

ECOEFICIÊNCIA E ECODESIGN NAS ÁREAS DE TECNOLOGIA – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Clodoveu Florentino da Silva¹
Maros Daniel Gomes de Castro²

¹Graduando em Tecnologia de Automação Industrial, FATEC – Bauru – SP, Mestre em Engenharia de Produção, UNESP, Campus Bauru, clodoveu.silva@fatec.sp.gov.br

²Marcos Daniel Gomes de Castro, Doutorando em Engenharia de Produção, UNESP, Campus Bauru, Marcos.Daneil2@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica a luz da adoção de variáveis ambientais no conceito de *Ecodesign* e aplicar conceitualmente ferramentas de *Ecodesign* e Ecoeficiência nas áreas de tecnologia. A pesquisa utilizou uma edição especial do *Journal of Cleaner Production (EcoDesign: What's happening?)* como marco referencial do estado da arte até o ano de 2006. Tendo essa referência foi feita uma pesquisa dos artigos publicados do período citado até o atual, 2021, incluindo artigos *in press*. Foi utilizada a base de dados Scopus, aonde foram retornados 1607 artigos que evidenciaram relação direta com o tema proposto. Dos artigos retornados foi feito um filtro estabelecendo uma linha de corte em no mínimo 30 citações. Os resultados da revisão bibliográfica evidenciaram que a Europa é o Continente com mais artigos publicados. Assim sendo o Ecodesign é frequentemente estudado na perspectiva de Processo de Desenvolvimento de Produto e Análise do Ciclo de Vida do Produto e o projeto para reciclagem (*Design for Recycle - DfR*).

Palavras-chave: EcoDesign; Eco-design; ecodesign; análise do ciclo de vida; design, *Design for Recycle – DfR*; Projeto para reciclagem.

1 INTRODUÇÃO

O ano de 1992 foi palco de uma cena na cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre o Meio ambiente e o clima, e 21 anos mais tarde na mesma cidade, tivemos o Rio +20, esse ano o ano de 2013 representou para muitos países um período decisivo entre as discussões da Rio + 20, que teve como objetivo a renovação do comprometimento político com o desenvolvimento sustentável, e no ano de 2015 foi feita uma avaliação dos avanços em direção aos 8 Objetivos do Milênio, colocados pela Organização das Nações Unidas no ano de 2000.

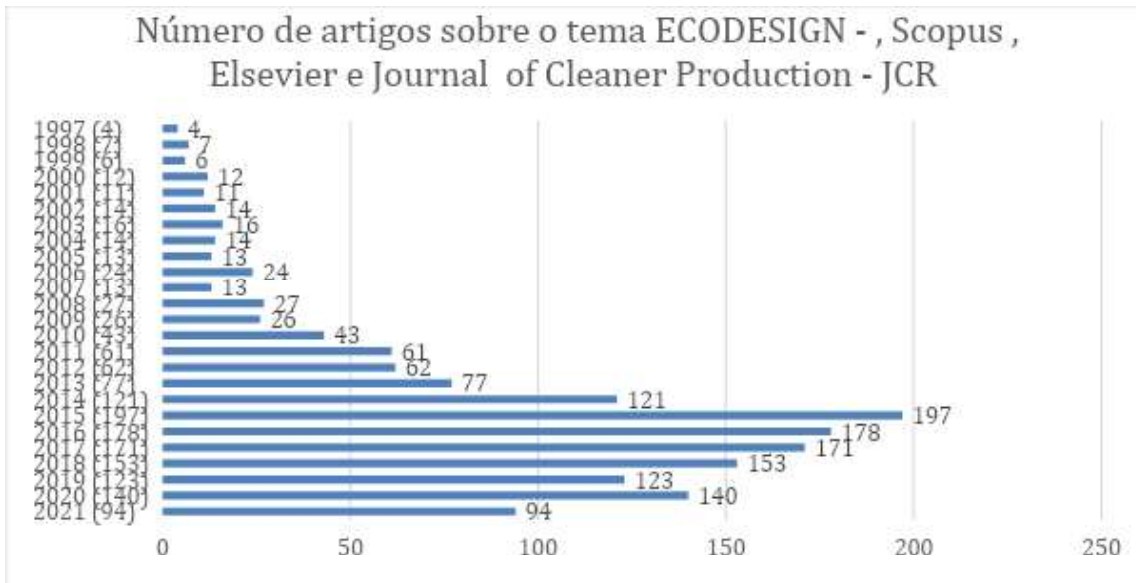
8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

- Erradicar a pobreza extrema e a fome.
- Educação Básica Universal.
- Promover igualdade de gênero e empoderar as mulheres.
- Reduzir a Mortalidade Infantil.
- Melhorar a Saúde Materna.
- Combater HIV/AIDS, a Malária e outras doenças.
- **Garantir Sustentabilidade Ambiental.**
- Parceria global pelo desenvolvimento.

