemplados três princípios básicos: a proteção ambiental, a estabilidade econômica e a responsabilidade social, formando o tripé da sustentabilidade. As empresas que desejam tornar-se sustentáveis não devem pensar diferente, o ideal é assegurar que as atividades produtivas continuem a acontecer, mas com a preocupação de manter o ambiente propício e saudável para a sociedade e os outros seres vivos, um desenvolvimento econômico e social.

A implementação do *ecodesign* na indústria pesquisada permite entre outras coisas uma atuação ampla, em nível de organização e produção, com a vantagem de aplicação de outras ferramentas de gestão como ecoeficiência e P+L. A partir das recomendações da norma da ABNT ISO 14006:2011, há a possibilidade de incorporação de um Sistema de Gestão Ambiental e um Sistema de Gestão da Qualidade, que no caso específico desta empresa não possui nenhuma das duas.

Poucas indústrias deste estado demonstram interesse no desenvolvimento sustentável de suas empresas apesar de ser uma tendência no mundo corporativo. Segundo Plouffe et al. (2011) os benefícios vão desde os ambientais aos econômicos pois incluem a redução de custos, pela melhor utilização de matérias-primas que podem ser recicladas, a redução de energia, otimização de vários processos do ciclo de vida do produto, maior satisfação dos consumidores e empresas mais competitivas.

Além dos benefícios econômicos e ambientais já destacados, percebe-se que a indústria pesquisada possui possibilidades de desenvolvimento de ações sociais devido à localização do depósito que está instalado em área urbana, atendendo desta forma, o aspecto social exigido para uma gestão com sustentabilidade. A responsabilidade social das empresas têm se tornado um quesito importante, pois cada vez mais os consumidores tornam-se sensibilizados às questões ambientais.

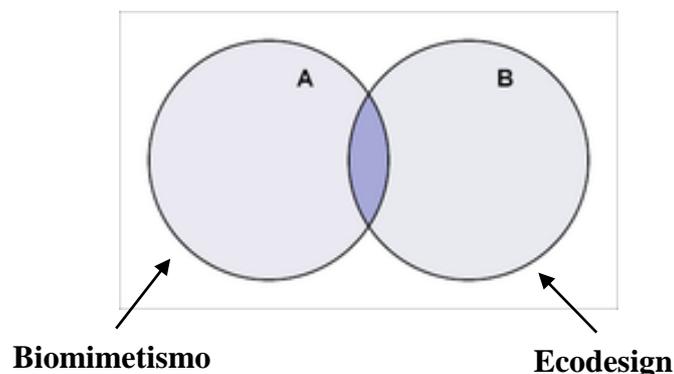
5. CONCLUSÃO

Os livros do PNLD analisados apresentam pouco sobre o biomimetismo e *ecodesign*. A partir da análise da estrutura e apresentação dos conteúdos dos livros é possível disponibilizar maiores informações e exemplos sobre ambos os conceitos para docentes e discentes.

O biomimetismo caracteriza-se como uma tendência em que o homem inspira-se na eficiência da natureza para resolver os seus problemas, neste ponto há uma tangencia com o *ecodesign*, pois ao propor e planejar materiais e produtos ambientalmente corretos pode lançar mão inclusive de formas elaboradas pela natureza para tornar produtos, processos ou serviços cada vez mais sustentáveis.

Embora sejam matrizes conceituais diferentes, biomimetismo e *ecodesign*, possuem pontos de integração em que o primeiro se utiliza das formas da natureza para desenvolver produtos sustentáveis, e o segundo contempla já no projeto e desenvolvimento de produtos a inspiração na natureza, colocando em foco aspectos ambientais importantes para redução de impactos negativos em sua produção. Desta forma, há uma troca mútua e relevante no ponto em que estes dois conceitos se encontram. A Figura 2 faz uma analogia da forma como estes dois conceitos se aproximam.

Figura 2: Representação do ponto de intersecção entre biomimetismo e *ecodesign*



Embora haja a aproximação mencionada, é possível conceber imitações da natureza que não possuem a consideração de características ambientais em seus projetos, ao contrário disso, podem gerar até mais impactos que o produto que não é imitado. Assim como, há projeto e desenvolvimento de produtos que não possuem a inclusão de inspirações da natureza, mas que são ambientalmente corretos.

