

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

ROBERTA FERRARI DE SÁ

**MÉTODO CONCEITUAL PARA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS SUSTENTÁVEIS - BIOS**

CURITIBA

2017

ROBERTA FERRARI DE SÁ

**MÉTODO CONCEITUAL PARA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS SUSTENTÁVEIS -BIOS**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Osíris Canciglieri Jr., PhD.

CURITIBA

2017

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

Sá, Roberta Ferrari de
S111m Método conceitual para aplicação da biomimética como ferramenta de
2017 apoio ao processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis – BIOS /
Deschamps. – 2017.
169 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2017

Bibliografia: 136-150

1. Produtos novos. 2. Biomimética. 3. Sustentabilidade. Engenharia de
produção. I. Canciglieri Júnior, Osiris. II. Pontifícia Universidade Católica do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e
Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. – 658.575

TERMO DE APROVAÇÃO

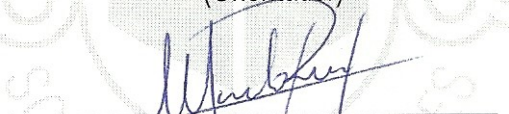
Roberta Ferrari de Sá

MÉTODO CONCEITUAL PARA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS – BIOS.

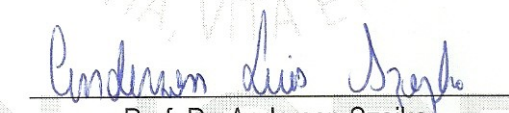
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Presidente da Banca
Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior
(Orientador)



Prof. Dr. Marcelo Rudek
(Membro Interno)



Prof. Dr. Anderson Szejka
(Membro Externo)



Prof.ª Dra. Luciane Hilu
(Membro Externo)



Prof. Dr. Carlos Cziulik
(Membro Externo)

Curitiba, 06 de outubro de 2017.

Dedico este trabalho a minha mãe Anna
Maria Ferrari de Sá, amiga doce e com fé
inabalável que me ensina com seu
exemplo, a superar todos os desafios.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Professores Aguilar Selhorst Junior, Carlos Roberto Romaniello e Renato Bordenousky Filho pelo apoio, paciência, e incentivo que me fizeram acreditar que era possível.

Aos Professores do Mestrado sempre atenciosos e dedicados em contribuir para o crescimento de seus alunos.

Aos meus colegas de Mestrado por fazerem desta fase uma experiência engrandecedora.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Osíris Canciglieri Junior pela dedicação, confiança e apoio durante esta jornada.

Agradeço aos meus amigos que compreenderam com todo carinho minhas ausências e esquecimentos, que acreditaram e torceram por mim.

Ao meu amigo Henrique Benincasa dos Santos pelo apoio e paciência.

Aos meus familiares por estarem sempre acompanhando e incentivando minha caminhada e em especial a minha mãe Anna Maria Ferrari de Sá e ao meu tio Reinaldo Ferrari de Sá por todo carinho e confiança.

Meu agradecimento especial a Deus por me dar forças e serenidade para persistir.

As respostas às nossas perguntas estão
em toda parte; precisamos mudar a lente
com a qual vemos o mundo.
(Janine Benyus)

RESUMO

O cenário atual apresenta uma situação preocupante em relação à saúde do Planeta devido ao descarte de substâncias prejudiciais ao meio ambiente e o uso indiscriminado de recursos em escala global, que aumenta anualmente apontando a necessidade de minimização dos impactos causados por este alto consumo. Desta forma é necessário buscar soluções onde o design represente a intenção humana, refletindo uma convivência harmoniosa com o meio ambiente. Sendo assim, este trabalho de pesquisa procurou compreender o universo da Biomimética e do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando desenvolver um método para auxiliar na concepção de produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável. Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados como procedimentos técnicos, a revisão da literatura, pesquisa bibliográfica com revisão sistemática e análise de conteúdo, apresentação da estrutura do método conceitual preliminar e estudo de caso com posterior validação por especialistas. O método proposto busca para auxiliar e incentivar a utilização da natureza como fonte de inspiração durante o processo de desenvolvimento de produtos, utilizando-se de princípios Biomiméticos e tendo como premissa a sustentabilidade, o qual conseguiu unir conhecimentos das áreas de pesquisas envolvidas tornando-se um método de fácil entendimento e aplicação, capaz de estruturar pensamento investigativo para alcançar soluções inovadoras.

Palavras-chave: Biomimética. Desenvolvimento de Produtos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The current scenario presents a worrying situation regarding the planet's health due to the disposal of harmful substances to the environment and the indiscriminate use of resources on a global scale. It increases annually pointing out the need to minimize the impacts caused by this high consumption. In this way, it is necessary to look for solutions where the design represent the human intention, reflecting a harmonious coexistence with the environment. Therefore, this research work sought to understand the universe of Biomimetics and Product Development Process (PDP), seeking to develop a method to assist in the design of products that contribute to sustainable development. For the development of this study, the literature review, bibliographic research with systematic review and content analysis, presentation of the preliminary conceptual method structure and case study with subsequent validation by specialists were used as technical procedures. The proposed method seeks to help to help and encourage the use of nature as a source of inspiration during the process of product development, using Biomimetics principles and having as a premise the sustainability, which was able to unite knowledge of the areas of research involved becoming a method of easy understanding and application, capable of structuring investigative thinking to reach innovative solutions.

Key-words: Biomimicry. Product Design. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 1 – Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por idade.	20
Figura 2 - Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por classe social.	20
Figura 3 - Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por escolaridade.	21
Figura 4 - Tipos de consumidores e seu potencial influenciador (%).	22
Quadro 1 - Carteira BM&FBOVESPA 2017.	23
Figura 5 – Metodologia da Pesquisa e divisão das seções.	25
Figura 6 – Figura esquemática com a sequência de assuntos da Revisão da Literatura.	27
Figura 7 – Bioinspiração: partes bucais do mosquito.	30
Figura 8 - Bioinspiração: tubérculos da baleia.	30
Figura 9 - Bioinspiração: cogumelos em cavacos de madeira.	31
Figura 10 - Bioinspiração: sistema natural.	31
Quadro 2 – Classificação Biomimética de acordo com a abordagem utilizada.	32
Figura 11 - Modelo Unificado (ROZENFELD et al, 2006).	35
Figura 12 – Fases selecionadas para a aplicação dos conceitos Biomiméticos.	36
Figura 13 - Etapas do Estado da Arte e suas Fases.	43
Figura 14 - Relacionamento entre as palavras-chave.	45
Quadro 3 - Palavras Correlatas.	47
Figura 15 - Relacionamento entre as palavras-chave e correlatas.	49
Tabela 1 - Quantitativo de artigos durante processo de seleção.	50
Quadro 4 - Critérios de Inclusão e Exclusão.	51
Figura 16 - Quantitativo e percentil das combinações de pares de palavras.	51
Tabela 2 - Quantitativo de artigos selecionados por par de palavra-chave e correlata.	52
Tabela 3 - Bases referenciais com suas áreas de conhecimento e quantitativo de artigos.	53
Figura 17 - Quantitativo de artigos publicados por ano.	55
Figura 18 - Quantitativo de artigos por área de avaliação.	56
Figura 19 - Quantitativo de autores por nacionalidade.	57
Quadro 5 - Matriz de Amarração.	60
Quadro 6 - Tópicos para classificação dos artigos.	61
Quadro 7 - Classificação dos artigos de acordo com os Tópicos.	61

Tabela 4 - Quantitativo de artigos em relação aos Tópicos abordados.....	69
Figura 20 - Artigos que abordaram apenas um Tópico.	70
Figura 21 - Artigos que abordaram dois Tópicos simultaneamente.	70
Quadro 8 - Tópicos e assuntos abordados simultaneamente.	71
Quadro 9 - Artigos e autores classificados com dois ou mais Tópicos.....	72
Quadro 10 - Autores selecionados como os mais significativos para a pesquisa.	75
Quadro 11 - Etapas de filtragem e seus quantitativos.....	77
Figura 22 - Resultados do processo de seleção dos artigos.....	89
Figura 23 - Modelo Unificado de Rozenfeld et al., 2006 e as fases do Método BIOS.	91
Figura 24 - Estrutura do Método BIOS.....	92
Figura 25 - Legenda para o Método BIOS.	93
Figura 26 – Fases e Etapas do Método BIOS.....	93
Figura 27 - Fase 1 - Identificação da Oportunidade.	95
Figura 28 - Fase 2 - Definição do Problema.....	96
Quadro 13 - Ferramentas de apoio para a criatividade.....	96
Quadro 14 - Quadro com pontuação da Escala de Likert.	97
Figura 29 - Fase 3 - Geração de Soluções.	98
Quadro 15 – Guia Biomimético.	99
Quadro 16 – Guia de Design.....	99
Quadro 17 - Classificação das Categorias de Produtos.....	101
Quadro 19 - Recomendações de Projeto para Bens de Uso Rápido.	103
Quadro 20 - Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Não Consumidores.	104
Quadro 21 - Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Consumidores.....	105
Tabela 5 - Escala de Likert.....	107
Figura 30 – Fase 4 – Seleção da Solução.	108
Quadro 22 - Ferramentas de apoio para Métodos Sistemáticos.	109
Figura 31 - Fase 5 - Definição do Conceito.....	110
Figura 32 - Fase 6 - Especificação da Solução.	111
Figura 33 - Fluxograma do Processo do Método BIOS.....	112
Quadro 23 - Fase Identificar da Macro fase Projeto Informacional.	114
Quadro 24 - Fase Definir da Macro fase Projeto Informacional.....	114
Figura 34 – Ferramenta de criatividade Brainstorm.	114
Quadro 25 - Fase Criar da Macro fase Projeto Conceitual.....	116

Figura 35 - Bioinspiração: ato de segurar e proteger o bebê.	116
Quadro 26 - Fase Aprovar da Macro fase Projeto Conceitual	117
Figura 36 - Canvas Proposta de Valor.	117
Quadro 27 - Fase Gerar da Macro fase Projeto Detalhado	117
Figura 37 – Conceito gerado para o produto.....	117
Figura 38 – Sketches.	118
Figura 39 - Avaliação Ergonômica.	119
Figura 40 - Requisitos de Ergonomia.	119
Quadro 28 - Fase Especificar da Macro fase Projeto Detalhado.....	120
Figura 41 - Desenho Técnico.	120
Figura 42 - Composição do Body Gestacional.	120
Figura 43 - Modo de usar.	121
Figura 44 – Protótipo.....	121
Quadro 29 - Fase Identificar da Macro fase Projeto Informacional.	123
Figura 45 - Besouro da Joia.	123
Quadro 30 - Fase Definir da Macro fase Projeto Informacional.....	124
Figura 46 - Mapa Mental.	124
Quadro 31 - Fase Criar da Macro fase Projeto Conceitual.....	125
Quadro 32 - Fase Aprovar da Macro fase Projeto Conceitual	125
Figura 47 - Canvas Proposta de Valor.	125
Quadro 33 - Fase Gerar da Macro fase Projeto Detalhado	126
Quadro 34 - Fase Especificar da Macro fase Projeto Detalhado.....	126
Quadro 35 - Perfil dos Especialistas.	128
Quadro 36 - Respostas Objetivas dos Especialistas.....	129
Quadro 37 - Pergunta 1 da Ficha de Avaliação.....	129
Quadro 38 - Pergunta 2 da Ficha de Avaliação.....	130
Quadro 39 - Pergunta 3 da Ficha de Avaliação.....	130
Quadro 40 - Pergunta 4 da Ficha de Avaliação.....	130
Quadro 41 - Pergunta 5 da Ficha de Avaliação.....	131
Quadro 42 - Pergunta 6 da Ficha de Avaliação.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
ISO	International Organization for Standardization
ONU	Organização das Nações Unidas
COP-21	21ª Conferência do Clima
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
PROCERT	Programa de Certificação do Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
BIOS	Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis
BM&FBOVESPA	Bolsa de Valores, Mercadorias & Futuros - Bolsa de Valores de São Paulo
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
MOP&D	Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico Brasileiro
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
p.	Página
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
CAPES/MEC	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Ministério da Educação
UI	User Interface
UX	User Experience
PEPDIPS	Método de Planejamento Estratégico do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	17
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
1.4	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1	BIOMIMÉTICA.....	27
2.2	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	33
2.3	DESIGN DE PRODUTO	36
2.4	SUSTENTABILIDADE	37
3	ESTADO DA ARTE.....	42
3.1	REVISÃO SISTEMÁTICA.....	43
3.1.1	Palavras-chave.....	44
3.1.2	Relacionamento.....	45
3.1.3	Palavras Correlatas	46
3.1.4	Fontes e Parâmetros de Pesquisa	47
3.1.5	Combinações	48
3.1.6	Apresentação dos Resultados	49
3.1.7	Análise dos Resultados	53
3.2	ANÁLISE DE CONTEÚDO	58
3.2.1	Autores Significativos.....	59
3.2.2	Análise Crítica dos Autores Significativos.....	77
3.3	CONCLUSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA E ANÁLISE DE CONTEÚDO	88
4	MÉTODO CONCEITUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADO NOS CONCEITOS DA BIOMIMÉTICA E DA SUSTENTABILIDADE....	90
4.1	APRESENTAÇÃO DO MÉTODO CONCEITUAL PRELIMINAR	93
4.1.1	Identificação da Oportunidade	94
4.1.2	Fase Definição do Problema.....	95
4.1.3	Fase Geração de Soluções	98
4.1.4	Fase Seleção da Solução.....	108

4.1.5	Fase Definição do Conceito.....	109
4.1.6	Fase Especificação da Solução.....	111
4.1.7	Considerações a respeito do Método Conceitual apresentado.....	111
5	ESTUDO DE CASO	113
5.1	ESTUDO DE CASO 1: OPORTUNIDADE BIOMIMÉTICA	113
5.2	ESTUDO DE CASO 2: OPORTUNIDADE DE DESIGN	123
6	DISCUSSÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS	127
7	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	133
7.1	CONCLUSÃO	133
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	135
	REFERÊNCIAS.....	136
	APÊNDICE A – ESTUDO DE CASO 1	151
	APÊNDICE B – ESTUDO DE CASO 2	156
	APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO DO MÉTODO BIOS	159
	ANEXO A.....	161
	ARTIGO: A EVOLUÇÃO DA BIOMIMÉTICA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O IMPULSIONAMENTO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	161

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual apresenta uma situação preocupante em relação à saúde do Planeta devido ao descarte de substâncias prejudiciais ao meio ambiente e o uso indiscriminado de recursos em escala global que aumenta anualmente, apontando a necessidade de minimização dos impactos, os quais contribuem na intensificação da poluição ambiental afetando não só a natureza, mas também a população. Além disso, as atividades industriais e agrícolas, contribuem para os índices alarmantes de poluição que trazem também como consequência, o efeito estufa e com isso, o aquecimento global.

Este, por sua vez, causa desequilíbrios ambientais como o aumento do nível do mar devido ao derretimento das geleiras polares, o desequilíbrio de ecossistemas, desertificação, alteração dos regimes de chuva, epidemias e extinção de espécies animais e vegetais. Segundo estudo em desenvolvimento pelo Potsdam Institute for Climate Research, em Berlim na Alemanha, é possível que o aquecimento global também possa levar países a guerra atuando como um multiplicador do risco, ou seja, aumentando a tensão nos fatores causadores como a indisponibilidade de recursos, destruição local, escassez de alimentos, migração em massa devido a desastres naturais entre outros (CALIXTO, 2017).

Neste contexto, acredita-se que a Revolução Industrial, apesar de ter proporcionado grandes benefícios para a humanidade, trouxe consequências negativas, pois as indústrias tornaram-se as grandes poluidoras do meio ambiente por não atentarem para as consequências causadas por seus processos de produção e descarte. Com isso, pode-se afirmar que o atual modelo de produção e desenvolvimento valoriza o capital deixando em último plano a natureza.

Portanto, a concepção de consumo e lucro deve ser alterada para que os ganhos sociais e ambientais possam ser considerados tanto quanto o econômico, pois

“tornar-se favorável ao meio ambiente reduz os custos porque as empresas acabam reduzindo os insumos que usam. Além disso, o processo gera receitas adicionais de produtos melhores ou permite que as empresas criem novos negócios. (...) esses são os objetivos da inovação corporativa, (...) as empresas inteligentes agora tratam a sustentabilidade como a nova fronteira da inovação” (NIDUMOLU; PRAHALAD; RANGASWAMI, 2009)

Logo, é necessário compreender o planeta e buscar soluções onde o design represente a intenção humana, refletindo uma convivência harmoniosa com o meio ambiente e outras espécies. Desta forma, a busca pelo desenvolvimento sustentável deve considerar a natureza como uma mentora devido aos seus bilhões de anos de maturidade e excelência onde, todos os sistemas encontram-se conectados em harmonia e otimizando recursos.

A inspiração biológica não é algo novo para a humanidade, é possível encontrar na história, relatos de invenções baseadas na natureza. Entre as mais conhecidas, destaca-se o velcro, onde em 1941, o engenheiro George de Mestral observou como os carrapichos se fixavam às suas roupas e aos pelos do seu cão e, a partir desta bioinspiração, criou o velcro (HUNTER, 2014).

Do momento que a inspiração biológica começou a representar uma nova ciência, passou a ser reconhecida como Biomimética, analisando a natureza e inspirando produtos e serviços para a solução de problemas humanos (PRALEA, 2014). Considerada como uma ferramenta para estimular e preservar o meio ambiente, foi também convertida em campo multidisciplinar pelo fato de combinar biologia e engenharia, diferentes áreas do conhecimento.

O princípio da Biomimética é encontrar soluções de design na natureza para resolver problemas observando e aprendendo com seus mecanismos naturais. Não se trata de metáforas ou reprodução de formas orgânicas, mas sim de uma investigação científica centrada na natureza como fonte de inspiração para a geração de soluções tecnológicas. Esta ciência, apesar de recente, apresenta-se como uma oportunidade de inovação natural comprovando que é possível caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável.

Diante deste cenário, onde é necessária uma mudança de paradigma para que seja possível desenvolver de forma sustentável, questiona-se a respeito da aplicação da Biomimética como ferramenta de apoio ao processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. Sendo assim, este trabalho de pesquisa procurou compreender o universo da Biomimética e do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando desenvolver um método para auxiliar na concepção de produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O alto consumo e descarte, além de intensificar a poluição ambiental, acelera suas consequências negativas. Desta forma, a compreensão das necessidades não só dos consumidores, mas também do planeta, deve motivar a busca por soluções significativas para uma convivência eficaz com o meio ambiente, ou seja, repensar a forma de desenvolver produtos e serviços, buscando soluções que contribuam para a conservação ambiental, estimulando e auxiliando o desenvolvimento sustentável.

Para isso, através do Processo de Desenvolvimento de Produtos, o qual trata da concepção de um produto desde a identificação de uma necessidade até o final do seu ciclo de vida (ASIMOW, 1968), processo esse que deve assegurar atendimento às exigências dos consumidores, inovação tecnológica, agilidade de lançamento, produtividade e qualidade, deve-se estimular a responsabilidade social e ambiental para o consumo, quebrando desta forma, o paradigma da maximização.

Logo, este estudo busca desenvolver uma metodologia que visa efficientizar produtos em relação à sua qualidade, economia e uso eficiente de energia, além de reduzir impactos negativos ao meio ambiente através da implementação de conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), criando desta forma um método conceitual para o desenvolvimento de produtos, que busca através dos preceitos da Sustentabilidade otimizar recursos e, com isso, oferecer aos consumidores uma nova geração de produtos e serviços inteligentes e sustentáveis.

Com base neste contexto, foi elaborada a seguinte hipótese: ***“Compreender o universo da Biomimética e do Processo de Desenvolvimento de Produtos, buscando desenvolver um método para auxiliar na concepção de produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável”***, a qual possibilitou o desenvolvimento do problema de pesquisa deste trabalho: ***“Como aplicar a Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando conceber produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável, implicando em otimização no lugar de maximização?”***

Para isso, serão definidos objetivos gerais e específicos para que seja possível elucidar o questionamento proposto para esta pesquisa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O cenário atual aponta a necessidade de caminhar para um desenvolvimento sustentável, onde deve-se buscar minimizar as consequências da má utilização dos recursos oferecidos pelo meio ambiente. Em contraposição a esta situação, existe a necessidade de desenvolvimento econômico e social, o que gera maior utilização de recursos e produção de resíduos. Logo, para que a sociedade possa dar continuidade ao seu processo de desenvolvimento, deve-se associa-lo a uma nova forma de produzir e consumir produtos e serviços, onde a natureza deve ser tomada como mentora e não somente como recurso, inovando desta forma, a geração de soluções para problemas humanos.

Para isso, deve-se buscar ferramentas que auxiliem na exploração da natureza como fonte de inspiração para modelos e processos gerando consequentemente uma nova concepção de produtos que possuam como premissa, a preservação e cuidado com o meio ambiente. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho de pesquisa é: ***“Desenvolver um método conceitual que aplique os conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), tendo como preceito a sustentabilidade”.***

1.2.2 Objetivos Específicos

Visando atender ao objetivo geral proposto, foi necessário definir objetivos específicos para nortear o desenvolvimento deste trabalho. Com isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar e compreender os conceitos Biomiméticos para que sejam utilizados corretamente;
- b) Analisar os Modelos de Desenvolvimento de Produtos Biomiméticos existentes através de pesquisa bibliográfica (Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo);
- c) Identificar as oportunidades de melhoria e inovação dentro do tema em questão;

- d) Selecionar os requisitos de sustentabilidade necessários para a certificação de produtos;
- e) Definir a estrutura do método conceitual preliminar;
- f) Implementar e testar o método preliminar proposto por meio de dois estudos de caso e posterior validação dos mesmos por especialistas.

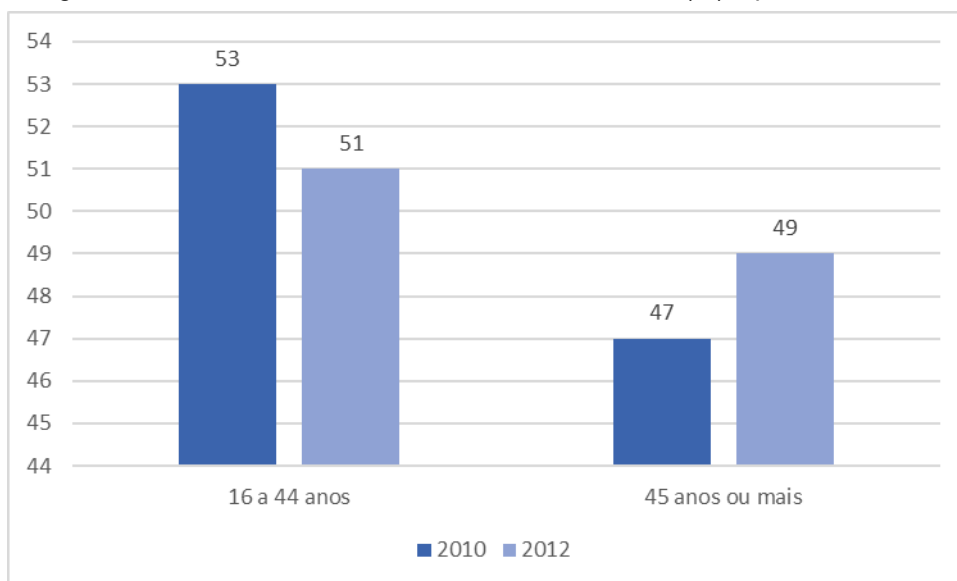
1.3 JUSTIFICATIVA

O uso global de recursos aumenta a cada ano e de acordo com pesquisa realizada pelo Painel Internacional de Recursos, a população mundial pode crescer 28% até 2050, o que implica em 71% de recursos a mais por pessoa (ONU BR, 2017). Este dado aponta a necessidade da eficientização dos recursos, através da utilização de materiais sustentáveis e otimização dos bens de consumo, para que possa haver uma maior contribuição para a preservação do planeta e, desta forma, auxiliar no crescimento da economia global.

Para isso, a Biomimética pode atuar como facilitadora através da concepção de produtos comprometidos com a conservação ambiental que, pelo fato de serem inspirados na natureza, primam por melhoria no desempenho, diminuição de desperdício e aumento da eficiência energética alcançando desta forma, um nível maior de confiabilidade e competitividade. Estas características são essenciais para atender a uma nova geração de consumidores potenciais que atuam como agentes transformadores para uma sociedade mais sustentável.

Pensando nisso, o Instituto Akatu, uma organização não governamental sem fins lucrativos, engajada com a conscientização e mobilização da sociedade para o consumo consciente, realizou uma série de pesquisas nos anos de 2010 e 2012, sobre o perfil do consumidor brasileiro consciente em relação à sustentabilidade visando identificar e compreender seu comportamento (BELINK et al, 2013), os resultados podem ser observados nos gráficos das Figuras 1, 2 e 3 que apresentam dados compostos pelo percentual de consumidores mais conscientes.

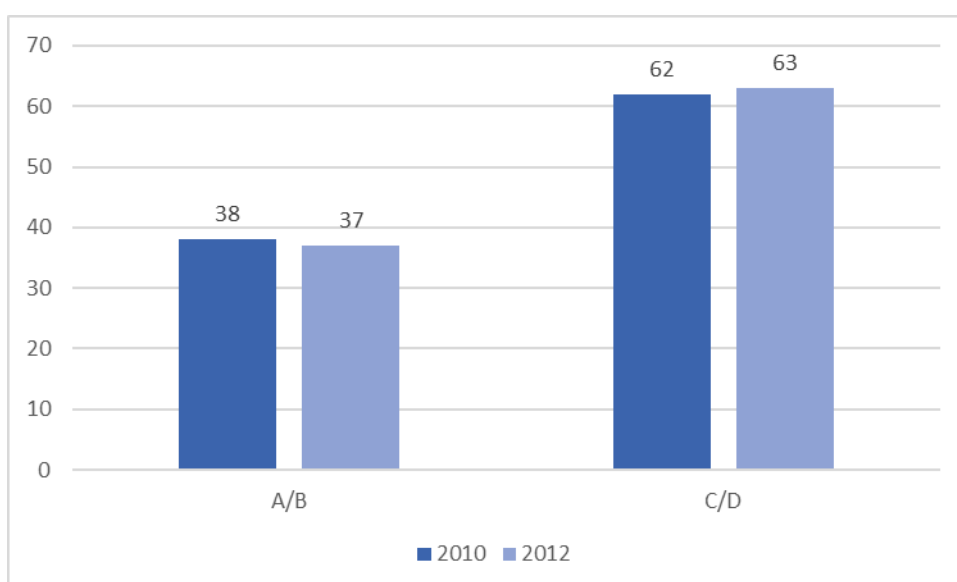
Figura 1 – Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por idade.



Fonte: Adaptado de BELINK et al, 2013.

No gráfico da Figura 1, a análise foi realizada em relação à idade, onde observa-se um equilíbrio entre os consumidores de 16 a 44 e acima de 45 anos, tanto no ano de 2010 com 53% e 51% respectivamente, quanto no de 2012 com 47% e 49% sem predomínio absoluto de uma das categorias.

Figura 2 - Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por classe social.



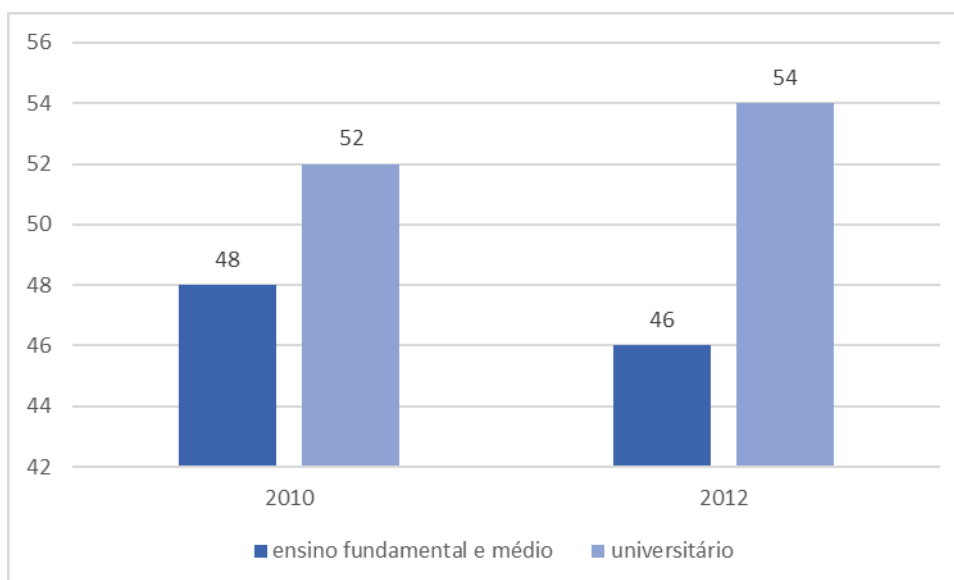
Fonte: Adaptado de BELINK et al, 2013.

Para o gráfico da Figura 2, com os consumidores mais conscientes, em relação às suas classes sociais, apesar dos resultados mais uma vez não

apresentarem diferentes ênfases entre os grupos analisados, pode-se afirmar que o acentuado aumento de percentual quando comparados os resultados isoladamente em relação aos anos avaliados, deve-se a maior facilidade de acesso aos meios de comunicação que sofreu um aumentando desde então. A variação foi de 24 pontos para as classes sociais A/B e 26 para as classes C/D.

Já o gráfico da Figura 3 destaca os consumidores mais conscientes em relação à escolaridade. Neste caso, observa-se que a concentração permanece no grupo com ensino universitário, apontando uma pequena variação de 52% em 2010 a 54% no ano de 2012. Porém, houve um afastamento maior entre os grupos no ano de 2012, com 8 pontos de diferença entre consumidores com ensino fundamental e médio para o grupo com ensino universitário. Este comportamento sinaliza que o ensino universitário, por incentivar pesquisas em diversas áreas do conhecimento, propicia maior estímulo e acesso à informação. Contudo para os próximos anos, estes gráficos precisam continuar apresentando crescimento, porém equilibrados entre os níveis de escolaridade para que a informação e consequente conscientização tenha um alcance maior na população e, com isso, ocorra uma mudança significativa na forma de produção e consumo da sociedade.

Figura 3 - Consumidores brasileiros mais conscientes (%) – por escolaridade.



Fonte: Adaptado de BELINK et al, 2013.

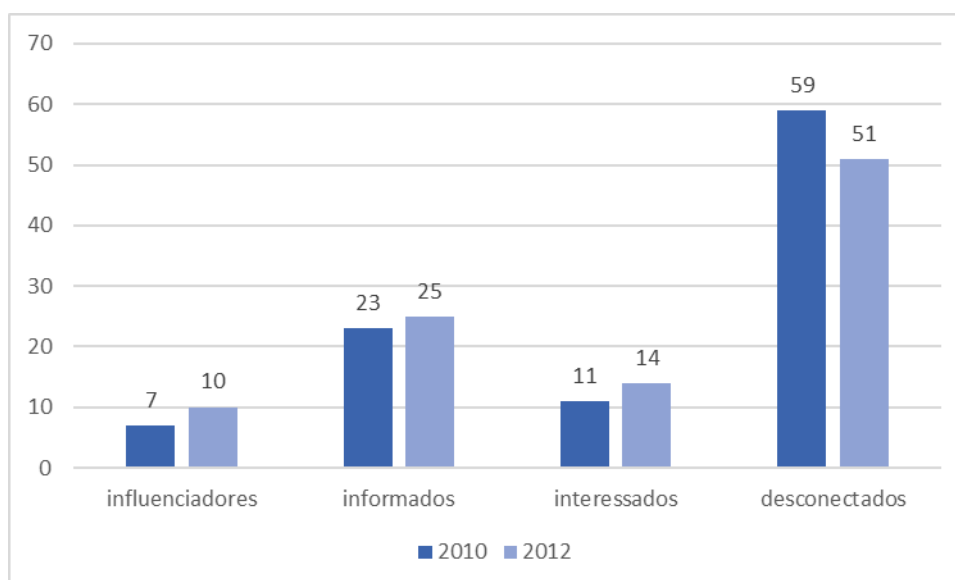
Embora ainda não tenham sido lançados resultados de pesquisas mais recentes, foi possível através destes dados, realizar análises em relação aos

consumidores conscientes observando como se dividem em suas categorias para melhor compreensão de seus perfis, pois os mesmos são responsáveis por ditar regras de consumo com seus níveis de exigência fazendo com que as empresas elevem seus padrões e busquem por inovação.

Desta forma, de acordo ainda com o instituto Akatu, foram realizadas pesquisas buscando compreender como os consumidores se dividem de acordo com seu potencial influenciador. Os dados foram recolhidos a partir dos respondentes em debate público sobre a responsabilidade social, empresarial e sustentabilidade, nos anos de 2010 e 2012 por Belink *et al.*, (2013), como pode ser observado no gráfico da Figura 4, onde:

- **Desconectados** – não apontam interesse no tema sustentabilidade;
- **Interessados** – possuem interesse, mas não procuram aumentar seu nível de informação a respeito do tema em questão;
- **Informados** – discutem a respeito do tema, mas não influenciam pessoas a sua volta;
- **Influenciadores** – se interessam e buscam informações a respeito, além de serem apontados como referência no assunto.

Figura 4 - Tipos de consumidores e seu potencial influenciador (%).



Fonte: Adaptado de BELINK et al, 2013.

Com isso, é possível verificar que entre os anos de 2010 e 2012, houve um aumento significativo em relação aos consumidores interessados, informados e

influenciadores e consequente diminuição dos consumidores desconectados. Este comportamento aponta uma tendência de alteração nas regras de consumo, pois os consumidores estão deixando o grupo de desconectados, ou seja, sem interesse no tema sustentabilidade, para caminhar em direção ao de interessados e assim sucessivamente até alcançar o grupo de influenciadores, onde encontram-se os consumidores apontados como referência no assunto.

Consequentemente, o ramo empresarial sempre atento ao mercado, está buscando uma melhor compreensão do seu relacionamento com a sustentabilidade procurando se adequar a estes princípios e, desta forma, ganhar destaque diante de seus consumidores e concorrentes.

Uma das iniciativas para estimular e divulgar este comportamento, foi apresentada pela BM&FBOVESPA, a qual criou uma ferramenta para análise comparativa do desempenho das empresas sob o aspecto da sustentabilidade corporativa. Ela é disponibilizada como o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), baseada nos pilares da sustentabilidade e estimulando desta forma, um ambiente de investimento compatível com as demandas de desenvolvimento sustentável e a responsabilidade ética das corporações. Para isso, foi criado um Conselho Deliberativo que analisa anualmente, de acordo com parâmetros estabelecidos pelo mesmo, empresas que se candidatam para a carteira. Entre os parâmetros estabelecidos, pode-se citar a adesão a compromissos voluntários relacionados ao Desenvolvimento Sustentável e sobre mudança do clima, publicação de Relatório de Sustentabilidade, entre outros critérios do âmbito da sustentabilidade (BM&FBOVESPA, 2017).

As empresas participantes da carteira 2017 encontram-se listadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Carteira BM&FBOVESPA 2017.

AES Tietê	BRF	Copel	Eletrobrás	Fleury	Lojas Renner	Sul América
B2W	CCR	CPFL	Eletropaulo	Itaúsa	Light	Telefônica
Banco do Brasil	Celesc	Duralex	Embraer	Itaú Unibanco	MRV	Tim
Bradesco	Cemig	Ecorodovias	Engie	Klabin	Natura	Weg
Braskem	Cielo	EDP	Fibria	Lojas Americanas	Santander	

Fonte: Retirado de BM&FBOVESPA, 2017.

No ano de 2017, 180 empresas elegeram-se para a Carteira 2017 ISE, contudo, apenas 34 empresas alcançaram todos os parâmetros requisitados,

representando 19% do total. Para o ano de 2018, o número de empresas elegíveis será o mesmo que no anterior com resultado previsto para o final de 2017.

Desta forma, o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) assim como outras iniciativas existentes, atuam como uma vitrine para o mercado, estimulando a participação empresarial e trazendo benefícios ambientais, confiabilidade diante dos consumidores e aumento nos lucros.

Logo, o reconhecimento da sustentabilidade como filosofia de produção e consumo, deve ser estimulado propiciando mudanças em todos os segmentos. Para isso, é necessário criar ferramentas facilitadoras deste processo, visando atender aos consumidores já imersos nesta filosofia e atingir o restante da parcela da população através de produtos atraentes e inovadores.

Neste aspecto, a Biomimética se apresenta como uma ferramenta inovadora para o desenvolvimento de uma nova geração de produtos e serviços sustentáveis, por alcançar melhoria na qualidade, economia e uso eficiente de energia, ou seja, maior capacidade de comercialização (VANDEVENNE *et al.*, 2015).

Diante deste cenário, existe uma perspectiva de crescimento do mercado de produtos sustentáveis e, buscando aproveitar esta oportunidade, este estudo se dedicou a desenvolver um método que auxilie na aplicação da Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos visando contribuir para a sustentabilidade.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

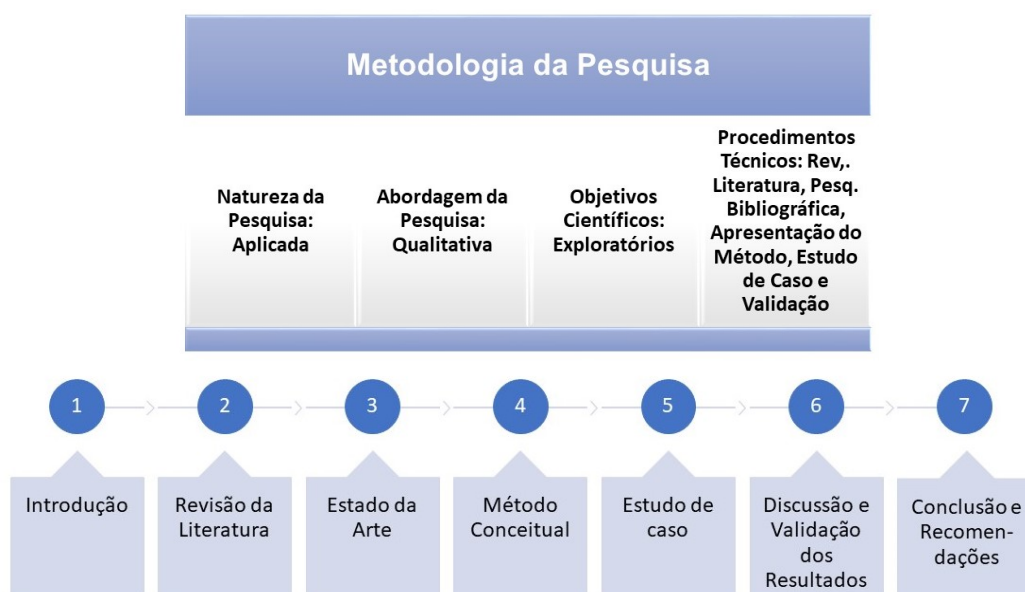
Para o desenvolvimento deste estudo, a pesquisa realizada foi classificada do ponto de vista de sua natureza como aplicada, pois seus resultados serão utilizados para nortear a busca por soluções (GIL, 2008) relativas à questão problema definida. Em se tratando de sua abordagem, é classificada como qualitativa por se tratar de um estudo que procura compreender e interpretar dados com o objetivo de aprofundar o conhecimento relacionado ao tema em questão (GODOY, 1995).

Desta forma, os objetivos científicos definidos são exploratórios, pela necessidade de maior compreensão do problema para que seja possível analisá-lo em relação a vários aspectos (GIL, 2008), proporcionando desta forma, maior clareza nos resultados analisados.

Logo, os procedimentos técnicos são: Revisão da Literatura, Estado da Arte com Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo, apresentação da estrutura do Método Conceitual Preliminar e Estudos de Caso com posterior avaliação e validação por especialistas.

A Figura 5 apresenta a Metodologia da Pesquisa e a divisão das seções para estruturação deste estudo.

Figura 5 – Metodologia da Pesquisa e divisão das seções.



Fonte: A autora, 2017.

Diante deste contexto, o estudo divide-se em sete partes. A primeira encontra-se especificada na Seção 1. *Introdução*, que apresenta a Problematização, o Objetivo Geral e Específicos, Justificativa e Metodologia de Pesquisa. A segunda parte, seção 2. *Revisão da Literatura*, são apresentadas as áreas de interesse para o universo desta pesquisa dividida em quatro subtítulos, a qual trata da Biomimética, Desenvolvimento de Produtos, Design de Produto e Sustentabilidade. Já na terceira, seção 3. *Estado da Arte*, encontra-se o Estado da Arte realizado em três etapas, Revisão Sistemática, Análise de Conteúdo e Conclusão. O método conceitual preliminar será detalhado na quarta seção 4. *Método Conceitual para Desenvolvimento de Produtos Baseado nos Conceitos da Biomimética e da Sustentabilidade*, enquanto que a seção 5. *Estudo de Caso* apresentará a aplicação do método através de dois Estudos de Caso. A avaliação e posterior validação do mesmo será realizada através de especialistas na sexta seção 6. *Discussão e*

Validação dos Resultados e, finalmente a seção, irá expor as considerações finais a respeito do trabalho desenvolvido na seção 7. *Conclusão e Recomendações*.

Além disso, no Anexo A, encontra-se artigo publicado durante o desenvolvimento deste trabalho, o qual apresenta uma introdução ao universo desta pesquisa.

Logo, no próximo capítulo será apresentada uma Revisão da Literatura, que busca fundamentar e embasar o desenvolvimento deste estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A Revisão da Literatura, segundo Barros e Lehfeld (1997), quando se referem

“a competência em pesquisa científica, está estritamente relacionada ao grau de experiência que o pesquisador vai adquirindo à medida em que consegue finalizar os seus estudos para refletir sobre suas dificuldades”.

Logo, esta seção foi elaborada procurando abordar todos os assuntos necessários para que o universo desta pesquisa pudesse ser compreendido em sua totalidade, fornecendo embasamento suficiente para reflexões e tomadas de decisão e, para isso, os assuntos foram divididos de forma a facilitar a leitura, organizados conforme apresenta a Figura 6.

Figura 6 – Figura esquemática com a sequência de assuntos da Revisão da Literatura.



Fonte: A autora, 2017.

2.1 BIOMIMÉTICA

A utilização da natureza como fonte de conhecimento é uma estratégia utilizada desde a antiguidade, quando o ser humano observou e procurou aprender com ela formulando teorias. Como exemplo, pode-se citar Leonardo da Vinci, que viveu entre os séculos XV e XVI e projetou máquinas voadoras inspirado pelo voo de pássaros (WENDEE, 2009).

Porém, o reconhecimento desta atividade como “Biomimética”, aconteceu recentemente, sendo intitulada como uma Ciência com potencial de geração de produtos e materiais inspirados na natureza que contribuem para a inovação

tecnológica (BLOK; GREMMEN, 2016), onde o ambiente natural é um modelo evoluído capaz de oferecer soluções para problemas com alto padrão de eficiência.

O termo “Biomimética” vem das palavras gregas “bios” (vida) e “mimesis” (imitar) (HWANG *et al.*, 2015), mas seu conceito vai muito além da imitação da vida.

Contudo, inspiração biomimética não pode ser considerada como a criação de réplicas da natureza ou cópia de suas formas orgânicas, o seu propósito é encontrar soluções de design na natureza para problemas humanos com melhor aproveitamento e menor gasto.

A palavra “Biomimética” foi utilizada primeira vez no ano de 1957 em um artigo médico do Dr. Jack E. Steele da NASA e foi adicionada ao dicionário em 1974. Contudo, esta Ciência ganhou destaque apenas em 1997, quando ocorreu a publicação do livro intitulado “Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza” da Bióloga Janine Benyus (HWANG *et al.*, 2015). Neste livro, a autora apresenta a Biomimética e todas as suas possibilidades, assim como as vantagens em utilizar toda a sabedoria da natureza para criar produtos e resolver problemas humanos.