ARAUJO (2020) As discussões da Rio+20 quanto aos objetivos do Milênio, agregam medidas diretamente vinculadas a Gestão Ambiental, interligando de maneira direta as discussões da Academia, das grandes organizações e governos mundiais. A incorporação de variáveis ambientais dentro de projetos, programas, produtos e outros, mostra-se uma necessidade estratégica para as organizações. BASTOS, (2020) O BNDES possui uma política própria baseada num programa de apoio a inovações nesse setor, que tem evoluído desde seu lançamento em 2004. Muitos empresários, graduandos, pesquisadores, empresas de tecnologia estão investindo nos mais diferentes segmentos, mas o Brasil ainda investe pouco em inovações e tecnologias nesse setor.

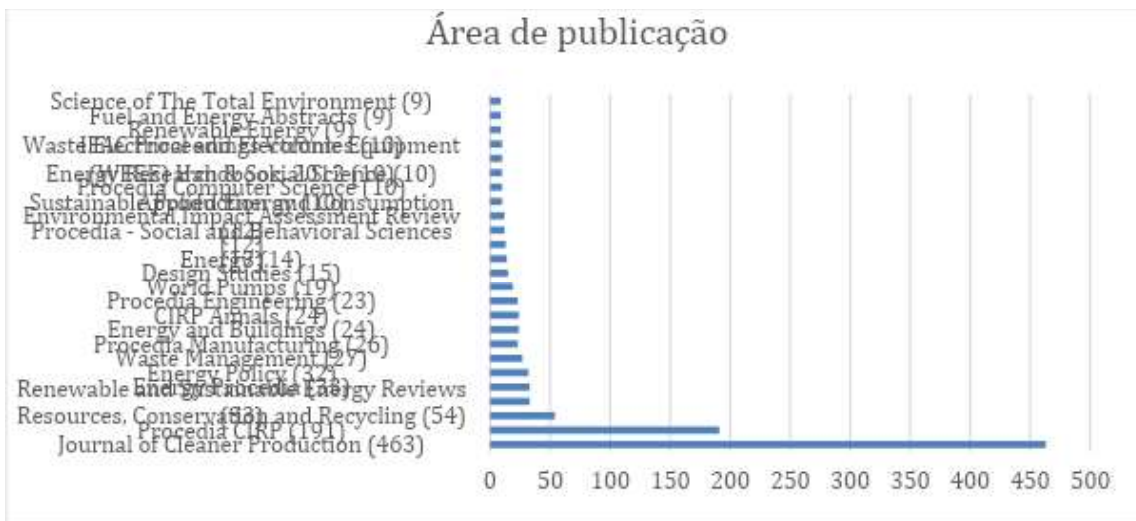
A proposta do artigo é utilizar o número especial do JCP (*Jornal Cleaner Production*) como marco entre as discussões anteriores a 2006, e o atual estado da arte do das pesquisas em Ecodesign. A revisão da literatura abordou todos os artigos do número especial do JCP juntamente com aqueles que foram publicados após 2006 e ranqueados pela base de dados Scopus com no mínimo de 30 citações. Nas análises desenvolvidas foram utilizados os seguintes critérios: ferramentas, produção em nível global e identificação dos polos de produção.

A seguir são elencadas algumas razões que motivam a busca de inovações e novas tecnologias para resolverem problemas presentes no cotidiano das pessoas. Tendo como base de dados a plataforma Scopus, Elsevier e JCR (*Jornal Cleaner Production*) temos um salto de quantidade no número de artigos científicos publicados sobre o tema referido, *ECODESIGN*. Em 1997 com o número de publicações de apenas 4, e em 2021 com 94 publicações até o mês de abril. E tendo seu pico em 2015, com 197 artigos publicados.