Ao visitar a indústria para avaliar a possibilidade de implantação do *ecodesign* foi possível perceber o quão longe ainda se está em ações que promovam a sustentabilidade nos processos produtivos. Mas, é real a possibilidade de incorporação de quesitos ambientais a

partir da fase de projeto, bem como, o fundamental acompanhamento de todo o ciclo de vida do produto para melhoria contínua dos processos. Para isso, torna-se fundamental a participação da sociedade em exigir produtos, processos e serviços mais sustentáveis.

Os ambientes educacional e industrial escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa propiciaram a exploração de alternativas sustentáveis de duas formas diferentes e complementares, incentivando e expondo novas formas de utilizar a inteligência evolutiva da natureza para formar indivíduos e pesquisadores conscientes das inovações geradas pelo biomimetismo, bem como, é possível apontar uma ferramenta, como o *ecodesign*, razoavelmente consolidada dentro da indústria que objetive direcionar as atividades para um desenvolvimento ambiental, econômico e social com o envolvimento de toda a organização.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio**, Brasília: MEC/SEB, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

FREIRES, F. G. M.; PINHEIRO, F. A. Os resíduos sólidos e a logística reversa. In: ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

GARDNER, G. E. Using Biomimicry to Engage Students in a Design-Based Learning Activity. **The American Biology Teacher**, vol. 74, n. 3, p. 182–184, 2012.

GOUVINHAS, R. P. Estratégias da organização para o desenvolvimento sustentável – motivadores mercadológicos para o desempenho ambiental. In: ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

LURIE-LUKE, E. Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?. **Biotechnology Advances**, vol. 32, p. 1494-1505, 2014.

PLOUFFE S et.al. 2011. Economic benefits tied to ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, 19: 573-579.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14006 : 2011** - Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para incorporar o ecodesign. Rio de Janeiro, 35p., 2011.

QUELLAS, O. L. G.; MEIRIÑO, M. J.; NETO, J. V. Motivadores mercadológicos para o desempenho ambiental. In: ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SILVA, E. A. DA; MOITA NETO, J. M. Logística reversa nas indústrias de plásticos de Teresina-PI: um estudo de viabilidade. **Polímeros (São Carlos. Impresso)**, v. 21, p. 246-251, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Unidades e Capítulos em que há possibilidade de inserção do conceito de biomimética e *ecodesign*

Nome do livro/ Editora/ Autor (es)	Volumes	Unidades e Capítulos em que há possibilidade de inserção
Biologia/ AJS/ Vivian Lavander Mendonça	1	Uma breve introdução à biologia (Evolução)
	2	Classificando a diversidade (Reino Monera e Protoctista)/ Nutrição das plantas (fotossíntese)/Invertebrados (Cnidários, Moluscos, Anelídeos, Artrópodes)/ Cordados (Peixes, Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos)/ Saúde: bem estar físico, mental e social (Qualidade de vida e hábitos saudáveis/ Nutrição e defesa do organismo (Mecanismos de defesa), Locomoção e coordenação do organismo (Sentidos)
	3	A evolução da vida (Seleção natural e adaptação)/ Dinâmica dos ecossistemas (Adaptações aos fatores ecológicos)/ Fundamentos da ecologia(Biomas do mundo)/ Conservação dos ecossistemas (Interferência humana no ambiente, consequências da interferência, desenvolvimento sustentável)
Biologia/ Saraiva/ César da Silva Júnior, Sezar Sasson, Nelson Caldini Júnior	1	A identidade da vida (Os seres vivos evoluem)/Ecologia: a vida em um nível mais amplo (As interações biológicas na comunidade, os biomas do mundo, o ser humano e seu impacto sobre o ambiente, Perspectivas para o futuro)/Os seres vivos e a energia (fotossíntese)
	2	Reino Protoctista (algas bioluminescentes)/Reino Animalia (anelídeos, moluscos, artrópodes, biodiversidade dos cordados, peixes, répteis, aves, mamíferos)/ Os sentidos/ Fisiologia II: nutrição vegetal (fotossíntese)
	3	Metabolismo energético (fotossíntese artificial)/ As teorias da evolução – Lamarck, Darwin e a seleção natural (Camuflagem e mimetismo: dois tipos de adaptações)/ Saúde e qualidade de vida (As doenças emergentes)
Biologia em Contexto Moderna/ José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho	1	A visão científica da natureza (Texto complementar – Biologia e o futuro)/ O que caracteriza a vida? (Evolução biológica)/ Os ciclos da matéria/ Relações ecológicas (predação)/ Sucessão ecológica e biomas (Grandes biomas do mundo, domínios morfoclimáticos e biomas do Brasil)/ A humanidade e o ambiente (Desenvolvimento sustentável, poluição e desequilíbrios ambientais, Alternativas para o futuro), Metabolismo energético (O processo da fotossíntese)
	2	A evolução biológica (Adaptação e evolução)
	3	Algas, protozoários e fungos (algas)/ O reino das plantas (a diversidade das plantas, fisiologia das plantas)/ Animais invertebrados (Poríferos, cnidários, moluscos, anelídeos, artrópodes)/ Cordados (Anfíbios, peixes,

