

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Rodrigo Bastos Fernandes

**METODOLOGIA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE NOVOS
PRODUTOS POR MEIO DE ESTIMULADORES BIOLÓGICOS**

Florianópolis

2016

Rodrigo Bastos Fernandes

**METODOLOGIA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE NOVOS
PRODUTOS POR MEIO DE ESTIMULADORES BIOLÓGICOS**

Esta Tese foi julgada aprovada para a obtenção do Título de “Doutor em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 29 de Julho 2016.

Prof. Armando Albertazi, Dr. Eng.
Coordenador do Curso

Prof. Andre Ogliari, Dr. Eng.
Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Andre Ogliari, Dr. Eng.
Presidente

Prof. Carlos Cziulik, Ph.D.

Banca Examinadora (continuação):

Prof. Fabio Gonçalves Teixeira, Dr. Eng.

Prof^a. Aimê Rachel Magenta Magalhães, Dra.

Prof. Acires Dias, Dr. Eng.

Prof. Nelson Back, Ph.D.

Dedico esse trabalho à todas as consciências
que direta ou indiretamente me auxiliaram ao
longo do infinito.

AGRADECIMENTOS

Ao estimado professor André Ogliari pela orientação, incentivo e apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que participaram da banca de defesa da tese: Carlos Cziulik, Fábio Gonçalves Teixeira, Acires Dias, Aimê Rachel Magenta Magalhães e Nelson Back, pelas observações e sugestões valiosas que contribuíram para a melhoria do trabalho final.

Aos professores Danilo Wilhelm Filho e Aimê Rachel Magenta Magalhães pela grande contribuição no que tange a Biologia.

Aos colegas do Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), pelas discussões, ideias e momentos de descontração.

Aos bolsistas e amigos Guilherme Gaertner e Eduardo Vieira, que me auxiliaram na reta final da pesquisa.

Aos amigos do LAC pelos momentos de hiper lucidez e pela possibilidade de exploração, experimentação e expansão da consciência.

À Marisa pela paciência, carinho e confiança depositada em mim.

À família, em especial aos meus pais, Francisco Fernandes Filho e Marisa Rieseberg Bastos Fernandes pelo amparo incondicional e pela vida.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de doutorado.

"Your reason and your passion are the rudder and the sails of your seafaring soul. If either your sails or your rudder be broken, you can but toss and drift, or else be held at a standstill in mid-seas. For reason, ruling alone, is a force confining; and passion, unattended, is a flame that burns to its own destruction".

Kahlil Gibran

RESUMO

A demanda por produtos inovadores e a redução no tempo do ciclo de desenvolvimento de produtos têm levado as equipes de projeto a buscarem fontes de inspiração e informação em outros domínios do conhecimento, tal como o da biologia. Nos últimos trinta anos, novos marcos de conhecimento foram obtidos em algoritmos de computação, em sensores, em energias alternativas e materiais, todos possuindo como denominador comum a inspiração na natureza. A esses tipos de projeto, onde há a transferência de informações da biologia para a engenharia com o intuito de sintetizar produtos, se dá o nome de biônica. Na tentativa de sistematizar a biônica e facilitar a busca por soluções na natureza, estudos relacionados à descrição de sistemas naturais e à formação de bancos de dados de princípios de solução biológicos têm sido realizados. Porém, as ferramentas para a biônica propostas até então carecem em mostrar como as informações sobre sistemas biológicos devem ser abstraídas e transferidas para o domínio do projeto. Ainda, não foram identificados estudos relacionados a aplicação da biônica para o planejamento de produtos. Nesse sentido, ao levar em conta as dificuldades encontradas no uso da biônica, os fatores cognitivos envolvidos e os estudos e sistematizações já propostos, pôde-se delimitar os requisitos necessários para o desenvolvimento de uma metodologia para a aplicação dos conteúdos da biologia no planejamento de novos produtos. A metodologia proposta consiste em cinco atividades (formular a oportunidade de ideação, modelar funcionalmente a oportunidade, priorizar os estimuladores biológicos, propor ideias de novos produtos orientadas pelos estimuladores e mapear as ideias de novos produtos) e apresenta como cerne os Estimuladores Biológicos. O processo de desenvolvimento desses estimuladores também é apresentado, servindo como base e permitindo que novos estimuladores de outros domínios do conhecimento sejam desenvolvidos. Por meio de avaliações com usuários potenciais e especialistas identificaram-se evidências de que a aplicação da metodologia favorece significativamente a geração de ideias com maior novidade, contribuindo para o planejamento de novos produtos (camada Produto do Mapa Tecnológico) e favorece a mitigação de barreiras à criatividade, como a inércia psicológica.