Desta forma, para este estudo, será utilizada a definição de Biomimética por Janine Benyus, onde a natureza é vista como modelo, medida e mentora:

“a Biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos (...) é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela inaugura uma era cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela” (BENYUS, 2016)

Pelo fato da Biomimética combinar diferentes áreas do conhecimento, como biologia e engenharia, ela foi convertida em campo interdisciplinar, em busca de melhores respostas para as diversas questões encontradas ao explorar modelos bioinspirados (HELMS; VATTAM; GOEL, 2009). Com isso, para aproveitar da melhor forma seus benefícios, foram desenvolvidas ferramentas de transferência do conhecimento observado na natureza para então serem utilizados na geração de produtos, serviços ou materiais.

Logo, visando minimizar as dificuldades de acesso às estratégias biológicas e auxiliar a comunidade de profissionais de design, engenharia e cientistas na consulta e divulgação de informações relevantes para a utilização da Biomimética, foram criados modelos orientativos de identificação da tecnologia natural e bancos de dados para armazenar as informações coletadas. Entre eles destacam-se:

- Modelo Sapphire – modelo de casualidade que usa níveis de abstração para explicar o funcionamento de um sistema e auxiliar na transferência Biomimética (SARTORI *et al.*, 2010).
- Idea-Inspire – um banco de dados de sistemas artificiais e naturais categorizados por um conjunto de verbo-substantivo-adjetivo que aponta o princípio do sistema auxiliando na identificação do mesmo para transferência (NAGEL *et al.*, 2010).
- TRIZ – uma matriz que descreve a funcionalidade do sistema e que explora a engenharia reversa de sistemas biológicos para transferência de conhecimento (SARTORI *et al.*, 2010).
- AskNature – possui banco de dados on-line e oferece uma ferramenta em três níveis hierárquicos de classificação chamada “Taxonomia Biomimética” destinada a automatizar a identificação biológica (VANDEVENNE *et al.*, 2015).

Estes modelos entre outros, possuem a função de formalizar a identificação das informações de transferência de conhecimento natural para o desenvolvimento de modelos bioinspirados. Dentre os bancos de dados para pesquisa bioinspirada existentes, o *AskNature* se apresenta como o mais completo e em constante atualização, além de oferecer recursos procurando incentivar e divulgar a utilização da Biomimética. O mesmo foi desenvolvido pelo *Biomimicry Institute* que disponibiliza a biblioteca virtual com estratégias biológicas, ideias inspiradas e outras informações para auxiliar os desafios de inovação (ASKNATURE, 2017). Desta forma, foi possível identificar uma diversidade de projetos bioinspirados, orientados por problemas e, a partir deste desafio específico e pesquisas buscando observar como os organismos reagem às situações semelhantes, alcançaram resultados satisfatórios, como é possível verificar nos exemplos abaixo:

- Agulha de seringa indolor desenvolvida pela Universidade de Kansai (Osaka, Japão): um produto Biomimético com o objetivo de auxiliar pacientes diabéticos em seus tratamentos ou durante cirurgias minimizando traumas do processo. A tecnologia foi inspirada nas partes bucais do mosquito (HWANG *et al.*, 2015). Figura 7.

Figura 7 – Bioinspiração: partes bucais do mosquito.



Fonte: Retirado de SULBARÁN, 2014.

- Fileira de cristas verrugosas chamadas tubérculos que garantem agilidade e destreza durante o nado das baleias apesar de seus grandes portes: uma tecnologia de dispositivos passivos para controle de fluxo que pode simplificar mecanismos além de possibilitarem várias aplicações como em barcos, aeronaves e pás de ventiladores e turbinas eólicas (IVANIC *et al.*, 2015). Figura 8.

Figura 8 - Bioinspiração: tubérculos da baleia.



Fonte: Retirado de IVANIC, 2015.

- EcoCradleTM: um material produzido com fungos e resíduos agrícolas para a substituição de espumas moldadas como o poliestireno expandido (EPS) ou o polipropileno (EPP) na confecção de embalagens. Além de degradável, pode ser moldado em qualquer forma e possui baixo custo de

produção. A inspiração veio da observação de cogumelos em cavacos de madeira e a forma como se uniam (ASKNATURE, 2017). Figura 9.

Figura 9 - Bioinspiração: cogumelos em cavacos de madeira.



Fonte: Retirado de ASKNATURE, 2017.

- Cervejaria – uma planta industrial de cervejaria na Namíbia projetada para zero emissões que produz além de cerveja, cogumelos, frango, alface e peixes. Ela consegue gerar combustível para suas próprias operações e não desperdiça água. Foi inspirada em um sistema natural onde os resíduos foram transformados em insumos para outras culturas até que o ciclo fosse fechado (MATHEWS, 2011 *apud* MSHIGENI, 2001; SAUNDERS, 2000). Figura 10.

Figura 10 - Bioinspiração: sistema natural.



Fonte: Atribuição não requerida.

Desta forma, observa-se a diversidade da aplicação Biomimética para a geração de produtos, materiais, tecnologias, plantas industriais etc., gerando soluções que se classificam de acordo com a abordagem utilizada por Volstad et al., (2012):

- a) Visão Redutora – também conhecida como Biomimética Superficial ou Rasa, onde ocorre a transferência de tecnologias biológicas limitadas às características ou funções de organismos;
- b) Visão Holística – a Biomimética é uma medida para alcançar produtos ecologicamente sustentáveis que não agredem a natureza;
- c) Visão Profunda – baseia-se em ecossistemas considerando todo o caminho natural sem danificar o meio ambiente.

Logo, utilizando os exemplos anteriormente citados, é possível classificá-los de acordo com suas abordagens como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação Biomimética de acordo com a abordagem utilizada.

Exemplo	Descrição	Abordagem	Classificação
Agulha de seringa indolor (HWANG <i>et al.</i> , 2015)	Auxilia pacientes diabéticos em seus tratamentos ou durante cirurgias minimizando traumas do processo	Transferência de tecnologia biológica	Visão Redutora
Fileira de cristas verrugosas (IVANIC <i>et al.</i> , 2015)	Tecnologia de dispositivos passivos para controle de fluxo	Transferência de tecnologia biológica	Visão Redutora
EcoCradle™ (ASKNATURE, 2017)	Material produzido com fungos e resíduos agrícolas para a substituição de espumas moldadas como o poliestireno expandido (EPS) ou o polipropileno (EPP) na confecção de embalagens	Medida para alcançar produto ecologicamente sustentável que não agride a natureza	Visão Holística
Cervejaria (MATHEWS, 2011 <i>apud</i> MSHIGENI, 2001; SAUNDERS, 2000)	Planta industrial de uma cervejaria projetada para zero emissões	Baseia-se em ecossistema considerando todo o caminho natural sem danificar o meio ambiente	Visão Profunda

Fonte: A autora, 2017.

Apesar de a Visão Redutora, a princípio não apresentar em sua abordagem uma preocupação direta com o meio ambiente, ela pode gerar produtos ou serviços dentro dos preceitos da sustentabilidade como é o caso da seringa indolor que busca proporcionar o bem-estar da sociedade, atingindo desta forma, o Triple Bottom Line, considerado o pilar da sustentabilidade, em um dos seus aspectos: o social.

Logo, para que a Biomimética se apresente como uma das áreas de pesquisas mais promissoras, ela precisa atingir simultaneamente os interesses ambientais e empresariais, podendo impactar a economia por proporcionar menos desperdício, maior desempenho e consequentemente preços mais competitivos com maiores lucros (IVANIC *et al.*, 2015), e também a sociedade, por procurar resolver problemas humanos melhorando sua qualidade de vida.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O Desenvolvimento de Produtos é um processo de grande importância para a competitividade no mercado. Desta forma, ele precisa ser eficiente na maneira como é produzido e eficaz nos resultados a serem alcançados, diante dos fatores determinantes para o seu sucesso como: produtividade, inovação tecnológica, agilidade de lançamento do produto, qualidade e atendimento às exigências dos consumidores. Portanto, no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), as necessidades do mercado são responsáveis pelas especificações de produtos enquanto a tecnologia disponível e as estratégias da empresa atuam como definidoras das possibilidades de produção do mesmo (CHAKRABARTI *et al.*, 2005).

Diante destes aspectos, para certificar a qualidade de um produto, é necessário analisar e buscar constantes melhorias do processo em todas as suas etapas, minimizando desta forma os defeitos, desperdício de material, e consequentes reclamações pós-venda.

Por ser um processo de alta complexidade e dinamismo, diversos modelos foram desenvolvidos visando sistematizar e estruturar o desenvolvimento de produtos, dentre eles:

- Modelo de Asimow – modelo completo que trata desde a necessidade do projeto até as etapas finais do ciclo de vida do produto, com estrutura cíclica e processos que se repetem ao longo das etapas (ASIMOW, 1968).

- Modelo Cascata – modelo sequencial onde as atividades são agrupadas em tarefas que só podem ser executadas ao término da anterior, ou seja, o modelo só avança com a validação da etapa anterior (ROYCE, 1970).
- Modelo Unificado – um modelo integrado para desenvolvimento de produtos claramente estruturado capaz de guiar o desenvolvimento e gestão do processo de desenvolvimento de produtos que pode ser adaptado a qualquer tipo de produto além de possuir aspecto multidisciplinar de equipes (ROZENFELD *et al.*, 2006).
- Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico Brasileiro (MOP&D) – um modelo linearmente sequencial e dinâmico adaptado para a diversidade de projetos do setor elétrico (PEREIRA, 2014).

Estes caracterizam-se pela separação das atividades em etapas, seja de forma linear, cíclica ou rígida, além da utilização de ferramentas em diferentes estágios de acordo com o tipo de projeto a ser desenvolvido. A seleção do modelo deve ser feita de modo que se adapte aos objetivos da empresa buscando melhoria e qualidade do produto.

Assim, como há uma grande variedade de Modelos para Desenvolvimento de Produtos, existem diversos conceitos para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), porém para o presente estudo, serão utilizados os seguintes conceitos:

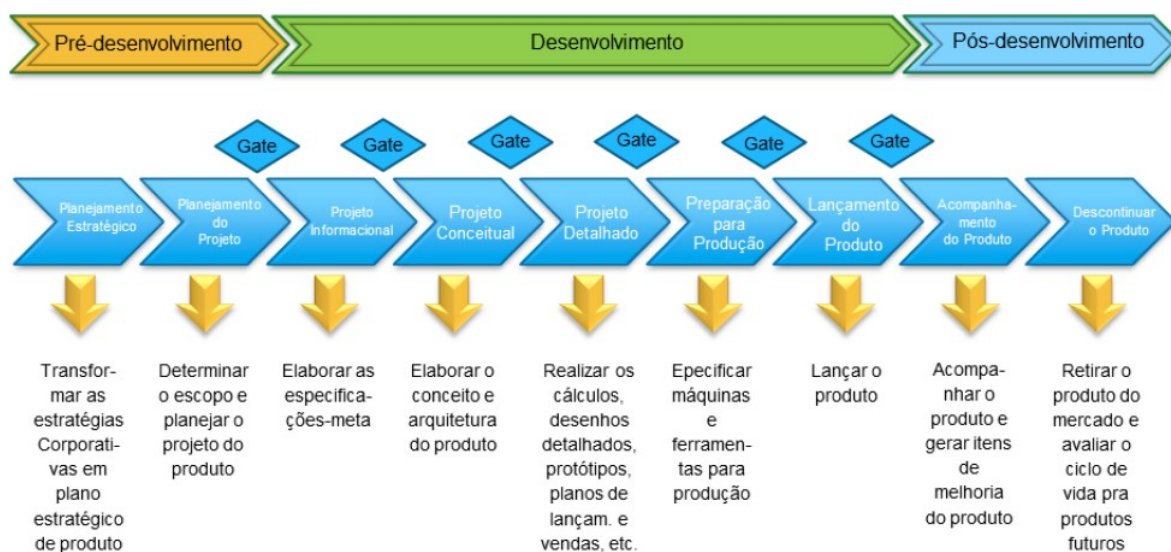
- Processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidade de mercado e de possibilidades tecnológicas em informações vantajosas para fabricação de um produto (PEREIRA, 2014 *apud* CLARK; FUJIMOTO, 1991).
- Processo decisório de cinco passos: identificação da oportunidade de mercado, projeto, teste, introdução no mercado e gerenciamento do ciclo de vida (PEREIRA, 2014 *apud* URBAN; HAUSER, 1993).

Desta forma, como base referencial para o desenvolvimento do método proposto por este trabalho, foi selecionado o Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006), por apresentar dentre todos os analisados, características que permitem sua adaptação a diversos produtos. Devido a esta flexibilidade, o modelo apresenta-se

como a melhor alternativa para a implementação da Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), justamente por ser uma ciência multidisciplinar, podendo ser aplicada em diversos setores industriais.

O Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006) é dividido em 3 macro fases: Pré-desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-desenvolvimento, que são subdivididas em fases como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006).



Fonte: Retirado de PEREIRA, 2014.

A macro fase de Pré-desenvolvimento apresenta as fases de Planejamento Estratégico e do Projeto, onde ocorrem todo o planejamento para o desenvolvimento do produto. Durante o Desenvolvimento, encontram-se as fases de Projeto Informacional, Conceitual e Detalhado, além da Preparação para Produção e Lançamento do Produto, quando acontece todo o processo de geração de soluções para o problema proposto além do seu detalhamento e diretrizes para produção. Na macro fase Pós-desenvolvimento, as fases de Acompanhamento do Produto e Descontinuar o Produto, finalizam o processo proposto pelo Modelo.

Diante deste contexto a Biomimética, por ser uma ferramenta de geração de soluções e inovação, deverá ter seus conceitos aplicados às fases iniciais da macro fase de Desenvolvimento, onde concentram-se as fases de Projeto Informacional, Conceitual e Detalhado, conforme apresenta a Figura 12.

Figura 12 – Fases selecionadas para a aplicação dos conceitos Biomiméticos.



Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2014.

Assim sendo, para o método a ser desenvolvido, a fase de Projeto Informacional será responsável pela identificação da oportunidade, determinação da questão problema e especificação das diretrizes para o projeto. O Projeto Conceitual terá o processo de criação, seleção das ideias e aprovação e, a fase Projeto Detalhado, irá elaborar as especificações necessárias para que o produto possa ser encaminhado para a produção.

2.3 DESIGN DE PRODUTO

Nos últimos anos, o Design tem ganhado destaque e reconhecimento perante sua importância para o desenvolvimento de produtos e serviços, onde o profissional desta área busca utilizar aplicações estratégicas para alcançar resultados inovadores e de sucesso. Logo,

“o designer deve entender que as necessidades do homem neste século estão em constante transformação. Daí saber que é necessário, se fazer mais com menos, sem sacrificar a qualidade, especialmente as qualidades de sustentabilidade, de flexibilidade, de funcionalidade de nossa cultura material” (VAN CAMP, 2017)

Desta forma, implantar a cultura do design nas empresas é uma vantagem competitiva que pode trazer como benefícios a potencialização da criatividade do empreendedor, melhor compreensão da relação dos consumidores e futuros produtos e serviços além, do gerenciamento eficaz do projeto de design (SEBRAE, 2016).

Apesar do Design estar cada vez mais presente nas estratégias de negócios, há bastante divergência em relação ao seu conceito. Neste caso, para o desenvolvimento deste estudo, será utilizada a definição existente na ABNT NBR 16516:2016, referente a Serviços de Design – Terminologia, onde Design entende-se por:

- Atividade intelectual, técnica, criativa, de planejamento, projeto e desenvolvimento, que une elementos estéticos, simbólicos, funcionais, produtivos e do usuário, em sistemas, produtos, serviços, comunicação ou ambientes, cujo objetivo principal é criar valor e sentido, produzindo adequação, melhoria e/ou inovação (ABNT NBR 16516:2016).

Desta forma, o Design de Produto pode ser definido como uma atividade projetual para desenvolvimento de produtos ou serviços que atendam às necessidades do consumidor levando em conta a estética, funcionalidade e usabilidade, tendo como preceito a inovação.

2.4 SUSTENTABILIDADE

O conceito de Sustentabilidade foi mencionado pela primeira vez em 1713 por Hans Carl von Carlowitz em seu livro: “Sylvicultura Oeconomica”, referindo-se à silvicultura sustentável, que se baseava na utilização da madeira replantada assegurando fertilidade ao solo (GARCIA-SERNA et al, 2007). Segundo o Dicionário Aurélio, sustentabilidade é a qualidade ou condição do que é sustentável e, sustentável é definido como o que pode defender-se, que tem condições para se manter ou conservar (FERREIRA, 2014).

Contudo, o primeiro ato pela sustentabilidade aconteceu em 1962, quando a Bióloga Rachel Carson (1907-1964) publicou o livro “Silent Spring” onde fazia referência ao silêncio dos pássaros mortos pela contaminação de agrotóxicos. Logo depois, em 1963 discursou no Congresso Americano pedindo por novas políticas destinadas a proteção da saúde humana e do meio ambiente. Seus atos foram de extrema importância para o início da conscientização sustentável, como pode ser confirmado pelo Jornal Britânico “The Guardian”, que em 2006 declarou Rachel Carson como a primeira de uma lista de cem pessoas que mais contribuíram para a defesa do meio ambiente de todos os tempos (ECOLÓGICO, 2012).

Uma década depois, em 1972, aconteceu o primeiro evento mundial sobre meio ambiente e sustentabilidade em Estocolmo, a Conferência sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano. Nesta ocasião, foram discutidos os efeitos nocivos das mudanças climáticas globais e definido o termo “Desenvolvimento Sustentável”, para que fosse amplamente difundido

implementando o conceito para que cidadãos, governos e empresas se esforçassem para a preservação do meio ambiente (FBDS, 2012).

Estes acontecimentos contribuíram para a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, pela Comissão Brundtland em 1987, onde foi estabelecido que o desenvolvimento sustentável responde às gerações presentes sem comprometimento da capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias (GARCIA-SERNA et al, 2007).

Apesar da preocupação com o meio ambiente ter surgido no século XVIII, apenas em 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92 ou ECO-92, a comunidade política internacional admitiu a necessidade em conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização dos recursos naturais, moldando ações para proteger o meio ambiente e desenvolver sustentavelmente (SENADO FEDERAL, 2012).

Desde de então, a preocupação com as emissões de gases com efeito estufa, com a interferência antrópica e o sistema climático, está movimentando esforços em busca de desenvolvimento sustentável. Contudo, estas ações não foram suficientes para evitar que o aquecimento global atingisse limites alarmantes.

Em 2015, na 21ª Conferência da ONU sobre mudança climática realizada em Paris, também conhecida como COP-21, foi elaborado o “Acordo de Paris”. O seu objetivo é manter o aquecimento global abaixo de 2°C, buscando limitar a temperatura global a 1,5°C, o que ainda é uma situação preocupante podendo desencadear efeitos climáticos preocupantes e até mesmo catastróficos. Além disso, os Países desenvolvidos assumiram o compromisso de investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação de países em desenvolvimento (ONU BR, 2017).

Como o desenvolvimento econômico e social é impulsionado em grande parte pelas indústrias que estão em constante busca por inovação e consequente aumento de sua produção buscando manter-se atuantes e em constante competição pelo mercado, a forma de continuar desenvolvendo, é através de uma política sustentável que apoie o desenvolvimento de produtos e serviços dentro dos conceitos da sustentabilidade.

Pensando nisso, em 1994, o sociólogo britânico John Elkington (1949) criou o conceito: Triple Bottom Line, consagrado como o pilar da sustentabilidade e, sobre o qual, vários modelos de negócios se baseiam. As três dimensões devem agir

integradamente para que o conceito seja plenamente satisfeito, sendo elas: social, ambiental e econômica. O aspecto social trata do capital humano, onde deve-se primar pelo bem-estar, trabalho, educação segurança, lazer e justiça para com a sociedade, assim como criar mecanismos para melhorar a qualidade de vida de cada cidadão. No aspecto ambiental, refere-se ao capital natural, onde deve-se evitar e minimizar os impactos ambientais causados pelas atividades humanas, buscando preservar o meio ambiente, os recursos naturais e buscar formas mais eficientes de desenvolver projetos com menor impacto. O aspecto econômico, refere-se às causas e efeitos das decisões de negócios no âmbito social e ambiental, ou seja, manter uma economia que garanta fluxo econômico com geração de empregos e garantia da estabilidade e bem-estar da sociedade não degradando o meio ambiente (HENRIQUES et al, 2004).

Para auxiliar neste processo, a International Organization for Standardization (ISO), com sede em Genebra e com 160 países associados, responsável por criar normas para comércio e boas práticas de gestão, desenvolveu a ISO 14000 para gestão do meio ambiente (INMETRO, 2017), a qual procura garantir a preservação ambiental fazendo com que as empresas se comprometam com as diretrizes propostas conquistando desta forma, o Certificado ISO 14000.

Em se tratando dos produtos, os mesmos podem ser reconhecidos de acordo com suas características ambientais, auxiliando o consumidor a identificar e, desta forma, contribuir para as boas práticas ambientais. Logo, segundo Bevilacqua, (2012), os produtos podem ser considerados como:

- Ecológico – existe a preocupação em manter a biodiversidade sem contribuir para o desencadeamento de alterações no ecossistema.
- Verde – reflete o cuidado da empresa em reduzir impactos no ecossistema, minimizando o desperdício de água e aumentando a eficiência energética durante o processo de produção sem causar danos aos consumidores e ao meio ambiente.
- Sustentável – além de cumprir os requisitos do produto verde, há uma preocupação com todo o ciclo de suas atividades, incluindo a gestão, legislação social, ambiental e trabalhista.

Logo, para que o consumidor possa identificar os produtos que deseja consumir ou mesmo ter conhecimento de suas características ambientais, foram

criados os selos certificadores que, utilizam-se de parâmetros para categorizar os produtos de acordo com os benefícios que podem proporcionar ao meio ambiente.

Devido a estes diferentes parâmetros de categorização, podem ocorrer incoerências ou má interpretação nos resultados. A fim de determinar diretrizes para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa e evitar possíveis erros de interpretação, será utilizado o conceito apresentado pelo Instituto Chico Mendes.

Esta instituição ajuda a promover mudanças na sociedade visando contribuir com a conservação ambiental acreditando no homem como agente transformador (INSTITUTO CHICO MENDES, 2017). Buscando estimular boas práticas, o Instituto certifica empresas e produtos que estão de acordo com a conduta socioambiental através do Selo Verde.

Para isso, há um processo de avaliação que, de acordo com o parecer técnico do Programa de Certificação do Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental – Selo Verde Chico Mendes (PROCERT), a empresa estará apta ou não para a certificação, sinalizando para o consumidor que a empresa, o produto ou o serviço é ambientalmente correto e confiável.

Segundo o Instituto Chico Mendes, (2017), o Selo Verde possui três categorias:

- Gestão Socioambiental Responsável: subdividido em Industrial Privada e Prestação de Serviço.
- Produto Ecologicamente Correto ou Amigo da Natureza.
- Ação / Case Socioambiental Responsável.

Em se tratando da categoria produto, que é o foco deste estudo, os critérios de avaliação considerados pela PROCERT, (2017) são:

- Produtos Ecologicamente Corretos – apresentam processos sustentáveis em relação à matéria-prima, cadeia produtiva, toxidade, embalagens, transporte e critérios de gestão social e de negócios.
- Produtos Amigos da Natureza – apresentam inovações tecnológicas que contribuam para a redução de impactos negativos comparativamente a outros produtos similares disponíveis no mercado.

Desta forma, este estudo irá utilizar-se dos critérios de avaliação da categoria de produtos certificados pelo Selo Verde, para se referir aos resultados a serem

alcançados através da aplicação do método proposto onde, entende-se por produtos sustentáveis, aqueles que atendem às diretrizes dos Produtos Ecologicamente Corretos e Amigos da Natureza e, conseqüentemente, aos conceitos do Triple Bottom Line.

3 ESTADO DA ARTE

Após a revisão da literatura, a qual permite familiarização com textos relativos ao tema da pesquisa e possibilita selecionar o conteúdo de forma a reconhecer os autores e assuntos abordados (TRENTINI, PAIM, 1999), será realizada uma busca por conceitos sólidos capazes de fundamentar reflexões que irão garantir o atendimento ao objetivo proposto para este estudo, o qual visa desenvolver um método conceitual para aplicação dos conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando resultados sustentáveis.

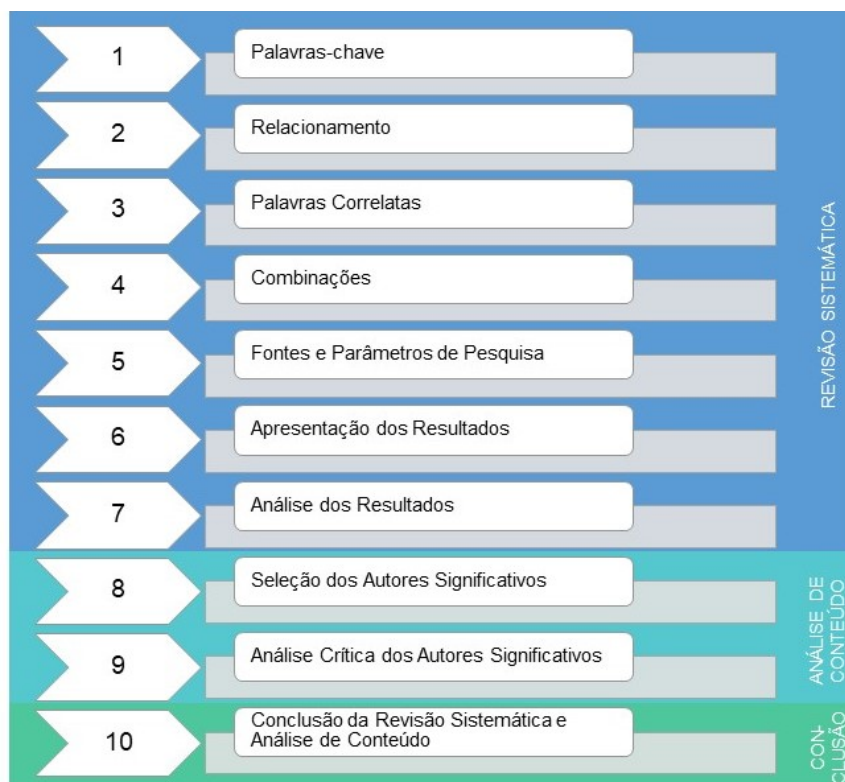
Logo, para garantir a eficácia desta pesquisa, o método utilizado foi a Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo com posterior Conclusão dos Resultados, que tem como pressuposto unir as informações significativas do meio científico alcançando desta forma, o Estado da Arte.

O Estado da Arte consiste primeiramente em realizar uma Revisão Sistemática através da determinação das palavras-chave, definição do relacionamento entre elas, identificação das palavras correlatas, assim como dos parâmetros de pesquisa e combinações necessárias para que possa ser realizada a busca por material científico. Em seguida são apresentados os resultados da busca, os quais passam por um processo de avaliação resultando em uma exposição analítica a respeito do material selecionado. A partir deste momento, é realizada a Análise de Conteúdo onde são selecionados os autores mais significativos para o desenvolvimento deste trabalho e posterior análise crítica de suas contribuições e limitações para o atingimento dos objetivos desta pesquisa. Para finalizar, será feita a conclusão com as considerações finais a respeito do processo realizado.

Com isso, nas seções seguintes, encontram-se detalhados os processos realizados para o desenvolvimento do Estado da Arte da Biomimética aplicada ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, realizado em dez etapas distribuídas em 3 fases relacionadas às seções: *3.1. Revisão Sistemática*, *3.2. Análise de Conteúdo* e *3.3. Conclusão da Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo*.

A Figura 13 apresenta as etapas criadas para o desenvolvimento do Estado da Arte com suas respectivas fases para melhor compreensão do processo realizado.

Figura 13 - Etapas do Estado da Arte e suas Fases.



Fonte: A autora, 2017.

Todas as etapas apresentadas serão descritas e detalhadas nas seções seguintes.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Segundo Buehler, *et al* (2012),

“a revisão sistemática é um método de síntese de evidências que avalia criticamente e interpreta todas as pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular, área do conhecimento ou fenômeno de interesse. Por se tratar de método explícito e sistemático para identificar, selecionar e avaliar a qualidade de evidências, as revisões sistemáticas são tipos de estudos produzidos por uma metodologia confiável, rigorosa e auditável”.

Metodologia esta, que pode ser adaptada a diversos conteúdos científicos de acordo com as necessidades identificadas em relação a cada tema de pesquisa que para o desenvolvimento deste trabalho especificamente, utilizou-se dos princípios apresentados por Mattiotta, *et al.* (2015) e Szejka, *et al.* (2017), responsáveis por nortear a aplicação da Revisão Sistemática ao desenvolvimento deste estudo, que

posteriormente desenvolveu-se e adaptou-se para as características pertinentes a ao universo desta pesquisa. As contribuições destes autores, foram determinantes na busca por artigos relevantes, assim como na análise dos dados gerados durante a Revisão Sistemática, pontos importantes para a perfeita compreensão do tema em desenvolvimento.

Desta forma, a Revisão Sistemática elaborada para atender aos critérios de pesquisa propostos pelo tema deste estudo, foi realizada durante o desenvolvimento do Estado da Arte, que abrange também uma Análise de Conteúdo e Conclusão.

Para o desenvolvimento desta fase, serão realizadas as 7 etapas iniciais relativas à Revisão Sistemática:

- 3.1.1 Palavras-chave: determinação das palavras-chave a partir da questão problema;
- 3.1.2 Relacionamento: definição dos relacionamentos entre as palavras-chave;
- 3.1.3 Palavras correlatas: identificação e listagem das palavras correlatas;
- 3.1.4 Fontes e parâmetros de pesquisa: definição das fontes de pesquisas assim como seus parâmetros;
- 3.1.5 Combinações: determinação das combinações entre as palavras-chave e correlatas para iniciar o processo de pesquisa;
- 3.1.6 Apresentação dos resultados: apresentação dos resultados obtidos durante a pesquisa realizada de acordo com as etapas anteriores;
- 3.1.7 Análise dos Resultados: exposição analítica dos resultados obtidos com a pesquisa realizada;

A seguir as etapas serão apresentadas de forma detalhada para melhor compreensão do processo descrito acima.

3.1.1 Palavras-chave

A determinação das palavras-chave é uma etapa importante para o desenvolvimento do trabalho por delimitar o universo da pesquisa. Com isso, as palavras-chave foram determinadas a partir da questão problema apresentada na seção 1.1. *Problematização*, onde questiona-se a respeito da contribuição Biomimética para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.

Logo, pelo fato de a Biomimética utilizar a natureza como fonte de inspiração para a resolução de problemas humanos, a mesma apresenta-se como uma oportunidade no atual cenário em que o Planeta se encontra. Por apoiar seus pilares no ambiente natural, a Biomimética é uma nova forma de pensar o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis, pois seu conceito gira em torno da análise de sistemas naturais, identificação de oportunidades e reprodução dos princípios observados com o objetivo de alcançar soluções inovadoras (CHAKRABARTI, et al, 2005).

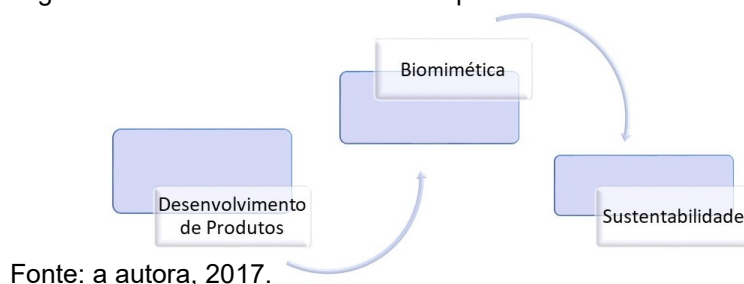
Desta forma, para representar o universo delimitado para esta pesquisa, as palavras-chave selecionadas visando nortear a busca por literatura científica e informações a respeito da área de estudo em questão, foram retiradas da questão problema, a qual questiona a aplicação da Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando conceber produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável, implicando em otimização no lugar de maximização, resultando com isso, nas seguintes palavras-chave para a pesquisa: **“Biomimética”**, **“Desenvolvimento de Produtos”** e **“Sustentabilidade”**.

3.1.2 Relacionamento

O correto relacionamento entre as palavras-chave faz com que um maior número de resultados satisfatórios seja alcançado durante a busca pela literatura científica relacionada ao tema de estudo, o que também contribui para otimização do processo de seleção da literatura científica.

Desta forma, para que esta pesquisa encontrasse resultados objetivos, foi definido o relacionamento apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Relacionamento entre as palavras-chave.



Neste caso, a Biomimética deve estar no centro da questão problema por se tratar da sua contribuição e influência para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, ou seja, como alcançar os objetivos determinados através desta Ciência. Para isso, não se aplica o relacionamento entre Desenvolvimento de Produtos e Sustentabilidade, pois não se trata apenas do processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis, o que produziria resultados fora do universo limitado para esta pesquisa.

O relacionamento proposto pode ser interpretado da seguinte forma:

$$(Biomimética + Desenvolvimento de Produtos) + (Biomimética + Sustentabilidade) = \\ \text{Universo da Pesquisa}$$

Sendo o resultado desta equação, a relação de palavras a serem utilizadas para a busca de material científico na base de pesquisa selecionada a serem apresentadas nas próximas etapas.

3.1.3 **Palavras Correlatas**

Há várias formas de se referir a um mesmo assunto e, devido a isto, deve-se utilizar palavras correlatas às palavras-chaves, para que se estabeleçam ligações entre elas e com isso, a área de abrangência da pesquisa seja ampliada melhorando seus resultados.

Para este estudo, foram utilizadas duas referências para a busca por palavras correlatas à Biomimética, Desenvolvimento de Produtos e Sustentabilidade: Dicionário On-line de Ideias a Fins Thesaurus (THESAURUS, 2015) e Mapeamento das Informações (MATTIODA, *et al.* 2015) desenvolvido para este fim, onde foram listados todos os possíveis termos para pesquisa que possam se referir ao tema deste estudo.

O Quadro 3 apresenta as palavras-chaves e suas correlatas no idioma Inglês selecionadas através das referências citadas.

Quadro 3 - Palavras Correlatas.

Quadro 3 – Palavras Conectadas.		
Product Design (Desenvolvimento de Produtos)	Biomimicry (Biomimética)	Sustainability (Sustentabilidade)
Ecological Design	Mimicry	Sustainable
Environmental Design	Mimetism	
Design for Environment	Biomimetism	
Environmentally sustainability design	Mimesis	
Design for Sustainability	Biomimesis	
Green Design		
Product Project		
Industrial Design		
Manufacturing Design		
Life cycle of the Product		
Design Innovation		
Strategic Design		
Design Assessment		
Developing New Product		
Integrated Design		
Embedded Design		
Concurrent Engineering		
Design for Manufacturing and Assembly		
Design for Disassembly		

Fonte: a autora, 2017.

Com isso, foram determinadas 19 palavras correlatas para “Desenvolvimento de Produtos”, 5 palavras para “Biomimética” e 1 para “Sustentabilidade”, totalizando entre as palavras-chave e correlatas, 28 termos para pesquisa a serem combinados durante o processo de pesquisa em fontes de dados científicos.

3.1.4 Fontes e Parâmetros de Pesquisa

Buscando selecionar as fontes de pesquisa com conteúdo científico para o desenvolvimento desta Revisão Sistemática, optou-se pelo Portal de Periódicos CAPES/MEC, por ser uma biblioteca virtual com mais de 38 mil títulos com textos completos e 532* bases referenciais (PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC, 2017).

* O acesso às 532 bases referenciais é livre para professores, pesquisadores, alunos e funcionários com acesso a provedores autorizados de instituições participantes. Para mais informações, acessar o link: < http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcontent&view=pcontent&alias=quem-participa&mn=69&smn=75>.

Com o Portal de Periódicos CAPES/MEC, é possível pesquisar on-line, em todas as bases disponíveis simultaneamente, através do site <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>.

Para que a busca possa ser realizada, o site apresenta parâmetros de pesquisas que devem ser claramente definidos antes de iniciar o processo. Os parâmetros determinados para este estudo foram:

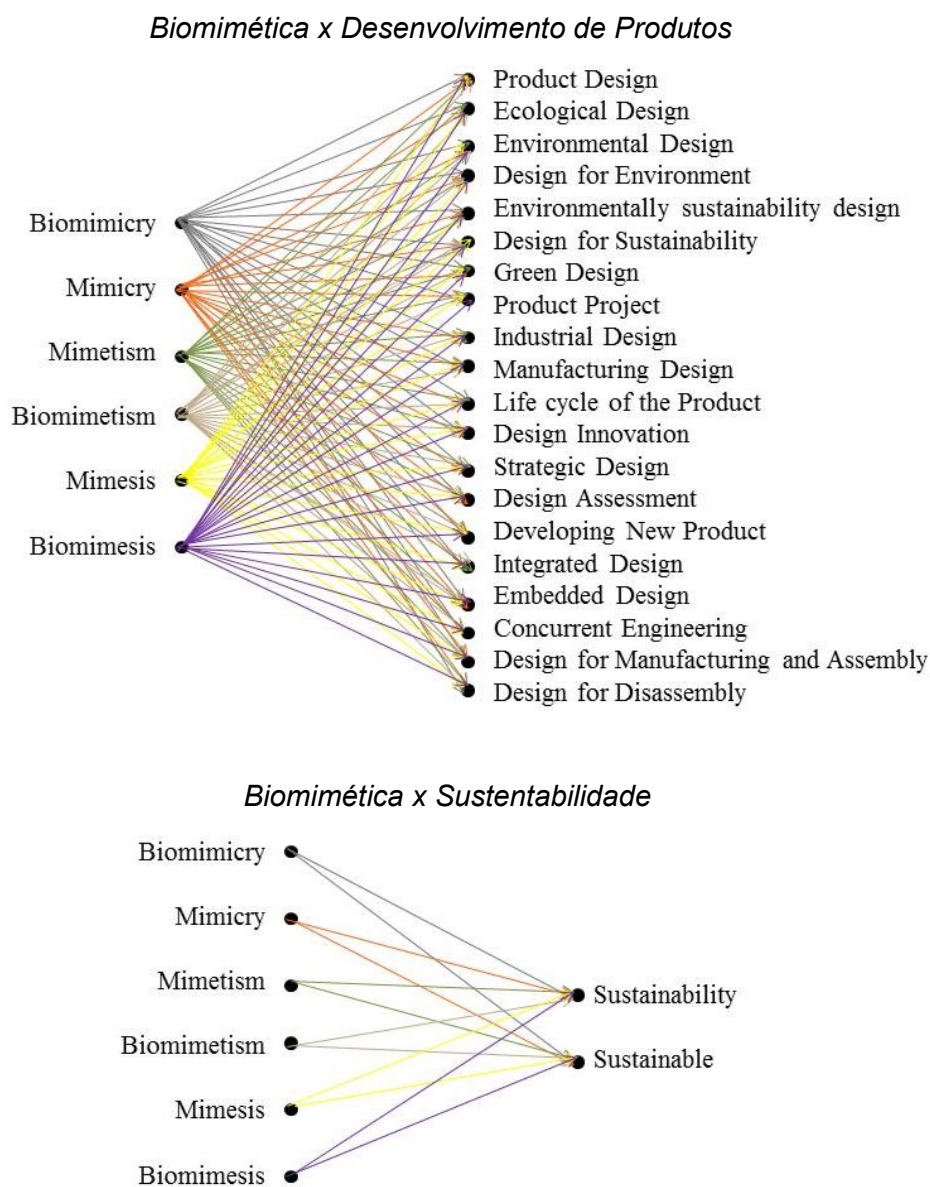
- a) Combinação entre as palavras-chave e correlatas – gerar pares delas, otimizando a pesquisa e alcançando resultados mais precisos em relação ao tema em questão;
- b) Data de publicação – qualquer ano. Pelo fato de a Biomimética ser uma Ciência recente, foi necessário ampliar este campo de busca ao máximo para que todas as informações existentes a respeito, fossem verificadas;
- c) Tipo de material – artigos. Por se tratar de uma pesquisa Bibliográfica;
- d) Idioma – Inglês. Para maior abrangência de resultados.
- e) Revisado por PARES – não. Esta decisão foi tomada com o objetivo de obter o maior número possível de artigos relacionados ao assunto buscando compreender todo o seu universo por se tratar de um tema de pesquisa recente.

3.1.5 Combinações

Para atender a este parâmetro de pesquisa, foram gerados pares entre as palavras-chave e correlatas de acordo com o relacionamento definido na etapa 3.1.2 *Relacionamento*, onde ficou definido o relacionamento entre as palavras-chaves “Biomimética” e “Desenvolvimento de Produtos” e “Biomimética” e “Sustentabilidade”.

Cada palavra do grupo “Biomimética” foi relacionada primeiramente a cada uma do grupo “Desenvolvimento de Produtos” e em seguida a cada palavra do grupo “Sustentabilidade”, como pode ser observado na Figura 15. O primeiro grupo gerou 140 pares enquanto o segundo 14, totalizando 154 pares de palavras utilizadas como parâmetros de pesquisa do Portal de Periódicos CAPES/MEC.

Figura 15 - Relacionamento entre as palavras-chave e correlatas.



Fonte: a autora, 2017.

Após a determinação dos pares de palavras, será realizada a busca pelos artigos nas fontes de pesquisas determinadas para este estudo como já detalhado anteriormente.

3.1.6 Apresentação dos Resultados

A pesquisa realizada na base referencial definida para o desenvolvimento deste trabalho, no Portal Periódicos CAPES/MEC, seguiu os parâmetros definidos nas etapas anteriores resultando em **5.363 artigos**.

Porém, para certificar se os mesmos se encontravam dentro do universo delimitado para este estudo, foi realizada uma triagem a partir de seus títulos e resumos resultando em **433 artigos selecionados**, ou seja, 4.930 artigos a menos. Este comportamento, deve-se ao fato de o Portal Periódicos CAPES/MEC oferecer uma coletânea de artigos baseados nas palavras utilizadas durante a busca, as quais podem estar relacionadas ou não ao assunto de interesse.

Buscando verificar se os 433 artigos selecionados poderiam apresentar arquivos repetidos, os mesmos foram relacionados em uma tabela para a verificação e, após a exclusão dos mesmos, alcançou-se o número de **390 artigos selecionados**, resultando em 43 artigos a menos.

Buscando certificar se os conteúdos destes 390 artigos estavam plenamente inseridos no tema deste estudo, ou seja, na Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, foi feita a leitura completa de todos os arquivos e, a partir deste filtro, chegou-se a **117 artigos científicos considerados inteiramente dentro do universo da pesquisa** podendo ser considerados como referenciáveis, resultando em 273 artigos a menos.

Desta forma, o processo de seleção aconteceu em quatro estágios conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantitativo de artigos durante processo de seleção.

Processo de seleção	Descrição	Resultado
1º	Pesquisa no Portal Periódicos CAPES/MEC	5.363
2º	Triagem a partir dos resumos dos artigos	433
3º	Retirada dos arquivos repetidos	390
4º	Filtro realizado a partir da leitura completa dos artigos	117

Fonte: a autora, 2017.

Em relação ao parâmetro de pesquisa “*Revisado por PARES*”, dos 117 artigos selecionados ao final deste processo, apenas 9 deles (7,69% do total) não foram revisados, ou seja, não foram avaliados por especialistas.