		répteis, aves e mamíferos)/ Integração e controle corporal (Os sentidos)
Biologia Hoje/ Ática/ Sérgio de Vasconcelos Linhares, Fernando Gewandszndjjer	1	O fenômeno da vida (Evolução)/ A química da vida (atividades)/Fotossíntese e quimiossíntese (Fotossíntese)
	2	Plantas/ Animaia (anelídeos, moluscos, artrópodes, peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos)/ Sistema nervoso e sensorial (Os receptores sensoriais)
	3	A teoria sintética: variabilidade genética e seleção natural (Seleção natural – adaptações)/ Ciclos biogeoquímicos (Ciclo do carbono – Aquecimento global)/ Relações entre os seres vivos (Predatismo)/ Distribuição dos organismos na biosfera (Biomass brasileiros)/ Poluição (Destruição da biodiversidade)
Conexões com a Biologia/ Moderna/ Rita Helena Bröckelmann	1	Biologia: A ciência da vida (evolução)/ As moléculas da vida (Conexões – texto auxiliar), Metabolismo celular (texto introdutório, fotossíntese, biorremediação)
	2	Características e classificação das plantas (atividades finais)/ Fisiologia das plantas (texto introdutório, Nutrição das plantas – fotossíntese)/ Invertebrados (Poríferos, Cnidários, Moluscos, Artrópodes)/ Cordados (texto introdutório, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos)/ Saúde: bem-estar físico, mental e social (Doenças ambientais), Nutrição e defesa do organismo (Mecanismos de defesa), Locomoção e coordenação do organismo (Sentidos e atividades finais)
	3	A evolução da vida (A seleção natural explica o surgimento das adaptações dos seres vivos), Fundamentos da ecologia (Biomass do mundo, diversidade biológica)/ Dinâmica do ecossistema (Ciclos biogeoquímicos, relações ecológicas)/ Conservação dos ecossistemas (Interferência do homem no ambiente, consequências da interferência humana no ambiente, desenvolvimento sustentável).
Novas bases da Biologia/ Ática/ Nélio Marco Vicenzo Bizzo	1	A bioquímica da vida (Carboidratos)/ Atividade celular (fotossíntese)/ Populações humanas e qualidade de vida (O crescimento populacional humano, A vida nas cidades, Sustentabilidade e biotecnologia).
	2	Populações em ambientes interligados (Bases da ecologia, a perspectiva socioambiental)/ Biodiversidade: vírus, procariontos e eucariotos (Diversidade de decompositores e produtores, Plantas com sementes)/ Biodiversidade: Eucariotos II (Poríferos e cnidários, Moluscos, anelídeos, artrópodes)/ Biodiversidade: eucariotos III (Cordados, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).
	3	Coordenação nervosa e hormonal (Os sentidos), Pensamento evolutivo.
Ser Protagonista – Biologia/ Edições SM/ Márcia Regina Takeuchi, Tereza Costa Osorio	1	O que é biologia? (Evolução)/ Fotossíntese e quimiossíntese (A fotossíntese e o ser humano)
	2	Nem animais, nem plantas: vírus, procariontes, protocistas e fungos (Protocistas – algas)/ Plantas (Fisiologia das angiospermas)/ Animais (Poríferos, cnidários, moluscos, anelídeos, artrópodes, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos)/ Controle sensorio-