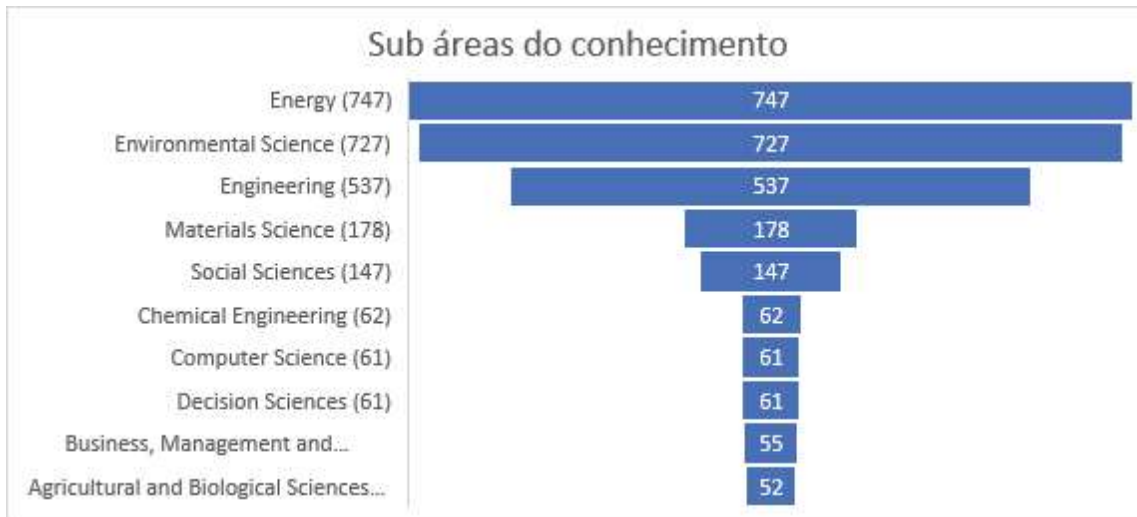
Fonte: Os autores (2021) - Elsevier Editora

O gráfico abaixo revela a preocupação de alguns editores com o Tema proposto, e a Revista que mais publica é o JCP com 463 artigos consolidados.



Fonte: Os autores (2021) - Elsevier Editora

O tema como Eficiência Energética desponta como a primeira área do conhecimento que mais se produz artigos, seguido bem próximo pelas Ciências Ambientais e Engenharia, e contempla a área de Equipamentos Médico-Hospitalares e Odontológicos, EMHO. Assim sendo o tema é pertinente no quesito inovações.



Fonte: Os autores (2021) - Elsevier Editora

Fatores que motivam as buscas por inovações

Charbel (2017) demonstra que o tema degradação ambiental e sua relação entre consumo e produção merecem atenção, demonstrando preocupação com o futuro comum. Organismos de controle, tais como Organização das Nações Unidas, a Agenda 21 e Protocolo de Kyoto, são marcos de referência para a evolução da consciência ambiental e essa consciência gera pressão para uma série de iniciativas empresariais voltadas para uma gestão ambiental proativa. Dentre esses desafios o mais crítico concerne à integração da administração de recursos humanos, gestão de pessoas. Esse desafio se mostra explícito quando o escopo analítico é o do desenvolvimento de produtos sustentáveis (DPS).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Consulta a materiais técnicos e revistas especializadas, bem como artigos para formação de conhecimento e atualização e nivelamento de conhecimento para propor e colocar em prática todos o conteúdo buscado para uma compreensão razoável para o leitor, bem como a metodologia adotada para a revisão de literatura sobre o tema abordado partiu do pressuposto de que as bases disponíveis na internet têm hoje o maior e mais atualizado acervo de artigos, dos mais citados pesquisadores e dos mais importantes Journal. O número especial do *Journal of Cleaner Production* Volume 14, Edições 15-16 mereceu destaque na busca, tratando especificamente do assunto em questão: *EcoDesign: What's happening? de 2006*. O número especial tem o objetivo de apresentar o estado da arte até o ano da publicação, tomando-se, portanto, uma base para comparação entre o que se discutiu até 2006, e o estado atual da arte. Para tanto, foi feita uma busca por artigos

publicados após o ano de 2006, utilizando a base de dados Scopus, considerada a maior fonte de artigos e citações nas pesquisas de literatura com mais de 18.000 artigos e mais de 5.000 autores indexados.

Dos artigos considerados válidos, foram excluídos aqueles sem o texto completo disponíveis através do convênio entre a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Em seguida foi criado um filtro para apontar quais destes artigos possuíam maior relevância. Foram considerados apenas aqueles com mais do que 30 citações. Após o término deste processo foram acrescentados artigos *in press*, uma vez que apresentam as mais recentes discussões na área. A busca por artigos *in press* foi refeita em junho, próxima a finalização do presente artigo, a fim de atualizar o trabalho com possíveis novas publicações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diversas são as definições encontradas na literatura sobre ecodesign. Uma das abordagens numericamente mais extensas sobre o conceito de *Ecodesign* vem de Jansen (2006), que a partir da análise de 850 artigos publicados em conferências entre 1992 e 2002, concluiu que a grande ênfase na discussão do ecodesign abordava como tópico principal o “*end-of-life*”. No entanto, as recentes propostas de diretrizes da EuP (*energy-using products*) focam no consumo de energia dos consumidores. Para Jansen, o *Ecodesign* somente tem valor de prática comercial se trouxer benefícios aos usuários, ao meio ambiente, a companhia envolvida e a sociedade num todo. Os benefícios aos consumidores devem ser um misto dos fatores: Benefícios materiais (custos), Benefícios imateriais e Benefícios emocionais (sentir-se bem). Cada vez mais estratégias de Eco-design estão sendo apresentadas para reduzir o impacto ambiental dos produtos (Jansen, 2016). Uma estratégia muito promissora é a otimização do tempo de vida do produto (Jansen, 2016).