Os 117 artigos selecionados representam 2,18% do quantitativo inicial de 5.363 arquivos, o que é justificado pelos critérios de inclusão e exclusão definidos para a seleção dos mesmos, os quais giram em torno da palavra-chave “*Biomimética*”, como pode ser observado no Quadro 4 a seguir:

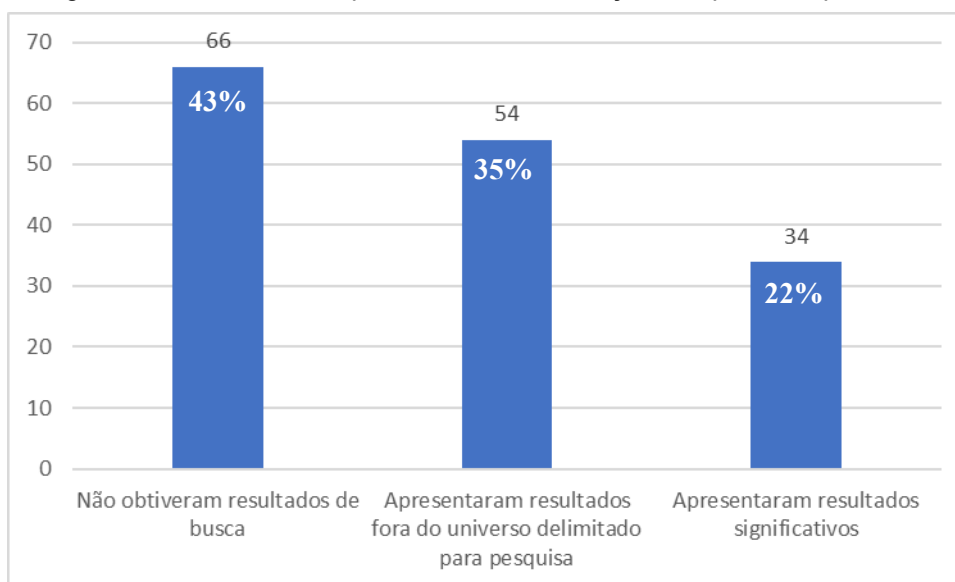
Quadro 4 - Critérios de Inclusão e Exclusão.

Critérios de Inclusão de Artigos	Critérios de Exclusão de Artigos
Todo e qualquer artigo científico que contenha "Biomimética" em sua abordagem, seja como estudo primário ou secundário	Interpretação errônea a respeito dos conceitos Biomiméticos
	Utilização do conceito Biomimético como imitação ou camuflagem
	Utilização do conceito Biomimético relacionado a imitação comportamental ou empresarial
	Biomimética aplicada à psicologia, culinária, fisiologia e genética

Fonte: a autora, 2017.

Outro comportamento observado ao final da pesquisa no Portal Periódicos CAPES/MEC, foi o fato de 78% dos pares de palavras determinados no item 3.1.5 *Combinações*, não apresentarem resultados significativos para a pesquisa. Das 154 combinações de pares de palavras utilizadas como termos de pesquisa, 66 delas não obtiveram resultados de busca e 54 apresentaram resultados fora do universo delimitado para este estudo, totalizando 120 pares sem resultados significativos. A Figura 16 apresenta um gráfico com o quantitativo e porcentagem do comportamento identificado.

Figura 16 - Quantitativo e percentil das combinações de pares de palavras.



Fonte: a autora, 2017.

Apenas 34 combinações apresentaram resultados significativos sendo estas, responsáveis pelos 5.363 artigos selecionados no 1º estágio do processo de seleção de artigos no Portal Periódicos CAPES/MEC, resultando em apenas 22% das

combinações de pares de palavras. Com isso, pode-se afirmar que a Biomimética relacionada ao desenvolvimento de produtos sustentáveis é um assunto pouco explorado pela comunidade científica, apontando desta forma, a possibilidade de inovação dentro da área de pesquisa em questão. Em relação às combinações que apresentaram resultados significativos, a Tabela 2 apresenta a relação dos pares de palavras com o número correspondente de artigos selecionados.

Tabela 2 - Quantitativo de artigos selecionados por par de palavra-chave e correlata.

Combinação	Artigos Selecionados
Design Assessment x Biomimetics	1
Design for Environment x Biomimesis	1
Design for Environment x Biomimetics	2
Design for Environment x Biomimicry	2
Design for Environment x Mimicry	1
Design for Sustainability x Biomimetics	1
Design for Sustainability x Biomimicry	2
Design Innovation x Biomimetics	4
Design Innovation x Biomimicry	2
Ecological Design x Biomimetics	2
Ecological Design x Biomimicry	2
Ecological Design x Mimicry	1
Environmental Design x Biomimetics	6
Environmental Design x Biomimicry	8
Environmental Design x Mimicry	3
Green Design x Biomimetics	2
Green Design x Biomimicry	12
Green Design x Mimicry	1
Industrial Design x Biomimetics	7
Industrial Design x Biomimicry	3
Integrated Design x Biomimetics	2
Manufacturing Design x Biomimetics	2
Manufacturing Design x Biomimicry	4
Manufacturing Design x Mimicry	1
Product Design x Biomimetics	9
Product Design x Biomimicry	2
Sustainability x Biomimetics	1
Sustainability x Biomimicry	9
Sustainability x Mimesis	1
Sustainability x Mimicry	12
Sustainable x Biomimetics	4

Sustainable x Biomimicry	5
Sustainable x Mimesis	1
Sustainable x Mimicry	1

Fonte: a autora, 2017.

Dentre estes 117 artigos selecionados, espera-se encontrar as respostas para os questionamentos feitos para este estudo através das próximas etapas a serem realizadas.

3.1.7 Análise dos Resultados

Nesta etapa final da Revisão Sistemática, os artigos selecionados como referenciáveis, serão analisados em relação às suas bases referenciais, ano de publicação, periódicos nos quais foram publicados e suas áreas de avaliação, além da nacionalidade de seus autores visando compreender o cenário atual do tema em questão.

Portanto, em relação às bases referenciais, as mesmas funcionam como canais de comunicação entre os pesquisadores e a informação de ponta, seus registros bibliográficos variam em relação aos assuntos abordados, fazendo das bases, especialistas em determinadas áreas do conhecimento. Neste caso, os 117 artigos selecionados se dividiram entre 20 bases referenciais, apresentados na Tabela 3 juntamente com a área de conhecimento relacionada, assim como o quantitativo de artigos equivalente.

Tabela 3 - Bases referenciais com suas áreas de conhecimento e quantitativo de artigos.

Base Referencial	Área de Conhecimento	Quantidade de Artigos
© ProQuestLLC All rights reserved	Tecnologia de Informação, Inovações Científicas e Tecnologias Digitais	22
African Electronic OA Journals (Sabinet SA e Publications)	Informações originárias ou pertencentes à África	1
Annual Reviews	Saúde	1
Archival Journals (JSTOR)	Ciências Humana e Sociais	1
Cambridge University Press	Conteúdo Acadêmico	5
Cengage Learning, Inc.	Informações e soluções para a Educação e Aprendizagem	16
Directory of Open Access Journals (DOAJ)	qualquer area de pesquisa	5
Emerald Journals (Emerald Group Publishing Limited)	Negócios e Gerenciamento, Saúde, Assistência Social, Educação e Engenharia	2

Hindawi Journals	Ciências Sociais, Tecnologia e Medicina	1
IOPscience (IOP Publishing)	Física, Conteúdo Científico, Técnico e Médico	8
John Wiley & Sons, Inc.	Pesquisa Científica, Técnica, Médica, Área Acadêmica, Desenvolvimento Profissional e Educação	6
Maney Online (Maney Publishing)	Ciência, Engenharia de Materiais, Ciências Humanas, Sociais e da Saúde	1
MEDLINE/PubMed (U.S. National Library of Medicine)	Literatura Biomédica	2
RePEc	Economia e Ciências relacionadas	1
Royal Society Publishing	Filosofia	1
SAGE Publications	Material Didático	6
Science Direct (Elsevier B.V.)	Ciências, Ciências Sociais e Humanidades	26
Springer Science & Business Media B.V.	Ciências, Técnicas e Médica, Educação em Saúde e Segurança Rodoviária	7
U.S.National Library of Medicine (NIH/NLM)	Medicina e ciências da Saúde	1
Web of Science	qualquer area de pesquisa	5

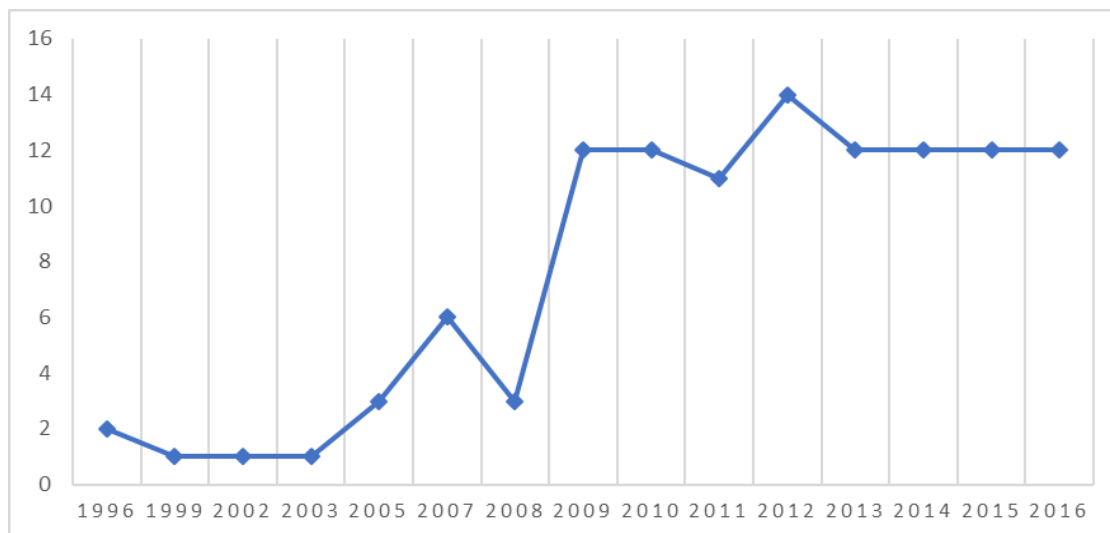
Fonte: a autora, 2017.

Como pode-se observar, as bases que mais publicaram artigos relacionados ao tema desta pesquisa estão destacadas na tabela acima: Cengage Learning, Inc., ProQuestLLC All Rights Reserved e Science Direct (Elsevier B.V.) - especializadas em Educação, Tecnologia e Inovação e Ciências Sociais e Humanidades respectivamente, sendo a última, a que mais produziu material para este estudo. Este fenômeno é justificável pelo fato do tema estar corretamente relacionado aos seus conceitos apresentados durante a Revisão da Literatura, a qual aponta o assunto deste estudo voltado para tecnologia e inovação, soluções para aprendizagem e sustentabilidade, a qual possui seu tripé fundamentado nas áreas social, ambiental e econômica.

Com relação aos anos de publicação dos artigos, é importante salientar que apesar da Biomimética ser uma ciência relativamente nova, seu conceito vem sendo utilizado desde os primórdios da humanidade, quando simples ensinamentos eram retirados da natureza buscando resolver pequenos problemas cotidianos. Apesar disso, as publicações relacionadas a este assunto, iniciaram-se apenas no ano de 1996 e se estendem até o ano de produção deste trabalho. Logo, buscando analisar a quantidade de material científico produzido no intervalo entre os anos de 1996 e 2016, a Figura 17 apresenta um gráfico com a estimativa das publicações neste período. Os dados relativos ao ano de 2017 não foram inseridos no gráfico, pelo fato

deste estudo ter sido concluído no primeiro trimestre do ano em questão, não podendo ser utilizado, portanto como referência.

Figura 17 - Quantitativo de artigos publicados por ano.



Fonte: a autora, 2017.

Desta forma, como observado no gráfico, o significativo aumento na produção de artigos iniciou-se em 2008, passando por algumas flutuações até apresentar um alto índice no ano de 2012, comportamento este que se justifica pela intensificação de ações para conscientização a respeito do meio ambiente e criação de protocolos para redução das emissões de gases de efeito estufa, além das Conferências realizadas sobre o Desenvolvimento Sustentável nestes períodos em todo o planeta. Estes atos chamaram a atenção para a necessidade de olhar a natureza por uma nova ótica, o que explica a busca por alternativas sustentáveis para o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias e, conseqüentemente a publicação de uma quantidade maior de artigos relacionados ao assunto.

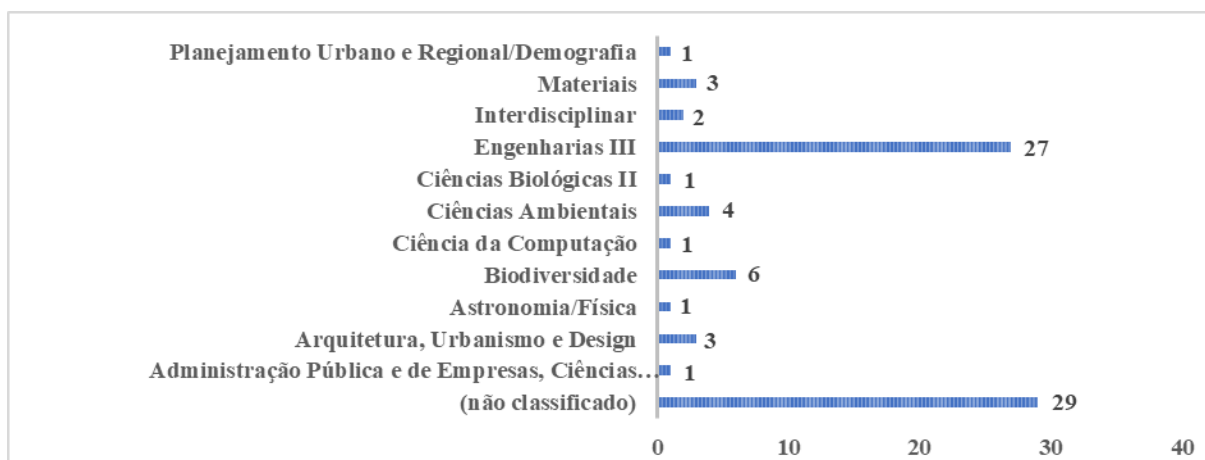
No entanto, a partir do ano de 2013 há uma estabilidade no número de publicações, o que indica a necessidade da ampliação de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de produtos biologicamente inspirados com o objetivo de buscar o desenvolvimento sustentável diante da situação crítica em que o planeta se encontra.

Logo, para auxiliar na divulgação de resultados de pesquisas, fortalecendo e inovando teorias científicas de maneira eficiente, os periódicos são divididos em áreas de avaliação que permitem aos pesquisadores ter acesso objetivo e rápido ao conteúdo de seu interesse, podendo ser consultado na Plataforma Sucupira no link

<<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Desta forma, foi realizada uma consulta a fim de conhecer as áreas de avaliação dos periódicos selecionados durante esta pesquisa. A consulta refere-se ao Quadriênio 2013-2016, a atualização mais recente disponível até o momento.

Como pode ser observado na Figura 18, os artigos apresentados estão distribuídos por 11 áreas de avaliação onde tal diversidade reafirma a multidisciplinaridade da Biomimética e, conseqüentemente do tema deste estudo. Tal comportamento, justifica a sua aplicabilidade a vários setores fortalecendo-se como ferramenta de inovação. Ainda na Figura 18, o gráfico apresenta o quantitativo de artigos por área de avaliação para que seja possível analisar a distribuição dos mesmos. Onde consta o termo “*não classificado*”, significa que o periódico não recebeu produção no ano de classificação utilizado para a avaliação.

Figura 18 - Quantitativo de artigos por área de avaliação.



Fonte: a autora, 2017.

Nota-se que a área de avaliação “*Engenharias III*”, que abrange as Engenharias Mecânica, Naval, Oceânica, Aeroespacial e Produção, na qual este Programa de Pós-graduação está inserido, publicou o maior número de artigos selecionados, totalizando 27 publicações e, desta forma, se destacando como área de concentração de estudos para esta pesquisa além de validar a aplicabilidade do desenvolvimento deste trabalho.

Logo, estas entre outras informações geradas e analisadas por esta Revisão Sistemática, apresentaram a oportunidade de investigação e avaliação da aplicação

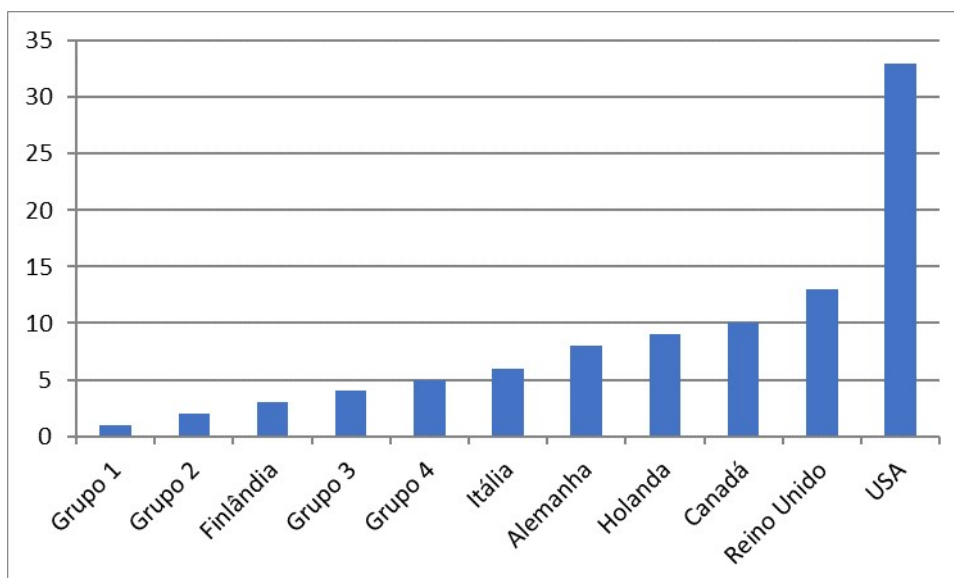
da Biomimética ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, para uma completa compreensão deste assunto.

Para finalizar esta análise, é necessário conhecer a nacionalidade dos autores responsáveis pelas publicações, visando conhecer as motivações para o desenvolvimento de seus estudos. Para isso, foi realizada uma triagem para identificar o país de origem de cada autor selecionado, onde o resultado pode ser observado na Figura 19.

Os grupos 1, 2, 3 e 4 especificados na figura abaixo, englobam os países que apresentaram o mesmo número de publicações:

- Grupo 1 – Nigéria, Irlanda, Rússia, Suíça, Cingapura, Portugal, Brasil, África do Sul, Polônia, Estônia, Israel, Espanha, Hong Kong e Eslovênia;
- Grupo 2 – Egito, Croácia, Romênia, Suécia, Turquia, Malásia, Noruega e Hungria;
- Grupo 3 – Índia, Bélgica, China, Japão e França;
- Grupo 4 – Austrália, Coreia do Sul e Áustria.

Figura 19 - Quantitativo de autores por nacionalidade.



Fonte: a autora, 2017.

Apesar de a maior concentração de autores, encontrar-se na Europa, o que é explicado pelo fato de a União Europeia possuir objetivos concretos para a redução de emissões de gases com efeito estufa, além de incentivar o uso eficiente de recursos e apoiar uma política industrial voltada para a sustentabilidade, estimulando

desta forma, pesquisas nas áreas que afetam diretamente a inovação e competitividade permitindo o progresso e uma economia estável e fortalecida (COMISSÃO EUROPEIA, 2017), os Estados Unidos se destacaram como a maior fonte de publicações, alcançando um total de 33 artigos, cerca de 28% dos artigos selecionados como referenciáveis.

Considerado como o País mais poluente do planeta, as medidas tomadas pelo governo Americano até o ano de 2016, estimularam tentativas de amenizar e reverter o cenário devastador, refletindo desta forma no quantitativo de artigos publicados relacionados ao assunto. Logo, as mudanças climáticas causadas pela poluição produzida principalmente por Países desenvolvidos causam impactos ambientais severos em todo o planeta e, conscientes disto, ações foram implantadas como por exemplo em Nova York, que foi considerada como a cidade que mais incentivou a mudança no estilo de vida de seus habitantes buscando a sustentabilidade, seguida por outras cidades como Portland, São Francisco entre outras (BARBOSA, 2017).

Este fato apresentado juntamente com os demais dados analisados durante esta Revisão Sistemática, possibilitou compreender o cenário geral e atual em relação a utilização da Biomimética como ferramenta de apoio para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, assim como verificar sua viabilidade de aplicação e oportunidade de inovação como um tema atual e pertinente.

3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

“A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos” (Moraes, 1999), ou seja para que o Estado da Arte seja alcançado, é necessário realizar uma Análise de Conteúdo em toda documentação científica selecionada durante a Revisão Sistemática, de forma a fundamentar e embasar as tomadas de decisão para o desenvolvimento deste estudo que procura desenvolver um método conceitual de desenvolvimento de produtos que tem como base a Biomimética e como foco, a Sustentabilidade.

Desta forma, as etapas 1 a 7 do processo definido por este estudo para a realização do Estado da Arte, foram realizadas durante a Revisão Sistemática e, a seguir, as etapas 8 e 9 serão descritas e desenvolvidas nesta fase de Análise de

Conteúdo sob as seções 3.2.1. *Autores Significativos* e 3.2.2. *Análise Crítica dos Autores Significativos* para que seja mantida a integridade da estrutura organizacional deste documento, onde:

3.2.1 Autores significativos: seleção dos autores mais significativos para este estudo dentro do universo delimitado e selecionado para a pesquisa. A seleção foi seccionada em dois passos para melhor compreensão do processo:

3.2.1.1 Classificação dos artigos segundo suas abordagens e seleção dos autores com maior abrangência de conteúdo;

3.2.1.2 Classificação dos periódicos que tiveram seus artigos selecionados na fase anterior e filtragem dos autores que atingiram o maior indicativo SJR.

3.2.2 Análise crítica dos autores significativos: análise crítica a respeito da contribuição e limitação dos autores selecionados na etapa anterior.

A seguir, as seções serão descritas de forma detalhada para melhor compreensão do processo realizado.

3.2.1 Autores Significativos

Visando identificar entre os 117 artigos selecionados durante a Revisão Sistemática, os autores mais significativos para o desenvolvimento deste trabalho e, desta forma, conhecer suas contribuições e limitações em relação ao tema de pesquisa, foi realizado um novo processo de filtragem. O mesmo iniciou-se com a verificação dos conteúdos abordados pelos autores e suas abrangências de conteúdo em relação ao tema e, em seguida, foi verificada a relevância dos artigos em relação a suas áreas de pesquisa através da influência dos periódicos nos quais foram publicados.

Este processo tem como objetivo procurar responder aos questionamentos apresentados para este estudo assim como atender aos objetivos propostos para o seu desenvolvimento.

3.2.1.1 Classificação dos artigos segundo suas abordagens e seleção dos autores com maior abrangência de conteúdo

A leitura dos 117 artigos realizada durante o processo de Revisão Sistemática, possibilitou verificar uma clara divisão de assuntos dentro do tema principal constatando diferentes tópicos abordados pelos autores para tratar da complexidade e multidisciplinaridade da Biomimética e suas aplicações. Desta forma, foi preciso criar uma classificação para estas diferentes abordagens visando compreender como os autores se referem ao tema, como os assuntos se relacionam entre si e quais os mais abordados dentro deste universo.

Para identificar e classificar de forma coerente os assuntos abordados, foi utilizada uma ferramenta para auxiliar na construção da consistência metodológica deste processo, a Matriz de Amarração (MAZZON, 1978). Ela apresenta uma síntese dos passos realizados para definir os diferentes tópicos que classificam os assuntos abordados pelos autores em seus artigos científicos.

Logo, no Quadro 5, encontra-se a Matriz de Amarração elaborada, buscando nortear as relações estabelecidas para a classificação dos artigos em relação ao seu conteúdo para posterior aplicação.

Quadro 5 - Matriz de Amarração.

Referencial de classificação	Objetivos da classificação	Hipóteses da classificação	Técnicas de análise	Forma de apresentação dos resultados
Análise de Conteúdo de artigos científicos	Identificar diferentes abordagens de contexto nos textos científicos selecionados	Há uma divisão de assuntos abordados dentro dos artigos científicos relacionados ao tema deste estudo, os quais podem ser agrupados por semelhança de contexto	Releitura dos artigos científicos para buscar um padrão de semelhança para seleção e classificação	Sintetizar e agrupar os assuntos de acordo com seus pontos comuns criando grupos com diferentes abordagens
	Identificar os padrões e organizá-los segundo suas semelhanças		Classificação e agrupamento dos assuntos abordados de acordo com seus pontos de semelhança, ou seja, de acordo com o padrão identificado	Identificá-los de acordo com o conteúdo abordado de modo a reconhecer de forma prática rápida a que abordagem do tema em questão, o artigo refere-se

Fonte: a autora, 2017.

Como resultado deste processo, foi possível identificar 4 diferentes grupos de assuntos abordados nos artigos selecionados durante a Revisão Sistemática, os quais foram agrupados por semelhança em tópicos para maior praticidade e facilidade de reconhecimento, conforme apresenta o Quadro 6. Desta forma, é possível afirmar que o universo da Biomimética aplicada ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis pode ser dividida em quatro diferentes aspectos ou abordagens que juntas, permitem a perfeita compreensão e domínio do tema em questão.

Quadro 6 - Tópicos para classificação dos artigos.

Tópico	Assunto Abordado	Identificação do Tópico
T1	Ferramentas de apoio para auxiliar a identificação e transferência de conhecimento extraído da natureza para aplicação tecnológica	FERRAMENTA
T2	Estratégias, estudos de casos e exemplos Biomiméticos	EXEMPLO
T3	Conceito, história e características Biomiméticas	CONCEITO
T4	Benefícios e vantagens da Biomimética aplicada para a sustentabilidade	SUSTENTABILIDADE

Fonte: a autora, 2017.

Após a identificação dos tópicos, os mesmos foram aplicados aos 117 artigos da Revisão Sistemática, como pode ser observado no Quadro 7, de acordo com os conteúdos abordados pelos mesmos.

Quadro 7 - Classificação dos artigos de acordo com os Tópicos.

Autor (es)	Título do Artigo	T1	T2	T3	T4
Nagel, Jacquelyn K.S.; Stone, Robert B.	A computational approach to biologically inspired design	x			
Vattam, Swaroop S.; Helms, Michael E.; Goel, Ashok K.	A content account of creative analogies in biologically inspired design	x			x
Blizzard, Jacquelyn L.; Klotz, Leidy E.	A framework for sustainable whole systems design			x	x
Chakrabarti, Amaresh; Leelavathamma, B.; Nataraju, B.S.; et al.	A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas	x			
Chakrabarti, Amaresh; Pal, Ujjwal; Sartori, Julian	A methodology for supporting "transfer" in biomimetic design	x			

Shu, L.H.	A natural-language approach to biomimetic design	x	x		
Dewulf, Simon; Duflo, Joost R.; Vandevenne, Dennis; et al.	A scalable approach for ideation in biologically inspired design	x			
Kim, Sun-Joong; Lee, Ji-Hyun	A study on metadata structure and recommenders of biological systems to support bio-inspired design	x	x		x
Hoang, Lan; Kharrazi, Ali; Kraines, Steven; et al.	Advancing quantification methods of sustainability: A critical examination energy, exergy, ecological footprint, and ecological information-based approaches				x
Frantzeskaki, Niki; Kabisch, Nadja; Mcphearson, Timon	Advancing urban environmental governance: Understanding theories, practices and processes shaping urban sustainability and resilience				x
Jones, Peter; Upward, Antony	An Ontology for Strongly Sustainable Business Models				x
Stone, R.B.; Stroble, J.K.; Watkins, S.E.	An overview of biomimetic sensor technology	x	x		
Ajadi, Stephen	Apoptosis in city systems: a biomimetic approach to city regeneration		x	x	
Teodorescu, Mirela	Applied Biomimetics: A New Fresh Look of Textiles			x	
Accoto, Dino; Benvenuto, Antonella; Campolo, Domenico; et al.	Beyond Biomimetics: Towards Insect/Machine Hybrid Controllers for Space Applications		x		
Habib, Maki K.; Nagata, Fusaomi; Watanabe, Keigo	Bioinspiration and emerging actuator technologies			x	
Topaz, M.	Bioinspiration education at zoological institutions: an optimistic approach for innovation leading to biodiversity conservation			x	
Flammang, Brooke E.; Porter, Marianne E.	Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology	x	x		
Anderson, Kyle D.; Brott, Lawrence L.; Mcconney, Michael E.; et al.	Bioinspired Material Approaches to Sensing		x		
Jiang, Lei; Liu, Kesong	Bio-inspired design of multiscale structures for function integration		x		
Dong, Andy	Biological first principles for design competence			x	
Cheong, H.; Chiu, L.; Shu, L.H.; et al.	Biologically inspired design			x	

Goel, Ashok K.	Biologically inspired design: A new program for computational sustainability	x			
Helms, Michael; Vattam, Swaroop S.; Goel, Ashok K.	Biologically inspired design: process and products	x		x	
Akella, Kiran	Biomimetic designs inspired by seashells; Seashells helping engineers design better ceramics		x		
Brumer, Harry; Daniel, Geoff; Gatenholm, Paul; et al.	Biomimetic engineering of cellulose-based materials		x		
Fan, Tongxiang; Lou, Shuai; Yu, Kuilong; et al.	Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light		x	x	
Bramble, Jonathan P.; Galloway, Johanna M.; Staniland, Sarah S.	Biomimetic Synthesis of Materials for Technology				x
Schatten, Markus; Zugaj, Miroslav	Biomimetics in Modern Organizations – Laws or Metaphors?			x	x
Choi, Jonghoon; Hong, Jong Wook; Hwang, Jangsun; et al.	Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine		x	x	
Ivanic, Kasandra-Zorica; Omazic, Mislav Ante; Tadic, Zoran	BIOMIMICRY - AN OVERVIEW		x	x	
Eadie, Leslie; Ghosh, Tushar K.	Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview		x		
Fechey-Lippens, Daphne C.; Hsiung, Bor-Kai; Kennedy, Emily B.; et al.	Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation		x	x	
Nicholas, Celeste; Peterson, Jeffrey	Biomimicry: the "Natural" intersection of biology and engineering		x		
Gaughran, William; Quinn, Sonya	Bionics - An inspiration for intelligent manufacturing and engineering		x		
Bull, Alan T.	Biotechnology for environmental quality: closing the circles				x
Hansen, Erik G.; Lüdeke-Freund, Florian; Schaltegger, Stefan	Business Models for Sustainability				x
Pogutz, Stefano; Winn, Monika I.	Business, Ecosystems, and Biodiversity				x
Morris - Nunn, Robert	CH2: six stars, but is it Architecture? The City of Melbourne's new office building, by Mick Pearce and DesignInc, is Australia's first building to pursue		x		

	biomimicry as a design principle, while pushing sustainable design to new levels				
de Pauw, Ingrid C.; Kandachar, Prabhu; Karana, Elvin; et al.	Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects		x	x	x
Baumann, Henrikke; Boons, Frank; Hall, Jeremy	Conceptualizing sustainable development and global supply chains				x
Kim, Keesung; Kwak, Moon Kyu; Lee, Choon Young; et al.	Continuous fabrication of bio-inspired water collecting surface via roll-type photolithography		x		
Vincent, Julian F.V.	Deconstructing the design of a biological material	x			
Fisher, Brendan; Morling, Paul; Turner, R. Kerry	Defining and classifying ecosystem services for decision making				x
Cheong, Hyunmin; Hallihan, Gregory M.; Shu, L. H.	Design problem solving with biological analogies: A verbal protocol study		x		
Malézieux, Eric	Designing cropping systems from nature		x		
Drouant, Nicolas; Georges, Jean-Philippe; Lepage, Francis; et al.	Designing green network architectures using the ten commandments for a mature ecosystem			x	
Branco, Manuel Castelo; Lourenço, Isabel C.	Determinants of corporate sustainability performance in emerging markets: the Brazilian case				x
Ausubel, Kenny	Dreaming the Future Can Create the Future				x
Pralea Jeni, Soltuz Elena	ECO DESIGN IN DESIGN PROCESS			x	x
Hofstra, Nel; Huisingh, Donald	Eco-innovations characterized: a taxonomic classification of relationships between humans and nature				x
Blok, Vincent; Gremmen, Bart	Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically			x	x
Tittonell, Pablo	Ecological intensification of agriculture — sustainable by nature				x
Duflou, J.R.; Pieters, T.; Vandevenne, D.	Enhancing novelty with knowledge-based support for Biologically-Inspired Design			x	
Eilouti, Buthayna Hasan	Environmental Knowledge as Design Development Agent		x		

Lampikoski, Tommi; Rajala, Risto; Westerlund, Mika	Environmental sustainability in industrial manufacturing: re-examining the greening of Interface's business model				x
Ceschin, Fabrizio; Gaziulusoy, Idil	Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions				x
Bergkamp, Jesse J.; Gust, Devens; Moore, Ana L.; et al.	Evolution of reaction center mimics to systems capable of generating solar fuel		x		
Hanafi, M. A. M.; Naguib, M. M.	Exploring the Applications of Bio-Eco Architecture for Sustainable Design and Construction process			x	x
Wong, Kenneth	For Design Answers, Ask Nature	x			
Alexandru, Tasnadi; Iustin-Emanuel, Alexandru	From Circular Economy to Blue Economy				x
McAdams, Daniel A.; Nagel, Jacquelyn K.S.; Nagel, Robert L.; et al.	Function-based, biologically inspired concept generation	x		x	
Spiller, Neil	Good Natured Stuff		x		
Bhushan, Bharat; Nosonovsky, Michael	Green tribology: principles, research areas and challenges				x
Gruber, Petra; Jeronimidis, George	Has biomimetics arrived in architecture?		x		
Armstrong, Rachel	How Protocells Can Make 'Stuff' Much More Interesting		x		
Thatcher, Andrew; Yeow, Paul H.P.	Human factors for a sustainable future				x
Langella, Carla; Santulli, Carlo	Introducing students to bio-inspiration and biomimetic design: a workshop experience		x		
Bhushan, Bharat; Nosonovsky, Michael	Introduction: Green tribology: principles, research areas and challenges				x
Baksh, Michael M.; Barker, Thomas H.; Brown, Ashley C.; et al.	Learning From Nature - Novel synthetic biology approaches for biomaterial design		x		
Ma, Jianfeng; Wang, Ting; Xing, Denghai; et al.	Lightweight Design of Mechanical Structures based on Structural Bionic Methodology	x			
Green, David W.; Jung, Han-Sung; Lee, Jong-Min	Marine Structural Biomaterials in Medical Biomimicry		x		

Holtcamp, Wendee	Mimicking Mother Nature (creating consumer products with features that are modeled on nature)		x	x	
Salgueiredo, Camila Freitas	Modeling inspiration for innovative NPD: lessons from biomimetics		x		
Sarikaya, Mehmet; Tamerler, Candan	Molecular biomimetics: nanotechnology and bionanotechnology using genetically engineered peptides		x		
Diah, S. Zaleha M.; Gebeshuber, Ille C.; Karman, Salmah B.	Nanostructural Colouration in Malaysian Plants: Lessons for Biomimetics and Biomaterials			x	
Khomutov, G.B.	Biomimetic nanosystems and novel composite nanobiomaterials		x		
Peters, Terri	Nature as Measure: The Biomimicry Guild			x	
Biewener, Andrew A.; Lentink, David	Nature-inspired flightbeyond the leap		x		
Joseph, Corina; Taplin, Ross	Local government website sustainability reporting a mimicry perspective				x
Cocero, M.J.; García-Serna, J.; Pérez-Barrigón, L.	New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering			x	
Barad, M. F.; Koehl, M. A. R.; Schuech, R.; et al.	Numerical simulations of odorant detection by biologically inspired sensor arrays		x		
Goel, Ashok K.; Vattam, Swaroop; Wiltgen, Bryan; et al.	On the benefits of digital libraries of case studies of analogical design: Documentation, access, analysis, and learning	x			
Boks, Casper; Volstad, Nina Louise	On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer	x		x	
Charnovitz, Steve	Organizing for the Green Economy				x
Weissburg, Marc; Yen, Jeannette	Perspectives on biologically inspired design: introduction to the collected contributions			x	
Low, K.H.	Preface: Why biomimetics?		x		
Lurie-Luke, Elena	Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?	x	x		
Dogan, Cagla	Product design for sustainability: development of a new graduate course in industrial design			x	

Fath, Brian D.	Quantifying economic and ecological sustainability			x	x
Fath, Brian D.; Kharrazi, Ali; Kraines, Steven; et al.	Quantifying the sustainability of economic resource networks: An ecological information-based approach				x
Crawford, Chip; Lazarus, Mary Ann	Returning Genius to the Place			x	x
Dahotre, N. B.; Paital, S. R.	Review of laser based biomimetic and bioactive Ca-P coatings		x		
Dewulf, Simon; Dufloy, Joost R.; Vandevenne, Dennis; et al.	SEABIRD: Scalable search for systematic biologically inspired design			x	
Knippers, Jan; Speck, Olga; Speck, Thomas	Self-X Materials and Structures in Nature and Technology: Bio-inspiration as a Driving Force for Technical Innovation			x	
Čuček, Lidija; Klemeš, Jiří Jaromír; Kravanja, Zdravko; et al.	Significance of environmental footprints for evaluating sustainability and security of development				x
Mancuso, Stefano; Mazzolai, Barbara	Smart solutions from the plant kingdom			x	
Pannell, D. J.	Social and economic challenges in the development of complex farming systems		x		
Axsen, Jonn; Kurani, Kenneth S.	Social Influence, Consumer Behavior, and Low-Carbon Energy Transitions				x
Zhou, B. L.	Some progress in the biomimetic study of composite materials			x	
Blake, Robert W.	Special issue on the biomimetics of aquatic life: applications for engineering		x		
Carpi, Federico; Erb, Rainer; Jeronimidis, George	Special section on biomimetics of movement		x		
Burritt, Roger L.; Schaltegger, Stefan	Sustainability accounting for companies: Catchphrase or decision support for business leaders?				x
Hansen, Erik G.; Klewitz, Johanna	Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore				x
Koopmans, R. J.	Sustainable technologies for innovative materials				x
Fogarty, Frank; Pippins, Kelly; Villamagna, Amy; et al.	The Capacity to Endure: Following Nature's Lead				x

Andrews, Deborah	The circular economy, design thinking and education for sustainability				x
Antony, Florian; Grießhammer, Rainer; Speck, Olga; et al.	The cleaner, the greener? Product sustainability assessment of the biomimetic façade paint Lotusan® in comparison to the conventional façade paint Jumbosil®				x
Hunt, Gary R.; Wade, M. A.; Yiatros, Stylianos	The load-bearing duct: biomimicry in structural design		x	x	
Frick, Karen Trapenberg; Waddell, Paul; Weinzimmer, David	The politics of sustainable development opposition: State legislative efforts to stop the United Nation's Agenda 21 in the United States				x
Michaelis, L.	The role of business in sustainable consumption				x
Bruck, H. A.; Evans, J. J.; Peterson, M. L.	The role of mechanics in biological and biologically inspired materials		x		
Assmuth, Timo; Delbaere, Ben; Haase, Dagmar; et al.	The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective				x
Mathews, Freya	Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry			x	x
André R. Studart	Towards High-Performance Bioinspired Composites		x	x	
Bruck, Hugh A.; Gershon, Alan L.; Golden, Ira; et al.	Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development	x		x	
Cheong, Hyunmin; Shu, L. H.	Using templates and mapping strategies to support analogical transfer in biomimetic design		x		

Fonte: a autora, 2017.

Como explicado anteriormente, apesar do tema deste estudo se referir à Biomimética aplicada ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, foi possível verificar com a leitura dos artigos científicos, durante o processo de Revisão Sistemática, uma clara divisão de informações a respeito do universo da pesquisa, onde pode-se notar as diferentes abordagens em cada conteúdo disponibilizado por seus autores.

Com isso, após a classificação elaborada para elencar por tópicos as abordagens científicas, foi possível observar que do quantitativo total de 117 artigos analisados sob este aspecto, 90 deles abordaram apenas um tópico em suas

publicações, enquanto 25 citaram dois tópicos e apenas 2 arquivos abordaram três tópicos simultaneamente, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantitativo de artigos em relação aos Tópicos abordados.

Quantidade de tópicos abordados por artigo	Quantidade de artigos classificados
1	90
2	25
3	2
4	0

Fonte: a autora, 2017.

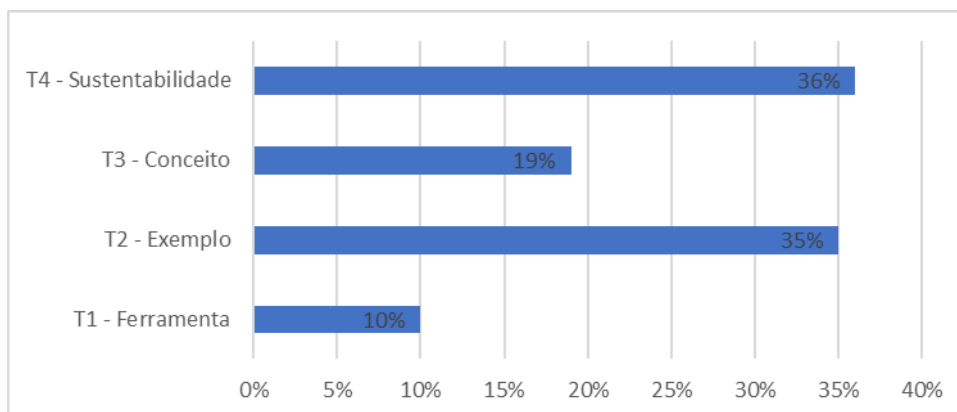
Esta classificação possibilitou a realização de observações a respeito da forma com a qual o tema é tratado por pesquisadores, onde pode-se afirmar que devido ao fato da Biomimética ser um assunto relativamente recente no meio científico, além da sua complexidade, nenhum dos artigos abordou simultaneamente os quatro tópicos definidos para este processo de filtragem, os quais relacionam o tema de forma completa, pois se referem a ferramentas de apoio para sua aplicação, exemplos bioinspirados, conceitos Biomiméticos além da sustentabilidade como benefício da utilização da Biomimética.

Desta forma, conclui-se que o domínio do universo da pesquisa ainda não foi atingido pelos estudos publicados até o momento, possibilitando desta forma, uma oportunidade de ineditismo para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, a qual poderá ser identificada através das contribuições e limitações dos autores a serem observadas na seção 3.2.2. *Análise crítica dos autores significativos*.

Portanto, apesar dos estudos científicos a respeito apresentarem avançados significativos desde o surgimento da Biomimética, os mesmos encontram-se em processo de desenvolvimento de pesquisas para seu completo entendimento e aperfeiçoamento. Logo, buscando compreender este comportamento em todos os seus aspectos, foram confeccionados gráficos com a porcentagem de distribuição dos tópicos dentre os artigos como pode ser observado nas Figuras a seguir.

Dentre os 90 artigos classificados com apenas um Tópico, ou seja, em seu conteúdo está abordado apenas um assunto, a Figura 20 apresenta um gráfico percentual visando identificar os assuntos mais publicados entre eles, onde observa-se que existe uma vasta diversidade de artigos relacionados às estratégias Biomiméticas, estudos de casos e exemplos (T2 – Exemplo), além dos benefícios e vantagens da Biomimética aplicada para a sustentabilidade (T4 – Sustentabilidade).

Figura 20 - Artigos que abordaram apenas um Tópico.