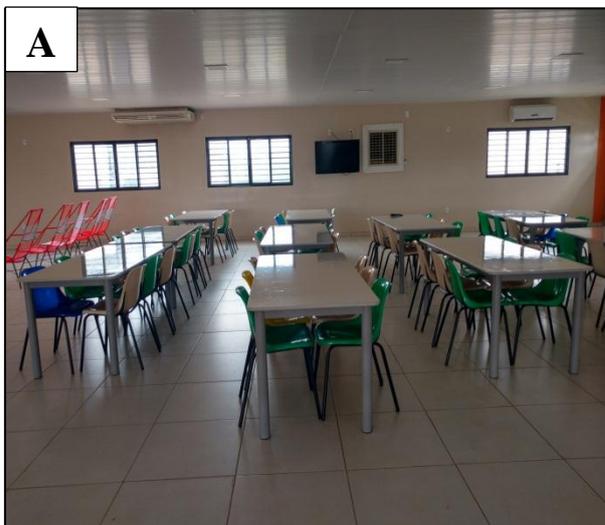
		motor (Integração sensório-motora)/ Sistema respiratório (Doenças do sistema respiratório).
	3	Evolução: Estudo da origem das espécies e das modificações pelas quais elas passam (Evidências da evolução)/ Ecologia (Ciclos biogeoquímicos, relações ecológicas, biomas do mundo e brasileiros, o ser humano e o ambiente)
Bio/ Saraiva/ Sônia Godoy Bueno Carvalho Lopes, Sergio Rosso	1	Introdução a biologia (texto complementar – A ISO, o verde e você; Evolução, o princípio unificador da biologia), Introdução à ecologia (Ecologia urbana e textos complementares sobre efeito estufa e aquecimento global)/ Ecossistemas terrestres e aquáticos (Os grandes ecossistemas terrestres, biomas do Brasil)/ Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria (Os ciclos biogeoquímicos)/ Comunidades e populações (interações entre populações)/ A quebra do equilíbrio ambiental (Poluição, o lixo, pegada ecológica e desenvolvimento sustentável)/ Metabolismo energético (fotossíntese)
	2	Evolução (Exemplos de seleção natural)
	3	Protistas (Algas)/ Plantas (Fisiologia das plantas, fotossíntese)/ Diversidade animal I (Diversidade de esponjas, cnidários, moluscos, anelídeos)/ Diversidade animal II (Diversidade de artrópodes)/ Diversidade animal III (Anfíbios)/ Diversidade animal IV (Répteis, aves e mamíferos)

APÊNDICE B – Infraestrutura da indústria pesquisada e processo produtivo

Área externa

**LEGENDA:** A – Criação de carpas (*Cyprinus carpio*), B – Entrada da indústria

Infraestrutura da indústria (Área interna)



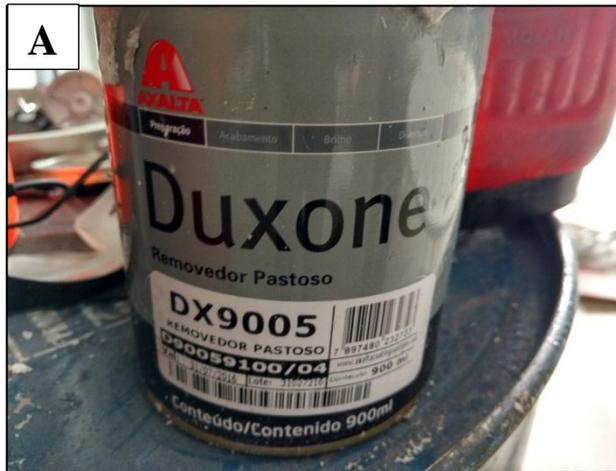
LEGENDA: A – Refeitório, B – Auditório, C – Entrada, D – Setor técnico (Realização de projetos e administração dos processos que serão realizados)

Principal problemática encontrada (Resíduos sólidos – Destinação, separação e acondicionamento)



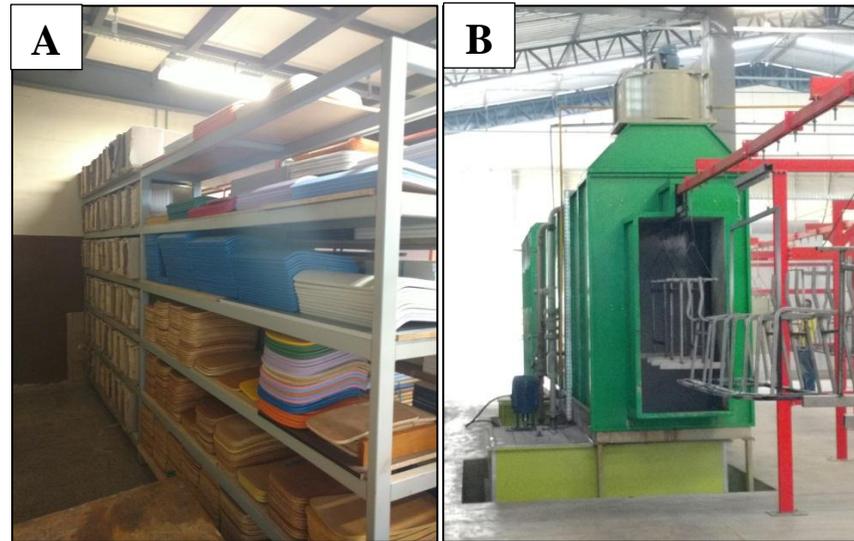
LEGENDA: A- Fita de borda (PVC), B – Óleo lubrificante (Máquina de corte manual), C – Ferro (revendido), D – Painéis de madeira (revendido), E – Papelão (reutilizado na indústria para compor as embalagens e para proteção no transporte)