Projetistas e designers assumem uma importância fundamental no tocante a sua posição única capaz de influenciar estratégias ambientais (Boks, 2016). Para que o ecodesign seja desenvolvido é necessário informar e inspirar os projetistas nesta temática, o que pode ser conseguido através de uma ferramenta proposta por Boks (2016). A metodologia do ecodesign não deveria ser baseada apenas na avaliação de performance ambiental, mas deveria também ajudar uma equipe de design a identificar oportunidades de melhoramento (Charbel, 2017).

Sakao, 2017, define *Ecodesign* como um tipo de design, uma atividade para determinar atributos como solução sob várias restrições quando vários requisitos são dados. Ecodesign define soluções sustentáveis para produtos, serviços, híbridos ou sistemas que minimize os impactos negativos e maximize os impactos de sustentabilidade positivos – econômicos, ambientais, sociais e éticos – através e além do ciclo de vida de produtos ou soluções existentes, enquanto cumpre-se as demandas/necessidades aceitáveis da sociedade (Karlsson e Luttrupp, 2006 apud Baccille, 2019). Os autores reconhecem o termo *ecodesign* como sinônimo de projeto para o meio ambiente (*design-for-environment* em inglês). Lagerstedt (2013 apud Almeida et al. 2010) citam outros sinônimos: Design Sustentável, Design Verde, Design Ambiental Consciente, Design do Ciclo de Vida ou Engenharia do Ciclo de Vida e Design Limpo. Já para Sakao (2019) Ecodesign é sinônimo de projeto ambientalmente consciente.

Para Pigosso et al. (2016), *ecodesign* é uma abordagem proativa de gestão ambiental que visa reduzir o impacto ambiental total dos produtos. Sakao (2019) acredita que *ecodesign* pode estar relacionado a conceitos de concepção ecológica introduzidos na seleção do material. Ecodesign é um processo de design que integra efeitos significativos no ambiente - aspectos na concepção e desenvolvimento de produtos (Pigosso, 2016). Ecodesign é descrito como conceito em que “o meio ambiente” ajuda a definir a direção das decisões do design do produto (UNEP, 1997 apud Aoe, 2017). O Ecodesign considera aspectos ambientais em todos os estágios do processo de desenvolvimento de produto, buscando produtos que causem o menor impacto ambiental possível ao longo do ciclo de vida do produto, Aoe (2017) afirma que a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável, o *ecodesign* requer uma mudança na direção do progresso tecnológico que é capaz de melhorar funções enquanto reduz os impactos ambientais ao mesmo tempo. Para demonstrar este conceito, Aoe mostra a relação entre ecoeficiência e *ecodesign* em um *framework* (Figura 1), expressando, em três categorias, o melhoramento do desempenho funcional e a redução dos impactos ambientais (A), a redução dos impactos ambientais e do desempenho funcional (B) e o melhoramento da performance funcional e aumento dos impactos ambientais (C).

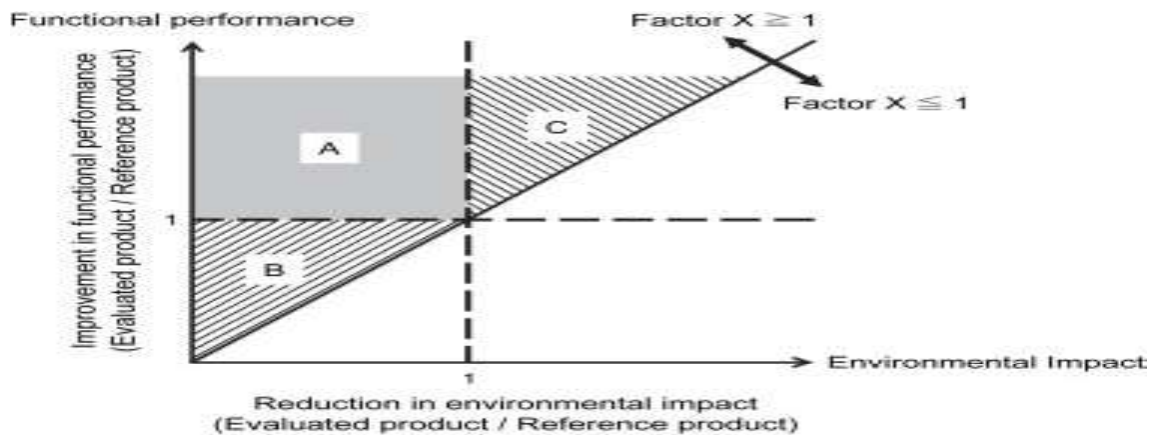


Figura 1- Relação entre ecoeficiência e ecodesign. Fonte: AOE (2017).