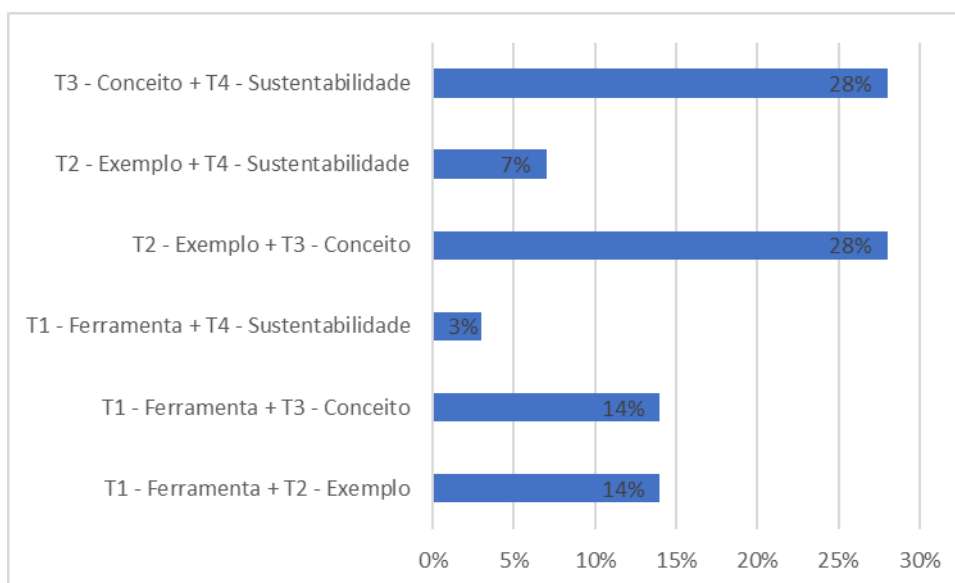


Fonte: a autora, 2017.

Os assuntos menos abordados se referem às ferramentas de apoio para auxiliar a identificação e transferência de conhecimento extraído da natureza para aplicação tecnológica (T1 – Ferramenta) e ao conceito, história e características Biomiméticas (T3 – Conceito), o que pode ser explicado pela complexidade destas abordagens que acabam por exigir maior conhecimento para sua exposição diante do meio científico, fazendo com que um número menor de artigos relacionados aos assuntos, sejam publicados.

A Figura 21 apresenta o gráfico percentual dos artigos que apresentaram dois assuntos distintos e simultaneamente em seus conteúdos.

Figura 21 - Artigos que abordaram dois Tópicos simultaneamente.



Fonte: a autora, 2017.

Em relação aos 25 artigos que se referem a dois assuntos distintos e simultaneamente em seu conteúdo científico, pode-se observar as relações no gráfico acima, onde todos os assuntos se relacionaram de alguma forma, porém as abordagens relacionadas ao conceito Biomimético e seus exemplos (T2 – Exemplo + T3 – Conceito) ou sustentabilidade (T2 – Exemplo + T4 – Sustentabilidade), foram os mais publicados. Este fenômeno é compreensível pelo fato da Biomimética possuir o seu conceito centrado na capacidade de inovação tecnológica e sustentável, o que chama a atenção de estudiosos e pesquisadores e aponta o reconhecimento da Biomimética como perspectiva de produção amigável e não exploratória.

Para finalizar, dos 117 artigos classificados, apenas 2 apresentaram simultaneamente três assuntos distintos, sendo cada um deles com uma combinação diferente de abordagens, como pode ser observado no Quadro 8 para melhor compreensão.

Neste aspecto, pode-se verificar que os exemplos assim como os benefícios e vantagens aplicadas para a sustentabilidade estão presentes nos dois artigos, que se diferem em relação ao conceito Biomimético e as ferramentas de apoio.

Quadro 8 - Tópicos e assuntos abordados simultaneamente.

Tópicos abordados simultaneamente	Assuntos abordados simultaneamente
T2 – Exemplo; T3 – Conceito; T4 – Sustentabilidade	Estratégias, estudos de casos e exemplos Biomiméticos; Conceito, história e características Biomiméticas; Benefícios e vantagens da Biomimética aplicada para a sustentabilidade
T1 – Ferramenta; T2 – Exemplo; T4 – Sustentabilidade	Ferramentas de apoio para auxiliar a identificação e transferência de conhecimento extraído da natureza para aplicação tecnológica; Estratégias, estudos de casos e exemplos Biomiméticos; Benefícios e vantagens da Biomimética aplicada para a sustentabilidade

Fonte: a autora, 2017.

Após esta análise, pode-se concluir em relação aos 117 artigos selecionados durante a Revisão Sistemática, que dentre eles, os que apresentaram dois ou três tópicos diferentes e simultaneamente em seus conteúdos, podem ser considerados mais completos em suas abordagens e, portanto, com um nível de conhecimento, complexidade e domínio maior do assunto, contribuindo desta forma para o embasamento e desenvolvimento deste estudo. Logo, após a classificação dos

artigos, para que fosse possível realizar a identificação dos autores mais significativos, foi utilizado como critério de seleção, os artigos classificados com dois ou três Tópicos, caracterizando o nível elevado de conhecimento e domínio por parte dos autores. Esta seleção trouxe como resultado 27 artigos, os quais encontram-se relacionados no Quadro 9.

Quadro 9 - Artigos e autores classificados com dois ou mais Tópicos.

Autor (es)	Título do Artigo	T1	T2	T3	T4
Vattam, Swaroop S.; Helms, Michael E.; Goel, Ashok K.	A content account of creative analogies in biologically inspired design	x			x
Blizzard, Jacquelyn L.; Klotz, Leidy E.	A framework for sustainable whole systems design			x	x
Shu, L.H.	A natural-language approach to biomimetic design	x	x		
Kim, Sun-Joong; Lee, Ji-Hyun	A study on metadata structure and recommenders of biological systems to support bio-inspired design	x	x		x
Stone, R.B.; Stroble, J.K.; et al.	An overview of biomimetic sensor technology	x	x		
Ajadi, Stephen	Apoptosis in city systems: a biomimetic approach to city regeneration		x	x	
Flammang, Brooke E.; Porter, Marianne E.	Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology	x	x		
Helms, Michael; Vattam, Swaroop S.; Goel, Ashok K.	Biologically inspired design: process and products	x		x	
Fan, Tongxiang; Lou, Shuai; Yu, Kuilong; et al.	Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light		x	x	
Schatten, Markus; Zugaj, Miroslav	Biomimetics in Modern Organizations – Laws or Metaphors?			x	x
Choi, Jonghoon; Hong, Jong Wook; Hwang, Jangsun; et al.	Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine		x	x	
Ivanic, Kasandra-Zorica; Omazic, Mislav Ante; Tadic, Zoran	BIOMIMICRY - AN OVERVIEW		x	x	

Fecheyr-Lippens, Daphne C.; Hsiung, Bor-Kai; et al.	Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation		x	x	
de Pauw, Ingrid C.; Kandachar, Prabhu; Karana, Elvin; et al.	Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects		x	x	x
Pralea Jeni, Soltuz Elena	ECO DESIGN IN DESIGN PROCESS			x	x
Blok, Vincent; Gremmen, Bart	Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically			x	x
Hanafi, M. A. M.; Naguib, M. M.	Exploring the Applications of Bio-Eco Architecture for Sustainable Design and Construction process			x	x
McAdams, Daniel A.; Nagel, Jacquelyn K.S.; Nagel, Robert L.; et al.	Function-based, biologically inspired concept generation	x		x	
Holtcamp, Wendee	Mimicking Mother Nature (creating consumer products with features that are modeled on nature)		x	x	
Boks, Casper; Volstad, Nina Louise	On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer	x		x	
Lurie-Luke, Elena	Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?	x	x		
Fath, Brian D.	Quantifying economic and ecological sustainability			x	x
Crawford, Chip; Lazarus, Mary Ann	Returning Genius to the Place			x	x
Hunt, Gary R.; Wadee, M. A.; Yiatros, Stylianos	The load-bearing duct: biomimicry in structural design		x	x	
Mathews, Freya	Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry			x	x
André R. Studart	Towards High-Performance Bioinspired Composites		x	x	
Bruck, Hugh A.; Gershon, Alan L.; Golden, Ira; et al.	Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development	x		x	

Fonte: a autora, 2017.

Desta forma, este processo de seleção se preocupou em identificar os artigos com maior abrangência de conteúdo científico, de forma a oferecer melhores

subsídios para o desenvolvimento desta pesquisa. Com isso, foram selecionados 27 artigos da listagem inicial, que em uma próxima etapa, serão submetidos a mais um processo de filtragem para certificação da qualidade de seus conteúdos.

É importante salientar que os 90 artigos com apenas uma abordagem em seus conteúdos, não farão parte das próximas etapas desta seleção, por não apresentarem subsídios suficientes para tal processo de filtragem, que consiste em identificar os autores mais significativos para o desenvolvimento deste estudo. Porém, apesar de não apresentarem uma contribuição tão complexa quanto a exigida para as próximas etapas, os mesmos estão inseridos no universo da pesquisa contribuindo para a ampliação do conhecimento e embasamento desta pesquisa.

3.2.1.2 Classificação dos periódicos que tiveram seus artigos selecionados na fase anterior e seleção dos autores que atingiram o maior indicativo SJR

Os 27 artigos selecionados na etapa anterior, serão submetidos nesta fase, a mais um processo de filtragem visando certificar a qualidade de seus conteúdos e, para dar sequência a este processo, será utilizado o critério de Classificação SJR (SCIMago Journal & Country Rank) Best Quartile, que pode ser verificado através do link: <<http://www.scimagojr.com/journalrank.php?category=1000&year=2016>>.

SJR Best Quartile é um indicador de medida de impacto, influência ou prestígio do periódico, ele baseia-se no número médio de citações ponderadas recebidas nos anos selecionados. Os indicativos SJR variam de Q1 (o mais elevado), Q2, Q3 e Q4 (com peso zero) (SJR, 2017). Este parâmetro foi decisivo para a seleção final dos autores pelo fato de o SJR Best Quartile ser um indicador de influência, importância e atualidade do periódico para a comunidade científica, o que faz com que os artigos publicados por ele, passem por um processo de avaliação mais exigente elevando desta forma, a qualidade e confiabilidade de suas publicações.

Por se tratar do indicador de prestígio do periódico, o mesmo se baseia no número de citações recebidas além de outras métricas, entre elas: pesquisas inovadoras e impacto social. Logo, para esta etapa final, dentre os 27 artigos selecionados, os autores que tiveram seus artigos publicados em periódicos com

índice SJR Best Quartile igual a **Q1**, serão selecionados e considerados como os mais importantes e influentes para o desenvolvimento deste trabalho.

Após a classificação, 13 artigos apresentaram o índice exigido, conforme pode ser observado no Quadro 10, o qual apresenta os autores relacionados aos seus artigos, ano de publicação, a classificação recebida durante a fase anterior, o periódico no qual foi publicado com sua avaliação SJR Best Quartile e, para complementação de suas informações, o fator de impacto.

Quadro 10 - Autores selecionados como os mais significativos para a pesquisa.

Autor / es	Título do Artigo	Ano Publicação	Tópico	Periódico	SJR	Fator de Impacto
Blizzard, Jacquelyn L.; Klotz, Leidy E.	A framework for sustainable whole systems design	2012	T3/T4	Design Studies	Q1	2,07
Kim, Sun-Joong; Lee, Ji-Hyun	A study on metadata structure and recommenders of biological systems to support bio-inspired design	2017	T1/T2/T4	Engineering Applications of Artificial Intelligence	Q1	2,36
Flammang, Brooke E.; Porter, Marianne E.	Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology	2011	T1/T2	Integrative and Comparative Biology	Q1	2,95
Helms, Michael; Vattam, Swaroop S.; Goel, Ashok K.	Biologically inspired design: process and products	2009	T1/T3	Design Studies	Q1	2,07
Fan, Tongxiang; Lou, Shuai; Yu, Kuilong; et al.	Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light	2013	T2/T3	Progress in Materials Science	Q1	31,08
Choi, Jonghoon; Hong, Jong Wook; Hwang, Jangsun; et al.	Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine	2015	T2/T3	International Journal of Nanomedicine	Q1	4,32
de Pauw, Ingrid C.; Kandachar, Prabhu; Karana, Elvin; et al.	Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects	2014	T2/T3/T4	Journal of Cleaner Production	Q1	4,95

Blok, Vincent; Gremmen, Bart	Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically	2016	T3/T4	Journal of Agricultural and Environmental Ethics	Q1	1,18
Boks, Casper; Volstad, Nina Louise	On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer	2012	T1/T3	Sustainable Development	Q1	0,84
Lurie-Luke, Elena	Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?	2014	T1/T2	Biotechnology Advances	Q1	9,84
Crawford, Chip; Lazarus, Mary Ann	Returning Genius to the Place	2011	T3/T4	Architectural Design	Q1	não avaliado
Studart, André R.	Towards High- Performance Bioinspired Composites	2012	T2/T3	Advanced Materials	Q1	18,96
Bruck, Hugh A.; Gershon, Alan L.; Golden, Ira; et al.	Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development	2007	T1/T3	Bioinspiration & Biomimetics	Q1	2,89

Fonte: a autora, 2017.

Logo, nesta etapa de seleção dos autores significativos, pertencente ao processo de Análise de Conteúdo, os 117 artigos resultantes da Revisão Sistemática, foram submetidos a uma classificação segundo seus conteúdos científicos, visando identificar os mais completos em suas abordagens, ou seja, os artigos de maior domínio e complexidade dentro deste tema de estudo. Após esta etapa de filtragem, foram selecionados 27 artigos, os quais tiveram os periódicos nos quais foram publicados, avaliados em relação à medida de impacto, influência e prestígio no meio científico, buscando certificar a confiabilidade e atualidade das informações passadas pelos mesmos. Para isso foi utilizado o quesito “SJR Best Quartile”, onde foram selecionados apenas os artigos publicados em periódicos com classificação igual a “Q1”, ou seja, o peso mais elevado. Após este processo, o número de arquivos selecionados caiu para 13 artigos, como pode ser observado no Quadro 11.

Quadro 11 - Etapas de filtragem e seus quantitativos.

Etapas de filtragem	Descrição	Resultado
1º	Artigos selecionados durante a Revisão Sistemática	117
2º	Artigos selecionados de acordo com a abrangência de conteúdo científico	27
3º	Artigos selecionados a partir do indicador de influência, confiabilidade e atualidade do periódico para a comunidade científica	13

Fonte: a autora, 2017.

Desta forma, o processo de filtragem que deu início com a Revisão Sistemática e encerrou-se nesta etapa de Seleção dos Autores Significativos, chegou a 13 artigos selecionados com 38 autores (ver Quadro X), os quais representam as referências mais importantes para este estudo, que tem como objetivo desenvolver um método conceitual que aplique os conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), tendo como preceito a sustentabilidade.

Após a seleção destes 38 autores, seus artigos serão submetidos à uma análise crítica buscando identificar suas contribuições e limitações dentro do universo desta pesquisa.

3.2.2 Análise Crítica dos Autores Significativos

Buscando analisar os conteúdos apresentados pelos autores mais significativos selecionados na etapa anterior para esta pesquisa, assim como identificar suas contribuições e limitações, será realizada uma Análise Crítica dos Autores Significativos.

Esta análise crítica visa identificar modelos, ferramentas, aplicações, problemas, necessidades, esforços e deficiências da aplicação da Biomimética no Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis para que seja possível desta forma, embasar e orientar o desenvolvimento do método proposto por este estudo.

Para isso, os artigos foram listados em ordem cronológica de publicação, com os autores, título e a análise crítica que consiste em um breve resumo do conteúdo abordado, quando necessário para perfeita compreensão da análise efetuada, seguido pela contribuição e/ou limitação:

a) **Autores:** Bruck, Hugh A.; Gershon, Alan L.; Golden, Ira; Gupta, Satyandra K.; Gyger Jr., Lawrence S.; Magrab, Edward B.; Spranklin, Brent W.

Ano publicação: 2007

Título artigo: *Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development*

Os autores apontam a necessidade da criação de novas ferramentas educativas para o uso da Biomimética. Uma delas foi desenvolvida para o curso de Engenharia Mecânica na Universidade de Maryland com foco em projeto de robótica bioinspirada buscando superar desafios como conscientizar os alunos a respeito do conceito e aplicação da bioinspiração através da confecção de seus produtos. Eles abordam a importância da melhoria curricular com a implementação de matérias sobre Design Bioinspirado voltado para Robótica dando início, desta maneira, a uma nova geração de engenheiros biomiméticos.

Contribuição: Visando facilitar a utilização da bioinspiração no desenvolvimento de projetos, foi desenvolvido um banco de dados, assim como um passo-a-passo para sua utilização observando características como facilidade de uso, linguagem comum e acessibilidade criando, desta forma, uma ferramenta de busca por palavras-chaves e algoritmos de correspondência.

Limitação: O modelo aplica-se apenas à etapa de geração de ideias, utilizando informações armazenadas em um banco de dados criado pela Universidade com um número relativamente pequeno de informações se comparado a outras fontes de consultas biomiméticas.

b) **Autores:** Helms, Michael; Vattam, Swaroop S.; Goel, Ashok K.

Ano publicação: 2009

Título artigo: *Biologically inspired design: process and products*

Visando compreender o projeto de design biologicamente inspirado, os autores apresentaram aos alunos de um curso introdutório de projeto de engenharia biologicamente inspirado, desafios de design a serem solucionados utilizando-se das etapas definidas pelos especialistas. Várias observações foram feitas durante o processo, levando a uma compreensão

maior das dificuldades, verificação dos erros comuns e constatação da maior quantidade e melhor qualidade das soluções.

Contribuição: O processo apresenta etapas diferentes de acordo com dois pontos de partida, o problema definido buscando a inspiração biológica ou a solução bioinspirada buscando ser aplicada a algum problema não definido.

Limitação: A abordagem apresenta as etapas de forma superficial e limitada a fase de projeção conceitual sem a preocupação em alcançar resultados sustentáveis.

c) **Autores:** *Crawford, Chip; Lazarus, Mary Ann*

Ano publicação: 2011

Título artigo: *Returning Genius to the Place*

Os autores apresentam em sua abordagem o escritório global de design arquitetônico HOK e suas contribuições para o design ecológico e a Biomimética. Estes princípios são utilizados em projetos urbanos de grande escala criando edificações que funcionam como sistemas naturais.

O Grupo HOK desenvolveu algumas ferramentas para desenvolvimento de projetos além de modelos voltados para sustentabilidade com o objetivo maior de criar planos de cidades eco inteligentes inspirando-se na natureza visando renovar cidades existentes produzindo eco estruturas bioinspiradas, economia e pessoas mais saudáveis.

Contribuição: A abordagem aponta a importância do trabalho multidisciplinar para a aplicação da Biomimética, além de confirmar o potencial desta ciência para o desenvolvimento sustentável.

Limitação: Não foram identificadas limitações no aspecto abordado.

d) **Autores:** *Flammang, Brooke E.; Porter, Marianne E.*

Ano publicação: 2011

Título artigo: *Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology*

Os pesquisadores propõem a utilização de modelos bioinspirados a fim de explorar a biomecânica de organismos.

Contribuição: Apontam a necessidade de alcançar uma compreensão maior dos mecanismos a fim de serem reproduzidas suas tecnologias com precisão sendo a bioinspiração, uma alternativa viável e inovadora que pode ajudar a sanar dificuldades que surgem constantemente durante a produção de modelos robóticos.

Limitação: Fica clara a necessidade de esforço coletivo para o desenvolvimento destes projetos interdisciplinares, embora não tenha sido apresentada nenhuma proposta para a solução desta questão problema.

e) **Autores:** *Blizzard, Jacquelyn L.; Klotz, Leidy E.*

Ano publicação: 2012

Título artigo: *A framework for sustainable whole systems design*

Contribuição: Os autores defendem a ideia de abordar sistemas inteiros para desenvolver projetos sustentáveis propondo a utilização de princípios individuais, entre eles a Biomimética, a fim de alcançar um design integrativo para resolver problemas complexos visando o todo.

Limitação: Esta solução multidisciplinar visa não prejudicar os sistemas naturais, sociais ou econômicos, embora o projeto de sistemas inteiros não possa garantir resultados sustentáveis mesmo oferecendo maiores oportunidades que as abordagens tradicionais.

f) **Autores:** *Boks, Casper; Volstad, Nina Louise*

Ano publicação: 2012

Título artigo: *On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer*

Os autores consideram a Biomimética como uma ferramenta para o Desenho Industrial, capaz de estudar os desenvolvimentos mais bem-sucedidos da natureza e imitar estes projetos e processos para resolver problemas humanos, o que não significa a transferência direta de uma observação, mas uma implementação criativa de conceitos biológicos em produtos. Os pesquisadores apontam dois pontos de vista da aplicação da Biomimética: Redutiva e Holística. A Biomimética Redutiva consiste em transferência tecnológica e biológica sem o objetivo de obter a sustentabilidade sendo considerada a Biomimética tradicional enquanto

que a Biomimética Holística, é uma medida para alcançar produtos ecologicamente sustentáveis não prejudicando o ambiente em sua produção, uso e descarte.

Contribuição: Acreditando nisso, os pesquisadores desenvolveram uma ferramenta para auxiliar designers a converterem a Biomimética à prática por observarem a necessidade de fornecer auxílio aos projetistas a acessarem as informações mais facilmente para a utilização da ciência de maneira eficaz e bem-sucedida. Esta ferramenta consiste em um baralho com cartas onde em cada uma se encontra um exemplo específico de como foi resolvido um desafio de design bioinspirado, sendo de um lado uma imagem e do outro as informações referentes à pergunta problema utilizada para a realização do projeto e suas características mais interessantes, podendo combinar as cartas para obter melhores resultados.

Limitação: Esta ferramenta apresenta uma limitação em relação a atualização de informações, que atualmente acontece em alta velocidade e de forma globalizada produzindo um considerável volume de novas informações em pouco tempo.

g) **Autor:** Stuart, André R.

Ano publicação: 2012

Título artigo: *Towards High-Performance Bioinspired Composites*

A abordagem deste artigo gira em torno da criação de compósitos artificiais através de uma abordagem bioinspirada.

Contribuição: Os autores acreditam na bioinspiração para melhorar as propriedades dos compósitos além de ajudar com as atuais limitações dos criados pelo homem resultando em arquiteturas ótimas. Ao utilizarem a bioinspiração, comprovaram a obtenção de compósitos com resistência até 3 vezes maior à deformação.

Limitação: Os pesquisadores entendem a necessidade de identificar, compreender e quantificar os princípios Biomiméticos embora não possuam um modelo eficaz de aplicação voltada para o desenvolvimento de compósitos artificiais apenas com o objetivo de tornar suas características ótimas não se preocupando com características sustentáveis.

h) **Autores:** Fan, Tongxiang; Lou, Shuai; Yu, Kuilong; Zhang, Di

Ano publicação: 2013

Título artigo: *Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light*

Contribuição: A abordagem apresentada pelos pesquisadores deixa clara a importância da Biomimética visando transferir o design sofisticado da natureza para materiais, principalmente os ópticos podendo beneficiar o desenvolvimento humano por fornecer desenhos estruturais para efeitos ópticos com grande variedade. Para isto, é necessário que cientistas se unam para alcançar uma ampla gama de abordagens de fabricação utilizando materiais artificiais inspirados na natureza.

Limitação: A abordagem dos autores a respeito do conceito Biomimético apresenta uma contradição ao longo do trabalho desenvolvido, onde em um certo momento, a Biomimética Óptica é conceituada como a fabricação de materiais com microestruturas ópticas através de técnica de duplicação de microestruturas intrincadas na natureza – caracterizando réplica e não inspiração Biomimética – e em outro momento, afirmam que as aplicações finais de materiais ópticos bioinspirados requerem mais do que apenas fazer réplica da natureza, abrindo precedente para a má interpretação a aplicação da bioinspiração.

i) **Autores:** De Pauw, Ingrid C.; Kandachar, Prabhu; Karana, Elvin; Poppelaars, Flora

Ano publicação: 2014

Título artigo: *Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects*

Os pesquisadores descrevem um estudo de caso exploratório buscando confirmar a necessidade de ferramentas/estratégias no processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis visando minimizar impactos ambientais. Os estudos foram realizados com 27 grupos de alunos por dois anos comparando o desenvolvimento de produtos sustentáveis através de três estratégias: Biomimética, Cradle to Cradle e Ecodesign. Apresentando as características das ferramentas utilizadas e os resultados alcançados

em cada uma delas, os autores verificaram que mais soluções foram alcançadas com a utilização da Biomimética e Cradle to Cradle, enquanto o Ecodesign se mostrou uma estratégia validada e bem estabelecida.

Contribuição: O estudo comprova que a utilização destas ferramentas, incentivam a inovação e consequentemente melhora o resultado do projeto. É necessário destacar a observação feita pelos autores a respeito da pouca quantidade de estudos realizados visando analisar a influência da Biomimética e do Cradle to Cradle no desenvolvimento de produtos sustentáveis.

Limitação: Não foram identificadas limitações no aspecto abordado.

j) **Autora:** Lurie-Luke, Elena

Ano publicação: 2014

Título artigo: *Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?*

Os autores desenvolveram um estudo para analisar o aumento do interesse Biomimético nos últimos anos buscando compreender as áreas mais pesquisadas e as pouco exploradas. Foram coletados dados relevantes de diferentes bases e a análise revelou uma grande variedade de aplicações biomiméticas com destaque para as áreas de desenvolvimento de materiais e locomoção. A abordagem apontou tendências emergentes para aplicações biomiméticas na área de materiais inteligentes, ópticos dinâmicos, sensores acústicos e de temperatura e sensoriamento químico.

Contribuição: As áreas inexploradas apontadas pela pesquisa foram as de processo ecológico e tecnologias antipoluição, produção de energia, transporte, desenvolvimento de software, computadores e robótica. Os resultados apontaram um vasto campo de trabalho Biomimético a ser desenvolvido, e afirmaram a importância desta ciência para o desenvolvimento de produtos tecnologicamente mais eficazes, certificando e validando sua aplicação como ferramenta de desenvolvimento de produtos.

Limitação: Não foram identificadas limitações no aspecto abordado.

k) **Autores:** Choi, Jonghoon; Hong, Jong Wook; Hwang, Jangsun; Jeong, Yoon; Lee, Kwan Hong; Park, Jeong Min

Ano publicação: 2015

Título artigo: *Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine*

A abordagem dos autores gira em torno da importância e urgente necessidade da ampliação do uso da Biomimética para a busca de soluções para a falta de recursos e problemas da sobrevivência humana.

Contribuição: São apresentados tópicos de pesquisas Biomiméticas atuais e discutido seu potencial para a ciência, engenharia e medicina, além de apresentar os esforços e investimentos na pesquisa Biomimética por parte de países desenvolvidos.

Limitação: É proposto um modelo para realizações Biomiméticas para o desenvolvimento de projetos, produtos, serviços e agricultura baseando-se em 6 etapas não definidas claramente, não sendo possível verificar a qual fase do Processo de Desenvolvimento de Produtos se refere este modelo.

l) **Autores:** Blok, Vincent; Gremmen, Bart

Ano publicação: 2016

Título artigo: *Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically*

A abordagem gira em torno da reflexão sobre o conceito de Biomimética na literatura e na filosofia, separando seu conceito para análise em 4 dimensões: mimesis, tecnologia, natureza e ética.

Contribuição: Os autores afirmam a necessidade da busca por alternativas para evitar a destruição do ecossistema e que a humanidade está iniciando uma Segunda Revolução Biomimética Industrial.

Limitação: A conclusão a respeito da abordagem apresenta pelos pesquisadores aponta o conceito da Biomimética dividido em Forte e Fraco, onde o conceito Forte abrange a imitação dos modelos de maneira naturalista e em harmonia com a natureza para resolver problemas humanos, enquanto o conceito Fraco se refere a duplicação de soluções naturais podendo explorar e destruir a natureza. Esta divisão do conceito Biomimético em duas vertentes implica na interpretação errônea desta

ciência quando classificada como conceito Fraco, pelo fato de fugir da definição correta do conceito seguido pela Biomimética.

m)Autores: Kim, Sun-Joong; Lee, Ji-Hyun

Ano publicação: 2017

Título artigo: *A study on metadata structure and recommenders of biological systems to support bio-inspired design*

Foi apresentado um método alternativo para auxiliar projetistas a analisar e extrair estratégias assim como incentivar inovações sustentáveis e introduzir o design bioinspirado.

Contribuição: O método se baseia em modelos de raciocínios analógicos complementados com pensamentos análogos apresentando duas vertentes, sendo uma para pesquisa biológica buscando resolver um problema existente e outra para aplicação de uma solução biológica identificada a um problema a ser definido.

Limitação: As etapas apresentadas mudam suas funções de acordo com as vertentes adotadas abrindo precedentes para interpretação errônea do método que tem sua abordagem restrita a etapa de projeto informacional.

Após a Análise Crítica dos Autores Significativos, foi possível identificar uma carência de modelos de Desenvolvimento de Produtos Biomiméticos que consigam atender ao processo de maneira completa e eficaz, orientando as etapas necessárias para a criação e concepção de produtos sustentáveis, tornando-se desta forma, uma ferramenta funcional e prática.

Além disso, foi possível relacionar outras informações importantes que auxiliarão no embasamento deste trabalho, como pode ser observado no Quadro 12, o qual apresenta um resumo da análise crítica e como as contribuições e limitações identificadas influenciarão no desenvolvimento do método proposto por este trabalho. Em seguida, para finalizar o Estado da Arte, será apresentada a Conclusão da Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo.

Quadro 12 - Aplicação da contribuição e limitação a ser utilizada.

Fonte: a autora, 2017.

Título	Autor (es)	Data Publicação	Contribuição	Limitação	Aplicação da contribuição e da limitação na concepção e desenvolvimento do Método
Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development	Bruck, Hugh A.; Gershon, Alan L.; Golden, Ira; Gupta, Satyandra K.; Gyger Jr., Lawrence S.; Magrab, Edward B.; Spranklin, Brent W.	2007	Banco de dados orientativo para transferência de tecnologia bioinspirada	O modelo aplica-se apenas à estimulação de geração de ideias, não se referindo às demais etapas do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)	• Utilizar bancos de dados Biomiméticos como ferramenta de apoio para a utilização da bioinspiração • O método deve abranger todo o processo ou se encaixar em parte de um modelo de processo já existente
Biologically inspired design: process and products	Helms, Michael; Vattam, Swaroop S.; Goel, Ashok K.	2009	Apresentação de dois caminhos para a inspiração biológica	O processo é apresentado de forma superficial e limitado à etapa conceitual	• A Biomimética possui dois pontos de partida para o desenvolvimento de produtos • A Biomimética possui grande potencial para a fase de projeto conceitual
Returning Genius to the Place	Crawford, Chip; Lazarus, Mary Ann	2011	Importância do trabalho multidisciplinar na utilização da Biomimética e seu potencial para a sustentabilidade	-	• Necessidade de ferramentas de apoio por ser uma ciência multidisciplinar • Estimular resultados sustentáveis
Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology	Flammang, Brooke E.; Porter, Marianne E.	2011	Aponta a necessidade de uma compreensão maior para a aplicação da Biomimética como alternativa em projetos tecnológicos	Apesar de apresentar a necessidade, não foi sugerida nenhuma solução	• Desenvolver um método que seja capaz de orientar a geração de soluções aplicáveis
A framework for sustainable whole systems design	Blizzard, Jacquelyn L.; Klotz, Leidy E.	2012	Abordar sistemas inteiros para resolver problemas complexos e desenvolver projetos sustentáveis utilizando ferramentas, entre elas a Biomimética, para um design integrativo	A solução busca não prejudicar sistemas naturais, porém não possui nenhum processo que garanta este resultado	• O método deve possuir uma forma de garantir resultados sustentáveis
On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer	Boks, Casper; Volstad, Nina Louise	2012	Ferramenta para converter Biomimética à prática auxiliando projetistas a acessarem as informações necessárias mais facilmente	A ferramenta atua como um banco de dados, porém apresenta uma deficiência na atualização das informações	• Encontrar alternativas para auxiliar a busca por informação bioinspirada

Towards High-Performance Bioinspired Composites	Stuart, André R.	2012	Estimulam a utilização da Biomimética para o desenvolvimento de compósitos que podem resultar em arquiteturas ótimas, com maior resistência à deformação	Apresentam a necessidade de utilizar a Biomimética, porém não oferecem um modelo para aplicação	• O método deve ser capaz de auxiliar na geração de ideias de produtos, mas também materiais e serviços
Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light	Fan, Tongxiang; Lou, Shuai; Yu, Kuilong; Zhang, Di	2013	Apresentam a importância da Biomimética para o desenvolvimento de materiais	Embora o conceito Biomimético tenha sido aplicado de forma correta em relação ao desenvolvimento de materiais bioinspirados, os autores orientaram a utilização de técnicas de duplicação de estruturas naturais, o que descaracteriza a Biomimética, a qual não se trata de uma cópia da natureza, e sim a transferência de tecnologia natural	• O conceito deve ser passado de forma clara também durante a utilização do método, para que não sejam gerados resultados não condizentes ao conceito Biomimético
Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a Case Study of Student Design Projects	De Pauw, Ingrid C.; Kandachar, Prabhu; Karana, Elvin; Poppelaars, Flora	2014	Estimula e comprova a utilização da Biomimética como ferramenta de inovação e seu potencial para otimizar produtos sustentáveis	-	• O método deve conter os conceitos Biomimético e de Desenvolvimento de Produtos corretos para que seu potencial seja alcançado
Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?	Lurie-Luke, Elena	2014	Estudo para analisar o aumento do interesse Biomimético e suas áreas de aplicação, confirmando a sua importância para o desenvolvimento de produtos mais eficazes e a diversidade de áreas para sua atuação	-	• O método deve ser desenvolvido de modo que não fique restrito a um determinado setor pelo fato da Biomimética possuir potencial de atuação em diversas áreas
Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine	Choi, Jonghoon; Hong, Jong Wook; Hwang, Jangsun; Jeong, Yoon; Lee, Kwan Hong; Park, Jeong Min	2015	Destaca os esforços e investimentos na pesquisa Biomimética por parte de países desenvolvidos além de pesquisas que apontam seu potencial para a ciência, engenharia e medicina	O modelo proposto é baseado em etapas não definidas claramente, não sendo possível identificar as fases dentro de um Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)	• Simplificar e especificar claramente as fases e etapas do método
Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically	Blok, Vincent; Gremmen, Bart	2016	Afirmam a necessidade de buscar alternativas sustentáveis e o início de uma Revolução Biomimética Industrial	O conceito Biomimético é dividido em forte e fraco pelos autores, onde o último é apresentado de forma errônea, se referindo à Biomimética como cópia da natureza, o que não pode ser considerado	• O método deve orientar o desenvolvimento de produtos buscando alcançar as visões holística e profundas da Biomimética, as quais estão ligadas a sustentabilidade
A study on metadata structure and recommenders of biological systems to support bio-inspired design	Kim, Sun-Joong; Lee, Ji-Hyun	2017	Apresenta um método para auxiliar projetistas a extrair estratégias da natureza incentivando inovações sustentáveis através de dois caminhos para inspiração biológica	As etapas se restringem ao projeto informacional. As etapas do método são apresentadas como um único caminho a ser seguido, porém, são utilizadas de formas diferentes para cada caminho escolhido, gerando dúvidas a respeito da sua aplicação	• O método deve atender às fases de projeto informacional, conceitual e detalhado para que o processo da geração de ideias seja contemplado em sua totalidade, dentro de um modelo de desenvolvimento de produtos

3.3 CONCLUSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA E ANÁLISE DE CONTEÚDO

Buscando responder ao questionamento feito para o desenvolvimento deste estudo, foi realizado o Estado da Arte da Biomimética aplicada ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. O mesmo foi dividido em duas fases, Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo, para que o universo delimitado para a pesquisa pudesse ser observado e compreendido em sua totalidade. Através deste processo, foi realizada uma filtragem no material científico disponível, o que possibilitou selecionar os autores mais significativos para este estudo. Com isso, foi possível identificar as contribuições e oportunidades de inovação para o desenvolvimento deste estudo.

O processo iniciou-se na fase de Revisão Sistemática, onde foi desenvolvido um método para seleção de artigos científicos relacionados ao universo da pesquisa, o qual consistiu em buscar o material a partir de parâmetros determinados especificamente para este trabalho em bases de dados.

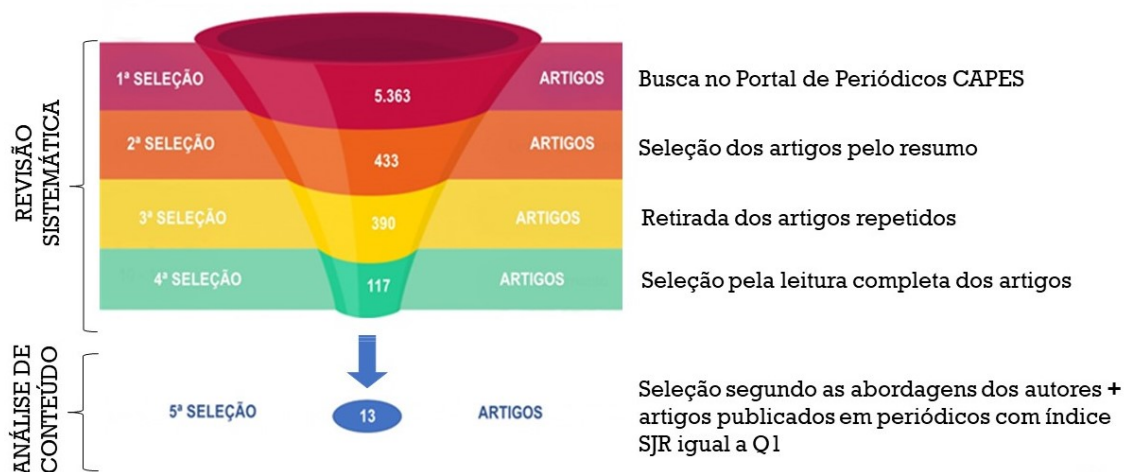
Para isso, foram realizadas 4 etapas de seleção, de onde os resultados partiram de 5.363 artigos selecionados no Portal Periódicos CAPES/MEC, após a triagem a partir dos seus resumos o número caiu para 433 arquivos. Com a retirada dos artigos repetidos, o número diminuiu para 390 que ao passarem por um processo de leitura completa de seus conteúdos, foram selecionados 117 arquivos.

Durante este processo, foi possível compreender em quais áreas do conhecimento o tema desta pesquisa se destaca, assim como a quantidade de publicação ao longo dos anos, a área de avaliação onde as pesquisas estão sendo desenvolvidas e a nacionalidade dos autores procurando identificar onde estão sendo desenvolvidos os estudos a respeito do tema, confirmando e reafirmando desta forma a sua viabilidade de aplicação em relação ao cenário atual.

Na fase de Análise de Conteúdo, o processo de seleção passou por mais 2 etapas, para que fosse possível identificar entre os 117 artigos selecionados durante a Revisão Sistemática, os autores mais significativos para este estudo. A primeira etapa consistiu na avaliação do conteúdo do material selecionado, buscando identificar os mais completos e com melhores subsídios para o embasamento deste trabalho, chegando a 27 artigos, que ao serem submetidos à segunda etapa de seleção, que consistiu na análise da qualidade destes conteúdos através dos periódicos nos quais foram publicados, caiu para 13 arquivos e 38 autores, os quais

representam as referências mais significativas para o desenvolvimento do método proposto por este estudo. A Figura 22 apresenta as etapas de seleção realizadas.

Figura 22 - Resultados do processo de seleção dos artigos.



Fonte: a autora, 2017.

Durante a fase de Análise de Conteúdo, após a seleção dos 13 artigos com seus 38 autores, os mesmos foram submetidos a uma análise crítica, com a qual foi possível identificar as contribuições e limitações de cada conteúdo científico, o que possibilitou determinar a aplicação destas informações para o desenvolvimento deste trabalho, reafirmando e embasando a criação do método conceitual para a aplicação da Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) sustentáveis, finalizando desta forma, o Estado da Arte.

Logo, o desenvolvimento do Estado da Arte, foi de fundamental importância na identificação de conceitos sólidos capazes de fundamentar reflexões, identificados através de uma metodologia de síntese, que selecionou e avaliou criticamente o material científico disponível, permitindo desta forma, um profundo conhecimento do universo da pesquisa e possibilitando utilizar os princípios identificados, no atendimento aos objetivos propostos para este trabalho.

4 MÉTODO CONCEITUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADO NOS CONCEITOS DA BIOMIMÉTICA E DA SUSTENTABILIDADE

Cada vez mais ações de conscientização ambiental surgem refletindo uma mudança de paradigma onde a humanidade encontra-se em um momento de decisão tendo de escolher em dar continuidade ao consumismo exploratório ou caminhar na direção de um desenvolvimento sustentável, tomando a natureza como fonte de aprendizagem e inspiração. Além disso, o cenário tecnológico atual apresenta-se com elevado grau de conhecimento possibilitando condições para a investigação científica de ponta, abrindo um leque de possibilidades para descobertas e soluções naturais.

Desta forma, o reconhecimento da Biomimética como ferramenta transformadora neste processo, precisa ser incentivado. E, inserido neste contexto, este trabalho visa desenvolver um método para auxiliar e incentivar a utilização da natureza como fonte de inspiração durante o processo de desenvolvimento de produtos, utilizando-se de princípios Biomiméticos e tendo como premissa a sustentabilidade, alcançando como resultado o Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – BIOS.

Porém, para que fosse possível atender aos objetivos propostos para este trabalho, foi realizado o Estado da Arte da Biomimética aplicada ao Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, no qual, durante o processo de Análise de Conteúdo, foi possível identificar através das contribuições e limitações dos autores selecionados como os mais significativos para este trabalho, necessidades e oportunidades para nortear o desenvolvimento do Método BIOS. Influenciando desta forma, nas tomadas de decisão e parâmetros, estabelecendo pré-requisitos a serem atingidos pelo método:

1. Fornecer opções de ferramentas de apoio para a aplicação do método;
2. Contemplar todas as etapas necessárias para a geração da proposta completa do produto;
3. Apresentar as possibilidades de geração de ideias oferecidas pela Biomimética;

4. Estimular a busca por alternativas que possam garantir resultados sustentáveis;
5. Estimular a geração de soluções viáveis, incluindo a possibilidade de desenvolvimento de materiais, produtos ou serviços;
6. Fases e etapas bem definidas para maior facilidade de aplicação do método.

Para isso, como base referencial para o desenvolvimento do Método BIOS e, para auxiliar no atendimento aos requisitos propostos, foi utilizado o Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006), já comentado no item 3.2 *Desenvolvimento de Produtos*. O mesmo foi selecionado buscando atender ao pré-requisito de número 6 apresentado, o qual se refere à geração de soluções viáveis incluindo a possibilidade de desenvolvimento de materiais, produtos ou serviços, por se tratar de um Modelo com características que permitem sua adaptação a diversos produtos e por sua flexibilidade favorecer a aplicação da Biomimética, uma ciência multidisciplinar, ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP).

Logo, o Método BIOS possui suas fases inseridas no Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006), distribuídas entre as macro fases: Projeto Informacional, Conceitual e Detalhado, conforme Figura 23.

Figura 23 - Modelo Unificado de Rozenfeld et al., 2006 e as fases do Método BIOS.



Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2014.

Esta decisão foi tomada visando atender ao pré-requisito de número 2, que busca contemplar as etapas necessárias para a geração da proposta completa do produto. Como o Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006) possui cinco macro fases, sendo elas: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado,

Preparação para Produção e Lançamento do Produto e, o método proposto trata da busca por soluções e geração de ideias, o mesmo deverá ser aplicado à macro fase de Desenvolvimento, onde encontram-se os Projetos Informacional, Conceitual e Detalhado, responsáveis pela criação e detalhamento do produto.