Resíduos perigosos



LEGENDA: A – Removedor pastoso (inflamável e utilizado para melhor adesão da tinta no processo de pintura), B – Produto adicionado a lavagem das estruturas de ferro das cadeiras antes da pintura (corrosivo), C – Produto inflamável

Processo produtivo de cadeiras do modelo 1 na indústria



LEGENDA: A – Matéria-prima (acondicionamento), B – Pintura (transportador aéreo), C – Pintura (Aspersão da tinta em pó), D – Montagem, E – Empilhamento para transporte

Atividades no Depósito da empresa



LEGENDA: A – Estoque de produtos para revenda e materiais de uso da empresa, B – Montagem (na figura, cadeira do modelo, 3 – Embalagem de produtos

APÊNDICE C: *Checklist* elaborado com base na norma de *Ecodesign* (ISO 14006:2011)

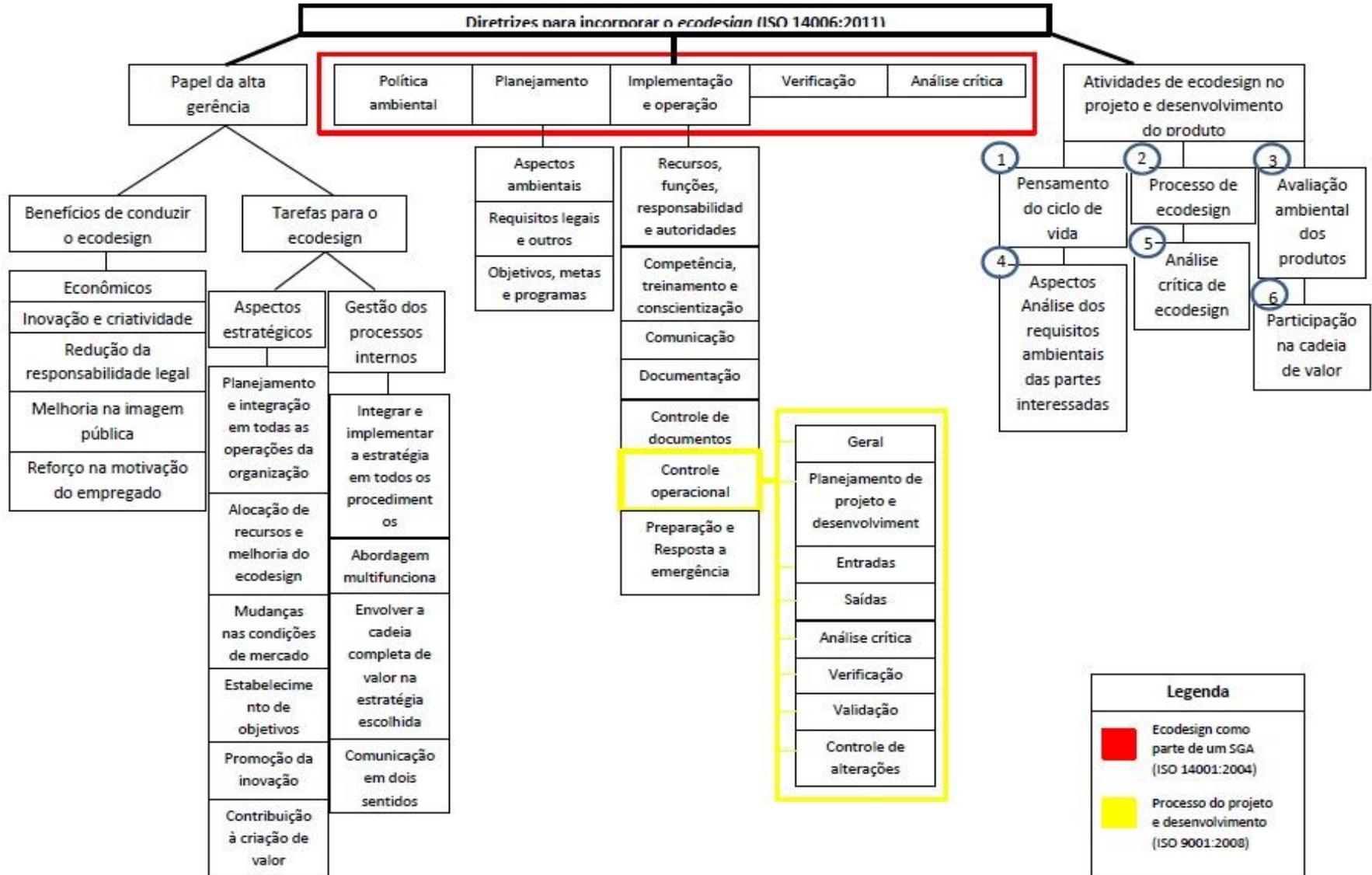
1. Produtos que fabricam?
2. Quais os insumos/matérias-primas utilizadas na indústria?
3. Quais são os produtos que mais produzem/vendem?
4. Qual produto demanda uma maior quantidade de matéria-prima (na fase de produção)?
5. Qual a origem das matérias-primas?
6. Qual a matéria prima mais utilizada?
7. Qual é em média o tempo de vida útil dos produtos?
8. A indústria realiza alguma ação que promova o retorno do produto no fim de vida?
9. Questões ambientais são levadas em conta no processo de projeto e desenvolvimento de produtos
10. A indústria tem área de projeto e desenvolvimento de produtos
11. Se sim, este setor desenvolve ações inovadoras no projeto e desenvolvimento de produtos?
12. A alta gerência se envolve pessoalmente no processo produtivo ou delega funções com indicações de representantes
13. São realizados treinamentos para atuação nas etapas do processo produtivo?
14. Ações de envolvimento da alta gerência com os impactos gerados pela atividade
15. Os produtos são constantemente avaliados ou revistos em suas etapas de processo?
16. Seguem alguma norma para desenvolvimento dos produtos
17. Há um controle da duração dos processos?
18. Utiliza embalagens? De que tipo?
19. Há um controle de gastos de energia e água durante o processo de fabricação?
20. Há uma avaliação dos processos para reduzir impactos?
21. Se houver uma preocupação ambiental, de que forma os funcionários são envolvidos?
22. Os produtos apresentam algum diferencial
23. A indústria estabelece contato externo? Fornecedores, clientes?
24. Se sim, como é feito esse contato? Eles são comunicados sobre as mudanças que ocorram no projeto e desenvolvimento de produtos?
25. A indústria utiliza indicadores de desempenho operacional?