Quer “C” se torne ecodesign ou não, depende da maneira do uso dos consumidores. Em outras palavras, se os consumidores adquirirem um telefone celular com câmera, que ainda não tenha uma câmera, o impacto ambiental será reduzido. Entretanto, se os consumidores adquirirem tanto um aparelho de celular com câmera como uma câmera, o impacto ambiental será maior que no caso de ter um telefone celular com simples função e uma câmera. (AOE, 2017).

Principais tópicos abordados

Baumann (2012) em uma revisão da literatura, são encontradas mais de 150 possíveis ferramentas no âmbito do ecodesign, e que muitas são pouco utilizadas ou rasamente entendidas. No artigo introdutório do número especial “Ecodesign: What’s Happening?”, Karlsson et al. (2006) afirma que diversas áreas sofrem ou tem influência acima da cadeia de suprimentos, como LCA, retomada do produto, ecologia industrial, e DfE.

LCA – Life Cycle Assessment (Avaliação do Ciclo de Vida)

Tingstrom et al (2016) apresenta uma breve descrição do método LCA. Demonstra o uso do LCA na análise de energia e fluxo de material em sistemas de produção. LCA era um método quantitativo para análise de produtos e serviços. Era composto pelas fases: a) definição de objetivo e escopo, (b) inventário, análise de impacto (c) e (d) análise de melhoria.

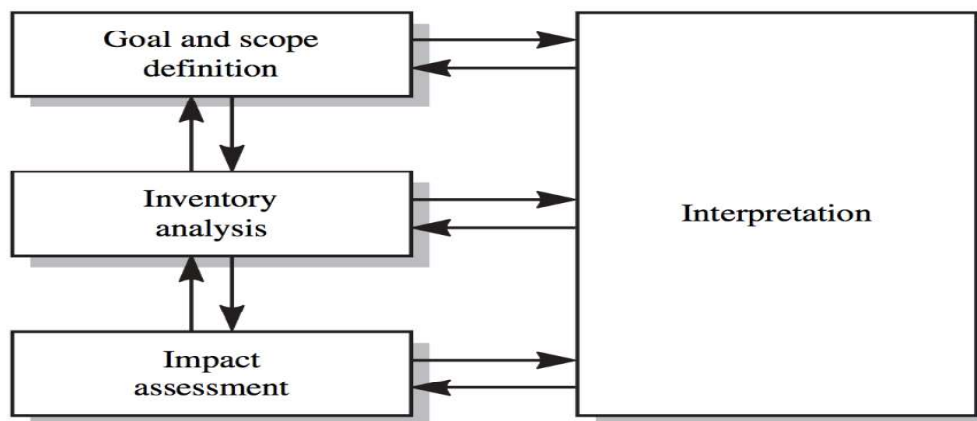


Figura 2 - Estrutura do LCA conforme a ISO-Standard. Fonte: Tingstrom et al. (2006)

PDP - Product Development Process (Processo de desenvolvimento de produto)

Boks (2016), apresenta a mais extensiva revisão dos fatores de sucesso na integração do ecodesign com o desenvolvimento de produto, apresentado conceitos de envolvimento de fornecedores, composição de equipes, organização de trabalho da equipe, processo de formação de grupos, atribuições dos líderes, e o envolvimento da alta gerência. Karlsson et al. (2016) destaca que dentro do PDP que as ferramentas mais utilizadas são a reciclagem, reuso e remanufatura.

EOL – End of life

Para Tanskanen (2016) o processo de EOL pode ser dividido em três estágios distintos, com diferentes características e stakeholders. O primeiro estágio é a organização de um processo efetivo de retomada. O Segundo é o pré-tratamento estrutural e fragmentação do produto, e já o terceiro refere-se à reciclagem e o processo de disposição do material.

DfE – Design for environment (Projeto para o Meio Ambiente)

Segundo Kurk et al. (2018) o termo projeto para o meio ambiente tem diversos sinônimos que dependem de onde ele é utilizado. Pode tanto ser entendido como ecodesign em si, como avaliação do ciclo de vida. Karlsson et al. (2016) cita que uma estrutura organizacional que facilita o entendimento da informação ambiental de tal forma que a deixa mais interessante no processo de desenvolvimento da empresa é frequentemente colocada como *Design for Environment* (DfE). DfE é uma ferramenta adotada de forma isolada como em conjunto com a LCA