Assim sendo, o Projeto Informacional irá identificar a oportunidade, determinar a questão problema e especificar as diretrizes para o projeto, o Projeto Conceitual, irá abordar o processo de criação, seleção e aprovação das ideias e o Projeto Detalhado, irá elaborar as especificações necessárias para que o produto possa ser encaminhado para a produção.

Com isso, a estrutura do Método BIOS é formada por três macro fases, seis fases e quatorze etapas, resultando em três níveis que se distribuem conforme Figura 24.

Figura 24 - Estrutura do Método BIOS.



Fonte: A autora, 2017.

Logo, este estudo considera as macro fases de Pré-desenvolvimento e Pós-desenvolvimento do Modelo Unificado (ROZENFELD *et al.*, 2006) como complementares a aplicação deste método, inseridas na visão de inovação e sustentabilidade proposta pelo mesmo com o objetivo de contribuir para a sua eficiência e eficácia.

Durante a apresentação do método proposto no próximo item, além da sua descrição, serão apresentadas as ferramentas de apoio essenciais para o sucesso da sua aplicação. Esta decisão foi tomada para atendimento ao pré-requisito de número 1, que aponta a necessidade de ferramentas de apoio para auxiliar a aplicação prática do Método BIOS, buscando aproveitar ao máximo o seu potencial.

4.1 APRESENTAÇÃO DO MÉTODO CONCEITUAL PRELIMINAR

O Método BIOS possui 6 fases: “**Identificação da Oportunidade**”, seguida pela “**Definição do Problema**”, “**Geração de Soluções**”, “**Seleção da Solução**”, “**Definição do Conceito**” e, finalizando com a fase “**Especificação da Solução**”. Cada uma destas, possui etapas específicas caracterizando o método como um processo linear e sequencial, conforme observado nas Figuras 25 e 26, onde:

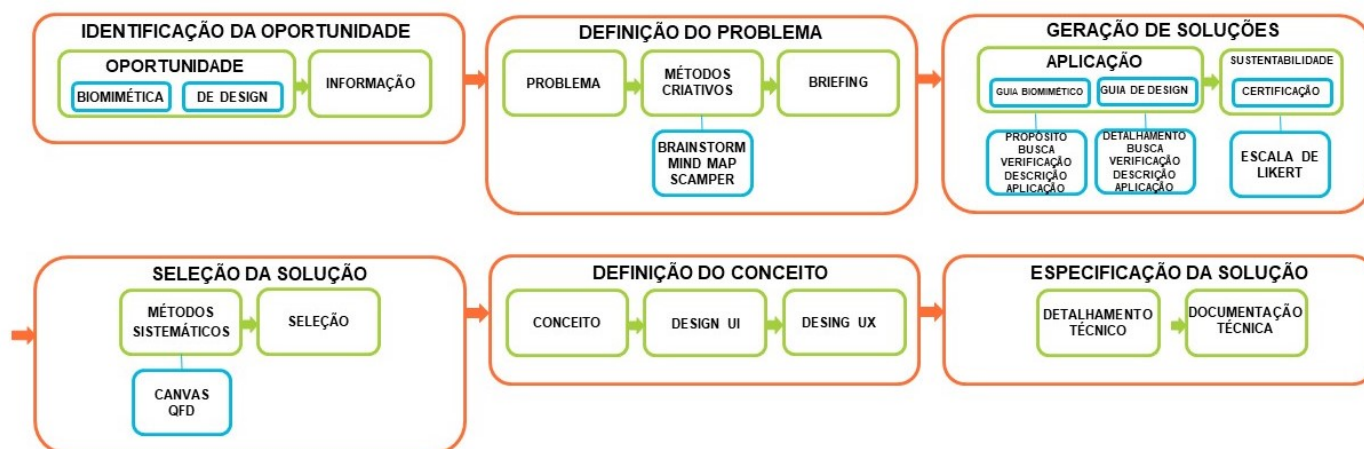
A sua modelagem busca incorporar aspectos e conceitos importantes do Design ao Modelo Unificado (ROZENFELD, et al, 2006) com o objetivo de superar as limitações identificadas durante o Estado da Arte, contribuindo para a estruturação do Processo de Desenvolvimento de Produtos Bioinspirados Sustentáveis, visando atender desta forma, ao pré-requisito de número 5, que refere-se à estimular a geração de soluções viáveis e a aplicação do método não somente para a geração de produtos, mas também de materiais e serviços.

Figura 25 - Legenda para o Método BIOS.



Fonte: A autora, 2017.

Figura 26 – Fases e Etapas do Método BIOS.



Fonte: A autora, 2017.

A seguir, as 6 fases do Método BIOS serão apresentadas e detalhadas separadamente, como se segue:

- i. Identificação da Oportunidade;
- ii. Definição do Problema;
- iii. Geração de Soluções;
- iv. Seleção da Solução;
- v. Definição do Conceito;
- vi. Especificação da Solução.

Desta forma, será possível ter uma melhor compreensão do processo, contribuindo para maior assimilação do Método BIOS.

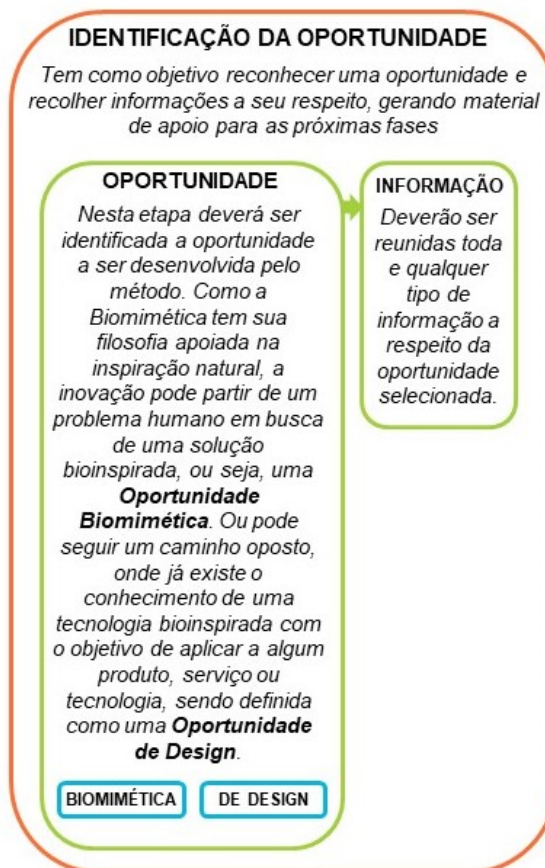
4.1.1 Identificação da Oportunidade

O Método BIOS tem início com a fase de **Identificação da Oportunidade**, na qual foi possível atender ao pré-requisito de número 3, que se refere à necessidade de apresentar as possibilidades de geração de ideias oferecidas pela Biomimética que fornece dois caminhos para o desenvolvimento de produtos, ou seja, partir de um problema buscando a solução ou, partir de uma solução para resolver um problema, o qual deve ser selecionado na primeira etapa **Oportunidade**, para que na fase de Geração de Soluções, possa ser utilizado o guia correto.

Além disso, ainda nesta fase, na segunda etapa **Informação**, deve ser realizado um trabalho de pesquisa para coletar informações a respeito da oportunidade identificada, gerando material de apoio para as próximas fases. Logo, a fase de Identificação da Oportunidade possui duas etapas como detalhado na Figura 27.

Ao final desta fase, além da identificação da Oportunidade Biomimética ou de Design, deverá ter sido gerado material informacional suficiente para familiarização e compreensão do universo da proposta a ser desenvolvida pelo método.

Figura 27 - Fase 1 - Identificação da Oportunidade.



Fonte: A autora, 2017.

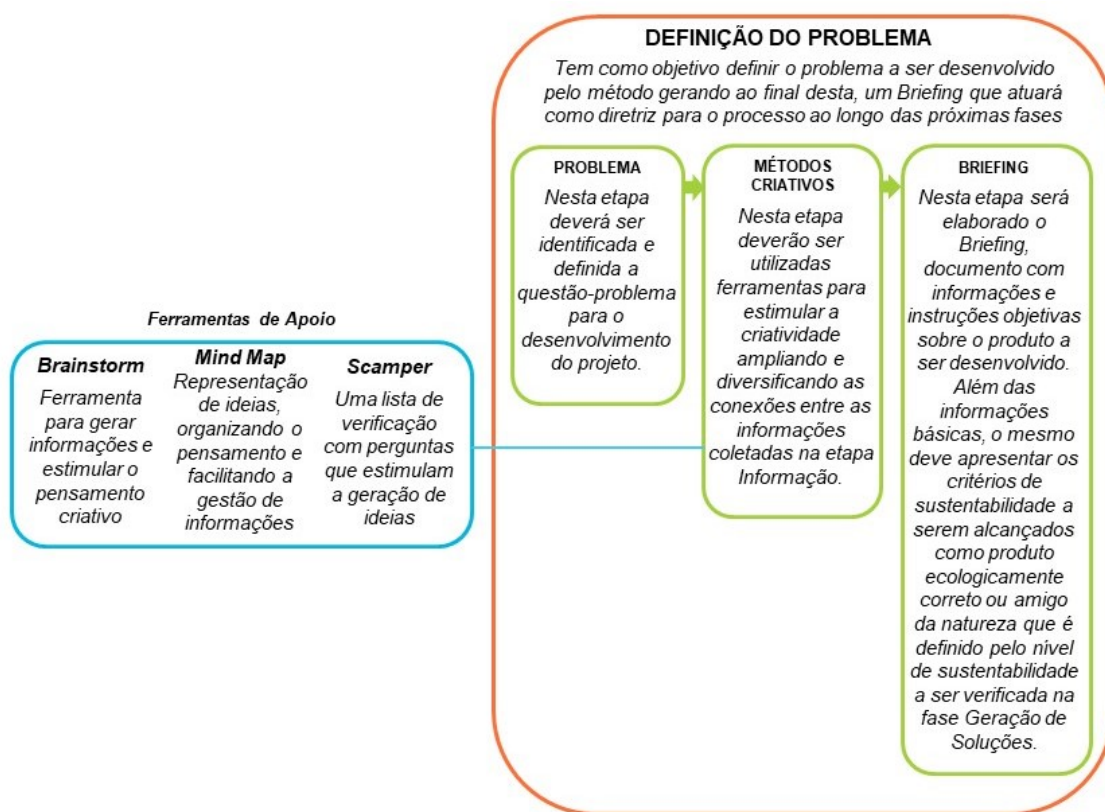
4.1.2 Fase Definição do Problema

Após a identificação da oportunidade e coleta das informações na primeira fase, nesta segunda de **Definição do Problema**, deve ser gerado o Briefing do projeto a ser desenvolvido e, para isso, foram definidas três etapas. Na primeira etapa **Problema**, deve ser identificada a questão-problema, em seguida, na segunda etapa **Métodos Criativos**, serão utilizadas ferramentas de apoio para estimular a criatividade e ampliar as possibilidades de conexão entre as informações coletadas estimulando e organizando o pensamento para auxiliar no desenvolvimento do **Briefing**, que é a terceira etapa. A Figura 28 apresenta a Fase Definição do Problema com suas etapas.

Logo, a primeira fase de definição do problema, é responsável por organizar as informações coletadas de modo que possa ser gerado um documento orientativo nesta segunda fase, para o desenvolvimento do projeto visando ao final do

processo, alcançar os objetivos propostos contribuindo desta forma para a eficácia do método.

Figura 28 - Fase 2 - Definição do Problema.



Fonte: A autora, 2017.

Em relação às ferramentas de apoio sugeridas na etapa de Métodos Criativos, as mesmas encontram-se detalhadas no Quadro 13, porém, existem outras opções não relacionadas como sugestão neste documento, que podem ser utilizadas, não interferindo na eficiência e desenvolvimento do processo orientado por este método.

Quadro 13 - Ferramentas de apoio para a criatividade

Brainstorm	Significa tempestade cerebral. Ferramenta para gerar informações e estimular o pensamento criativo.
Mind Map	Significa mapa mental. Representação de ideias de maneira intuitiva, organizando o pensamento e facilitando a gestão de informações.
Scamper	Técnica que estimula a criatividade. Uma lista de verificação com perguntas que estimulam a geração de ideias.

Fonte: A autora, 2017.

Durante a terceira etapa Briefing, além das informações necessárias para a geração deste documento como histórico da empresa, público alvo, pesquisa de mercado, objetivos, prazos entre outras informações e, para a correta aplicação deste método, o mesmo deve apresentar também o critério de sustentabilidade a ser alcançado com o produto a ser desenvolvido, sendo este um item obrigatório para a aplicação deste método. Para isso, foi criada uma Escala de Likert que caracteriza o nível de sustentabilidade a ser alcançado pelo projeto.

Nesta etapa, ao final da fase, após a familiarização e aquisição de conhecimento a respeito do universo que gira em torno da oportunidade escolhida e definição da questão-problema a ser atendida, é possível determinar o nível de sustentabilidade que o produto deve alcançar.

O mesmo pode ser classificado em ecologicamente correto ou amigo da natureza conforme conceito apresentado no item 2.4 Sustentabilidade deste documento, onde os produtos amigos da natureza apresentam inovações tecnológicas que contribuem para a redução de impactos negativos e, os ecologicamente corretos apresentam processos sustentáveis em relação à matéria-prima, toxidade, embalagem etc., conforme o nível alcançado dentro da Escala de Likert apresentada no Quadro 14.

Quadro 14 - Quadro com pontuação da Escala de Likert.

Pontuação	Igual ou Superior a 431 pontos	Entre 311 e 430 pontos	Entre 186 e 310 pontos	Entre 121 e 185 pontos	Igual ou inferior a 120 pontos
Níveis de Sustentabilidade	Plena	Forte	Intermediária	Fraca	Inexistente
Classificação do Produto	Ecologicamente Correto		Amigo da Natureza		Não sustentável

Fonte: A autora, 2017.

Logo, após a definição do nível de sustentabilidade a ser alcançado pelo projeto, o mesmo deverá ser verificado na próxima fase, durante a etapa Sustentabilidade, onde o Quadro 14 será melhor apresentado e detalhado.

Portanto, ao final desta fase, deverá ter sido definida a questão-problema, além da ampliação das possibilidades de conexão entre as informações já coletadas

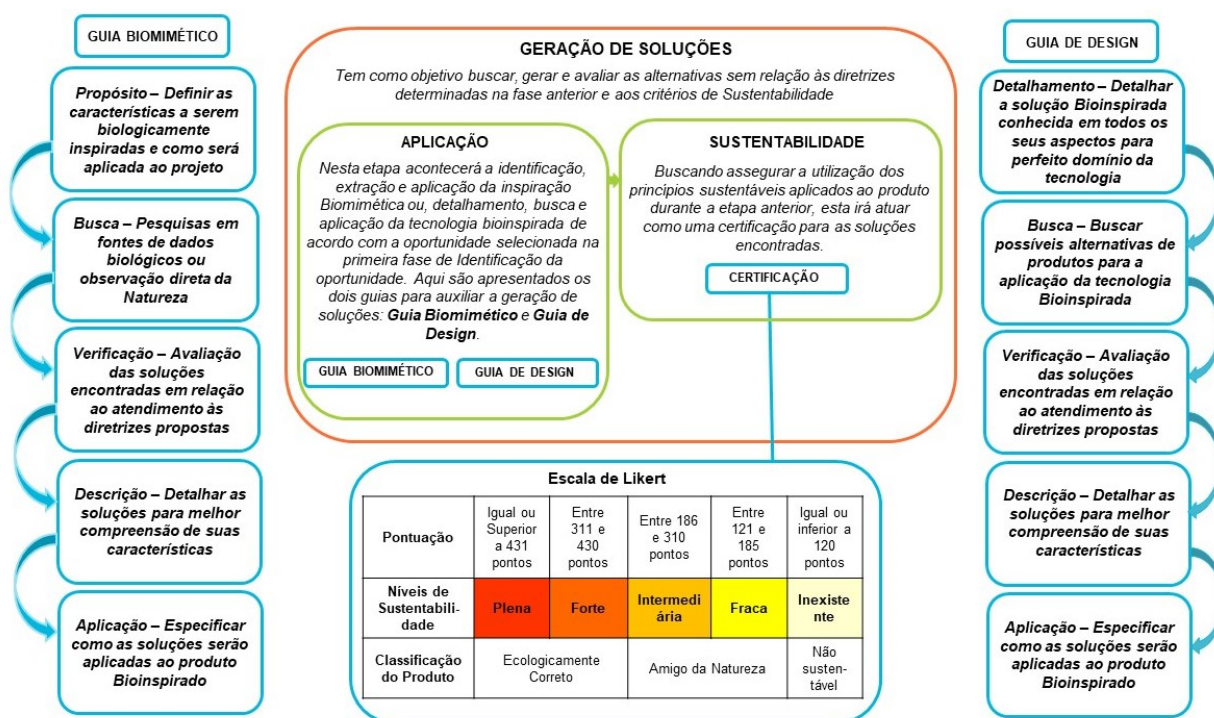
para confecção do Briefing com as diretrizes a serem alcançadas ao final da aplicação do método.

4.1.3 Fase Geração de Soluções

Com o problema definido na fase anterior, o próximo passo, será gerar soluções e testá-las para verificar se as mesmas atendem o nível de sustentabilidade exigido no Briefing e as demais diretrizes determinadas.

Esta fase **Geração de Soluções** possui 2 etapas, sendo a primeira **Aplicação**, responsável pela geração de ideias e a segunda etapa **Sustentabilidade**, pela certificação das soluções geradas na etapa anterior, verificando se o nível de sustentabilidade definido no Briefing foi alcançado. Logo, se nenhuma das soluções for certificada, as mesmas devem ser descartadas e a etapa Aplicação deve ser refeita para que as novas soluções possam ser avaliadas e certificadas. A Figura 29 apresenta a Fase Geração de Soluções.

Figura 29 - Fase 3 - Geração de Soluções.



Fonte: A autora, 2017.

Na primeira etapa Aplicação, para a utilização do Guia Biomimético, deve-se seguir os 5 passos já apresentados na Figura 29 e detalhados seguir no Quadro 15.

Quadro 15 – Guia Biomimético.

Guia Biomimético	
Propósito	Deve-se definir quais as características a serem inspiradas biologicamente, ou seja, como a inspiração Biomimética será aplicada ao projeto, podendo ser utilizada para um ou mais requisitos do produto: materiais, tecnologias, processos, conexões, articulações, etc.
Busca	As pesquisas deverão ser feitas em fontes de dados biológicos buscando selecionar todas as possíveis soluções para o problema proposto (ver sugestões de modelos orientativos de identificação da tecnologia natural e bancos de dados no item 2.1 <i>Biomimética</i>) ou através da observação direta da natureza.
Verificação	Deverá ser feita uma avaliação em todas as soluções encontradas visando analisar quais alternativas conseguiram atender às diretrizes propostas. As soluções aprovadas seguem para o próximo passo. Se nenhuma solução for aprovada, deve-se refazer a Busca para que sejam encontradas novas soluções.
Descrição	As soluções aprovadas devem ser detalhadas visando uma perfeita compreensão da mesma assim como suas características e limitações.
Aplicação	Especificar como a tecnologia será utilizada no projeto, ou seja, como será aplicada ao produto bioinspirado, gerando desta forma, material de apoio para as próximas fases.

Fonte: A autora, 2017.

Já para a utilização do Guia de Design, deve-se seguir os 5 passos já apresentados na Figura 29 e detalhados a seguir no Quadro 16.

Quadro 16 – Guia de Design.

Guia de Design	
Detalhamento	Detalhar a solução bioinspirada conhecida em todos os seus aspectos, visando adquirir domínio da tecnologia para uma perfeita compreensão das suas possibilidades de aplicação.
Busca	Buscar todas as possíveis alternativas de produtos para a aplicação da solução bioinspirada detalhada anteriormente. Para auxiliar neste passo, existem bibliotecas virtuais com exemplos de soluções desenvolvidas a partir de tecnologia bioinspirada, entre elas destaca-se a AskNature (ASKNATURE, 2017), atuando como uma estratégia de estímulo à criatividade.
Verificação	Deverá ser feita uma avaliação em todas as soluções encontradas visando analisar quais alternativas conseguiram atender às diretrizes propostas. As soluções aprovadas seguem para o próximo passo. Se nenhuma solução for aprovada, deve-se refazer a Busca para que sejam encontradas novas soluções.
Descrição	As soluções aprovadas devem ser detalhadas visando uma perfeita compreensão da mesma assim como suas características e limitações.
Aplicação	Especificar como a tecnologia será utilizada no projeto, ou seja, como será aplicada ao produto bioinspirado, gerando desta forma, material de apoio para as próximas fases.

Fonte: A autora, 2017.

Logo, nesta primeira etapa Aplicação, foi possível, através do Guia Biomimético ou de Design, encontrar possíveis soluções para atender ao problema proposto para o projeto.

Na segunda etapa Sustentabilidade desta fase Geração de Soluções, as soluções encontradas serão avaliadas e certificadas e, para que isso seja possível, é necessário utilizar uma ferramenta que consiga classificar as diretrizes especificadas na Aplicação, último passo dos Guias Biomiméticos ou de Design da etapa anterior, visando identificar o nível de sustentabilidade que esta solução pode alcançar e se a mesma atende ao que foi determinado no Briefing.

A ferramenta selecionada para ser utilizada por este método para a certificação do nível de sustentabilidade das soluções encontradas durante a etapa anterior, utiliza-se de uma classificação numérica relacionada a diretrizes para o desenvolvimento de produtos orientados à sustentabilidade, conhecida como “Seleção das Recomendações de Projeto” de Fernandes (2013), definida pela mesma como:

“um conjunto de diretrizes que devem ser utilizadas para direcionar o desenvolvimento de produtos orientados à sustentabilidade. Estas recomendações estão alinhadas às quatro categorias de produtos Bens Consumíveis, Bens de Uso Rápido, Bens Multiuso Não Consumidores e Bens Multiuso Consumidores”.

A utilização desta ferramenta consiste primeiramente em identificar uma categoria de produto no Quadro 16 – Classificação das Categorias de Produtos, na qual a solução encontrada possa ser inserida, podendo optar entre as seguintes alternativas: Bens Consumíveis, Bens de Uso Rápido, Bens Duráveis não Consumidores e Bens Duráveis Consumidores. As especificações de cada categoria, assim como exemplos para melhor compreensão, encontram-se no Quadro 17.

Em seguida, após identificar a categoria de produto, deve-se selecionar no Quadro de Recomendações de Projeto correspondente, os quais encontram-se nos Quadros 18 a 21, todas as diretrizes que a solução encontrada consegue atender. Para cada diretriz selecionada, há um valor correspondente que ao final da seleção, através de um somatório, irá gerar um resultado, o qual deverá ser verificado na Escala de Likert, o nível de sustentabilidade alcançado.

Quadro 17 - Classificação das Categorias de Produtos.

Categorias de Produtos	Características	Exemplos
Bens Consumíveis	Produtos que são consumidos ao longo da sua utilização. Geralmente eles são comprados repetidas vezes e apenas a embalagem usada para o seu armazenamento resta após o seu consumo. Do ponto de vista do <i>design</i> , o projeto da embalagem é um dos principais focos dessa categoria.	Alimentos, produtos de limpeza e higiene, medicamentos, tintas, pesticidas, pilhas, canetas, etc.
Bens de Uso Rápido	Produtos de único consumo ou consumo rápido, normalmente de uso individual e relativamente baixo custo.	Jornais, revistas, escova de dente, fraldas descartáveis, hastes flexíveis, etc.
Bens Duráveis Não Consumidores	Bens duráveis que não consomem ou consomem pouca energia/ recursos durante o seu uso e/ou sua manutenção. Normalmente, são de uso coletivo ou compartilhado.	Objetos de utilidade doméstica, mobiliário, produtos decorativos, artigos esportivos, vestuário em geral, etc.
Bens Duráveis Consumidores	Bens duráveis que consomem energia e/ou recursos durante o seu uso. Normalmente, são de uso coletivo ou compartilhado.	Eletroeletrônicos, eletrodomésticos, veículos em geral, linha branca, etc.

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2013.

Desta forma, a Certificação de Sustentabilidade deve seguir os seguintes passos:

1. Identificar a categoria de produto para a solução encontrada na etapa anterior no Quadro 16 - Classificação das Categorias de Produtos;
2. No Quadro de Recomendações de Projeto (Quadros 18 a 21) correspondente a categoria identificada, selecionar as diretrizes que a solução encontrada consegue atender;
3. Fazer o somatório dos valores de todas as diretrizes selecionadas;
4. Verificar na Escala de Likert, especificado na Tabela 5, em qual nível de sustentabilidade o resultado gerado com o somatório dos valores das diretrizes, se encaixa.

Quadro 18 - Recomendações de Projeto para Bens Consumíveis.

	Recomendações de Projeto para Bens Consumíveis	Pontuação
1º	Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura / dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.).	65
2º	Evitar/minimizar materiais e aditivos que possam causar danos ou emissões tóxicas ao longo do ciclo de vida do produto.	65
3º	Priorizar a utilização de materiais de baixo impacto considerando o maior número possível de etapas do ciclo de vida do produto.	61
4º	Evitar e/ou minimizar o uso de materiais adicionais (ex.: colas, rótulos e tintas utilizadas no processo de impressão).	56
5º	Analisar as características físicas e químicas dos produtos para a escolha dos materiais para a produção de embalagens.	51
6º	Projetar produtos mais leves e concentrados.	48
7º	Projetar o tamanho da embalagem correspondente à quantidade de produto.	46
8º	Projetar as embalagens avaliando sua planificação para melhor aproveitamento de material.	45
9º	Projetar para a construção com o mínimo de partes e etapas possível (ex. excluir partes ou componentes que não sejam estritamente funcionais; evitar sistemas complexos de montagem).	41
10º	Minimizar o uso de diferentes tipos de material.	40
11º	Evitar a sobreposição de embalagens.	39
12º	Projetar embalagens econômicas (ex. embalagens tipo 'tamanho família').	39
13º	Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).	24
14º	Posicionar dados sobre materiais de forma visível e preferencialmente diretamente sobre o produto.	22
15º	Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.	21
16º	Facilitar a desmontagem evitando combinações que impossibilitem ou dificultem o processo de separação e reciclagem dos materiais.	21
17º	Projetar embalagem que mantenham a integridade e qualidade do produto em condições normais de transporte e armazenamento.	20
18º	Evitar o uso de materiais não biodegradáveis em produtos destinados a reciclagem orgânica e/ou descarte em aterro sanitário.	20
19º	Projetar embalagens que facilitem o uso correto do produto (ex. embalagens/rótulos instruindo sobre a quantidade adequada de produto necessário para a realização de uma determinada ação).	20
20º	Utilizar materiais reciclados seguindo a abordagem de 'efeito cascata'.	18
21º	Projetar para formas de produção de baixo consumo energético e baixa emissão de resíduos.	18
22º	Fornecer informações adicionais, como número de reciclagens efetuadas ou aditivos utilizados na composição dos materiais.	17
23º	Fornecer ao usuário informações sobre o descarte correto do produto.	17
24º	Projetar embalagem para facilitar o transporte, empilhamento, armazenamento e exposição do produto no ponto de venda.	16
25º	Permitir ajustes de consumo variável às exigências de função.	15
26º	Projetar estruturas que facilitem a redução do volume após o consumo.	14
27º	Identificar os materiais conforme ABNT NBR ISO14021:2004.	14
28º	Projetar estruturas que facilitem o processo de limpeza/higienização visando garantir a extensão da vida útil do produto.	13
29º	Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.	8
30º	Projetar embalagem como parte integrante do produto (ex.: em produtos alimentícios como bombons ou biscoitos, embalagens estruturais internas podem ser comestíveis).	6
31º	Simplificar os projetos evitando configurações complexas.	2

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2013.

Quadro 19 - Recomendações de Projeto para Bens de Uso Rápido.

	Recomendações de Projeto para Bens de Uso Rápido	Pontuação
1º	Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura / dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.).	64
2º	Evitar/minimizar materiais e aditivos que possam causar danos ou emissões tóxicas ao longo do ciclo de vida do produto.	63
3º	Priorizar a utilização de materiais de baixo impacto considerando o maior número possível de etapas do ciclo de vida do produto.	58
4º	Evitar e/ou minimizar o uso de materiais adicionais (ex.: colas, rótulos e tintas utilizadas no processo de impressão).	57
5º	Projetar produtos mais leves e concentrados.	44
6º	Projetar para a construção com o mínimo de partes e etapas possível (ex. excluir partes ou componentes que não sejam estritamente funcionais; evitar sistemas complexos de montagem).	40
7º	Minimizar o uso de diferentes tipos de material.	40
8º	Projetar embalagens econômicas (ex. embalagens tipo 'tamanho família').	27
9º	Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).	24
10º	Posicionar dados sobre materiais de forma visível e preferencialmente diretamente sobre o produto.	22
11º	Facilitar a desmontagem evitando combinações que impossibilitem ou dificultem o processo de separação e reciclagem dos materiais.	21
12º	Evitar o uso de materiais não biodegradáveis em produtos destinados a reciclagem orgânica e/ou descarte em aterro sanitário.	19
13º	Utilizar materiais reciclados seguindo a abordagem de 'efeito cascata'.	18
14º	Fornecer informações adicionais, como número de reciclagens efetuadas ou aditivos utilizados na composição dos materiais.	18
15º	Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.	17
16º	Fornecer ao usuário informações sobre o descarte correto do produto.	16
17º	Projetar para formas de produção de baixo consumo energético e baixa emissão de resíduos.	15
18º	Identificar os materiais conforme ABNT NBR ISO14021:2004.	14
19º	Projetar estruturas que facilitem a redução do volume após o consumo.	13
20º	Projetar estruturas que facilitem o processo de limpeza/higienização visando garantir a extensão da vida útil do produto.	13
21º	Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.	7
22º	Planejar a substituição e/ou a reutilização de partes do produto.	4
23º	Simplificar os projetos evitando configurações complexas.	3

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2013.

Quadro 20 - Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Não Consumidores.

Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Não Consumidores		Pontuação
1º	Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.	55
2º	Evitar cantos vivos e arestas afiadas.	38
3º	Planejar a substituição e/ou a reutilização de partes do produto.	36
4º	Projetar partes e/ou componentes padronizados, intercambiáveis e/ou modulares.	35
5º	Facilitar o acesso e a remoção de partes e componentes que podem ser reutilizados e/ou remanufaturados.	34
6º	Evitar ligações/junções frágeis (aumentar resistência de partes sujeitas a avarias e rupturas).	34
7º	Sinalizar ou proteger áreas de risco ao usuário.	33
8º	Projetar partes e/ou componentes para família de produtos.	32
9º	Projetar junto ao produto instruções e/ou instrumentos para a manutenção e montagem.	32
10º	Facilitar o acesso e a remoção de partes que necessitam de manutenção periódica (ex. limpeza, lubrificação, etc.).	31
11º	Projetar produtos prevendo o fornecimento de serviços.	31
12º	Simplificar os projetos evitando configurações complexas.	31
13º	Projetar para reduzir as operações de manutenção e reparo.	29
14º	Projetar prevendo um segundo uso (reuso).	28
15º	Projetar produtos de uso compartilhado e/ou coletivo.	28
16º	Evitar/minimizar materiais e aditivos que possam causar danos ou emissões tóxicas ao longo do ciclo de vida do produto.	25
17º	Projetar produtos modulares e reconfiguráveis (adaptação a diversos ambientes e tipos de usuário).	25
18º	Projetar produtos multifuncionais e/ou com funções integradas.	24
19º	Projetar características estéticas atemporais.	22
20º	Priorizar a utilização de materiais de baixo impacto considerando o maior número possível de etapas do ciclo de vida do produto.	21
21º	Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura / dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.).	20
22º	Projetar para a construção com o mínimo de partes e etapas possível (ex. excluir partes ou componentes que não sejam estritamente funcionais; evitar sistemas complexos de montagem).	16
23º	Minimizar o uso de diferentes tipos de material.	15
24º	Projetar produtos mais leves e concentrados.	14
25º	Minimizar o peso dos produtos móveis.	13
26º	Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).	10
27º	Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.	8
28º	Analisar requisitos ergonômicos do público-alvo para garantir uma maior abrangência de usuários.	8

29º	Utilizar materiais reciclados seguindo a abordagem de 'efeito cascata'.	7
30º	Projetar as partes estruturais separáveis das partes de acabamento.	7
31º	Projetar estruturas que facilitem o processo de limpeza/higienização visando garantir a extensão da vida útil do produto.	7
32º	Facilitar a desmontagem evitando combinações que impossibilitem ou dificultem o processo de separação e reciclagem dos materiais.	7
33º	Projetar para formas de produção de baixo consumo energético e baixa emissão de resíduos.	7
34º	Fornecer informações adicionais, como número de reciclagens efetuadas ou aditivos utilizados na composição dos materiais.	6
35º	Posicionar dados sobre materiais de forma visível e preferencialmente diretamente sobre o produto.	6
36º	Fornecer ao usuário informações sobre o descarte correto do produto.	5
37º	Identificar os materiais conforme ABNT NBR ISO14021:2004.	5

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2013.

Quadro 21 - Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Consumidores.

	Recomendações de Projeto para Bens Multiuso Consumidores	Pontuação
1º	Evitar/minimizar materiais e aditivos que possam causar danos ou emissões tóxicas ao longo do ciclo de vida do produto.	77
2º	Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura / dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.).	63
3º	Priorizar a utilização de materiais de baixo impacto considerando o maior número possível de etapas do ciclo de vida do produto.	54
4º	Projetar para a construção com o mínimo de partes e etapas possível (ex. excluir partes ou componentes que não sejam estritamente funcionais; evitar sistemas complexos de montagem).	47
5º	Projetar produtos mais leves e concentrados.	43
6º	Minimizar o uso de diferentes tipos de material.	43
7º	Minimizar o peso dos produtos móveis.	41
8º	Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).	40
9º	Analisar requisitos ergonômicos do público-alvo para garantir uma maior abrangência de usuários.	35
10º	Permitir ajustes de consumo variável às exigências de função.	32
11º	Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.	32
12º	Facilitar a economia de energia e/ou materiais durante o uso.	31
13º	Incorporar mecanismos programáveis para desligamento automático.	30
14º	Projetar sistemas de consumo passivo de recursos.	30
15º	Usar sistemas de transmissão de energia de alta eficiência.	29
16º	Projetar produtos com fonte energética própria e/ou adaptáveis a fontes energéticas alternativas (ex.: solar, mecânica).	28

17º	Projetar para formas de produção de baixo consumo energético e baixa emissão de resíduos.	24
18º	Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.	21
19º	Evitar cantos vivos e arestas afiadas.	18
20º	Simplificar os projetos evitando configurações complexas.	17
21º	Evitar ligações/junções frágeis (aumentar resistência de partes sujeitas a avarias e rupturas).	15
22º	Sinalizar ou proteger áreas de risco ao usuário.	15
23º	Planejar a substituição e/ou a reutilização de partes do produto.	15
24º	Projetar partes e/ou componentes padronizados, intercambiáveis e/ou modulares.	15
25º	Projetar produtos prevendo o fornecimento de serviços.	14
26º	Projetar partes e/ou componentes para família de produtos.	14
27º	Facilitar o acesso e a remoção de partes que necessitam de manutenção periódica (ex. limpeza, lubrificação, etc.).	14
28º	Projetar para a atualização de <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> .	14
29º	Projetar junto ao produto instruções e/ou instrumentos para a manutenção e montagem.	14
30º	Projetar para reduzir as operações de manutenção e reparo.	14
31º	Projetar produtos modulares e reconfiguráveis (adaptação a diversos ambientes e tipos de usuário).	13
32º	Projetar produtos interativos com outros sistemas digitais (ex.: acesso remoto, internet, <i>bluetooth</i>).	13
33º	Projetar prevendo um segundo uso (reuso).	13
34º	Projetar produtos de uso compartilhado e/ou coletivo.	12
35º	Projetar características estéticas atemporais.	12
36º	Facilitar o acesso e a remoção de partes e componentes que podem ser reutilizados e/ou remanufaturados.	12
37º	Projetar produtos multifuncionais e/ou com funções integradas.	11
38º	Prover sistemas de diagnóstico e/ou autodiagnóstico (de partes físicas e/ou digitais) para manutenção e reparo.	11
39º	Facilitar a desmontagem evitando combinações que impossibilitem ou dificultem o processo de separação e reciclagem dos materiais.	8
40º	Projetar estruturas que facilitem o processo de limpeza/higienização visando garantir a extensão da vida útil do produto.	8
41º	Fornecer ao usuário informações sobre o descarte correto do produto.	7
42º	Utilizar materiais reciclados seguindo a abordagem de 'efeito cascata'.	7
43º	Projetar as partes estruturais separáveis das partes de acabamento.	7
44º	Fornecer informações adicionais, como número de reciclagens efetuadas ou aditivos utilizados na composição dos materiais.	7
45º	Posicionar dados sobre materiais de forma visível e preferencialmente diretamente sobre o produto.	5
46º	Identificar os materiais conforme ABNT NBR ISO14021:2004.	5

Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2013.

Tabela 5 - Escala de Likert.

Pontuação	Igual ou Superior a 431 pontos	Entre 311 e 430 pontos	Entre 186 e 310 pontos	Entre 121 e 185 pontos	Igual ou inferior a 120 pontos
Níveis de Sustentabilidade	Plena	Forte	Intermediária	Fraca	Inexistente
Classificação do Produto	Ecologicamente Correto		Amigo da Natureza		Não sustentável

Fonte: A autora, 2017.

Para a determinação da Escala de Likert, apresentada na Figura 5, foram definidos 5 Níveis de Sustentabilidade partindo da classificação mais alta definida como “Plena”, em seguida “Forte”, “Intermediária”, “Fraca” e finalmente a “Inexistente”, que se refere a produto não sustentável. Cada um destes níveis está relacionado a uma faixa de valores denominada Pontuação, a qual foi determinada em função das médias mínimas e máximas alcançadas pelas diretrizes listadas nos Quadros de Recomendações de Projeto, além de cálculos percentuais proporcionais para definir os níveis intermediários da escala.

Conforme o conceito de sustentabilidade a ser utilizado por este estudo, o qual foi apresentado na seção 2.4. *Sustentabilidade*, o produto “Amigo da Natureza” apresenta inovações tecnológicas que contribuem para a redução de impactos negativos no meio ambiente e, o produto “Ecologicamente Correto” apresenta processos sustentáveis em relação à matéria-prima, toxidade, embalagens, etc. Desta forma, as pontuações que atingirem na Escala de Likert, os níveis de sustentabilidade “Fraca” ou “Intermediária”, caracterizam a solução encontrada, como um produto “Amigo da Natureza”. Enquanto que os níveis “Forte” ou “Plena”, caracterizam um produto “Ecologicamente Correto”, porém em diferentes estágios.

O processo para Certificação de Sustentabilidade foi desenvolvido para atender a um dos pré-requisitos a serem alcançados pelo método, requisitos estes, identificados durante a Análise de Conteúdo e relacionados no item 4 Método Conceitual para o Desenvolvimento de Produtos Baseados nos Conceitos da Biomimética e da Sustentabilidade. Logo, o pré-requisito atendido, é o de número 4, o qual estimula a busca por alternativas que possam garantir resultados sustentáveis para as soluções geradas.

Desta forma, será possível verificar se a solução encontrada alcançou o nível de sustentabilidade exigido para o projeto. Porém, se o nível exigido não for atingido, a solução deve ser descartada e a etapa Aplicação deve ser refeita buscando por novas soluções que passarão novamente pela etapa de Sustentabilidade para sua certificação. Logo, as soluções que conseguirem atingir o nível mínimo exigido de sustentabilidade, deverão passar para a próxima fase do método.

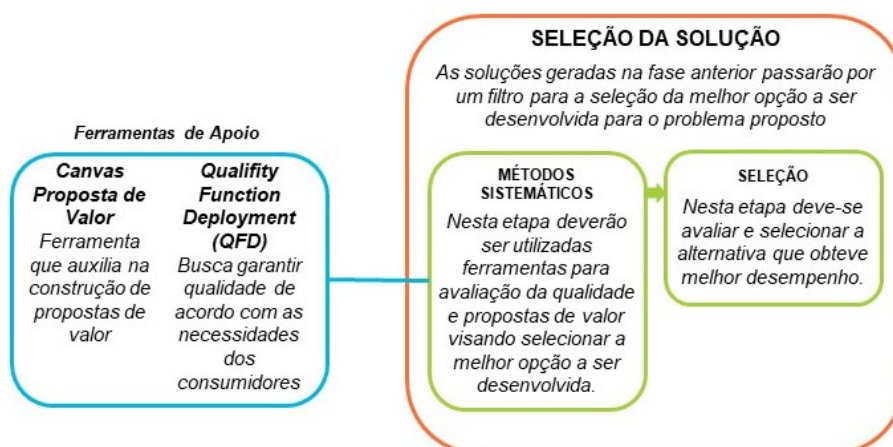
Ao final desta fase, deverão ser geradas soluções que atendam os níveis de sustentabilidade definidos no Briefing, assim como os demais objetivos e requisitos para o desenvolvimento da proposta de produto, serviço ou material pelo método.

4.1.4 Fase Seleção da Solução

Durante a fase anterior, de Geração de Soluções, foram geradas alternativas certificadas para a sustentabilidade que durante esta fase de **Seleção da Solução**, serão avaliadas em relação ao atendimento as demais diretrizes do Briefing e em relação a proposta de valor que o produto pode criar para o público alvo definido, o que vai ser decisivo para a seleção da melhor solução encontrada ou confirmação da mesma, no caso de apenas uma solução ter sido encontrada. Se ao final desta fase, nenhuma solução for aprovada, deve-se retornar à fase de Geração de Soluções para que o processo seja refeito.

A Figura 30 apresenta a Fase Seleção da Solução com suas etapas e ferramentas de apoio.

Figura 30 – Fase 4 – Seleção da Solução.



Fonte: A autora, 2017.

A fase possui duas etapas, durante a primeira de **Métodos Sistemáticos**, a qual foi desenvolvida para apoiar soluções e auxiliar na tomada de decisão, devem ser aplicadas ferramentas da qualidade ou de proposta de valores para certificar que o produto proposto atende às necessidades do público alvo para o qual foi desenvolvido. Para isso, foram sugeridas ferramentas, as quais encontram-se detalhadas no Quadro 22, porém, podem ser utilizadas outras opções que não foram apresentadas como sugestão neste documento, não interferindo na eficiência e desenvolvimento do processo orientado por este método.

Quadro 22 - Ferramentas de apoio para Métodos Sistemáticos.

Canvas de Proposta de Valor (Value Proposition Design)	Ferramenta que auxilia na construção de propostas de valor auxiliando na compreensão e conexão do produto ao público alvo.
Quality Function Deployment (QFD)	Ferramenta que busca garantir a qualidade de acordo com as necessidades dos consumidores.

Fonte: A autora, 2017.

Em seguida, na etapa **Seleção**, os resultados devem ser comparados e analisados para que seja selecionada a solução que melhor atendeu aos objetivos e diretrizes propostos. Logo, a solução aprovada deverá passar para a próxima fase.

Portanto, ao final desta fase, após testar e analisar as soluções encontradas, deve-se selecionar a melhor solução, para dar continuidade ao seu processo de desenvolvimento pelo método.

4.1.5 Fase Definição do Conceito

Após a seleção da melhor solução para o problema proposto na fase anterior, neta fase **Definição do Conceito**, a mesma deverá ser desenvolvida e, para isso, foram definidas três etapas apresentadas na Figura 31, as quais orientam a geração do conceito, desenvolvimento da parte visual e ergonômica do projeto.