Checklist projetista

1. Quais são as fases ou estágios do processo de projeto e desenvolvimento de produtos?
2. Nestas fases ou estágios, há a consideração de algum aspecto ambiental a fim de reduzir os impactos das atividades ao meio ambiente?
3. Se sim, como este aspecto ambiental é incorporado no processo de projeto e desenvolvimento de produtos?
4. Existe algum planejamento prévio para que essas questões sejam incorporadas no design?
5. No processo de projeto e desenvolvimento de produtos há participação ou reuniões com a alta gerência?
6. São traçadas metas para o desenvolvimento de produtos?
7. Há interação dessa área (de projeto e desenvolvimento de produtos) com outros setores da empresa? Quais?
8. Você utiliza alguma norma para o desenvolvimento de produtos?
9. Depois de projetados, os produtos passam por uma análise crítica, verificação e validação?

10. Quem faz este trabalho?
11. Se sim, este setor desenvolve ações inovadoras no projeto e desenvolvimento de produtos?
12. Tem conhecimento de ações de melhoria dos produtos que contemplem os aspectos ambientais?
13. Conhece os benefícios econômicos e ambientais gerados por estas ações?

APÊNDICE D: Esquema da norma 14006:2011



APÊNDICE E: Checklist de análise de critérios ambientais elaborados com base na norma de rótulo ambiental para cadeiras de escritório da ABNT

1. ADEQUAÇÃO AO USO			
Quesitos observados	Sim	Não	Comentários
Adequadas para o uso pretendido			
Possuem características de estabilidade, ergonomia, resistência, segurança e durabilidade			
Autocontrole para assegurar a adequação ao uso			
2. MATÉRIA-PRIMA			
2.1 MADEIRA			
AQUISIÇÃO DE MADEIRA			
Política de aquisição sustentável			
Origem de fontes legais			
Documentos de origem			
SUBSTÂNCIAS E PREPARAÇÕES PERIGOSAS			
Utiliza preservativos de madeira registrados no órgão ambiental			
Utilizam solventes ou agentes de ligação, aditivos para polímeros de flúor ou cloro, entre outros.			
FORMALDEÍDO			
Os painéis são classificados na categoria E1 (Teor de emissão para painéis sem revestimento, com revestimento em uma ou duas faces)			

FUNGICIDAS E INSETICIDAS			
Madeira e materiais do produto tratados ou impregnados com fungicidas ou inseticidas			
2.2 TECIDOS			
Fabricante/fornecedor utilizam os corantes listados na tabela (ver material da ABNT)			
Utilizam corantes azoicos que se decompõem em aminas (Ver material da ABNT)			
2.3 RESINAS SINTÉTICAS			
Utilizam PVC			
O PVC é facilmente separado do produto final			
O PVC é reciclado ou reutilizado			
Tem programa de eliminação parcial ou completa para eliminação do PVC			
2.4 PIGMENTOS			
Utilizam pigmentos a base de chumbo ou aditivos à base de níquel			
2.5 MATERIAIS DE ENCHIMENTO			
Utiliza espuma plástica			
A espuma plástica contém ou é fabricada com CFCs ou HCFCs			

Reciclagem ou reutilização de materiais de enchimento			
2.6 ADESIVOS			
Utilizam adesivos			
É a base de água			
2.7 FORNECEDORES DE METAIS			
Atendem aos requisitos mínimos exigidos pela ISO 14000 (Requisitos legais e gerenciamento de resíduos)			
3. PROCESSO PRODUTIVO			
3.1 MATERIAL PARTICULADO			
Este material é coletado em todos os processos			
Proteção do pessoal envolvido em atividades que emitem material particulado			
Quantifica o material particulado liberado nas atividades (respirável e inalável)			
3.2 DESENGORDURAMENTO			
São utilizadas substâncias químicas			
São classificadas em altamente tóxicas e perigosas			
3.3 PINTURA			
Operação de cobertura de superfície por aspersão é realizada em compartimento próprio			
Sistema de ventilação local			

Equipamento eficiente para retenção e/ou recuperação de material (aerossóis, gases, vapores de solventes orgânicos ou material particulado)			
Proteção do pessoal envolvido nas atividades de pintura			
3.4 PRODUTOS PERIGOSOS			
Utiliza produto químico			
Armazena produtos perigosos ou prejudiciais			
Ficha de informação do produto químico (FISPQ)			
3.5 EFLUENTES			
Gera efluente			
Estabelece procedimentos para minimizar o impacto ambiental relacionado ao lançamento de efluentes			
Atende a legislação ambiental para metais pesados e fosfatos			
4. SEPARABILIDADE			
O produto é facilmente desmontado			
Há a reciclagem de materiais constituintes			
Os constituintes são separados sem a necessidade de ferramentas especiais			
5. GARANTIA			
Fornecer ao cliente garantia			

do produto			
Fornece peças de reparação e reposição			
6. EMBALAGEM			
6.1 MATERIAIS DA EMBALAGEM			
São fabricadas com material reciclável			
Todos os produtos são embalados com material reciclável			
6.2 INFORMAÇÕES PARA O CONSUMIDOR			
Comunicação com o cliente de como desmontar			
Informações sobre as melhores formas de descarte do produto			
Os produtos possuem manual de instruções			
Possui local de reparo dos produtos			
Substitui peças danificadas			
Informa ao cliente sobre locais de reparo do produto			
Utiliza produtos florestais como embalagem			
7. DISTRIBUIÇÃO			
7.1 TRANSPORTE PRÓPRIO			
Otimização da logística de transporte e distribuição			
Implementa programas para otimização do transporte			
Estabelece metas para redução de combustíveis			

fósseis			
Monitora a utilização do combustível			
Os veículos são mantidos com seus motores regulados			
Faz manutenção da frota regularmente			
A manutenção é feita por terceirizados			
8. GESTÃO APLICÁVEIS AO PROCESSO DE FABRICAÇÃO			
8.1 GESTÃO DE ENERGIA			
Programas de otimização e acompanhamento do consumo			
Possui metas de redução do consumo			
Treinamento e conscientização dos trabalhadores			
8.2 GESTÃO DE ÁGUA			
Programas de otimização e acompanhamento do consumo			
Reutiliza água			
Realiza limpeza e sanitização de máquinas e equipamentos			
Possui metas de redução do consumo			
Treinamento e conscientização dos trabalhadores			
8.3 GESTÃO DE RESÍDUOS			