Karlsson (2016) apresenta o artigo introdutório ao número especial do Journal of Cleaner Production – Ecodesign: Whats Happening? apresentando em um artigo diversas frentes de

abordagem dentro do escopo do *Ecodesign*. No artigo “*The Soft Side of Ecodesign*”, Casper Boks (BOKS, C., 2006), o autor cita das percepções das corporações a respeito do Ecodesign e sua implementação, como aspectos sociais, psicológicos, e até processos intangíveis que podem impossibilitar a implementação do *Ecodesign*. Vicky Lofthouse, autor do artigo “*Ecodesign tools for designers: defining the requirements*” apresenta um entendimento dos designers do setor industrial tem a respeito das ferramentas do *Ecodesign*, através de um protótipo na internet. Para tanto, se utiliza de duas empresas, onde foram coletados dados através de pesquisas semiestruturadas, observações, e survey via internet. Os critérios observados pelo autor são apresentados conforme o framework abaixo:

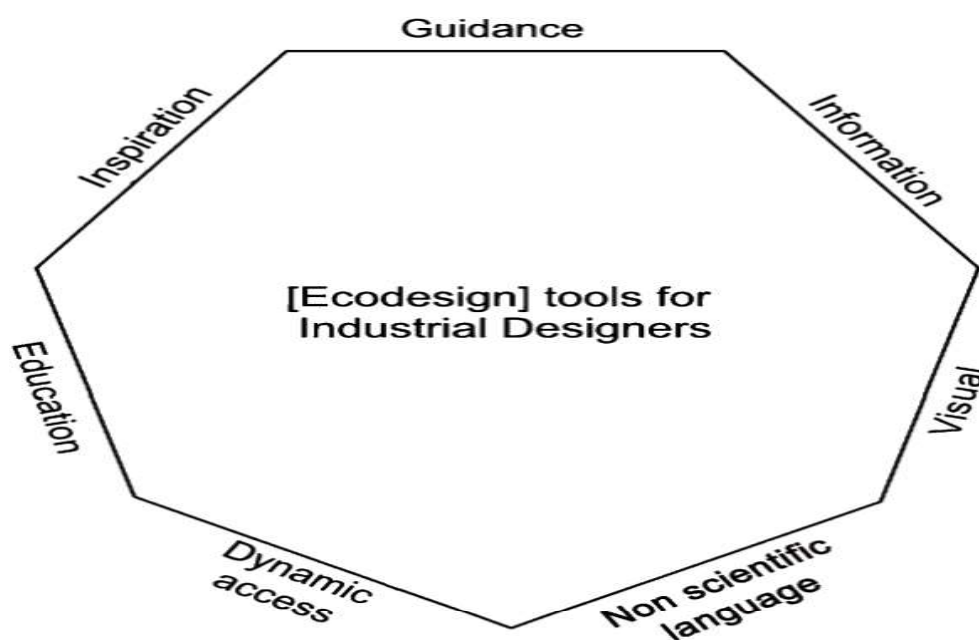


Figura 3 - Framework para o design industrial com foco nas ferramentas no ecodesign (Lofthouse, 2016)

O artigo “*Ecodesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development*”, o mais citado do número especial do Journal até o momento da pesquisa, apresenta um conjunto genérico de regras de design e de como elas podem ser usados como base para fazer orientações e listas de controle para determinadas situações. Em suma, as regras podem ser apresentadas como uma maneira rápida e fácil de introduzir o conceito de *Ecodesign*, são úteis quando apresentados em sessões de treinamento de DfE, e como controles e verificações.

No artigo “*Handling trade-off in Ecodesign tools for Sustainable product development and procurement*” os autores investigam se diferentes ferramentas fornecem ajuda na tomada de

decisões, uma vez que diversas decisões são tomadas sobre situações que parecem semelhantes, entendendo que as ferramentas revisadas podem ajudar as equipes de design de produto a elencar as opções de uma forma mais eficaz. Sakao (2017) aborda a necessidade e incorporar questões ambientais no processo de desenvolvimento de produtos e descreve uma metodologia de ecodesign, que adota LCA (*Life Cycle Assessment*), QFDE (desdobramento da função qualidade para o ambiente) e TRIZ (Teoria da Solução Criadora de Problemas). QFDE é uma ferramenta desenvolvida pela modificação e extensão do QFD. A metodologia apresentada é provada através da aplicação em um secador de cabelo, apoiando eficazmente o planejamento do produto e etapas de projeto conceitual. Em um estudo, (Alves, 2010) discute a perspectiva de ecodesign para escolha de materiais na indústria da construção civil. O artigo apresenta os resultados de um estudo LCA comparando os materiais de construção mais utilizados com alguns eco-materiais.

Alves et al. (2010) afirmam que a indústria automobilística enfrenta um momento de crise. Com base no *Ecodesign* dos produtos, os desafios estão sendo transformados em oportunidades. Neste contexto, o uso de compósitos de fibras naturais, produzidos em países em desenvolvimento, têm apresentado várias vantagens sociais, ambientais e econômicas para projetar componentes para automóveis "verdes". Através do método LCA, um estudo de caso foi conduzido pelos autores para investigar as melhorias ambientais relacionados com a substituição de fibras de vidro por fibras de juta natural, para produzir um capô frontal estrutural de um veículo off-road (Buggy).