Palavras-chave: Biônica, Criatividade, Estimuladores Biológicos, Planejamento e Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT

The increasing demand for innovative products and the shortening of product development cycle has led project teams to seek new sources of inspiration and information in other knowledge fields, such as in biology. In fact, over the past thirty years, new knowledge breakthroughs have been obtained in fluid dynamics, in computing algorithms, sensors, materials and in alternative energies, all having in common the inspiration in nature. These types of projects, where there is a transfer of information from biology to engineering in order to synthesize products, are known as bionics. Attempts to systematize and facilitate the search for solutions in nature are being conducted, such as studies related to the description of natural systems and the development of biological principles databases. Also, no studies related to the application of bionics to product planning were found. Through the literature review it was evidenced that the tools for bionics proposed hitherto lack in showing how the information about biological systems should be abstracted and transferred to the technical design domain. Therefore, by taking into account the difficulties encountered in the use of bionics, the cognitive factors involved and the studies and systematizations already developed, the requirements, as well as the activities and tools necessary to support the development of a methodology regarding the application of the contents of bionics in new product planning, could be identified. The proposed methodology consists on five activities (formulate the ideation opportunity, functionally model the opportunity, prioritize the biological stimulators, propose ideas and map the new product ideas) and rely on nine biological concepts named Biological Stimulators. The development process of these stimulators is also presented, serving as a guide and allowing new stimulators of other knowledge domains to be developed. Through evaluations with potential users and experts evidences were found that the use of the methodology favors the ideation of a significantly higher number of new ideas and the planning of new products (product layer of the Technology Roadmap), and also contributes to the mitigation of creativity barriers such as psychological inertia.

Keywords: Bionic, Creativity, Biological Stimulators, Product planning, Product Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	PRODIP – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos	10
Figura 2.2	Arquitetura genérica de um mapa tecnológico	14
Figura 2.3	Ilustração da sistemática para o processo de mapeamento tecnológico	16
Figura 2.4	Espaço de similaridades possíveis entre dois sistemas	29
Figura 2.5	Taxonomia de similaridades	30
Figura 2.6	Exemplo de rede semântica	32
Figura 2.7	Exemplo de analogias entre domínios locais e distantes	34
Figura 2.8	Exemplo de descrição de problema e solução, para facilitar analogias	36
Figura 2.9	Fluxograma do processo de raciocínio por meio de analogia	39
Figura 2.10	Abordagem de resolução de problemas da TRIZ	41
Figura 3.1	Exemplos de projetos bio-inspirados realizados pelo <i>Biomimicry Institute</i> [®]	48
Figura 3.2	Exemplos de projetos bio-inspirados realizados pela <i>Festo</i> [®] – Atuador inspirado na tromba de um elefante.	48
Figura 3.3	Exemplos de produtos bio-inspirados	48
Figura 3.4	Exemplos de pesquisas e aplicações bio-inspirados nas engenharias civil e mecânica	53
Figura 3.5	Possibilidades de utilização dos sistemas biológicos no desenvolvimento de soluções	54
Figura 3.6	Etapas da projeção inspirada na natureza segundo Nachtigall	56
Figura 3.7	Ilustração de parte do catálogo de Nachtigall	57
Figura 3.8	Estrutura do catálogo de Hill	58
Figura 3.9	Ilustração de parte do catálogo de Hill	59
Figura 3.10	Etapas propostas por Hill para a resolução de problemas orientada pela natureza	59
Figura 3.11	Exemplo de aplicação da resolução de problemas orientada pela natureza	61
Figura 3.12	Etapas do método de Nagel	62
Figura 3.13	Ilustração do tesouro de funções (esquerda) e de fluxos (direita) proposto por Nagel	63
Figura 3.14	Ilustração de resultados de busca na base de dados de Nagel	64

Figura 3.15	Concepção de um sensor químico bio-inspirado para detecção de dado gás	65
Figura 3.16	Modelo de um sistema representado por uma rede de Petri	66
Figura 3.17	Representação do rim humano por redes de Petri	67
Figura 3.18	Concepção de um sistema de hemodiálise bio-inspirado	68
Figura 3.19	Interface do repositório e exemplo de estratégia descrita em linguagem formal	69
Figura 3.20	Espiral biomimética de projeção	70
Figura 3.21	Listas de parâmetros e princípios da TRIZ	72
Figura 3.22	Matriz de princípios inventivos da BioTRIZ	73
Figura 3.23	Contextualização dos métodos propostos até então, conforme as atividades necessárias para a projeção inspirada na natureza	75
Figura 4.1	Contextualização do processo de desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos	79
Figura 4.2	Fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Estimuladores Biológicos	80
Figura 4.3	Exemplo de extração de excerto de informação biológica	86
Figura 4.4	Exemplo de identificação de atributos em um excerto de informação biológica	87
Figura 4.5	Grupos de atributos biológicos relacionados	89
Figura 4.6	Grupos de atributos biológicos relacionados - continuação	90
Figura 4.7	Exemplo de relação entre excerto e conceito biológico	94
Figura 4.8	Matriz de auxílio à identificação de similaridades	95
Figura 4.9	Exemplo de generalização realizada por meio do uso da matriz de identificação de similaridades	96
Figura 4.10	Imagens identificadas para o conceito ‘Membranas’	99
Figura 4.11	Cartão do EB ‘Membranas’ contento apenas textos	103
Figura 4.12	Cartão do EB ‘Membranas’ com destaque para as imagens	104
Figura 4.13	Formulário para o registo de ideias	109
Figura 4.14	Ilustração de um dos experimentos realizados	110
Figura 4.15	Exemplo de avaliação de ideias geradas na sessão de ideação	111
Figura 4.16	EB – Membranas	118
Figura 5.1	Contextualização da problemática e das soluções propostas	122