Para esta fase, é importante considerar as diretrizes contidas no Briefing, assim como o material desenvolvido na fase Seleção da Solução, durante a etapa Métodos Sistemáticos.

Figura 31 - Fase 5 - Definição do Conceito.



Fonte: A autora, 2017.

Após a definição do conceito durante a etapa **Conceito**, o projeto deverá ser desenvolvido em relação ao seu visual na segunda etapa **Design UI (User Interface)**, a qual refere-se à estética do projeto, ou seja, determinar a aparência, elaborar sketches, aplicar testes de cor, seleção de texturas, materiais entre outros detalhes relacionados às características visuais do projeto.

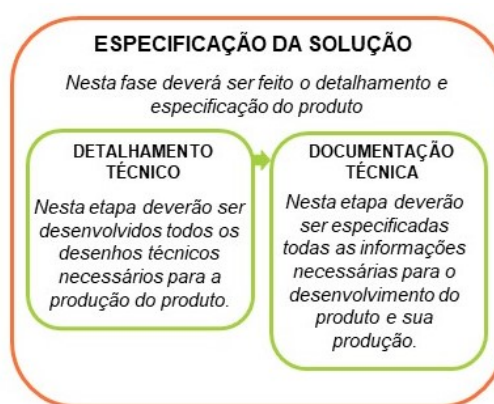
Já a terceira etapa **Design UX (User Experience)**, refere-se à experiência do usuário, voltado para a observação das necessidades do mesmo, visando o seu bem-estar. Através de avaliações, é possível compreender a relação do usuário e o produto, identificando pontos de melhorias para que seja possível proporcionar uma melhor experiência ergonômica. Avaliações estas, que podem ser realizadas através de Storyboards, análise da tarefa do produto, comparação de similares, elaboração de mockups e/ou protótipos, visando estabelecer um diagnóstico ergonômico e, desta forma, aplicar melhorias significativas ao projeto, minimizando erros e rejeição por parte do público alvo.

Com isso, ao finalizar, esta fase deverá fornecer, todas as informações a respeito do produto, serviço ou material desenvolvido, necessárias para a sua execução, para que na próxima fase, possa ser feito o detalhamento para sua produção.

4.1.6 Fase Especificação da Solução

Após a identificação da oportunidade, definição do problema, geração e seleção da solução, foi definido o conceito assim como as demais características que configuram o projeto desenvolvido, para que nesta fase **Especificação da Solução**, seja realizada todo o detalhamento e descrição necessários para a execução do projeto, através de duas etapas, **Detalhamento Técnico** e **Documentação Técnica**, apresentadas na Figura 32.

Figura 32 - Fase 6 - Especificação da Solução.



Fonte: A autora, 2017.

Logo, ao final desta fase, a qual finaliza o Método BIOS, deverá ser fornecido material para a execução ou produção do projeto desenvolvido.

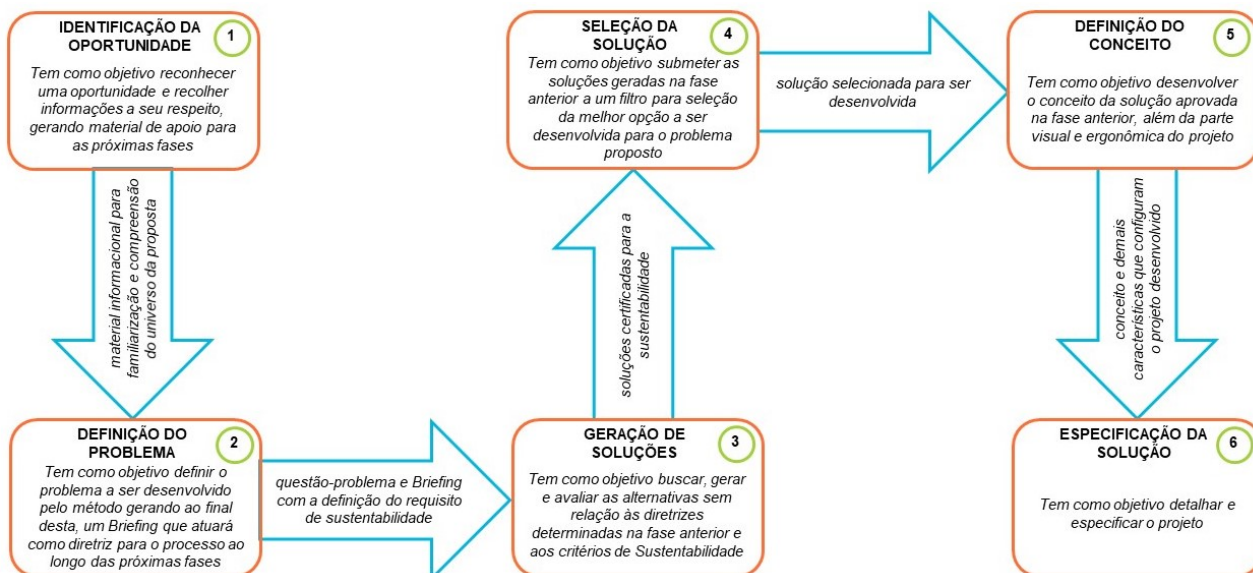
4.1.7 Considerações a respeito do Método Conceitual apresentado

O Método BIOS, foi desenvolvido com o objetivo de aplicar a Biomimética ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), buscando conceber produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável, implicando em otimização dos recursos oferecidos pelo meio ambiente no lugar de maximização, que leva ao aumento da produção de resíduos.

Para isso fosse possível, o método foi dividido em seis fases organizadas de forma a orientar e fornecer material necessário para a fase seguinte, atendendo desta forma ao último pré-requisito a ser atendido e identificado durante a Análise de Conteúdo e detalhado na seção 4. *Método Conceitual para o Desenvolvimento de Produtos baseado nos Conceitos da Biomimética e da Sustentabilidade*, o qual se refere a elaboração de fases e etapas bem definidas para maior facilidade de

aplicação do método, como pode ser observado na Figura 33, a qual apresenta um fluxograma do processo do Método BIOS com as fases e as informações geradas por cada uma delas para que a próxima pudesse ser executada.

Figura 33 - Fluxograma do Processo do Método BIOS.



Fonte: A autora, 2017.

Além disso, por se tratar de um método para geração de soluções utilizando-se dos princípios Biomiméticos e buscando a sustentabilidade, ele pode ser utilizado em associação a outros modelos ou métodos existentes. Neste caso, pode-se citar o Modelo de Processo de Design Orientado à Sustentabilidade (FERNANDES, 2017) o qual aborda todas as fases de Desenvolvimento de Produtos, abrangendo todo o Ciclo de Vida do Produto ou, o Método de Planejamento Estratégico do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis - PEPDIPS (TEIXEIRA, 2017), onde a sustentabilidade está na filosofia empresarial e, como consequência, no resultado de sua produção, gerando produtos sustentáveis de acordo com a maturidade da empresa.

No entanto, para que o método proposto possa de fato contribuir cientificamente, ele será avaliado buscando identificar falhas e apontar melhorias que permitam validar sua aplicação e, deste modo, proporcionar resultados significativos.

5 ESTUDO DE CASO

Para que o Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis - BIOS, possa ser avaliado em relação a sua aplicação e validado como um método para geração de soluções bioinspiradas e sustentáveis, serão realizados dois Estudos de Caso, os quais serão submetidos a avaliação por especialistas.

O estudo de caso tem como objetivo expandir e generalizar analiticamente teorias buscando esclarecer um conjunto de decisões, investigando fenômenos dentro de seu contexto (YIN, 2001). Desta forma, esta seção apresenta dois estudos de casos, nos quais o Método BIOS foi aplicado buscando elaborar propostas de projetos para desenvolvimento de produtos.

Desta forma, foi desenvolvido um estudo de caso que busca apresentar o desenvolvimento de um produto através do Guia Biomimético, enquanto que o segundo estudo de caso apresenta o desenvolvimento de um material através do Guia de Design, detalhados nos itens a seguir.

5.1 ESTUDO DE CASO 1: OPORTUNIDADE BIOMIMÉTICA

O presente estudo de caso apoia-se na inspiração natural que tem como ponto de partida, um problema humano em busca de uma solução bioinspirada, gerando uma Oportunidade Biomimética a ser desenvolvida pelo Método BIOS.

O problema apresentado para este estudo de caso, busca encontrar um produto que consiga amenizar as dores nas costas causadas pelo peso da barriga durante a gestação assim como auxiliar na sua correção postural.

Para melhor compreensão e visualização das fases do método proposto, as mesmas foram desenvolvidas e detalhadas nos Quadros 23 ao 28, sendo um para cada fase, como pode ser observado a seguir.

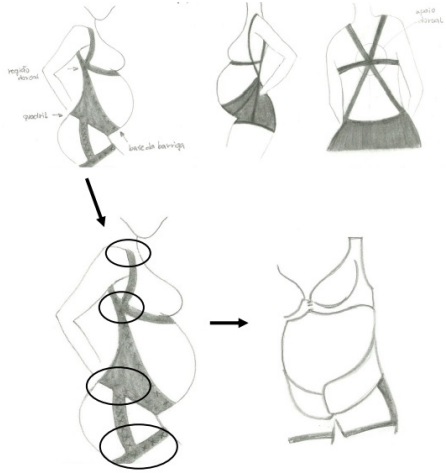
Briefing	Justificativa: Observando tendências para os próximos anos e através de pesquisas preliminares, foram verificadas oportunidades na área da saúde voltadas para a gestante. Estudando a rotina deste público alvo e coletando informações com profissionais da área da saúde como parteiras, enfermeiras, fisioterapeutas e distribuidores de equipamentos médicos, foi identificado o problema. Devido às grandes transformações que ocorrem no corpo das gestantes, alguns sintomas aparecem durante este período. Os mais comuns são dores, inchaço, perda de equilíbrio e náuseas. Apesar de haver no mercado alguns produtos que tem como função aliviar alguns destes sintomas, os mesmos não atendem de forma eficaz e ergonômica ao usuário. A tecnologia existente permite grandes melhorias para este nicho, o que trará eficácia ao produto a ser desenvolvido. A maioria das mulheres grávidas sente algum desconforto durante a gestação, as principais alterações posturais que ocorrem na gestação, as suas influências na biomecânica da coluna vertebral, o deslocamento do centro de gravidade e ainda as alterações hormonais, fazem parte de importantes pesquisas para desenvolvimento e melhoramento de equipamentos médicos que auxiliem no alívio destes sintomas. O problema das dores lombares foi observado como uma das maiores queixas durante a gravidez. 50% a 75% das gestantes sentem dores nas costas em algum momento da gestação. Essas dores podem vir a persistir por algum tempo após o parto, durante o período de readaptação do corpo sumindo em poucos meses. Existem alternativas paliativas que podem ajudar no alívio das dores, como por exemplo, exercícios que fortalecem o abdômen e a parte inferior e posterior das costas, hidroginástica, acupuntura e o uso de almofadas de apoio durante a noite. Como precaução, a gestante deve manter uma postura adequada ao fazer as atividades diárias, de modo que sua coluna não fique sobrecarregada ou desalinhada. Devem aprender a levantar pesos sem forçar as costas, usar cadeiras, colchões e camas adequados, aprender técnicas para deitar e levantar da cama, de modo que o corpo se mantenha em uma posição adequada e a coluna não sofra (FERRARI, 2015). Objetivos: Desenvolver um produto que atenda de forma eficiente e ergonômica o público-alvo, unindo em um só produto funções existentes que são necessárias para trazer a usuária durante o período da gestação, segurança e conforto (FERRARI, 2015). Pré-requisitos: Ergonômico de fácil colocação, ajuste e retirada; confeccionado com tecido tecnológico para facilitar a higienização, além de auxiliar na correta compressão e outros benefícios; Produto vestível, leve e confortável, que será utilizado sob a roupa da gestante; terá 3 tamanhos padronizados (P, M e G) em duas cores a princípio; Dobrável ficando com pequeno volume para embalagem, exposição e transporte (FERRARI, 2015). Como critério de sustentabilidade, o produto deve alcançar como classificação mínima, a intermediária. Tendências: Tecidos tecnológicos; Nanotecnologia (FERRARI, 2015). Público-alvo: Mulheres na idade reprodutiva que estejam planejando a gravidez ou que já estejam em período gestacional e indiretamente profissionais da área de saúde como obstetras e revendedores de produtos médico-hospitalares; Classe B e parcela da classe C; Conectadas às tecnologias, atualizadas com acontecimentos mundiais e possuem conhecimento da importância da preservação da saúde do corpo e da mente; Trabalham fora e/ou em casa; Mulheres com gestação saudável ou de risco (FERRARI, 2015).
------------------------	--

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 25 - Fase Criar da Macro fase Projeto Conceitual

FASE CRIAR	
Etapa Aplicação	Oportunidade Biomimética → Guia Biomimético Propósito: Para o desenvolvimento do produto, é necessário encontrar alguma solução para amenizar o peso causado pela barriga e consequente desestabilidade causada pela alteração do centro de gravidade. Busca: A busca por soluções foi feita por observação direta, onde através do comportamento das gestantes, foi possível identificar um gesto comum a todas as futuras mães: o ato de segurar a barriga e utilizar o corpo para compensar o peso, como na Figura 21. Figura 35 - Bioinspiração: ato de segurar e proteger o bebê.  Fonte: Atribuição não requerida. Verificação: A alternativa sugere identificar pontos de apoio para distribuição do peso da barriga livrando pontos críticos como a região lombar. A mesma se apresenta como solução para o problema proposto por sugerir que o próprio corpo atue como contrapeso com o auxílio de algum aparato para que o esforço seja amenizado evitando fadiga muscular. Descrição: Ele deverá atuar nos pontos de apoio do próprio corpo da gestante, assim como o ato de segurar a barriga, contrabalanceando o peso e melhorando a postura. O produto deverá ter como pontos de apoio o ombro, a região dorsal, quadril e pernas, que serão responsáveis por distribuir o peso livrando a região lombar. Aplicação: A tecnologia será utilizada como ponto de apoio para distribuição do peso e melhoria da postura.
	Etapa Sustentabilidade Categoria de Produto: Bens duráveis não consumidores. Pontuação: 314 pontos. Dentro da Escala de Likert, foi classificado como: Forte. A relação com os itens selecionados encontra-se no Apêndice A: Estudo de caso 1. Classificação mínima exigida: Intermediária.

Fonte: A autora, 2017.

Etapa Design UI	Sketches: Figura 38 – Sketches.  Fonte: Retirado de FERRARI, 2015. A figura encontra-se também no Apêndice A: Estudo de caso 1. Material: O material a ser utilizado para o desenvolvimento do produto será o Compress®. Desenvolvido para atenuar as dores musculares provenientes de microtraumas. Sua compressão é preventiva e faz o sangue fluir mais rápido. Propicia troca térmica com compressão adequada. Desenvolvido para uso durante ou pós-prática de atividade física, sua construção permite que a roupa final tenha um grau de elasticidade de 360° para acompanhar as movimentações dos músculos, propiciando uma compressão forte mas ao mesmo tempo flexível. Foi pesquisado e desenvolvido para proporcionar equilíbrio entre o efeito compressivo e troca térmica. A construção em malharia produzida com fio de poliamida e fio elastano de forma helicoidal (como o formato de uma mola) garante uma confortável compressão. A textura apresenta pontos mais salientes internamente, que se assemelham a uma bola de golfe e, diminuindo o arrasto em relação ao vento, minimizam o contato do tecido com a pele, favorecendo a criação de um microclima estável, com pouco efeito úmido colante. Este tecido se encaixa perfeitamente à proposta de compressão segura e confortável para as gestantes. Depois de pronto, o produto irá apresentar pouco volume pelo fato de não precisar de reforço com tecido e consequentemente menor peso (FERRARI, 2015). Outras características: Deverá ser utilizado sob a roupa. Consiste em um short interligado através de tiras nas costas a um sutiã com fechamento frontal através de colchetes. Ele será produzido em três tamanhos: P, M e G. Estará disponível nas cores: branca, preta, azul e rosa (FERRARI, 2015).
-------------------------------	--

Etapa Design UX

Avaliação ergonômica:

Figura 39 - Avaliação Ergonômica.

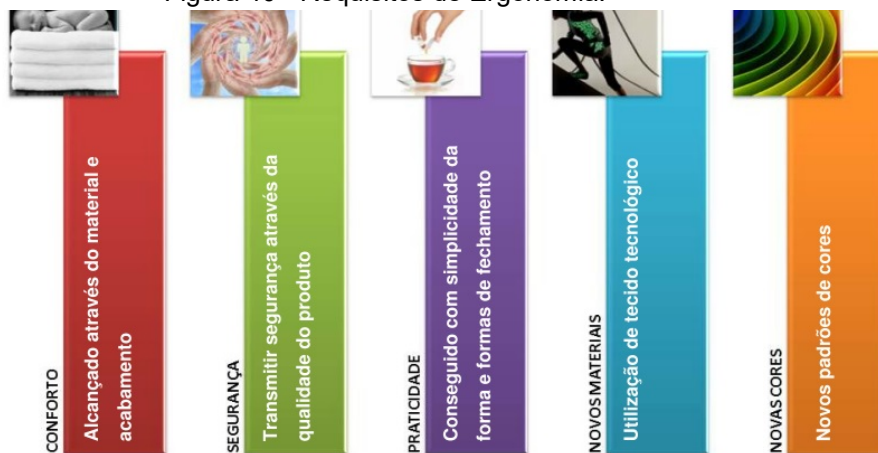
Produto	Imagem	Características	Problemas Observados	Requisitos Ergonômicos	Avaliação
Cinta para gestante		tirantes de elástico	o peso da barriga fica apoiado na região lombar	alterar o ponto de apoio para a barriga	
Faixa gestante		leve	a tira é estreita causando desconforto	aumentar a largura da faixa	
Cinta gestante		estruturado de média compressão	aperta a barriga	mudar a altura do acabamento	
Cinta modeladora		estabiliza a coluna	desconfortável	alterar tecido	
Cinta suporte		levanta e apoia a barriga	comprime a barriga	alterar os pontos de apoio	
Faixa para gestante		ajuda a usar as roupas por mais tempo	comprime a barriga diminuindo seu tamanho	não deve ser utilizada durante a gestação	

Fonte: Retirado de FERRARI, 2015.

A figura encontra-se também no Apêndice A: Estudo de caso 1.

Requisitos de ergonomia:

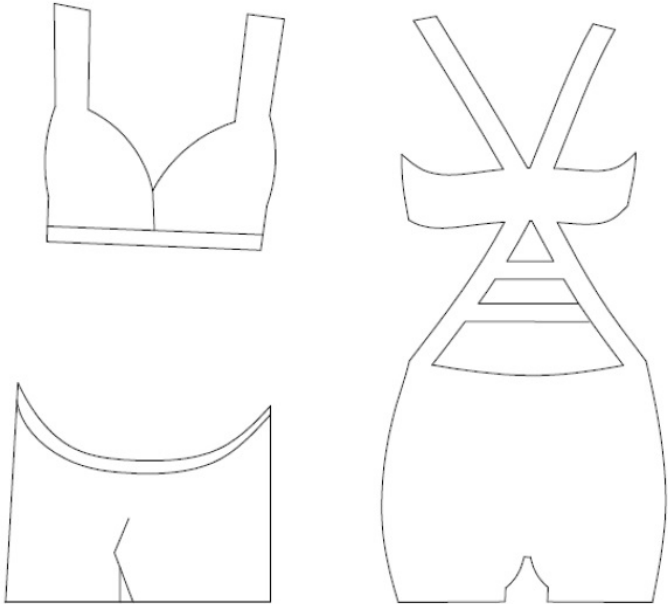
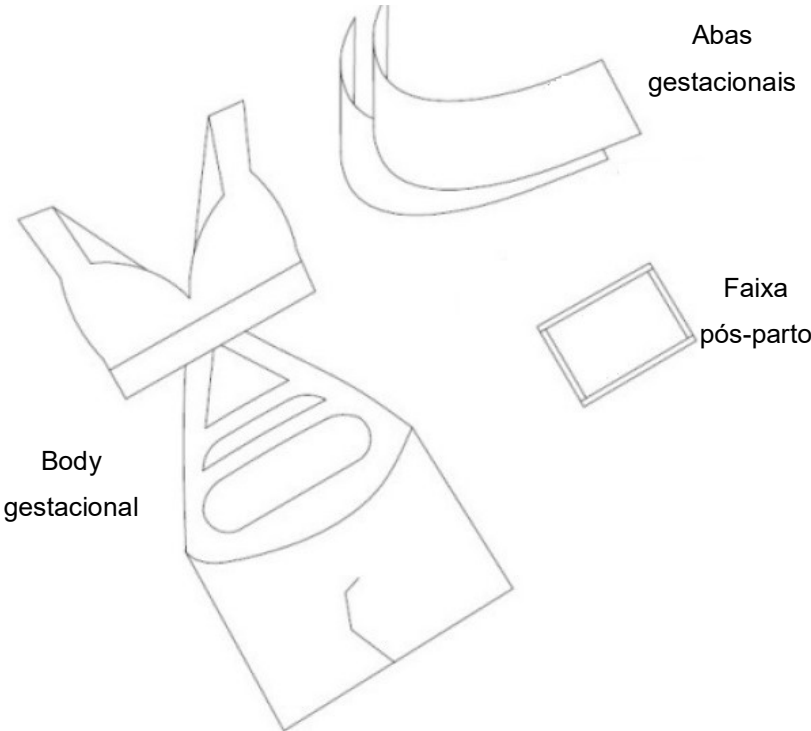
Figura 40 - Requisitos de Ergonomia.



Fonte: Retirado de FERRARI, 2015.

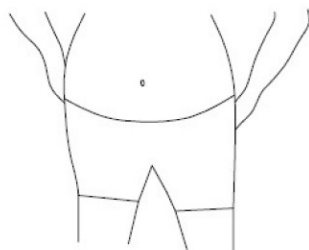
Fonte: A autora, 2017.

Quadro 28 - Fase Especificar da Macro fase Projeto Detalhado

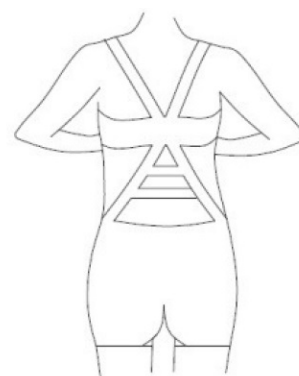
FASE ESPECIFICAR	
Etapas Detalhamento Técnico	Detalhamento: Figura 41 - Desenho Técnico.  Fronte Costas
	Fonte: Retirado de FERRARI, 2015. Figura 42 - Composição do Body Gestacional.  Body gestacional Abas gestacionais Faixa pós-parto Fonte: Retirado de FERRARI, 2015.

Modo de usar:

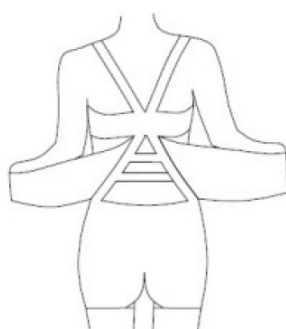
Figura 43 - Modo de usar.



Para colocação do Body,
vestir primeiro o short



Prender a parte superior com
fechamento frontal no sutiã



Prender as Abas Gestacionais
nas tiras



Ajustar as Abas Gestacionais na parte
inferior da barriga de forma que fique
confortável ajustando com o velcro

Fonte: Retirado de FERRARI, 2015.

Protótipo:

Figura 44 – Protótipo.



Fonte: Retirado de FERRARI, 2015.

Etapa Documentação Técnica	O produto será um Body Gestacional para ser utilizado sob a roupa. Consiste em um short interligado através de tiras nas costas a um sutiã com fechamento frontal através de colchetes. Ele será produzido em três tamanhos: P, M e G. Confeccionado em tecido tecnológico Compress® para proporcionar uma compressão eficiente de forma confortável. Disponível nas cores: branca, preta, azul e rosa. O Body estacional será acompanhado por acessórios: duas Abas Gestacionais e uma Faixa Pós-parto. As Abas Gestacionais são fixadas às tiras nas costas através de colchetes e são ajustáveis, pois possuem velcro para o fechamento seguro e confortável entorno da barriga. Este ajuste é necessário para acompanhar o crescimento da barriga. A Faixa Pós-parto também tem sua fixação através de colchetes e deve ser fixada nas laterais das pernas para auxiliar na recuperação mais rápida pós-parto (FERRARI, 2015).
--	---

Fonte: A autora, 2017.

Logo, o produto desenvolvido, apesar de apresentar material tecnológico, o qual não se caracteriza como sustentável, conseguiu atingir o nível de sustentabilidade exigido em relação a outros quesitos, listados no Apêndice A. Além disso, por se tratar de um produto com período limitado para utilização, o mesmo foi desenvolvido para ser reutilizado, evitando o descarte de resíduos na natureza e ampliando sua vida útil com o reaproveitamento de recursos, pois seu desgaste é pequeno e sua resistência possibilita um prazo maior para sua vida útil, minimizando desta forma, o aumento de descarte de material na natureza, que contribui para a diminuição da poluição e consequentemente da intensificação das suas consequências.

5.2 ESTUDO DE CASO 2: OPORTUNIDADE DE DESIGN

O presente estudo de caso apoia-se na inspiração natural que tem como ponto de partida, o conhecimento da tecnologia bioinspirada, gerando uma Oportunidade de Design a ser desenvolvida pelo Método BIOS.

A tecnologia selecionada baseia-se nas mandíbulas do *Larval Jewel Beetle* (besouro da joia larval), os quais pertencem à família *Buprestidae*, que possui cerca de 1200 espécies na Austrália (AUSTRALIAN MUSEUM, 2017).

Nos Quadros 29 ao 34, um para cada fase do método proposto, encontra-se descrita a aplicação do BIOS de acordo com a seção 5.1. *Apresentação do Método Conceitual Preliminar*.

Quadro 29 - Fase Identificar da Macro fase Projeto Informacional.

FASE IDENTIFICAR	
Etapa Oportunidade	Oportunidade de Design
Etapa Informação	Este besouro possui mandíbulas tão fortes quanto alguns aços inoxidáveis, porém, não possui metal incorporado na sua composição. Grande parte dos artrópodes e invertebrados possui incorporado minerais e metais em suas estruturas tais como bicos ou conchas, o que é de extrema importância para sua sobrevivência. Contudo, a mandíbula do besouro da joia (Figura 20) é mais resistente que a maioria dos biomateriais que possuem metal em sua composição, contendo apenas materiais orgânicos à base de carbono. Ele é composto de fibras de quitina cristalina embainhadas em proteínas que se reticulam e endurecem. O besouro da joia se aloja por até 5 anos como uma larva no interior de uma árvore, necessitando de mandíbulas fortes o suficiente para mastigar a madeira resistente quando se metamorfoseia para sair de seu esconderijo (ASKNATURE, 2017). Figura 45 - Besouro da Joia.  Fonte: Retirado de ASKNATURE, 2017.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 30 - Fase Definir da Macro fase Projeto Informacional

FASE DEFINIR	
Etapa Problema	Que tipo de material ou produto necessita de características de resistência e durabilidade semelhantes à tecnologia selecionada?
Métodos Criativos	Figura 46 - Mapa Mental. Fonte: A autora, 2017. A figura encontra-se também no Apêndice B: Estudo de caso 2.
Briefing	Justificativa: As tendências apontam cada vez mais a necessidade de um desenvolvimento sustentável e, para isso, deve-se procurar soluções que atendam a esses princípios. Desta forma, deve-se dar prioridade à utilização de materiais orgânicos para o desenvolvimento de produtos, buscando minimizar os danos ao meio ambiente. Pelo fato da tecnologia apontar como principais características: material orgânico, resistente e consequentemente mais leve, acredita-se que sua melhor aplicação será feita na área da saúde. Objetivos: Desenvolver um produto que necessite de características como resistência e durabilidade utilizando-se de material orgânico, eliminando desta forma a utilização de metais. Pré-requisitos: Como critério de sustentabilidade, o produto deve alcançar como classificação mínima, a intermediária.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 31 - Fase Criar da Macro fase Projeto Conceitual

FASE CRIAR	
Etapa Aplicação	Oportunidade de Design → Guia de Design Detalhamento: O besouro da joia possui sua mandíbula formada por cutícula desprovida de metais de transição ou mineralização demonstrando que os materiais biológicos à base de quitina desprovidos de biomineralização ou incorporação de metal podem alcançar um melhor desempenho (ASKNATURE, 2017). Busca: Instrumentos cirúrgicos, linha de produtos de apoio para locomoção, órteses, próteses ortopédicas, próteses dentárias. Verificação: Dentre as alternativas levantadas durante a Busca, levando-se em consideração as características e diretrizes determinadas, o mesmo apresenta melhor aplicação quando utilizado para o desenvolvimento de órteses. Descrição: Órteses podem ser usadas para imobilização, mobilização, correção, alívio e estabilização do corpo ou membro afetado. São geralmente fabricadas usando materiais rígidos comparadas com os elementos de suporte funcional tais como correias, barras ou articulações (OTTOBOCK, 2017). Podem ser fabricadas em placas de EVA, de termoplástico, entre outros. Aplicação: A tecnologia será utilizada como material alternativo para a confecção de órteses, por apresentar grande resistência. Sendo um material orgânico, seu descarte não prejudicará o meio ambiente.
Etapa Sustentabilidade	Categoria de Produto: Bens duráveis não consumidores. Pontuação: 316 pontos. Dentro da Escala de Likert, foi classificado como: Forte. A relação com os itens selecionados encontra-se no Apêndice B: Estudo de caso 2. Classificação mínima exigida: Intermediária.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 32 - Fase Aprovar da Macro fase Projeto Conceitual

FASE APROVAR	
Etapa Métodos Sistemáticos	Canvas de Proposta de Valor: Figura 47 - Canvas Proposta de Valor. Fonte: A autora, 2017. A figura encontra-se também no Apêndice B: Estudo de caso 2.
Etapa Seleção	A tecnologia bioinspirada será utilizada para a confecção de órteses cervicais e para coluna por serem os produtos mais exigidos em termos de resistência e durabilidade. Por ser um material orgânico sem adição de metais resistente, permite a confecção de órteses com áreas e espessuras menores colaborando para um produto mais leve, além de ser um material ecologicamente correto.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 33 - Fase Gerar da Macro fase Projeto Detalhado

FASE GERAR	
Etapa Conceito	O material deverá ser resistente, leve e passível de customização, devendo proporcionar segurança sem afetar a autoestima do usuário. As órteses desenvolvidas a partir deste material devem ser mais confortáveis e resistentes, transmitindo confiabilidade e bem-estar ao usuário, além de ser confeccionada por material que não agride o meio ambiente.
Etapa Design UI	Esta Etapa se refere à Interface do Usuário, ou seja, à estética do produto. Por se tratar do desenvolvimento de material para a confecção de determinado produto, a Etapa não necessita ser desenvolvida para este projeto.
Etapa Design UX	Esta Etapa se refere à ergonomia do produto, ou seja, voltado para as necessidades do usuário. Por se tratar do desenvolvimento de material para a confecção de determinado produto, a Etapa não necessita ser desenvolvida para este projeto.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 34 - Fase Especificar da Macro fase Projeto Detalhado

FASE ESPECIFICAR	
Etapa Detalhamento Técnico	Por se tratar do desenvolvimento de material para a confecção de determinado produto, a Etapa não necessita ser desenvolvida para este projeto.
Etapa Documentação Técnica	Por se tratar do desenvolvimento de material para a confecção de determinado produto, a Etapa não necessita ser desenvolvida para este projeto.

Fonte: A autora, 2017.

Logo, através do método foi possível encontrar como solução, um material para atender a um determinado público alvo. Neste caso, o método pode ser utilizado novamente para auxiliar a aplicação do material no desenvolvimento do produto.

6 DISCUSSÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação e posterior validação de um método, objetiva credibilizar o trabalho desenvolvido a partir de críticas apresentadas por especialistas da área em questão buscando identificar falhas e desconexões, gerando desta forma, resultados imparciais que atestam o método desenvolvido (GIL, 2008).

Logo, para a avaliação do método proposto, foi selecionado um grupo de especialistas que atuam na área de Desenvolvimento de Produtos. Para esta seleção, foi determinado como requisito, profissionais com conhecimento na área educacional, atuantes na indústria e pesquisa, para que diferentes pontos de vistas pudessem ser observados a respeito do método e com isso, fosse realizada uma avaliação mais rigorosa do mesmo.

No grupo selecionado, pode-se encontrar: mestres do setor acadêmico, profissionais da indústria e pesquisa, com diferentes períodos de experiência, variando de 3 a 33 anos na área de atuação. O período de experiência bastante variado, embora não tenha sido requisito para seleção, foi importante para observar a reação dos especialistas que possuem diferentes concepções devido as suas experiências à aplicação de uma ferramenta inovadora como a Biomimética.

Logo, o grupo foi composto por seis especialistas dos quais, cinco avaliaram o método proposto, totalizando 86% de retorno.

Para a avaliação e validação do método, foi elaborado um descritivo com breve resumo da estrutura do mesmo e dois Estudos de Caso, além de uma Ficha de Avaliação para preenchimento por parte dos especialistas, a qual encontra-se no Apêndice “C”. Além desta documentação enviada para os especialistas por e-mail, foi desenvolvida uma apresentação do Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – BIOS, na qual consta a justificativa para a criação do método, uma pequena explanação a respeito da Biomimética e a apresentação da estrutura do método.

Dos seis especialistas que aceitaram avaliar o método, cinco concordaram em assistir à apresentação do método antes da avaliação. Para quatro destes, foi feita a apresentação pessoalmente enquanto que para um deles, por encontrar-se em outra cidade, a apresentação foi realizada por áudio.

Os cinco especialistas que retornaram com as avaliações, estão listados no Quadro 35, o qual apresenta informações a respeito de seus perfis.

Quadro 35 - Perfil dos Especialistas.

Especialista Perfil	A	B	C	D	E
Formação	Mestre	Mestre	Mestre	Mestre	Mestre
Sector de Atuação	Acadêmico / Indústria	Acadêmico	Acadêmico / Indústria	Acadêmico	Acadêmico
Área de Atuação	Indústria Automotiva e Educacional	Designer de Produto na área de DCU e Educacional	Design de Produtos / Desenho Industrial e Educacional	Educacional	Design e Educacional
Tempo de Atuação	28 / 15 anos	3 anos	18 anos	17 anos	33 anos

Fonte: A autora, 2017.

A Ficha de Avaliação entregue aos especialistas possui seis perguntas que procuram verificar a metodologia para a utilização do método e o atendimento aos pré-requisitos identificados durante a Análise de Conteúdo e listados na seção 4, deste documento.

As perguntas, apesar de objetivas, podem ser justificadas, sendo possível fazer críticas ou outras observações. Como opções de respostas objetivas, para alguns questionamentos, deve-se optar entre as alternativas “Sim” ou “Não” e, para as demais perguntas, deve-se escolher uma das opções abaixo descritas:

- Ruim;
- Regular;
- Bom;
- Muito Bom.

Em relação às respostas objetivas da Ficha de Avaliação, o Quadro 36 apresenta um resumo com as respostas dadas pelos especialistas:

Quadro 36 - Respostas Objetivas dos Especialistas.

<i>Pergunta Sintetizada</i>	<i>Especialista</i>	A	B	C	D	E
1.Avaliação da aplicação do Método.		Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom
2.Assegura resultados Sustentáveis?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
3.Contempla todas as etapas necessárias para geração da proposta do produto?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
4.Avaliação em relação a geração de soluções.		Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom
5.Avaliação da metodologia apresentada.		Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom
6.Avaliação da apresentação das macro fases, fases e etapas do método.		Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom

Fonte: A autora, 2017.

A respeito das observações feitas pelos especialistas, as mesmas serão apresentadas nos Quadros 37 ao 42 agrupadas por perguntas para melhor comparação onde, cada quadro estará relacionado a um questionamento. Desta forma, o Quadro 37 se refere à pergunta número 1, o Quadro 38 à pergunta número 2 e assim por diante até o Quadro 42, o qual contempla a pergunta de número 6.

Quadro 37 - Pergunta 1 da Ficha de Avaliação.

1.Como você avalia a aplicação do Métodos BIOS como ferramenta de apoio para o desenvolvimento de produtos através dos conceitos Biomiméticos e respeitando os preceitos da sustentabilidade?	
Especialista	Resposta
A	Perfeita junção de conhecimentos e áreas envolvidas: acredito que trará muitos benefícios e insights para os profissionais das áreas / profissões projetuais.
B	O método é fácil de entender e de aplicar, além de trazer alguns conceitos básicos que auxiliam a respeitar a sustentabilidade em conjunto com a biomimética.
C	Se aplicado no tempo certo do projeto realmente pode gerar projetos que respeitem e se preocupem com a sustentabilidade.
D	Através dos conceitos biomiméticos pode-se alcançar novos conceitos de soluções e produtos inovadores.
E	Método que estrutura um pensamento investigativo, sistêmico e holístico, plenamente adequado para a elaboração de soluções inovadoras.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 38 - Pergunta 2 da Ficha de Avaliação.

2.O Método BIOS, através do seu processo, consegue assegurar resultados sustentáveis?	
Especialista	Resposta
A	Recomendo a inclusão de construção e testes de protótipos para assegurar não só a sustentabilidade, mas aspectos legais, de segurança e conforto. Esta condição está listada nas recomendações, mas, acredito que deva ser incorporada ao BIOS explicitamente.
B	Acredito que sim, porque a verificação da sustentabilidade está contemplada no processo, mas “assegurar” é um termo bastante forte, seria necessário algum tipo de validação mais preciso talvez.
C	Pois transforma elementos iniciais em premissas de projeto.
D	Através da viabilidade de novos produtos e mercados emergentes que buscam a inovação como essência.
E	Fiz comentários apenas na primeira questão - pois devido a excelência do método não senti necessidade de colocações e ou sugestões.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 39 - Pergunta 3 da Ficha de Avaliação.

3.O Método BIOS, contempla todas as etapas necessárias para a geração da proposta do produto?	
Especialista	Resposta
A	Entendendo essa situação: “Proposta de produto”, vinculada às fases do Desenvolvimento, especificamente.
B	Contém todas as etapas para a geração da proposta do produto sim, mas claro que seria interessante se contemplasse a primeira etapa também, do pré-desenvolvimento, por ser uma etapa crucial, estrategicamente, no desenvolvimento de produtos.
C	Acredito que sim, pois está integrado a métodos e padrões de desenvolvimento de produtos tradicionais e inovadores.
D	Através da pesquisa, geração de conceitos e a definição para o desenvolvimento da solução.
E	Fiz comentários apenas na primeira questão - pois devido a excelência do método não senti necessidade de colocações e ou sugestões.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 40 - Pergunta 4 da Ficha de Avaliação.

4.Como você avalia o Método BIOS, em relação a geração de soluções durante o processo de desenvolvimento de produto?	
Especialista	Resposta
A	Para “fechar”, sugiro que durante o desenvolvimento sejam incluídos momentos de feedback, para evitar situações de “miopia projetual”, ou, que mudanças ocorram e não sejam percebidas e muito menos consideradas no projeto.
B	Poderia especificar melhor como obter informações de biomimética e talvez a definição do problema poderia vir antes da oportunidade ou poderia haver um ciclo mais dinâmico nesse sentido, porque as informações de biomimética ou design dependerão do problema e vice-versa.
C	Está adequado ao timing de métodos importantes de desenvolvimento.
D	Essencial para todo o tipo de desenvolvimento.
E	Fiz comentários apenas na primeira questão - pois devido a excelência do método não senti necessidade de colocações e ou sugestões.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 41 - Pergunta 5 da Ficha de Avaliação.

5.Como você avalia a metodologia apresentada para a utilização do Método BIOS?	
Especialista	Resposta
A	Faço observação apenas na caracterização como um processo linear e sequencial: pode se engessar o projeto e cair em armadilhas, como por exemplo “limitar” o processo criativo ou a pesquisa de tecnologias e materiais e, principalmente, aumentar o prazo / tempo do projeto (o que implica em maior custo).
B	O conceito é muito importante, e a metodologia é fácil de entender.
C	Como disse anteriormente o método está inserido em uma lógica metodológica aceita pelo meio científico e prático de projetos.
D	Organizado. Adequada para o envolvimento do tema na área pedagógica.
E	Fiz comentários apenas na primeira questão - pois devido a excelência do método não senti necessidade de colocações e ou sugestões.

Fonte: A autora, 2017.

Quadro 42 - Pergunta 6 da Ficha de Avaliação.

6.Como você avalia a apresentação das macro fases, fases e etapas do Método BIOS?	
Especialista	Resposta
A	A estruturação dessa maneira tem caráter didático muito útil para comunicação entre pares e explanação para outros players envolvidos no projeto como um todo – o que inclui todas as fases do processo unificado.
B	Estão bem claras.
C	A apresentação foi clara e lógica.
D	Idem a anterior (Organizado. Adequada para o envolvimento do tema na área pedagógica).
E	Fiz comentários apenas na primeira questão - pois devido a excelência do método não senti necessidade de colocações e ou sugestões.

Fonte: A autora, 2017.

Com isso, em relação a aplicação do método, o mesmo foi considerado de fácil entendimento e aplicação capaz de estruturar pensamento investigativo, atuando de forma sistêmica e holística, que ao ser aplicado no tempo certo do projeto poderá gerar projetos sustentáveis além de ser adequado para a elaboração de soluções inovadoras trazendo benefícios para os profissionais das áreas relacionadas.

A respeito dos resultados sustentáveis, foi feita a recomendação para a inclusão de protótipos mais explicitamente ao método, pelo fato de auxiliar em testes que visam assegurar a sustentabilidade e outros aspectos como segurança e conforto. Outro aspecto importante foi em relação ao termo “*assegurar a sustentabilidade*” onde, um dos especialistas sugeriu algum tipo de validação mais precisa para atender plenamente ao termo.

Em se tratando das etapas necessárias para a geração da proposta do produto, o método está integrado a padrões de desenvolvimento de produtos

tradicionais e inovadores, o qual consegue através da pesquisa, geração de conceitos e definição para o desenvolvimento da solução, atingir o objetivo proposto. Porém, foi sugerida a integração do método também à macro fase de pré-desenvolvimento do modelo utilizado como base referencial para este método devida a importância desta para o desenvolvimento de um produto.

Já em relação à geração de soluções durante o processo de desenvolvimento do produto, o método apresenta-se adequado ao timing de métodos importantes de desenvolvimento, sendo desta forma, essencial para todo o tipo de desenvolvimento. A sugestão de melhoria feita neste aspecto, foi referente a definição do problema, onde o especialista acredita que poderia ter melhor contribuição se inserida antes da definição do problema além de sugerir especificar melhor como obter as informações de biomimética.

A metodologia para a aplicação do método, segundo especialistas, é fácil de entender e adequada para a área pedagógica, meio científico e prática de projetos, devendo apenas não ser caracterizada como um processo linear e sequencial, o que pode trazer consequências prejudiciais ao método como limitação do processo criativo ou aumento de prazo de desenvolvimento.

Para finalizar, a respeito da apresentação das macro fases, fases e etapas do método, o mesmo possui estrutura de caráter didático útil para comunicação, sendo lógica e adequada para envolvimento do tema na área pedagógica.

Com isso, é possível afirmar que o método proposto foi avaliado de maneira positiva e validado por especialistas da área sendo considerado adequado para sua utilização como Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis, ficando claro como proposta para auxiliar na exploração da natureza como fonte de inspiração gerando uma nova concepção de produtos que têm como premissa a preservação do meio ambiente.