Ecodesign também vem sendo aplicado na indústria química. Baccile et al. (2019) justifica que ecodesign tem sido apresentado como um conceito e uma estrutura metodológica para identificar e melhorar a sustentabilidade no desenvolvimento de produtos. Neste contexto, os 12 princípios da química verde fornecem orientações adequadas para a elaboração de moléculas e materiais que atendam a alguns critérios de ecodesign. Baccile (2019) defende que a fase de projeto de desenvolvimento de produto, reconhecido como fundamental para determinar os custos e rentabilidade, é também uma janela de oportunidade sem precedentes para defender o meio ambiente. Durante esta fase inicial, os principais materiais, processos e decisões de fonte de energia escolhidos iram determinar os impactos ambientais de um produto durante todo seu ciclo de vida. Integração de fatores ambientais no projeto é uma tendência emergente conhecida como Projeto Para o Meio Ambiente (em inglês, *design-for-the-environment -DfE*), ecodesign, ou ciclo de vida do projeto. A partir desta perspectiva, os designers ganham direções inerentes para a otimização de projetos e uso eficiente de recursos

Sakao (2017) busca desenvolver abordagens sustentáveis para fabricar e esse pensamento é uma preocupação global crítica. Medidas-chave para projeto apresentados devem incluir práticas para o ambiente (ecodesign), por exemplo, melhorar a eficiência e eficácia de remanufatura. Remanufatura é um processo de trazer produtos utilizados para uso e ter a concepção do estado "como novo", esse estado funcional com garantia igual. Para Tukker, et al. (2018) mostram a promoção de mudanças com consumo sustentável baseado nos métodos adotados em políticas públicas e sugere uma sistemática a partir de dados de um Programa denominado SCORE (*Sustainable Consumption Research Exchange*), ou seja, uma rede de pesquisa voltada ao Consumo Sustentável e para os programas de políticas na área de consumo e produção sustentáveis (SCP). Recomendado também um quadro de ação para mudar para SCP, mobilidade e utilização, habitação e de energia. O uso de uma perspectiva sistêmica sobre o desafio do consumo e produção sustentável (SCP) e diferenciação entre os países.

Sakao (2019) Comenta que apesar do uso progressivo de ecodesign no mundo industrial, tendo-se em conta limitações para implementação para o ambiente e esse campo permanece problemático para as pequenas e médias empresas (PME), que parecem estar permanecendo à margem do movimento, além da falta de cultura ambiental nessas empresas, o problema decorre da concepção ecológica ferramentas que não foram projetados com qualquer pensamento de integrá-los na organização das empresas. Sakao (2019) propõe a aplicação de engenharia de qualidade na fase inicial de projeto ambientalmente consciente, ecodesign. Desde o projeto, metodologia e abordagem, apresentado uma estrutura para a classificação das características ambientais de produtos ou serviços, ou seja, mostrado em duas dimensões. Proposto um quadro (*framework*) que está ligado à gestão de design, ou seja, projetar-se e comunicação externa, onde as estratégias para as empresas são definidas. Analisados artigos selecionados, ficou evidente que o assunto é novo no Brasil e abre possibilidade para novos estudos. 15 artigos relacionados neste estudo são relacionados a Edição especial Journal Cleaner Production, foram descritos neste resultado, a análise da produção científica no escopo *Ecodesign*. Foi evidenciada a relevância do tema junto aos *stakeholders* e especialistas da área, abrindo um campo enorme de pesquisa, tanto no meio acadêmico quanto no meio empresarial.

4 CONCLUSÕES

Ficou evidente que o assunto abordado deve ser tratado com atenção especial nos próximos anos, pois há necessidade de discussão, apreciação do conceito e evolução constante, principalmente

em países fora do continente europeu. As pautas discutidas sobre o tema proposto deverão ser latentes nos campos acadêmico, científico, industrial (seguimentos diversos) e serviços. A revista que mais publicou artigos na área, até o momento, é *Journal of Cleaner Production*. Isto vem de acordo com a relevância desta revista no cenário ambiental mundial que foi pontuada com 3.398 pelo *Journal Citation Reports*. A maioria dos artigos não foca os estudos em um país específico, e sim faz um estudo em nível global. Entre os artigos que estudam determinadas áreas de um país ou mais de um país específico, quando agrupados por continente, o continente mais estudado é o Europeu. A maior parte dos estudos analisados não se posiciona quanto a um único setor produtivo. Dos que se posicionam podemos listar:

- Nas publicações até 2006, o setor de produtos eletrônicos foi o mais estudado;
- Nas publicações posteriores a 2006, o setor mais estudado continuou focando no setor de produtos eletrônicos; e o assunto eficiência energética continua sendo mais estudado atualmente.
- Os artigos classificados como *in press* pela base de dados Scopus, estudam produtos e eletro/eletrônicos, ampliando a área de estudo também para o setor de elétricos.