Tem programa de gerenciamento de resíduos			
Os resíduos são classificados segundo a ABNT 10004			
Treinamento e conscientização dos trabalhadores			
Possui metas de redução do consumo			
Possui local de estocagem dos resíduos			
Realiza a segregação do resíduo produzido			
Treinamento e conscientização dos trabalhadores			
Contrata funcionários especializados para gestão de resíduos			
9. ATENDIMENTO AOS REQUISITOS LEGAIS			
9.1 ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL			
Conhece a legislação ambiental aplicada a nível Federal, Estadual e Municipal			
Cumprir a legislação principalmente relacionada às emissões, efluentes e resíduos			
9.2 ATENDIMENTO A REGULAMENTOS TRABALHISTAS, ANTI-DISCRIMINATÓRIOS E DE SEGURANÇA			

APÊNDICE F: Termo de confidencialidade**TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**

Título do projeto: Contribuições do biomimetismo e do ecodesign para a sustentabilidade

Pesquisadores responsáveis: Mirna Andrade Bezerra e José Machado Moita Neto

Instituição de origem dos pesquisadores: Universidade Federal do Piauí

Área de conhecimento: Ciências Ambientais

Curso: Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Os pesquisadores do projeto acima identificado assumem o compromisso de:

- I. Preservar o sigilo e a privacidade relativos aos dados coletados na empresa colaboradora;
- II. Assegurar que os resultados, conhecimentos e informações obtidas durante a execução da pesquisa ou desta derivada serão utilizados, única e exclusivamente, para a execução do projeto em questão, sendo para fins estritamente científicos;
- III. Assegurar que os resultados da pesquisa somente serão divulgados de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificar o sujeito da pesquisa.

Teresina, ____ de _____ de 2016

José Machado Moita Neto
CPF: 150.292.393-91

Mirna Andrade Bezerra
CPF: 031.141.053-78

Contatos:

Nome: Mirna Andrade Bezerra
E-mail: mirna.bez@outlook.com
Celular: (86) 98814-1514

Nome: José Machado Moita Neto
E-mail: jmoita@ufpi.edu.br
Celular: (86) 99921-0902

APÊNDICE G: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Fui convidado a participar do projeto de pesquisa “Contribuições do biomimetismo e do ecodesign para a sustentabilidade”, de responsabilidade dos pesquisadores Mirna Andrade Bezerra e José Machado Moita Neto, a qual pretende identificar o fluxo de produtos/processos/serviços, entradas e saídas de matéria e energia a fim de ampliar o conhecimento do ecodesign para as indústrias do setor moveleiro.

A minha participação é voluntária e se dará por meio de autorização de visitas na indústria e fornecimento de dados para completar a pesquisa. Caso eu aceite participar, estarei contribuindo para a identificação de produtos/processos/serviços mais sustentáveis do ponto de vista ambiental. Os resultados, interpretações e sugestões serão apresentadas, posteriormente, a mim, possibilitando que eu as implemente ou não na indústria.

Tenho conhecimento que se trata de uma pesquisa científica e de que o nome da empresa ou qualquer identificação da mesma não será utilizada na divulgação do resultado, conforme Termo de Confidenciabilidade assinado pelos pesquisadores.

Mesmo depois de consentir minha participação, poderei desistir, tendo o direito e a liberdade de retirar meu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta de dados, independente do motivo. Não terei nenhuma despesa e também não receberei nenhuma remuneração pela contribuição dada a esta pesquisa científica.

Os resultados da pesquisa poderão ser publicados na comunidade científica, mas a identidade da empresa não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

Eu, _____ responsável legal por _____, declaro ter sido informado e concordo com a participação na pesquisa acima descrita.

Dados de identificação**Título do projeto:** Contribuições do biomimetismo e do ecodesign para a sustentabilidade**Pesquisadores responsáveis:** Mirna Andrade Bezerra e José Machado Moita Neto**Instituição de origem dos pesquisadores:** Universidade Federal do Piauí**Área de conhecimento:** Ciências Ambientais**Curso:** Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente**Telefones para contato:** (86) 98814-1514 (Mirna) / (86) 99921- 0902 (Moita)**Indústria colaboradora:****Responsável:**