7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÃO

Este projeto de pesquisa apresentou um estudo sobre a Biomimética no contexto de desenvolvimento de produtos sustentáveis. Por meio deste estudo foi possível propor o Método Conceitual BIOS, capaz de aplicar os conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). O Método BIOS leva em consideração os preceitos da sustentabilidade e buscou conhecer melhor o universo delimitado para o tema em questão fundamentando e embasando de forma sistêmica e inovadora o processo de design, considerando pontos que até então não eram considerados.

Apesar das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento deste estudo no que diz respeito a adaptação à escrita científica e em relação à conciliação das abordagens do design com as regras e normas da engenharia, foi necessário quebrar paradigmas visando alcançar um equilíbrio entre conceitos para que fosse possível compreender o universo da Biomimética em conjunto com o do Desenvolvimento de Produtos, e com isso, criar um método capaz de auxiliar a concepção de produtos que contribuam para o desenvolvimento sustentável, como foi suposto pela hipótese, no início deste trabalho, auxiliando na orientação e desenvolvimento do problema de pesquisa, o qual questiona como a Biomimética poderia ser aplicada ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) para que fosse possível conceber produtos sustentáveis auxiliando na otimização de recursos e evitando a maximização através do estímulo da responsabilidade social e ambiental para o consumo consciente.

Com isso, o método desenvolvido buscou estimular soluções viáveis auxiliando os engenheiros e designers na geração de ideias por meio dos conceitos da Biomimética e contribuindo para a imersão do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) sustentáveis, atuando como uma ferramenta orientativa simples e estimulante para a geração de soluções inovadoras que possam contribuir para a preservação do meio ambiente.

Com relação ao objetivo proposto que buscava o desenvolvimento de um método conceitual que conseguisse aplicar os conceitos Biomiméticos ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), o mesmo conseguiu atingir resultados promissores dentro dos preceitos da sustentabilidade, o que pode ser confirmado através da avaliação do Método BIOS pelos especialistas da área de Desenvolvimento de Produtos, sendo avaliado positivamente e consequentemente

validado pelos mesmos, considerado adequado para sua utilização como método conceitual, contribuindo desta forma, para um processo criativo e orientado.

Para os objetivos específicos, em relação a identificação e compreensão dos conceitos Biomiméticos para que os mesmos fossem utilizados corretamente, foi possível não somente compreender o universo da Biomimética, como suas abordagens e caminhos para a bioinspiração, contribuindo para o aumento da eficiência do método.

Com relação à análise de modelos de desenvolvimento de produtos Biomiméticos encontrado na literatura, por meio do Estado da Arte, onde foi realizada a Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo, foi possível identificar a necessidade de desenvolver um método que conseguisse orientar a geração de produtos bioinspirados contemplando todas as etapas necessárias para a geração da proposta completa do produto, pois os modelos existentes analisados, como descrito na revisão, não conseguem atualmente atingir este grau de complexidade. Além desta necessidade, foi possível identificar oportunidades de melhoria e inovação que contribuíram para elevar a eficiência do Método BIOS, por meio do desenvolvimento de pré-requisitos a serem atendidos.

Para selecionar os requisitos de sustentabilidade necessários com o intuito de certificar as soluções encontradas durante a aplicação do Método BIOS e consequentemente o produto gerado pelo mesmo, foi possível conhecer novas abordagens e modelos de desenvolvimento de produtos sustentáveis e, dentre estes, identificar uma ferramenta proposta por Fernandes (2014) com diretrizes para o desenvolvimento de produtos orientados à sustentabilidade que foi de fundamental importância para a concepção do Método BIOS, o qual teve sua estrutura definida, implementada e testada através de estudos de casos.

Desta forma, o Método BIOS auxilia de forma simples a utilização dos conceitos da Biomimética no processo de desenvolvimento de produtos que contribuam para a redução de impactos negativos ao meio ambiente e que apresentem processos sustentáveis em relação à matéria-prima, toxidade e embalagens, entre outros quesitos, ou seja, produtos comprometidos com a conservação ambiental. Além destes benefícios, a Biomimética, por utilizar a natureza como inspiração, possibilita que produtos desenvolvidos sob seus preceitos, primem por melhoria no desempenho, diminuição de desperdício e aumento da eficiência energética alcançando desta forma, um nível maior de confiabilidade e competitividade.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

As recomendações sugeridas para pesquisas futuras, além de seguirem observações apontadas pelos especialistas, também partiram de oportunidades que surgiram durante o desenvolvimento deste trabalho:

- Expandir o método para um modelo possibilitando abranger não só a fase de Pré-desenvolvimento, mas todo o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) além de verificar a sua aplicabilidade a diferentes segmentos de produto;
- Desenvolver uma metodologia visando inserir não só os conceitos Biomiméticos, mas também sua abordagem holística e profunda ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), possibilitando desta forma, desenvolver uma certificação de sustentabilidade mais abrangente e rigorosa, criando desta forma um Projeto Orientado à Biomimética (Design for Biomimicry).

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 16516:2016. Serviços de design – Terminologia. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. 07 out 2016.

ACCOTO, Dino. BENVENUTO, Antonella. CAMPOLO, Domenico. GUGLIELMELLI, Eugenio. PINO, Giovanni Di. SEIDL, Tobias, SERGI, Fabrizio. Beyond Biomimetics: towards insect/machine hybrid controllers for space applications. **Advanced Robotics**, v.23, n.7-8, pp.939-953, 2009.

AJADI, Stephen. Apoptosis in city systems: a biomimetic approach to city regeneration. **Journal of Construction Project Management and Innovation**, v.3, n.1, pp.589-607, 2013.

AKELLA, Kiran. Biomimetic design inspired by seashells; Seashells helping engineers design better ceramics. **Resonance**, v.17, n.6, pp.573-592, 2012.

ALEXANDRU, Tashadi. IUSTIN-EMANUEL, Alexandru. From circular economy to blue economy. **Management Strategies Journal**, v.7, n.4, pp.197-203, 2014.

ANDERSON, Kyle D. BROTT, Lawrence L. MCCONNEY, Michael E. NAIK, Rajesh R. TSUKRUK, Vladimir V. Bioinspired Material Approaches to Sensing. **Advanced Functional Materials**, v.19, n.16, pp.2527-2544, 2009.

ANDREWS, Deborah. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy: The Journal of the Local Economy Policy Unit**, v.30, n.3, pp.305-315, 2015.

ANTONY, Florian. GRIEBHAMMER, Rainer. SPECK, Olga. SPECK, Thomas. The cleaner, the greener? Product sustainability assessment of the biomimetic paint Lotusan® in comparison to the conventional paint Jumbosil®. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v.7, pp.2100-2115, 2016.

ARMSTRONG, Rachel. How protocells can make 'stuff much more interesting. **Architectural Design**, v.81, n.2, pp.68-77, 2011.

ASIMOW, Morris. **Introdução ao projeto de engenharia**. São Paulo: Mestre Jou, 1968.

ASKNATURE. **ASKNATURE**. Disponível em: <<https://asknature.org/>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

ASKNATURE. **Idea Ecovative Design**. Disponível em: <<https://asknature.org/idea/ecovative-design/#.WUWgauvyvIU>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

ASKNATURE. **Inspired Ideas.** Disponível em: <https://asknature.org/?s=&p=0&hFR%5Bpost_type_label%5D%5B0%5D=Inspired%20Ideas#.WasRWbpFzIU>. Acesso em: 02 set. 2017.

ASKNATURE. **Strategy: Metal-free beaks are strong.** Disponível em: <<https://asknature.org/strategy/metal-free-beaks-are-strong/#.WbG78bpFzIU>>. Acesso em: 07 set. 2017.

ASSMUTH, Timo. DELAERE, Bem. HAASE, Dagmar. IRVINE, Katherine N. JONES-WALTERS, Lawrence. KEUNE, Hans. KOVACS, Eszter. KRAUZE, Kinga. KULVIK, Mart. NESSHOVER, Carsten. REY, Freddy. RUSCH, Graciela M. VAN DIJK, Jiska. VISTAD, Odd Inge. WAYLEN, Kerry A. WILKINSON, Mark E. WITTMER, Heidi. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. **Science of the Environment**, v.579, pp.1215-1227, 2017.

AUSTRALIAN MUSEUM. **Animal Species: Jewel Beetle.** Disponível em: <<https://australianmuseum.net.au/jewel-beetle>>. Data acesso: 07 set. 2017.

AUSUBEL, Kenny. Dreaming the future can create the future. **Explore: The Journal of Science and Healing**, v.5, n.2, pp.116-118, 2009.

AXSEN, Jonn. KURANI, Kenneth S. Social Influence, Consumer Behavior, and Low-Carbon Energy Transitions. **Annual Review of Environment and Resources**, v.37, pp.311-340, 2012.

BAKSH, Michael M. BARKER, Thomas H. BROWN, Ashley C. BRYKSIN, Anton V. FINN, M.G. Learning from nature – Novel synthetic biology approaches for biomaterial design. **Mechanical Engineering**, v.131, n.7, p.64, 2009.

BARAD, M.F. KOEHL, M.A.R. SCHUECH, R. STACERY, M.T. Numerical simulations of odorant detection by biologically inspired sensor arrays. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.7, n.1, p.16001, 2012.

BARBOSA, Vanessa. As 10 cidades mais sustentáveis dos Estados Unidos. **Exame**, Set. 2016. <<https://exame.abril.com.br/mundo/as-10-cidades-mais-sustentaveis-dos-estados-unidos/>> Data acesso: 16 Jun. 2017.

BARROS, A.J.P., LEHFELD, N.A.S. Projeto de Pesquisa: Propostas Metodológicas. Petrópolis, Vozes, 1997.

BAUMANN, Henrikke. BOONS, Frank. HALL, Jeremy. Conceptualizing sustainable development and global supply chains. **Ecological Economics**, v.83, pp.134-143, 2012.

BELINK, Aron. MATTAR, Helio. Pesquisa Akatu 2012 Rumo à Sociedade do Bem-estar: Assimilação e Perspectivas do Consumo Consciente no Brasil – Percepção da Responsabilidade Social Empresarial pelo Consumidor Brasileiro. **Akatu Consumo Consciente para um Futuro Sustentável**, São Paulo, 1ª edição, pp.23-59, 2013.

BENYUS, Janine M. *Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza*. Ed.9. São Paulo: Editora Cultrix, 2016. P.303.

BERGKAMP, Jesse J. GUST, Devens. MOORE, Ana L. MOORE, Thomas A. SHERMAN, Benjamin D. VAUGHN, Michael D. Evolution of reaction center mimics to systems capable of generating solar fuel. **Photosynthesis Research**, v.120, n.1-2, pp.59-71, 2014.

BEVILACQUA, Sabrina. Veja: diferença entre produto ecológico, verde e sustentável. **Terra**. 03 fev 2012. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/veja-diferenca-entre-produto-ecologico-verde-e-sustentavel,c06839160467b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

BHUSHAN, Bharat. NOSONOVSKY, Michael. Green tribology: principles, research areas and challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v.368, n.1929, pp.4677-4694, 2010.

BIEWENER, Andrew A. LENTINK, David. Nature-inspired flightbeyond the leap. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.5, n.4, pp.40201-2010, 2010.

BLAKE, Robert. W. Special issue on the biomimetics of aquatic life: applications for engineering. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.5, n.3, pp.30201-30204, 2010.

BLIZZARD, Jacquelyn L. KLOTZ, Leidy E. A framework for sustainable whole systems design. **Design Studies**, v.33, n.5, pp.456-479, 2012.

BLOK, Vincent. GREMMEN, Bart. Ecological Innovation: Biomimicry as a new way of thinking and acting ecologically. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v.29, n.2, pp.203-217, 2016.

BM&FBOVESPA. **BM&FBOVESPA divulga a 12ª carteira do ISE – Índice de Sustentabilidade Empresarial – Seleção ISE 2016/2017**. v.12, pp.1-4, 2017. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-de-sustentabilidade-empresarial-ise.htm>. Data acesso: 16 jun. 2017.

BM&FBOVESPA. **Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE)**. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-de-sustentabilidade-empresarial-ise.htm>. Data acesso: 16 jun. 2017.

BOKS, Casper. VOLSTAD, Nina Louise. On the use of Biomimicry as a useful tool for the Industrial Designer. **Sustainable Development**, v.20, n.3, p.189, 2012.

BRAMBLE, Jonathan P. GALLOWAY, Johanna M. STANILAND, Sarah S. Biomimetic Synthesis of Materials for Technology. **Chemistry-A European Journal**, v.19, n.27, pp.8710-8725, 2013.

BRANCO, Manuel Castelo. LOURENÇO, Isabel C. Determinants of corporate sustainability performance in emerging markets: the Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, v.57, pp.134-141, 2013.

BRUCK, H. A. EVANS, J.J. PETERSON, M.L. The role of mechanics in biological and biologically inspired materials. **Experimental Mechanics**, v.42, n.4, pp.361-371, 2002.

BRUCK, Hugh A. GERSHON, Alan L. GOLDEN, Ira. GUPTA, Satyandra K. GYGER, Jr. LAWRENCE S. MAGRAB, Edward B. SPRANKLIN, Brent W. Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.2, n.4, pp.198-209, 2007.

BRUMER, Harry. DANIEL, Geoff. GATENHOLM, Paul. TEERI, Tuula T. Biomimetic engineering of cellulose-based materials. **Trends in Biotechnology**, v.25, n.7, pp.299-306.

BUEHLER, Anna Maria, FIGUEIRÓ, Mabel F., CAVALCANTI, Alexandre B., BERWANGER, Otávio. Diretrizes Metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. **Ministério da Saúde – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos**, p.96, 2012.

BULL, Alan T. Biotechnology for environmental quality: closing the circles. **Biodiversity & Conservation**, v.5, n.1, pp.1-15, 1996.

BURRITT, Roger L. SCHALTEGGER, Stefan. Sustainability accounting for companies: catchphrase or decision support for business leaders? **Journal of World Business**, v.45, n.4, pp.375-384, 2010.

CALIXTO, Bruno. O aquecimento global pode levar países à Guerra? **Época**, Mai. 2012.
<<http://epoca.globo.com/ciencia-e-meio-ambiente/blog-do-planeta/noticia/2017/05/o-aquecimento-global-pode-levar-paises-guerra.html>> Data acesso: 16 Jun. 2017.

CARPI, Federico. ERB, Rainer. JERONIMIDIS, George. Special section on biomimetics of movement. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.6, n.4, pp.40201-40203, 2011.

CESCHIN, Fabrizio. GAZIULUSOY, Idil. Evolution of design for sustainability: from product design to design for system innovations and transitions. **Design Studies**, v.47, pp.118-163, 2016.

CHAKRABARTI, Amaresh. LEELAVATHAMMA, B. NATARAJU, B.S. SARKAR, Prabir. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of

new ideas. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM**, v.19, n.2, pp.113-132, 2005.

CHAKRABARTI, Amaresh. PAL, Ujjwal. SARTORI, Julian. A methodology for supporting “transfer” in biomimetic design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.24, n.4, pp.483-506, 2010.

CHAKRABARTI, Amaresh. SARKAR, Prabir. LEELAVATHAMMA, B. NATARAJU, B.S. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.19, n.2, pp.113-132, 2005.

CHARNOVITZ, Steve. Organizing for the Green Economy. **The Journal of Environment & Development**, v.21, n.1, pp.44-47, 2012.

CHEONG, H. CHIU, L. SHU, L.H. UEDA, K. Biologically inspired design. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v.60, n.2, pp.673-693, 2011.

CHEONG, Hyunmin. HALLIHAN, Gregory M. SHU, L.H. Design problem solving with biological analogies: a verbal protocol study. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM**, v.28, n.1, pp.27-47, 2014.

CHEONG, Hyunmin. SHU, L.H. Using templates and mapping strategies to support analogical transfer in biomimetic design. **Design Studies**, v.34, n.6, pp.706-729, 2013.

CHOI, Jonghoon. HONG, Jong Wook. HWANG, Jangsun. JEONG, Yoon. LEE, Kwan Hong. PARK, Jeong Min. Biomimetics: forecasting the future of science, engineering and medicine. **International Journal of Nanomedicine**, v.10, pp.5701-5714, 2015.

COCERO, M.J. GARCÍA-SERNA, J. PÉREZ-BARRIGÓN, L. New trends for design towards sustainability in chemical engineering: green engineering. **Chemical Engineering Journal**, v.133, n.1, pp.7-30, 2007.

COMISSÃO EUROPEIA. **Europa 2020**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/priorities/sustainable-growth/index_pt.htm>. Acesso em: 03 jun. 2017.

CRAWFORD, Chip. LAZARUS, Mary Ann. Returning Genius to the Place. **Architectural Design**, v.81, n.6, pp.48-53, 2011.

CUCEK, Lidija. KLEMES, Jiri Jaromir. KRAVANJA, Zdrayko. VARBANOV, Petar Sabev. Significance of environmental footprints for evaluating sustainability and security of development. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.17, n.8, pp.2125-2141, 2015.

DAHOTRE, N.B. PAITAL, S.R. Review of laser based biomimetic and bioactive Ca-P coatings. **Materials Science and Technology**, v.24, n.9, pp.1144-1161, 2008.

DE PAUW, Ingrid C. KANDACHAR, Prabhu. KARANA, Elvin. POPPELAARS, Flora. Comparing Biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a case study of student design projects. **Journal of Cleaner Production**, v.78, pp.174-183, 2014.

DEWULF, Simon. DUFLOU, Joost R. VANDEVENNE, Dennis. VERHAEGEN, Paul-Armand. A scalable approach for ideation in biologically inspired design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM**, v.29, n.1, pp.19-31, 2015.

DEWULF, Simon. DUFLOU, Joost R. VANDEVENNE, Dennis. VERHAEGEN, Paul-Armand. SEABIRD: Scalable search for systematic biologically inspired design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.30, n.1, pp.78-95, 2016.

DIAH, S. Zaleha M. GEBESHUBER, Ille C. KARMAN, Salmah B. Nanostructural colouration in Malaysian Plants: lessons for Biomimetics and Biomaterials. **Journal of Nanomaterials**, v.2014, 2014.

DOGAN, Cagla. Product design for sustainability: development of a new graduate course in industrial design. **METU Journal of the Faculty of Architecture**, v.29, n.2, pp.313-330, 2012.

DONG, Andy. Biological first principles for design competence. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM**, v.24, n.4, pp.455-466, 2010.

DROUANT, Nicolas. GEORGES, Jean-Philippe. LEPAGE, Francis. RONDEAU, Eric. Designing green network architectures using the ten commandments for a mature ecosystem. **Computer Communications**, v.42, pp.38-46, 2014.

DUFLOU, J.R. PIETERS, T. VANDEVENNE D. Enhancing novelty with knowledge-based support for Biologically-Inspired Design. **Desing Studies**, v.46, pp.152-173, 2016.

EADIE, Leslie. GHOSH, Tushar K. Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview. **Journal of the Royal Society, Interface**, v.8, n.59, pp.761-775, 2011.

ECOLÓGICO. **A primavera silenciosa de Rachel Carson**. Disponível em: <<http://www.revistaecologico.com.br/materia.php?id=42&secao=536&mat=565>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

EILOUTI, Buthayna Hasan. Environmental knowledge as design development agent. **Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics**, v.10, n.3, pp.111-121, 2012.

FAN, Tongxiang. LOU, Shuai. YU, Kuilong. ZHANG, Di. Biomimetic optical materials: integration of nature's design for manipulation of light. **Progress in Materials Science**, v.58, n.6, pp.825-874, 2013.

FATH, Brian D. KHARRAZI, Ali. KRAINES, Steven. ROVENSKAVA, Elena. YARIME, Massaru. Quantifying the sustainability of economic resource networks: an ecological information-based approach. **Ecological Economics**, v.90, pp.177-186, 2013.

FATH, Brian D. Quantifying economic and ecological sustainability. **Ocean and Coastal Management**, v.108, pp.13-19, 2015.

FBDS - FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **O protagonismo brasileiro em tempos de Rio+20**. Rio de Janeiro: FBDS, 2012.

FECHEYR-LIPPENS, Daphne C. HSIUNG, Bor-Kai. KENNEDY, Emily B. KOLODZIEL, Matthew E. NIEWIAROWSKI, Peter H. Biomimicry: a path to sustainable innovation. **Design Issues**, v.31, n.3, pp.66-73, 2015.

FERNANDES, P.T. CANCEGLIERI JR., O. Desenvolvimento integrado do produto e as inter-relações com o ciclo de vida. Revista Sodebras, n. 9, p.3-10, 2013.

FERNANDES, P.T. Processo de Design Orientado à Sustentabilidade. p.34. 2017

FERRARI, Roberta. Body Gestacional. Curitiba, 25 jun 2015. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. p.71, 2015.

FERREIRA, Aurélio B. H. **Dicionário Aurélio**. Edição 5. São Paulo: Positivo, 2014. 208 p.

FISHER, Brendan. MORLING, Paul. TURNER, R. Kerry. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v.68, n.3, pp.643-653, 2009.

FLAMMANG, Brooke E. PORTER, Marianne E. Bioinspiration: applying mechanical design to experimental biology. **Integrative and Comparative Biology**, v.51, n.1, pp.128-132, 2011.

FOGARTY, Frank. PIPPINS, Kelly. VILLAMAGNA, Amy. WHITLEY, Allen. The capacity to endure: following nature's lead. **Sustainability**, v.5, n.6, pp.2480-2494, 2013.

FRANTZESKAKI, Niki. KABISCH, Nadja. MCPHEARSON, Timon. Advancing urban environmental governance: understanding theories, practices and processes shaping urban sustainability and resilience. **Environmental Science and Policy**, v.62, pp.1-6, 2016.

FRICK, Karen Trapenberg. WADDELL, Paul. WEINZIMMER, David. The politics of sustainable development opposition: state legislative efforts to stop the United Nation's Agenda 21 in the United States. **Urban Studies**, v.52, n.2, pp.209-232, 2015.

GALVÃO, Taís F.; PEREIRA, Mauricio G. Revisões Sistemáticas da Literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol.Serv.Saúde**, 2014, Vol.23(1), pp.183-184.

GARCIA-SERNA, J. PEREZ-BARRIGON, L. COCERO, M.J. New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering. **Chemical Engineering Journal**, v.133, n.1, pp.7-30, 2007.

GAUGHRAN, William. QUINN, Sonva. Bionics – An inspiration for intelligent manufacturing and engineering. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v.26, n.6, pp.616-622, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008. p27.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **RAE Aritogos – Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.35, n.2, p.57-63, Mar/Abr. 1995.

GOEL, Ashok K. Biologically inspired design: a new program for computational sustainability. **IEEE Intelligent Systems**, v.28, n.3, pp.80-84, 2013.

GOEL, Ashok K. VATTAM, Swaroop. WILTGEN, Bryan. YEN, Heannette. ZHANG, Gongbo. ZHANG, Yuqi. On the benefits of digital libraries of case studies of analogical design: documentation, accesss, analysis and learnig. **Ai Edam-Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacture**, v.29, n.2, pp.215-227, 2015.

GREEN, David W. JUNG, Han-Sung. LEE, Jong-Min. Marine structural biomaterials in medical Biomimicry. **Tissue Engineering**, v.21, n.5, pp.438-450, 2015.

GRUBER, Petra. JERONIMIDIS, George. Has biomimetics arrived in architecture? **Bioinspiration & Biomimetics**, v.7, n.1, pp.10201-10203, 2012.

HABIB, Maki K. NAGATA, Fusaomi. WATANABE, Keigo. Bioinspiration and emerging actuator technologies. **Artificial Life and Robotics**, v.17, n.2, pp.191-197, 2012.

HANAFI, M.A.M. NAGUID, M.M. Exploring the applications of Bio-Eco Architecture for sustainable design and construction process. **European Journal of Sustainable Development**, v.2, n.4, pp.85-96, 2013.

HANSEN, Erik G. KLEWITZ, Johanna. Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore. **Journal of Cleaner Production**, v.130, pp.235-247, 2016.

HANSEN, Erik G. LÜDEKE-FREUND, Florian. SHALTEGGER, Stefan. Business Models for Sustainability. **Organization & Environment**, v.29, n.3, pp.264-289, 2016.

HELMS, Michael. VATTAM, Swaroop S. GOEL, Ashok K. Biologically inspired design: process and products. **Design Studies**, v.30, n.5, pp.606-623, 2009.

HENRIQUES, Adrian. RICHARDSON, Julie. **The Triple Bottom Line: Does it all add up?**. London: Earthscan, ano. 2004.

HOANG, Lan. KHARRAZI, Ali. KRAINES, Steven. YARIME, Masaru. Advancing quantification methods of sustainability: a critical examination emergy, exergy, ecological footprint, and ecological information-based approaches. **Ecological Indicators**, v.37, pp.81-89, 2014.

HOFSTRA, Nel. HUISINGH, Donald. Eco-innovations characterized: a taxonomic classification of relationships between humans and nature. **Journal of Cleaner Production**, v.66, pp.459-468, 2014.

HOLTCAMP, Wendee. Mimicking Mother Nature (creating consumer products with features that are modeled on nature). **National Wildlife**, v.48, n.1, pp.46-51, 2009.

HUNT, Gary R. WADEE, M.A. YIATROS, Stylianos. The load-bearing duct: biomimicry in structural design. **Engineering Sustainability**, v.160, n.4, pp.179-188, 2007.

HUNTER, Philip. Turning nature's inspiration into a production line. **Science & Society**, v.15, n.11, pp.1123-1128, 2014.

HWANG, Jangsun. JEONG, Yoon. PARK, Jeong Min. LEE, Kwan Hong. HONG, Jong Wook. CHOI, Jonghoon. Biomimetics: forecasting the future of Science, engineering and medicine. **International Journal of Nanomedicine**, v.10, n.13, p.5701, 2015.

INMETRO. **O que é ISO?**. Responsabilidade Social. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/o-que-iso.asp>. Acesso em: 26 ago. 2017.

INSTITUTO CHICO MENDES. **Selo Verde**. Disponível em: <<http://institutochicomendes.org.br/premio-chico-mendes-empresarial/>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

INSTITUTO CHICO MENDES. **Sobre o Instituto**. Disponível em: <<http://institutochicomendes.org.br/o-instituto/>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

IVANIC, Kassandra-Zorica. TADIC, Zoran. OMAZIC, Mislav. Biomimicry – an overview. **Holistic Approach to Environmente**, v.5, n.1, p.19, 2015.

JIANG, Lei. LIU, Kesong. Bio-inspired design of multiscale structures for function integration. **Nano Today**, v.6, n.2, pp.155-175, 2011.

JONES, Peter. UPWARD, Antony. An ontology for strongly sustainable business models. **Organization & Environment**, v.29, n.1, pp.97-123, 2016.

JOSEPH, Corina. TAPLIN, Ross. Local government website sustainability reporting a mimicry perspective. **Social Responsibility Journal**, v.8, n.3, pp.363-372, 2012.

KHOMUTOV, G.B. Biomimetic nanosystems and novel composite nanobiomaterials. **Biophysics**, v.56, n.5, pp.843-857, 2011.

KIM, Keesung. KWAK, Moon Kyu. LEE, Choon Young. LEE, Jeon Hyeon. LEE, Sung Ho. PARK, Cheol Woo. TAHK, Dongha. Continuous fabrication of bio-inspired water collecting surface via roll-type photolithography. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.1, n.2, pp.119-124, 2014.

KIM, Sun-Joong. LEE, Ji-Hyun. A study on metadata structure and recommenders of iological systems to support bio-inspired design. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v.57, pp.16-41, 2017.

KNIPPERS, Jan. SPECK, Olga. SPECK, Thomas. Self-X materials and structures in nature and technology: bio-inspiration as a driving force for technical innovation. **Architectural Design**, v.85, n.5, pp.34-39, 2015.

KOOPMANS, R.J. Sustainable technologies for innovative materials. **Plastics, Rubber and Composites**, v.37, n.2-4, pp.174-183, 2008.

LAMPIKOSKI, Tommi. RAJALA, Risto. WESTERLUND, Mika. Environmental sustainability in industrial manufacturing: re-examining the greening of interface's business model. **Journal of Cleaner Production**, v.115, pp.52-61, 2016.

LANGELLA, Carla. SANTULLI, Carlo. Introducing students to bio-inspiration and Biomimetic Design: a workshop experience. **International Journal of Technology and Design Education**, v.21, n.4, pp.471-485, 2011.

LOW, K. H. Preface: Why biomimetics? **Mechanism and Machine Theory**, v.44, n.3, pp.511-512, 2009.

LURIE-LUKE, Elena. Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?. **Biotechnology Advances**, v.32, n.8, pp.1494-1505, 2014.

MA, Jianfeng. WANG, Ting. XING, Denghai. ZHAO, Ling. Lightweight design of mechanical structures based on structural bionic methodology. **Journal of Bionic Engineering**, v.7, pp.224-231, 2010.

MALÉZIEUX, Eric. Desining cropping systems from nature. **Agronomy for Sustainable Development**, v.32, n.1, pp.15-29, 2012.

MANCUSO, Stefano. MAZZOLAI, Barbara. Smart solutions from the plant kingdom. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.8, n.2, pp.20301-20303, 2013.

MATHEWS, Freya. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. **Organization & Environment**, v.24, n.4, pp.364-387, 2011.

MATTIODA, Rosana A. Metodologia de Pesquisa para Elaboração de Artigos. p.4, out. 2015.

MATTIODA, Rosana A., MAZZI, Anna, CANGIOLIERI, Osiris, SCIPIONI, Antonio. Determining the principal references of the social life cycle assessment of products. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.20, n.8, pp.1155-1165, 2015.

MAZZON, José A. Formulação de um modelo de avaliação e comparação de modelos em marketing. 1978. **Dissertação (Mestrado) Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo**, São Paulo.

MCADAMS, Daniel A. NAGEL, Jacquelyn K.S. NAGEL, Robert L. STONE, Robert B. Function-based, biologically inspired concept generation. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.24, n.4, pp.521-535, 2010.

MICHAELIS, L. The role of business in sustainable consumption. **Journal of Cleaner Production**, v.11, n.8, pp.915-921, 2003.

MORAES, Roque. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v.22, n.37, pp.7-32, 1999.

MORRIS-NUNN, Robert. CH2: six stars, but is it Architecture? The city of Melbourne's new office building, by Mick Pearce and DesingInc, is Australia's first building to pursue biomimicry as a design principle, while pushing sustainable design to new levels. **Architecture Australia**, v.96, n.1, pp.90-100, 2007.

NAGEL, Jacquelyn K.S. NAGEL, Robert L. STONE, Robert B. MCADAMS, Daniel A. Function-based, biologically inspired concept generation. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.24, n.4, pp.521-535, 2010.

NAGEL, Jacquelyn K.S. STONE, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.26, n.2, pp.161-176, 2012.

NICHOLAS, Celeste. PETERSON, Jeffrey. Biomimicry: the "Natural" intersection of biology and engineering. **Science Scope**, v.38, n.7, p.18, 2015.

NIDUMOLU, Ram. PRAHALAD, C.K. RANGASWAMI, M.R. Why sustainability is now the key driver of innovation. **Driver of Innovation - Harvard Business Review**,

v.87, n.9, pp.56-64, Set. 2009. <<https://hbr.org/2009/09/why-sustainability-is-now-the-key-driver-of-innovation>> Data acesso: 13 Ago. 2017.

ONU BR. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

ONU BR. **Uso inteligente de recursos naturais poderia injetar US\$ 2 tri na economia até 2050, diz ONU**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/uso-inteligente-de-recursos-naturais-poderia-injetar-us-2-tri-na-economia-ate-2050-diz-onu/>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

OTTOBOCK. **O que é órtese?** Disponível em: <<http://www.ottobock.com.br/%C3%B3rteses/o-que-%C3%A9-%C3%B3rtese/>>. Data acesso: 08 set. 2017.

PAMNELL D. J. Social and economic challenges in the development of complex farming systems. **Agroforestry Systems**, v.45, n.1, pp.395-411, 1999.

PEREIRA, João Adalberto. Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico Brasileiro. 11 jun 2014. p 306. **Tese – Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, Curitiba, 2014.

PETERS, Terri. Nature as measure: The Biomimicry guild. **Architectural Design**, v.81, n.6, pp.44-47, 2011.

POGUTZ, Stefano. WINN, Monika I. Business, Ecosystems and Biodiversity. **Organization & Environment**, v.26, n.2, pp.203-229, 2013.

PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC. **Busca**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: out. 2015.

PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC. **Buscar Base**. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=70&smn=78&base=find-db-1&type=b&Itemid=121>. Acesso em: ago. 2017.

PRALEA, Jeni Soltuz Elena. Eco design in design process. **Annais of the University of Oradea. Fascicle of Textiles, Leatherwork**, v.15, n.2, pp.167-170, 2014.

PROCERT. Regulamento 2017. **Programa de Certificação do Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental – SELO VERDE CHICO MENDES**, Quatro Barras, p. 5. 2017.

ROYCE, Winston W. Managing the development of large software systems. **IEEE Wescon**, 1970.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernadno A. AMARAL, Daniel C. TOLEDO, Jo'se Carlos. SILVA, Sergio Luis. ALLIPRANDINI, Dário Henrique. SCALICE, Régis

K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo.** Edição 1. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALGUEIREDO, Camila Freitas. Modeling inspiration for innovative NPD: lessons from biomimetics. **20th International Product Development Management Conference**, v.21, p.21, 2013.

SARIKAYA, Mehmet. TAMERLER, Candan. Molecular biomimetics: nanotechnology and bionanotechnology using genetically engineered peptides. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v.367, n.1894, pp.1705-1726, 2009.

SARTORI, Julian. PAL, Ujjwal. CHAKRABARTI, Amaresh. A methodology for supporting “transfer” in Biomimetic Design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.24, n.4, pp.483-506, 2010.

SCHATTEN, Markus. ZUGAJ, Miroslav. Biomimetics in Modern Organizations – Laws or Metaphors? **Interdisciplinary Description of Complex Systems**, v.9, n.1, pp.39-51, 2011.

SEBRAE. **Design na Empresa.** 29 nov 2016. Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ead/design-na-empresa,11ba6d6eddca8510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

SENADO FEDERAL. Rio+20. **Em Discussão**, Cidade, ano 3, n.11, p.111-222, jun. 2012. Disponível em: < <http://www12.senado.leg.br/jornal/revista-em-discussao>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

SHU, L.H. A natural-language approach to biomimetic design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.24, n.4, pp.507-519, 2010.

SJR. **Journal Ranking.** Disponível em: <[http:// www.scimagojr.com/aboutus.php](http://www.scimagojr.com/aboutus.php)>. Acesso em: 14 mai. 2017.

SPILLER, Neil. Good Natured Stuff. **Architectural Design**, v.77, n.6, pp.144-145, 2007.

STONE, R.B. STROBLE J.K. WATKINS, S. E. An overview of biomimetic sensor technology. **Sensor Review**, v.29, n.2, pp.112-119, 2009.

STUDART, André R. Towards High-Performance Bioinspired Composites. **Advanced Materials**, v.24, n.37, pp.5024-5045, 2012.

SULBARÁN, Rosa Emilia F. La dolorosa virosis: Chikungunya. **Medicina Preventiva.** Disponível em: <<http://medicinapreventiva.info/salud/3374/la-dolorosa-virosis-chikungunya-drafadlallah/>>. Data acesso: 25 ago. 2017.

SZEJKA, Anderson Luis, CANGIOLIERI JR., Osiris, PANETTO, Hervé, LOURES, Eduardo R., AUBRY, Alexis. Semantic interoperability for an integrated product development process: a systematic literature review. **International Journal of Production Research**, v.55, n.22, pp.6691-6709, 2017.

TEIXEIRA, Grazielle Fatima G. Método de Planejamento Estratégico do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis (PEPDIPS). 2017.

TEODORESCU, Mirela. Applied Biomimetics: a new fresh look of textiles. **Journal of Textiles**, v.2014, p.9, 2014.

THATCHER, Andrew. YEOW, Paul H.P. Human factors for a sustainable future. **Applied Ergonomics**, v.57, pp.1-7, 2016.

THESAURUS.COM. **Synonym.** Disponível em: <<http://www.thesaurus.com/browse/synonym>>. Acesso em: out. 2015.

TITTONELL, Pablo. Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.8, pp.53-61, 2014.

TOPAZ M. Bioinspiration education at zoological institutions: an optimistic approach for innovation leading to biodiversity conservation. **International Zoo Yearbook**, v.50, n.1, pp.112-124, 2016.

TRENTINI, M., PAIM, L. Pesquisa em Enfermagem: Uma modalidade convergente-assistencial. Florianópolis, Editora da UFSC, 1999.

VAN CAMP, Freddy. O Design Brasileiro tem reconhecimento Internacional. 31 jan 2017. Design Brasil: Entre Aspas. Entrevista concedida ao Panorama Mercantil. Disponível em: <<http://www.designbrasil.org.br/entre-aspas/o-design-brasileiro-tem-reconhecimento-internacional/>>. Data acesso: 26 ago 2017.

VANDEVENNE, Dennis. VERHAEGEN, Paul-Armand. DEWULF, Simon. DUFLOU, Joost. A scalable approach for ideation in biologically inspired design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v.29, n.1, pp.19-31, 2015.

VATTAM, Swaroop S. HELMS, Michael E. GOEL, Ashok K. A content account of creative analogies in biologically inspired design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM**, v.24, n.4, pp.467-481, 2010.

VINCENT, Julian F.V. Deconstructing the design of a biological material. **Journal of Theoretical Biology**, v.236, n.1, pp.73-78, 2005.

VOLSTAD, Nina. BOKS, Casper. On the use of Biomimicry as a useful tool for the industrial designer. **Sustainable Development**, v.20, n.3, p.189, 2012.

WEISSBURG, Marc. YEN, Jeannette. Perspectives on biologically inspired design: introduction to the collected contributions. **Bioinspiration & Biomimetics**, v.2, n.4, 2007.

WENDEE, Holtcamp. Mimicking Mother Nature (creating consumer products with features that are modeled on nature). **National Wildlife**, v.48, n.1, pp.46-51, 2009.

WONG, Kenneth. For desing answers, ask nature. **CADalyst**, v.26, n.1, p.11, 2009.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Ed.2. São Paulo: Editora Bookman, 2001. P.205.

ZHOU, B.L. Some progress in the biomimetic study of composite materials. **Materials Chemistry and Physics**, v.45, n.2, pp.114-119, 1996.

APÊNDICE A – ESTUDO DE CASO 1

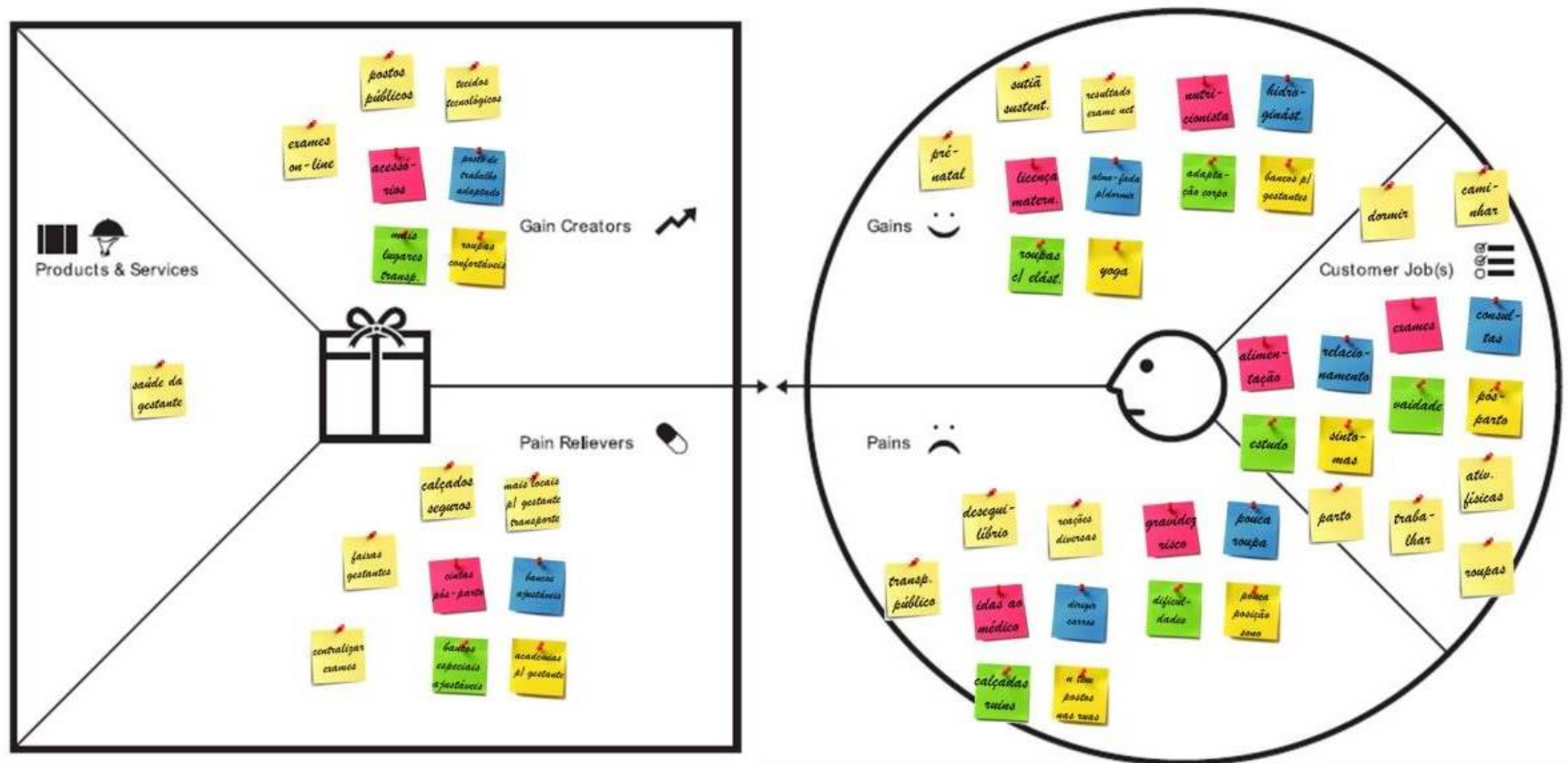
Etapa Métodos Criativos – Figura 34 – Ferramenta de Criatividade Brainstorm.