Em razão de novos conceitos baseadas em ferramentas de *Ecodesign*, os estudiosos precisam incorporar essas definições na concepção de produtos, para auxiliar os profissionais na incorporação desses conceitos nos novos projetos produtos ou aperfeiçoamento dos já existentes. Buscando, assim, superar o desafio de massificação do conceito de *ecodesign*, bem como as ferramentas, que devem ser acessíveis e disseminadas para empresas e *stakeholders*. Muitas ferramentas foram desenvolvidas para auxiliar os profissionais a desenvolver produtos mais sustentáveis. O aumento da demanda por produtos ecologicamente melhorados é um fator crucial para adesão dessas técnicas no desenvolvimento de produtos, apoiadas em ferramentas de gestão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores da FATEC – Faculdade de tecnologia de Bauru – SP pelo notável saber e transferência de conhecimentos. Também de maneira especial para Professora da disciplina de Trabalho de Graduação Graziella Ribeiro Soares Moura e ao Orientador do Trabalho de Graduação, Me. Marcos Daniel Gomes de Castro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M. V. B. et al. Emergy as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 1, p. 32-43, 2010.

AOE, Taeko. Eco-efficiency and ecodesign in electrical and electronic products. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 15, p. 1406-1414, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ABNT NBR IEC 60201 -1-2010

ARAUJO, A. B. A. A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável e o Brasil: uma análise da governança para a implementação entre 2015 e 2019, 2020.

BACCILE, Niki et al. Introducing ecodesign in silica sol-gel materials. **Journal of Materials Chemistry**, v. 19, n. 45, p. 8537-8559, 2019.

BARBIERI, José Carlos. **Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações**. Atlas, 2017.

BAUMANN, Henrikke; BOONS, Frank; BRAGD, Annica. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, n. 5, p. 409-425, 2012.

BOKS, Casper. The soft side of ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15, p. 1346-1356, 2016.

Bastos V. D. Incentivo à **inovação**: tendências internacionais e no Brasil e o papel do **BNDES** junto às empresas, 2020 - bndes.gov.br.

BRONZINO, J. D. et al. The Biomedical Engineering Handbook. 3ª Ed. Boca Raton CRC Press, 2016.

CALVO-FLORES, Francisco García. Sustainable chemistry metrics. **ChemSusChem**, v. 2, n. 10, p. 905-919, 2019.

CARDOSO, G. B.; CALIL, S. J. Estudo do processo de análise de referência aplicado à engenharia clínica e metodologia de validação de indicadores de referência. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. 2000.

<https://www.elsevier.com/pt-br> Disponível em: <http://www.elsevier.com> Acesso em 27/04/2021.

FARRENY, Ramon et al. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain. **Water research**, v. 45, n. 10, p. 3245-3254, 2011.

CHARBEL, José Chiappetta Jabbour; SANTOS, Fernando César Almada. Desenvolvimento de produtos sustentáveis: o papel da gestão de pessoas. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 2, p. 283-307, 2017.

JANSEN, Arjen; STEVELS, Ab. Combining eco-design and user benefits from human-powered energy systems, a win-win situation. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15, p. 1299-1306, 2016.

- KUNNARI, Esa et al. Environmental evaluation of new technology: printed electronics case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 9, p. 791-799, 2019.
- KURK, Fran; EAGAN, Patrick. The value of adding design-for-the-environment to pollution prevention assistance options. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 6, p. 722-726, 2018.
- LOFTHOUSE, Vicky. Ecodesign tools for designers: defining the requirements. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15, p. 1386-1395, 2016.
- PIGOSSO, Daniela CA et al. Ecodesign methods focused on remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 1, p. 21-31, 2016.
- SAKAO, Tomohiko. A QFD-centred design methodology for environmentally conscious product design. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 18-19, p. 4143-4162, 2017.
- TANSKANEN, P.; TAKALA, R. A decomposition of the end of life process. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15, p. 1326-1332, 2016.
- TINGSTRÖM, Johan; SWANSTRÖM, Lennart; KARLSSON, Reine. Sustainability management in product development projects—the ABB experience. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15, p. 1377-1385, 2016.
- TUKKER, Arnold et al. Fostering change to sustainable consumption and production: an evidence based view. **Journal of cleaner production**, v. 16, n. 11, p. 1218-1225, 2018.
- WILLISON, JH Martin; LI, Ruoxi; YUAN, Xingzhong. Conservation and ecofriendly utilization of wetlands associated with the Three Gorges Reservoir. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-10, 2013.