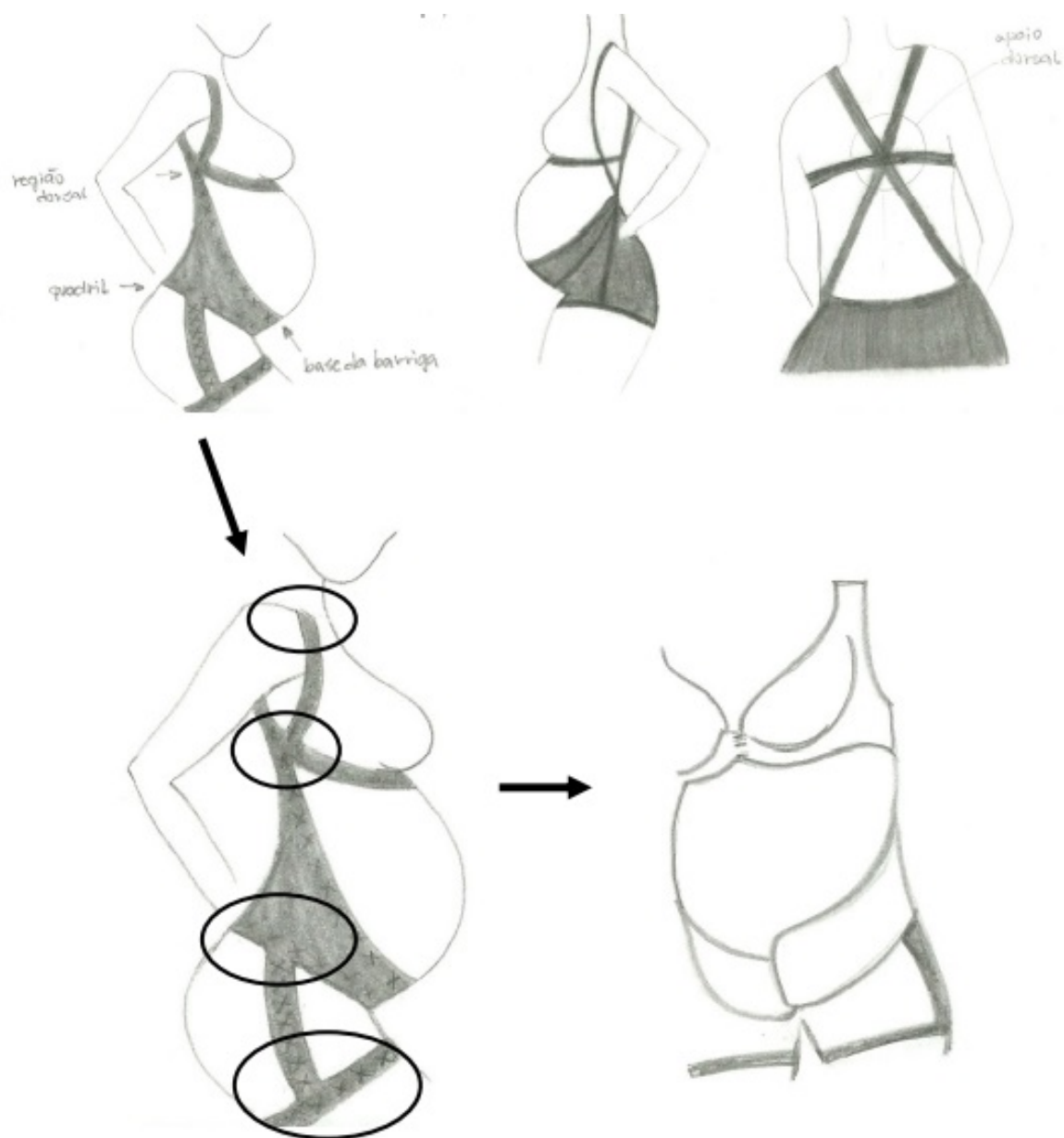
Etapas Sustentabilidade – Relação com os itens selecionados:

- Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.
- Planejar a substituição e/ou a reutilização de partes do produto.
- Projetar para reduzir as operações de manutenção e reparo.
- Projetar prevendo um segundo uso (reuso).
- Projetar produtos modulares e reconfiguráveis (adaptação a diversos ambientes e tipos de usuário).
- Priorizar a utilização de material de baixo impacto considerando o maior número possível de etapas do ciclo de vida do produto.
- Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura/dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.)
- Minimizar o uso de diferentes tipos de material.
- Projetar produtos mais leves e concentrados.
- Minimizar o peso dos produtos móveis.
- Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).
- Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.
- Analisar requisitos do público-alvo para garantir uma maior abrangência de usuários.
- Projetar estruturas que facilitem o processo de limpeza/higienização visando garantir a extensão da vida útil do produto.
- Posicionar dados sobre materiais de forma visível e preferencialmente diretamente sobre o produto.
- Fornecer ao usuário informações sobre o descarte correto do produto.

Etapa Métodos Sistemáticos – Figura 36 – Canvas Proposta de Valor.



Etapas Design UI – Figura 38 – Sketches.

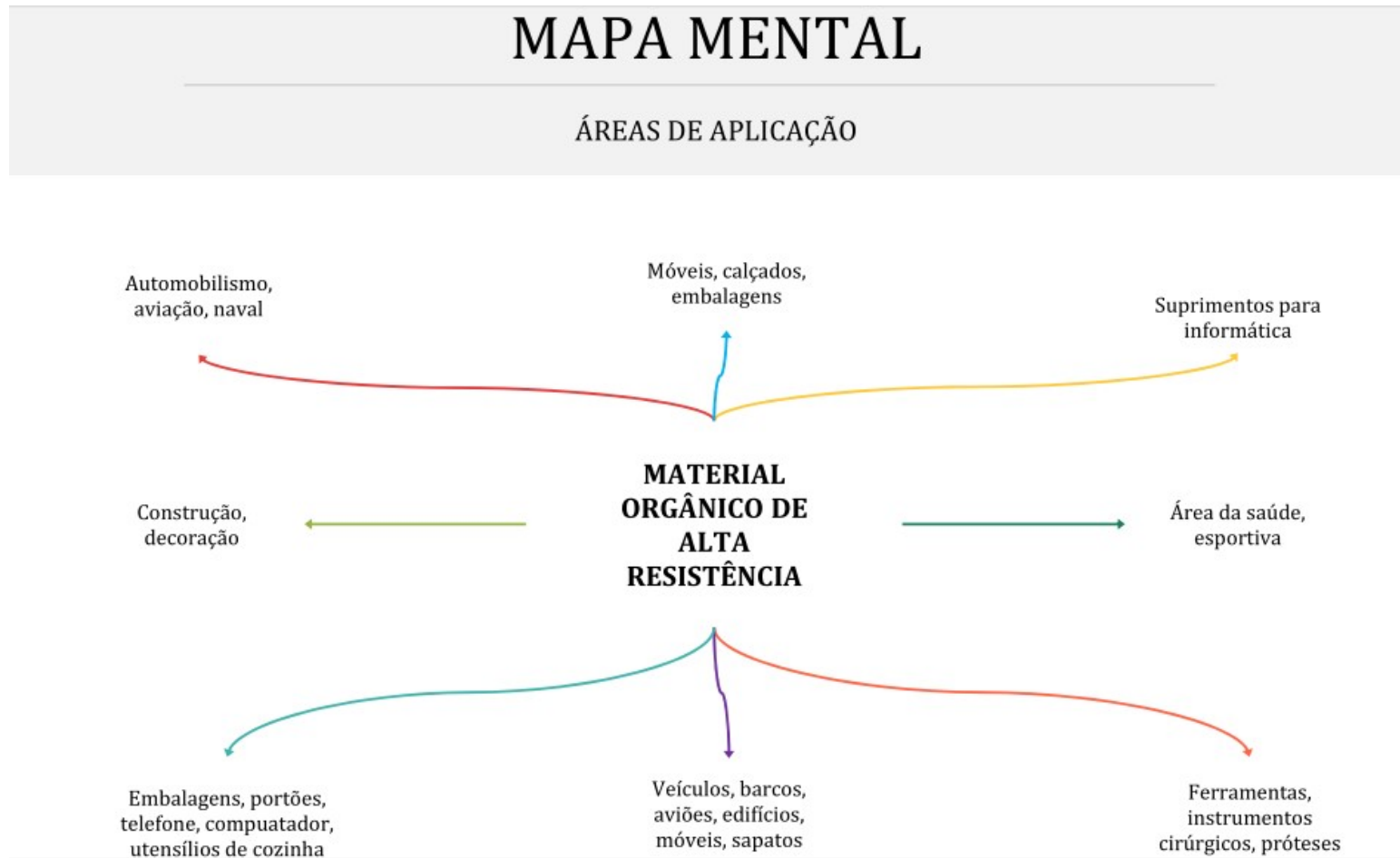


Etapas Design UI – Figura 39 – Avaliação Ergonômica.

Produto	Imagem	Características	Problemas Observados	Requisitos Ergonômicos	Avaliação
Cinta para gestante		tirantes de elástico	o peso da barriga fica apoiado na região lombar	alterar o ponto de apoio para a barriga	
Faixa gestante		leve	a tira é estreita causando desconforto	aumentar a largura da faixa	
Cinta gestante		estruturado de média compressão	aperta a barriga	mudar a altura do acabamento	
Cinta modeladora		estabiliza a coluna	desconfortável	alterar tecido	
Cinta suporte		levanta e apoia a barriga	comprime a barriga	alterar os pontos de apoio	
Faixa para gestante		ajuda a usar as roupas por mais tempo	comprime a barriga diminuindo seu tamanho	não deve ser utilizada durante a gestação	

APÊNDICE B – ESTUDO DE CASO 2

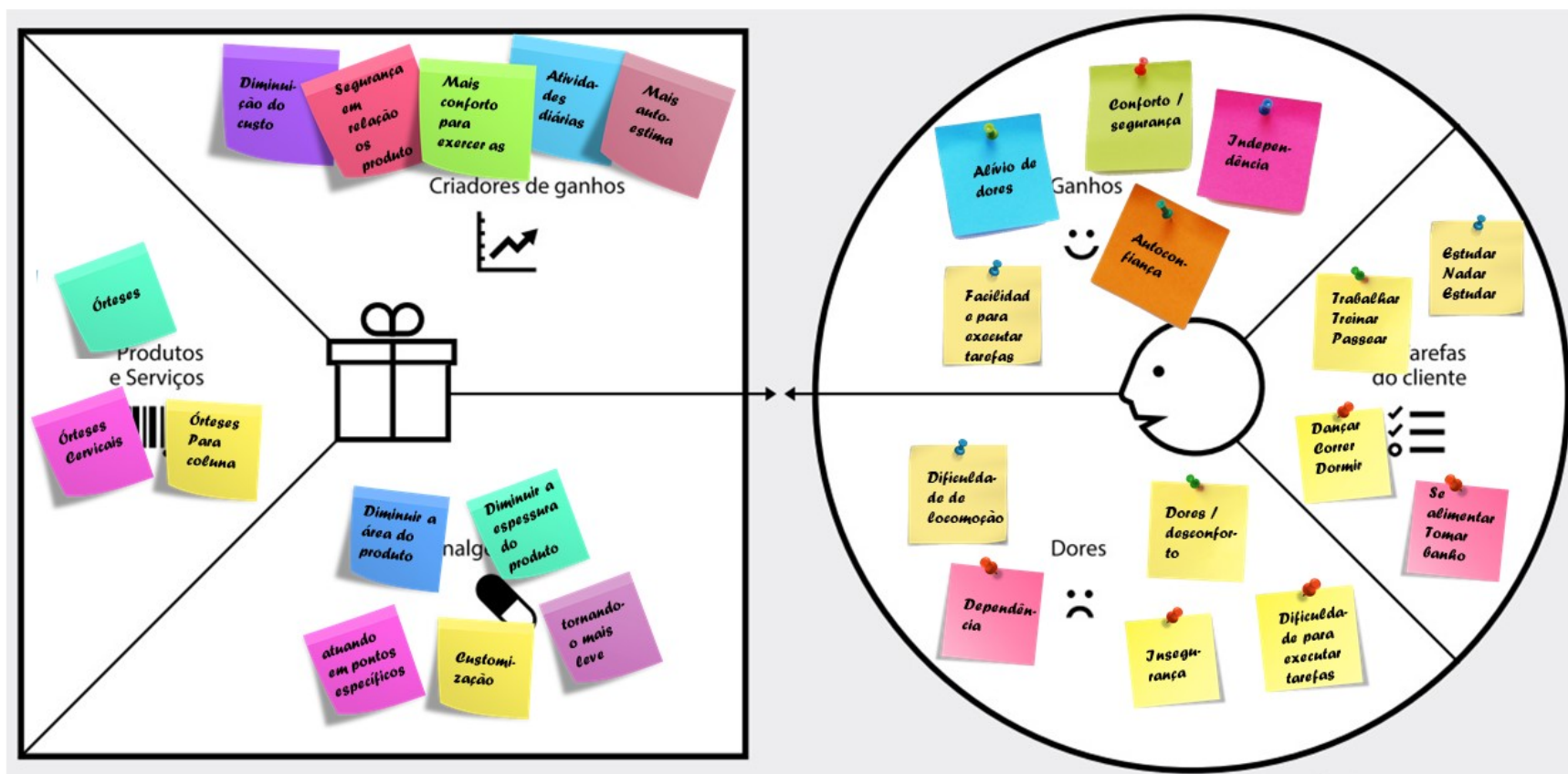
Etapa Métodos Criativos – Figura 46 – Mapa Mental.



Etapas Sustentabilidade – Relação com os itens selecionados:

- Utilizar materiais compatíveis com a expectativa de vida útil dos produtos.
- Projetar partes e/ou componentes padronizados, intercambiáveis e/ou modulares.
- Projetar junto ao produto instruções e/ou instrumentos para manutenção e montagem.
- Projetar produtos prevendo o fornecimento de serviços.
- Simplificar os projetos evitando configurações complexas.
- Projetar prevendo um segundo uso (reuso).
- Minimizar a quantidade de material (ex. evitar espessura/dimensionamento excessivo; uso de partes ocas, texturas, etc.)
- Projetar para a construção com o mínimo de partes e etapas possível (ex. excluir partes ou componentes que não sejam estritamente funcionais; evitar sistemas complexos de montagem).
- Minimizar o uso de diferentes tipos de material.
- Projetar produtos mais leves e concentrados.
- Minimizar o peso dos produtos móveis.
- Adotar sistemas de simulação para testes (ex. protótipos, sistemas de simulação computadorizados).
- Projetar produtos compactáveis para transporte e armazenamento.
- Analisar requisitos do público-alvo para garantir uma maior abrangência de usuários.

Etapa Métodos Sistemáticos – Figura 47 – Canvas Proposta de Valor.



APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO DO MÉTODO BIOS

Avaliação do BIOS – Método Conceitual para Aplicação da Biomimética como Ferramenta de Apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis

PERFIL DO AVALIADOR

Nome: _____

Formação:

() Graduação () Especialização () Mestrado () Doutorado

Setor de Atuação:

() Acadêmico () Indústria () Comércio () Pesquisa

Principal Área de

Atuação:

Tempo de Atuação na

Área:

AVALIAÇÃO DO MÉTODO BIOS

- 1) Como você avalia a aplicação do Métodos BIOS como ferramenta de apoio para o desenvolvimento de produtos através dos conceitos Biomiméticos e respeitando os preceitos da sustentabilidade?

() Ruim () Regular () Bom () Muito bom

Justifique a sua resposta:

--

- 2) O Método BIOS, através do seu processo, consegue assegurar resultados sustentáveis?

() Sim () Não

Justifique a sua resposta:

--

3) O Método BIOS, contempla todas as etapas necessárias para a geração da proposta do produto?

() Sim () Não

Justifique a sua resposta:

--

4) Como você avalia o Método BIOS, em relação a geração de soluções durante o processo de desenvolvimento de produto?

() Ruim () Regular () Bom () Muito bom

Justifique a sua resposta:

--

5) Como você avalia a metodologia apresentada para a utilização do Método BIOS?

() Ruim () Regular () Bom () Muito bom

Justifique a sua resposta:

--

6) Como você avalia a apresentação das macro fases, fases e etapas do Método BIOS?

() Ruim () Regular () Bom () Muito bom

Justifique a sua resposta:

--

ANEXO A

**ARTIGO: A EVOLUÇÃO DA BIOMIMÉTICA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O IMPULSIONAMENTO DO
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A evolução da Biomimética aplicada ao desenvolvimento de produtos e sua importância para o impulsionamento do desenvolvimento sustentável

Roberta Ferrari de Sá, Osiris Canciglieri Júnior^{1,b*}

^aroberta.sa@pucpr.edu.br

^bosiris.canciglieri@pucpr.br

Resumo

Ao olhar para a natureza como fonte de inspiração, foi possível reconhecer que muito mais do que extrair matéria-prima, pode-se aprender com ela. Este conceito se tornou uma ciência que usa a investigação científica interdisciplinar focada na natureza como fonte de inspiração suportada por tecnologias inovadoras para solucionar problemas. A evolução da Biomimética aplicada à Engenharia de Produtos visa sustentar sua importância para um novo modelo de manufatura e valorização do capital onde o desenvolvimento sustentável terá um menor impacto comparado aos atuais modos de manufatura. Com isso, foi possível verificar que o maior desafio é reconhecer problemas e aplicações que o projeto biologicamente inspirado possa ter impacto e que é possível criar serviços e produtos com menos custos, mais resistentes, eficientes energeticamente, inteligentes e atraentes e que talvez novas formas de fazer negócios sejam aprendidas ao observar ecossistemas, pois a natureza também faz negócios e também gera lucro.

Palavras-chave: Engenharia de produto; Biomimética; Sustentabilidade.

1. Introdução

Desenvolver um produto é atender às exigências do mercado de modo que o tempo, o custo e a produção sejam viáveis para o projeto, sem esquecer a qualidade final do mesmo. O projeto de engenharia é considerado uma arte e uma ciência, que incentiva o uso de princípios de engenharia, imaginação e intuição de um designer para criar soluções de engenharia inovadora [1]. Designers e engenheiros estão constantemente à procura de inovação para resolver seus problemas. Uma fonte de inspiração que vem sendo utilizada, durante séculos é a natureza. Esta prática é muitas vezes referida como “Biomimética”, inovação inspirada na natureza [2]. Os sistemas biológicos vêm evoluindo a 3,8 bilhões de anos e desde as lendas gregas conta-se que o ser humano tenta imitar a natureza. A partir de então, esta ideia evoluiu até se tornar uma ciência. Este artigo apresenta a evolução da Biomimética aplicada ao desenvolvimento de produtos e sua importância para o desenvolvimento sustentável.

1.1. Interferência humana no sistema climático e seus impactos

O cenário atual está se modificando e temos que escolher entre continuar rumo à extinção ou reinventar o atual sistema social, cultural, ecológico e econômico. A atividade humana e, especialmente, a nossa dependência de queima de combustíveis fósseis tem afetado amplamente os sistemas do planeta, resultando em um futuro precário para o ecossistema global [3]. A prática do hábito de consumo sustentável e o incentivo à reciclagem são os primeiros passos para seguir no caminho do equilíbrio ambiental. Estamos entrando em uma era de

natureza, ela chama para um novo contrato social de interdependência [4] mas, no entanto, a sustentabilidade não é apenas sobre as gerações futuras [5].

A humanidade deve juntar-se em um esforço comum buscando iniciativas e direcionando ações para alcançar um modo de vida menos agressivo ao meio ambiente. É necessário reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais levando em consideração diferentes contextos socioeconômicos. Desenvolver sustentavelmente é a forma que o ser humano deve lidar com as alterações climáticas e atender às suas necessidades.

A natureza oferece uma infinidade de organismos e ecossistemas inspirando a Biomimética para desenvolver soluções de problemas humanos aplicados, de gerenciamento de projeto para métodos de construção, de fabricação e materiais. Isto é porque os organismos naturais geralmente existem como sistemas de baixa energia, parte de um grande ecossistema que baseia a sua sobrevivência na cooperação sinérgica e coexistência das espécies no ecossistema [6].

Os desafios que enfrentamos como uma sociedade e, portanto, como designers, são significativos. Estes desafios incluem a escassez de energia, recursos naturais, água e alimento, guerra e instabilidade política, aumento dos níveis de pobreza, falta de moradia e doença, e diminuindo a qualidade da educação e infraestrutura. Ao mesmo tempo, a população mundial atual é de cerca de 7 bilhões e está projetada para chegar a 10,1 bilhões em 2100. A rápida expansão da população acelera a pressão sobre os recursos naturais e de energia, ampliando o impacto que tem sobre a saúde do planeta que nos sustenta [7].

Quanto mais cientistas e engenheiros começam a abraçar a Biomimética, organismos naturais virão a ser considerados como mentores, seus processos considerados perfeitos. E a nossa cultura em geral vai ser mais propensa a ver a natureza não como um recurso explorável, mas como uma fonte de informação que vale a pena proteger [8].

2. Biomimética

Biomimética é uma investigação científica interdisciplinar que centra-se na tomada da natureza como novas fontes de inspiração para estudar, analisar projetos e sistemas criativos e eficientes de engenharia suportada por tecnologias inovadoras [9].

A natureza sempre serviu como um modelo para imitar e inspirar os seres humanos em seus esforços para melhorar a vida deles. Os seres humanos ao longo da história sempre procuraram imitar a aparência, a mobilidade, a funcionalidade, inteligência de operação e processo de pensamento das criaturas biológicas [10].

A palavra “Biomimética” foi primeiro usada por Otto Schmitt em 1957 e os termos como “biomimética”, bioinspiração” e “bioinspirado” são palavras derivadas de “biomimética”. Milhões de anos de “ensaios e erros” na natureza resultaram em um vasto banco de dados de soluções otimizadas para problemas técnicos com a sobrevivência de organismos biológicos [11]. “Biomimética” significa, literalmente, a imitação da vida, a palavra vem de uma combinação de grego bios raízes (vida) e mímicos (imitação). (...) Biomimética (...) refere-se a estudar os desenvolvimentos mais bem sucedidos da natureza e, em seguida, imitando estes projetos e processos para resolver problemas humanos. Ele pode ser pensado como “inovação inspirada na natureza” [12].

2.1. Biomimética nos dias atuais

As estruturas naturais são complexas, seus inter-relacionamentos e dependência estão sempre evoluindo, se adaptando. Os seus princípios são otimização, ciclos e interdependência consumindo o mínimo de energia e sem produção de resíduos. A adoção de mecanismos e capacidades da natureza e da utilização de abordagens científicas levou a eficazes materiais, estruturas, ferramentas, mecanismos, processos, algoritmos, métodos, sistemas e muitos outros benefícios [13]. Biomimética é uma fonte inesgotável de inovação e Benyus(1997) popularizou a noção de que os seres humanos imitam fenômenos biológicos para projetar produtos e processos sustentáveis [14].

A Biomimética pode ser utilizada em diferentes níveis, e existem diferenças na opinião sobre como Biomimética deve ser aplicada. Estes objetivos centram em torno de dois pontos de vista, muitas vezes chamado de “visão redutora” (ou biomimética rasa) e a “visão holística” (ou biomimética de profundidade). Em suma, a visão redutora vê Biomimética como uma transferência de “tecnologias biológicas” para o domínio de engenharia/design, enquanto a visão holística vê Biomimética como uma medida para obter produtos ecologicamente sustentáveis, ou seja, produtos que não agridem o meio ambiente em sua produção, uso ou descarte. A explicação da biomimética redutora pode ser elaborada por reconhecer que esta abordagem se concentra exclusivamente na imitação de “algumas características ou funções de organismos particulares ou processos biológicos” [15].

Para alcançar e sustentar o sucesso no atendimento a nova demanda de consumidores cada vez mais informados, as empresas precisam se preparar para estar à frente deste paradigma, pois o ser humano está

deixando de ser apenas um consumidor para se tornar um desfrutador em busca de produtos e serviços que geram valor.

Seguindo por esta linha, o Biomimética 3.8 Institute (<http://biomimicry.net/about/biomimicry38/instituto/>) oferece uma variedade de cursos sobre Biomimética para designers profissionais, e o centro da Georgia Tech para Design Biologicamente Inspirado (<http://www.cbid.gatech.edu/>) oferece uma sequência de cursos de graduação que leva a um certificado em design biologicamente inspirado. Os vários cursos são em diferentes programas educacionais de âmbito, profundidade, metodologia e pedagogia diferentes [16].

2.2. O que a Biomimética não faz

A Biomimética busca solução na natureza que a 3,8 bilhões de anos vem evoluindo e se aperfeiçoando, mas esta solução não é a transferência direta de uma observação da natureza para o desenvolvimento de um produto, e sim a aplicação criativa de conceitos biológicos em produtos [17]. Esta ciência não consiste em propor formas associadas à natureza ou tentar interpretá-la, se você realmente quer projetar algo, você tem que olhar para a diversidade de organismos lá fora e, em seguida, inspirar-se por princípios [18].

O design é muitas vezes injustamente associado à imitação estilística de formas naturais, mas Janine Benyus – pesquisadora que cunhou o termo – acredita que uma abordagem biomimética é aquela que favorece o desempenho da pesquisa ecológica [19].

O maior desafio é reconhecer problemas que o projeto biologicamente inspirado pode ter impacto, no entanto, ele não deve ser utilizado bombasticamente e sem consideração pelo fato que a natureza contém a solução mais adequada para o problema em questão. Outros aspectos a destacar quando considerada a utilização da Biomimética, é que o design de projetos tende a ter restrições de tempo e de recursos, e uma demanda para obter produtos em produção e comercialização. Isto implica que o designer em cada projeto deve determinar se a Biomimética é o caminho certo a percorrer para encontrar a solução para o seu problema específico [20].

O potencial para a Biomimética encontra-se muito além da imitação direta das formas naturais [21].

2.3. Biomimética x Sustentabilidade

A Biomimética é uma ciência desafiadora que está ganhando destaque pelo fato de tornar possível uma revolução em materiais, produtos e serviços inovadores e sustentáveis. Estamos no limiar de uma oportunidade singular na experiência humana: reimaginar como viver na Terra de maneira que honre a teia da vida, o outro e as gerações futuras [22].

O desenvolvimento com base na imitação da Natureza, poderia levar a uma economia de até US \$300 milhões por ano no mundo em desenvolvimento [23]. Substituindo fontes de energias poluentes por energias renováveis e limpas. Se pudéssemos capturar eficiências da natureza em toda alinha, poderíamos diminuir a dependência de combustível pelo menos 50%, diz Harman [24].

A 21ª Conferência da ONU sobre mudança climática (COP-21) reuniu 195 países para assinar um acordo onde o objetivo é limitar o aumento da temperatura global em 2°C até o final do século. Essa medida foi tomada, pois não é possível conter o aquecimento global, mas é possível dar os primeiros passos na direção de uma revolução onde o atual modelo de produção seja substituído para que a natureza não fique em último plano. O design biologicamente inspirado fornece um paradigma promissor para ajudar abordar o problema cada vez mais crítico e urgente da sustentabilidade do meio ambiente [25].

Projetos de engenharia e processos inovadores vão tornar-se cada vez mais importantes para minimizar o dano ambiental e esgotamento dos recursos [26]. Harman diz que só recentemente a corrente das empresas começaram a equacionar Biomimética como resultado final [27].

Regenerar a natureza ao invés de esgotar ou danificá-la é o caminho para o desenvolvimento sustentável mas, mesmo com projetos sustentáveis biologicamente inspirados, haverá necessidade de um acompanhamento, análise e otimização dos projetos para a sustentabilidade. No entanto, se sistemas biologicamente inspirados futuros estarão mais sustentáveis do que os sistemas de mercado de hoje, o projeto biologicamente inspirado representaria uma vitória sobre o atual paradigma de projeto [28].

3. Desafio – reconhecer problemas e aplicações que o projeto biologicamente inspirado pode ter impacto

Deve-se deixar claro que a Biomimética não é o único caminho para o desenvolvimento de produtos, trata-se de uma importante ciência que consegue encontrar as melhores soluções para o desenvolvimento de produtos e que dependendo do nível de sua aplicação, projetos sustentáveis podem ser desenvolvidos seguindo a linha da sustentabilidade.

O amadurecimento de tecnologias convencionais estão associadas com restrições e desempenho inadequados e estas promovem a procura de novas soluções para maximizar a funcionalidade enquanto minimizando custos em energia e materiais [29]. Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos propõem práticas de hábitos de consumo sustentáveis, pois já foi observado que reduzir a escala de consumo humano não é a solução, desenvolver e melhorar a tecnologia para tais sistemas representa um principal desafio do mundo moderno [30].

Biomimética é uma tendência para os próximos anos e no design biomimético ou biologicamente inspirado, designers usam analogias encontradas entre fenômenos biológicos e problemas de design para desenvolver soluções de projeto. Embora analogias biológicas tenham inspirado muitas soluções inovadoras, muitas analogias ocorrem por acaso e como os designers identificam e aplicam essas analogias não é totalmente compreendido [31].

Explorar sistemas biológicos para inspirar soluções exige muito conhecimento e a identificação e transferência deste conhecimento é foco de pesquisas em busca de técnicas e para converter a Biomimética à prática. Uma vez que os biólogos em geral procuram entender processos que ocorrem na natureza, os engenheiros de produção geralmente procuram para gerar projetos para novos problemas, eles normalmente usam diferentes métodos de investigação e muitas vezes tem diferentes perspectivas sobre design [32].

Há diferentes pontos de vistas em relação à intensidade da Biomimética aplicada aos projetos sendo considerada plenamente quando se torna uma solução para o ambiente e não somente para o design industrial. Vantagens e inconvenientes percebidos são discutidos criticamente, e o papel estipula que para obter o máximo proveito de biomimética, deve ser considerado como uma forma de ampliar solução de espaço do designer. Quando usado redutivamente – com o objetivo de encontrar uma solução, para não criar necessariamente um produto ecologicamente correto – biomimética pode ser visto como um complemento ao conjunto de ferramentas existente do designer [33].

O mais importante nesta ciência é a busca pelo baixo impacto ambiental, ou então não seria vantagem utilizá-la, é necessário ter em mente que a relação entre a compreensão dos organismos biológicos e o desenvolvimento de soluções de engenharia é cíclica. Soluções que chegam pela seleção natural são muitas vezes um bom ponto de partida na busca de responder para os problemas. O uso de uma metáfora biológica para inspirar novas abordagens não implica necessariamente que o lado biológico está bem entendido [34].

A compreensão dos sistemas biológicos apresenta oportunidades únicas para o desenvolvimento de ampla gama de ideias inovadoras, paradigmas, conceitos e métodos para soluções de engenharia, e ajuda a criar novas gerações de materiais inteligentes, novas estrutura avançadas, dispositivos e tecnologias inteligentes [35].

4. Transferência de conhecimento biomimético para aplicação no desenvolvimento de produtos

A exploração de sistemas biológicos para encontrar soluções para antigos e novos problemas tem sido foco de muitos estudos, por se tratar de uma ciência multidisciplinar. As informações se encontravam em trabalhos científicos de várias áreas do conhecimento o que dificultava o acesso a elas. Nos últimos anos, a abordagem bio-inspirada ao design ganhou considerável interesse entre os designers, engenheiros e usuários finais [36]. A partir disso, foi necessário montar bancos de dados científicos capazes de armazenar técnicas, informações e tecnologias que permitem que profissionais de diferentes áreas trabalhem em conjunto, como é necessário para que a Biomimética seja bem sucedida [37]. Desta forma, o processo de tomada de ideias e princípios da natureza e implementá-las em outra tecnologia está agora a ser aplicada em áreas que vão de engenharia, automóvel e robótica à ciência dos materiais e computação [38].

O rápido crescimento do movimento de projeto biologicamente inspirado levou a uma rápida proliferação de cursos educacionais e programas para aprender sobre o paradigma [39] o que está favorecendo o aumento de pesquisas e publicações voltadas para a Biomimética.

Milhões de anos de “ensaios e erros” na natureza resultaram em um vasto banco de dados de soluções otimizadas para problemas técnicos [40]. Dentre estes, podemos destacar:

- Ask Nature – site que oferece ferramentas avançadas para procurar informações sobre vários conceitos retirados da natureza ou mesmo exemplos de projetos biomiméticos;
- Chakrabarti – método para gerar soluções inovadoras biologicamente ou artificialmente inspirados;
- TRIZ – ferramenta voltada para a solução inovadora de problemas;
- FIT – The Gully Integrated Thinking, uma metodologia de projeto desenvolvida pela HOK e o Grupo Biomimética para ajudar a abordar todo o espectro de sistemas ambientais, sociais e econômicos [41].

Durante as fases iniciais de conceber, particularmente durante a geração do conceito quando diversas variantes são criadas, os sistemas biológicos podem ser usados para inspirar soluções inovadoras para um problema de design [42]. Diversas descobertas foram feitas como a microestrutura da folha de lótus, por

exemplo, faz com que gotas de chuva sejam repelidas, (...). A estrutura em camadas de uma asa de borboleta ou uma pluma de pavão, que cria cores iridescentes por refratar a luz, está sendo usada por empresas de cosméticos em linhas de sombras para olhos, batom e esmalte de unha[43].

5. Estudos de Casos Biologicamente Inspirados

Abaixo seguem alguns estudos de casos retirados dos sites [biomimicry.net](http://biomimicry.net/about/biomimicry/case-examples/industrial-design/) (<http://biomimicry.net/about/biomimicry/case-examples/industrial-design/>) e [asknature.org](http://www.asknature.org/explore) (<http://www.asknature.org/explore>) que exemplificam estratégias e produtos desenvolvidos através dos conceitos da Biomimética.

5.1. Tecnologia Purebond®: cola de madeira sem formaldeído

Nas margens golpeadas por ondas na costa do Oregon, vive uma criatura, o mexilhão azul. Este molusco usa pequenos fios adesivos para se fixar à superfície rochosa em zonas de maré, resistindo às forças erosivas de água e ondas. A resistência do mexilhão inspirou nova tecnologia de cola de madeira chamada vínculo puro que não é tóxico e é sustentável, abrindo o caminho para a inovação na indústria de produtos de madeira [44].



Fig. 1. (a) Mexilhões *Mytilus Edulis*, moluscos filtradores; (b) Purebond após ensaio de ebulição cíclico mostrando resistência superior a umidade para desempenho à prova d'água

5.2. Proteína permite o crescimento em temperaturas muito baixas: Diatom o gelo do mar

A secreção da proteína do diatomáceas de gelo do mar permite o crescimento em temperaturas de congelamento através da inibição da recristalização dos cristais de gelo adjacentes. Diatomáceas de gelo do mar são algas unicelulares que vivem em ambientes extremamente frios, aquático, incluindo Ártico e gelo marinho antártico. Nestes ambientes agressivos, eles desenvolveram mecanismos para se protegerem contra os extremos de temperatura, salinidade e luz. (...) Tais proteínas foram descobertas para bloquear a recristalização do gelo efetivamente e pode servir como aditivos em muitas aplicações em que a recristalização de gelo é um obstáculo [45].

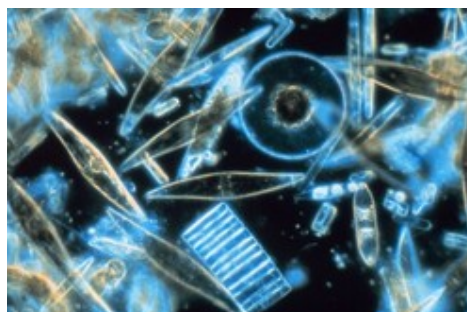


Fig. 2. (a) Diatomáceas de gelo

5.3. Flectofin® Hingeless Louver System – Sistema de persiana que exige menos manutenção

Flectofin® é um sistema de persiana hingeless que é capaz de alterar suas aletas 90°, introduzindo tensões de flexão na coluna, provocado pelo deslocamento de um suporte ou a mudança de temperatura na lâmina.

Uma colaboração interdisciplinar entre arquitetos, engenheiros e biólogos da Universidade de Stuttgart do Instituto de estruturas de construção e Desenho Estrutural (ITKE) estudaram o mecanismo de polinização da flor ave-do-paraíso (*Strelitzia Reginae*). Plantas dobram e movem-se sem a utilização de dobradiças. Estes movimentos são reversíveis e trabalham dentro da faixa elástica/visco-elástica de seus materiais. A flor está alinhada perpendicularmente à haste, proporcionando um local para o pássaro empoleirar-se. O peso do pássaro empurra duas pétalas para baixo, causando um movimento de flexão que revela as anteras onde o pólen está. O pólen cobre os pés da ave enquanto ela se alimenta do néctar e em seguida voa para outra flor onde o pólen fica depositado no pistilo da planta. Os pesquisadores estudaram cuidadosamente a estratégia da planta e abstraíram os princípios de design necessários para aplicar sua estrutura. Potenciais aplicações do produto incluem componentes de construção de arquitetura de grande escala, tais como sistemas de fachada de sombreamento adaptativos e microflaps técnicos para revestimentos funcionais. Ele pode ser usado como uma sequência de várias aletas, como uma população de elementos adaptativos sobre um plano, ou como parte de uma composição volumétrica. A utilização de sistemas mecânicos hingeless reduz a quantidade de manutenção geralmente associado com os sistemas interativos de fachada. Ele permite um ângulo operacional continuamente ajustável entre 0 e 90 graus, e com alterações de -90 a 90 graus, o que significa que pode virar em ambas as direções. [46].



Fig. 3. (a) Flor ave-do-paraíso (*Strelitzia Reginae*); (b) Flectofin®

6. Conclusão

Pela primeira vez na história temos os recursos necessários para estudar e compreender a natureza. O cenário atual é de busca por soluções que minimizem os efeitos causados pelo aquecimento global ao mesmo tempo em que temos que continuar a crescer e desenvolver. O objetivo desta ciência não é transformar cidades em selvas, ou propor formas de aproximação orgânica aos produtos, ou mesmo reinterpretar poeticamente a natureza, esta abordagem trará qualidade não só à Engenharia de Produtos, mas também à Arquitetura, Medicina, Física, Química e outros campos. A Biomimética é uma ciência que além de trazer soluções inovadoras, também traz a oportunidade de desenvolvimento sustentável. Os benefícios trazidos por ela são mais que materiais, é um novo modo de pensar, de agir, de respeitar o ambiente e as pessoas a nossa volta.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa gratidão a Escola Politécnica de Programa de Pós-Graduação em Eng. De Produção e Sistemas – PPGEPS e ao corpo docente do curso de Design de Produto da Escola de Arquitetura e Design da Pontifícia Universidade Católica do Paraná pela confiança e apoio.

References

- [1] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [2] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [3] Sherman, Benjamin D., Vaughn, Michael D., Bergkamp, Jesse J., Gust, devens, Moore, Ana L., Moore, Thomas A. Evolution of reaction center mimics to systems capable of generating solar fuel. *Photosynth. Res.*, 2013, Vol. published online Feb 11 2013
- [4] ausubel, Denny. Dreaming the Future Can Create the Future. *Explore: The Journal of Science and Healing* 2009. Vol.5 (2), pp. 116-118.
- [5] Blizzard, Jacquelyn L., Klotz, Leidy E. *A framework for sustainable whole systems design*. Design Studies, September 2012, Vol. 33 (5), pp 456-479.
- [6] S. Yiatros, M. A. Wadee, G. R. Hunt. The load-bearing duct: biomimicry in structural design. *Proceedings of the ICE – Engineering Sustainability*, 2007, Vol. 160 (4), pp. 179-188.
- [7] Blizzard, Jacquelyn L., Klotz, Leidy E. *A framework for sustainable whole systems design*. Design Studies, September 2012, Vol. 33 (5), pp 456-479.
- [8] Hall, Megan, Moler, Steve, Hall, Megan. *Mimicking Mother Nature*. Public Roads, Jan. Feb. 2006, vol. 69 (4), pp. 34-39.
- [9] Habib, Maki, Watanabe, Keigo, Nagata, Fusaomi. Bioinspiration and emerging actuator technologies. *Artificial Life and Robotics*, 2012, Vol. 17(2), pp. 191-196.
- [10] Habib, Maki, Watanabe, Keigo, Nagata, Fusaomi. Bioinspiration and emerging actuator technologies. *Artificial Life and Robotics*, 2012, Vol. 17(2), pp. 191-196.
- [11] Yu, Ki, Fan, Tx, Lou, S, Zhang, D. *Biomimetic optical materials: integration of nature's design for manipulation of light*. Progress In Materials Science, 2013 Jul, Vol. 58(6), pp. 825-873.
- [12] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [13] Habib, Maki, Watanabe, Keigo, Nagata, Fusaomi. Bioinspiration and emerging actuator technologies. *Artificial Life and Robotics*, 2012, Vol. 17(2), pp. 191-196.
- [14] Shu, L. H. *A natural-language approach to biomimetic design*. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 2010.
- [15] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [16] Bryksin, Anton V., Brown, Ashley C., Baksh, Michael M., Finn, M. G., Barker, Thomas H.. Learning from nature – Novel synthetic biology approaches for biomaterial design. *Acta Biomaterialia*, April 2014, Vol. 10(4), pp. 1761-1769.
- [17] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [18] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [19] Peters, Terri. Nature as Measure: The Biomimicry Guild. *Architectural Design*, 2011, Vol. 81 (6), pp. 44-47.

- [20] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [21] Peters, Terri. Nature as Measure: The Biomimicry Guild. Architectural Design, 2011, Vol. 81 (6), pp. 44-47.
- [22] ausubel, Denny. Dreaming the Future Can Create the Future. *Explore: The Journal of Science and Healing* 2009. Vol.5 (2), pp. 116-118.
- [23] *Nature's inspiration; Solving sustainability challenges*. Strategic Direction, 2008, Vol.24(9), p. 33-35.
- [24] Hall, Megan, Moler, Steve, Hall, Megan. *Mimicking Mother Nature*. Public Roads, Jan. Feb. 2006, vol. 69 (4), pp. 34-39.
- [25] Goel, Ashok K. Biologically Inspired Design: A new program for computational sustainability. *Georgia Institute of Technology – IEEE Intelligent Systems*.
- [26] Yen, Jeannette. *Perspectives on biologically inspired design: introduction to the collected contributions*. Bioinspiration & Biomimetics, 2007, Vol.2(4).
- [27] Hall, Megan, Moler, Steve, Hall, Megan. *Mimicking Mother Nature*. Public Roads, Jan. Feb. 2006, vol. 69 (4), pp. 34-39.
- [28] Goel, Ashok K. Biologically Inspired Design: A new program for computational sustainability. *Georgia Institute of Technology – IEEE Intelligent Systems*.
- [29] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [30] Sherman, Benjamin D., Vaughn, Michael D., Bergkamp, Jesse J., Gust, devens, Moore, Ana L., Moore, Thomas A. Evolution of reaction center mimics to systems capable of generating solar fuel. *Photosynth. Res.*, 2013, Vol. published online Feb 11 2013
- [31] Cheong, Hyunmin, Hallihan, Gregory M., Shu, L. H.. Design problem solving with biological analogies: A verbal protocol study. *Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Canada, 2013.*
- [32] Helms, Michael, Vattam, Swaroop S., Goel, Ashok K.. *Biologically inspired design: process and products*. Design Studies, Vol. 30 (5), 2009.
- [33] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [34] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [35] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [36] Santulli, Carlo, Langella, Carla. Introducing students to bioinspiration and biomimetic design: a workshop experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 2011, Vol. 21(4), pp.471-485.
- [37] Volstad, Nina Louise, Boks, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer: Sustainable Development, 2012, Vol. 20(3) pp. 189-199.
- [38] *Natural Innovation; The growing discipline of biomimetics*. Natural Innovation, Strategic Direction, Vol. 21, pp.35-37.
- [39] Goel, Ashok K., Zhang, Gongbo, Wiltgen, Bryan, Zhang, Yuqi, Vattam, Swarrop, Yen, Jeannette. On the benefits of digital libraries of case studies of analogical design: Documentation, access, analysis, and learning. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol 29, 2015, pp. 215-227.
- [40] Yu, Ki, Fan, Tx, Lou, S, Zhang, D. *Biomimetic optical materials: integration of nature's design for manipulation of light*. Progress In Materials Science, 2013 Jul, Vol. 58(6), pp. 825-873.
- [41] Lazarus, Mary Ann, Crawford, Chip. *Returning Genius to the Place*. Architectural Design, 2011, Vol. 81 (6), pp.48-53.
- [42] Nagel, Jacquelyn K.S., Stone, Robert B. A computational approach to biologically inspired design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 2012.
- [43] Hall, Megan, Moler, Steve, Hall, Megan. *Mimicking Mother Nature*. Public Roads, Jan. Feb. 2006, vol. 69 (4), pp. 34-39.
- [44] Li, Kaichang. *PureBond® Formaldehyde-free Hardwood Plywood Technology*. Columbia Forest Products, Case Study, Biomimicry.net/AskNature.org.
- [45] Contribuição feita por James Al Raymond. Strategy: Protein enables growth in freezing temperatures: sea ice diatom. Retirado so site: [<http://www.asknature.org/strategy/c1014aab5320560e2885bdc3b033fbf7>], Ago. 2016.
- [46] Produto desenvolvido pela University of Stuttgart's Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE). Retirado so site: [<http://www.asknature.org/product/5954a34b8660bd0e57a6bfb2103fafa7>], Ago 2016.