Figura 5.2	Relação entre a técnica FAST e o mapeamento tecnológico	124
Figura 5.3	Fluxo de atividades da metodologia proposta	126
Figura 5.4	Ilustração conceitual dos procedimentos para a realização da atividade 1	129
Figura 5.5	Ilustração conceitual dos procedimentos realização da atividade 2	131
Figura 5.6	Matriz de auxílio à priorização de EBs	132
Figura 5.7	Formulário para o registro de ideias durante a sessão de ideação	134
Figura 5.8	Configurações das sessões de ideação	135
Figura 5.9	Ordem de leitura dos EBs	136
Figura 5.10	Matriz de organização de ideias para a cada função parcial	137
Figura 5.11	Combinação de ideias por função parcial para geração de ideias de produto	138
Figura 5.12	Matriz de relação entre ideias de novos produtos e estratégias de negócio	139
Figura 5.13	Mapeamento das ideias de novos produtos na camada <i>Produto</i>	140
Figura 6.1	Estrutura da avaliação	143
Figura 6.2	Formulários utilizados para o registro das ideias	149
Figura 6.3	Exemplo de contabilização das métricas utilizadas para análise quantitativa	151
Figura 6.4	Exemplo de diferença na descrição das ideias entre o BS e o BW	154
Figura 6.5	Exemplo da diferença na utilidade do conjunto de ideias geradas durante o BS e o BWe	156
Figura 6.6	Exemplo da diferença na novidade do conjunto de ideias geradas durante o BS e o BWe	159
Figura 6.7	Ilustração das movimentações realizadas por enfermeiros em pacientes acamados	164
Figura 6.8	Aplicação 1 - Mapa tecnológico parcial apresentado à equipe	165
Figura 6.9	Ilustração do modelo funcional da oportunidade	166
Figura 6.10	Aplicação 1 - Matriz de auxílio à priorização dos EBs	167
Figura 6.11	Aplicação 1 - Ilustração da sessão de ideação	167
Figura 6.12	Aplicação 1 - Exemplos de ideias propostas pela equipe	168
Figura 6.13	Matriz contendo as ideias propostas para cada uma das funções parciais consideradas	168

Figura 6.14	Combinações de ideias por função parcial para a proposição de ideias de novos produtos	170
Figura 6.15	Aplicação 1 - Ideias de produtos propostas pelos participantes	171
Figura 6.16	Aplicação 1 - Mapeamento das ideias de produtos resultantes da aplicação da metodologia	172
Figura 6.17	Aplicação 2 - Mapa tecnológico parcial apresentado à equipe	175
Figura 6.18	Aplicação 2 - Matriz de auxílio à priorização dos EBs	177
Figura 6.19	Aplicação 2 - Ilustração da sessão de ideação	177
Figura 6.20	Aplicação 2 - Exemplos de ideias propostas pela equipe	178
Figura 6.21	Esboço da ideia do colchão revestido por tecido com capilaridades	179
Figura 6.22	Aplicação 2 - Matriz de relação entre ideias de produtos e estratégias de negócio	181
Figura 6.23	Aplicação 2 - Mapeamento das ideias de novos produtos resultantes da aplicação da metodologia	182
Figura B.1	Questionário de avaliação dos grupos de atributos – Parte 1	211
Figura B.2	Questionário de avaliação dos grupos de atributos – Parte 2	212
Figura C.1	EB – Especialização	218
Figura C.2	EB – Adaptabilidade	219
Figura C.3	EB – Controle	220
Figura C.4	EB – Membranas	221
Figura C.5	EB – Tempo	222
Figura C.6	EB – Estágios	223
Figura C.7	EB – Ramificação	224
Figura C.8	EB – Fluidos	225
Figura C.9	EB – Padrões	226
Figura D.1	Ilustração da ideia de produto 7 - Colchão inflável com módulos independentes	231
Figura D.2	Ilustração da ideia de produto 6 - Conjunto de atuadores segmentados e independentes com possibilidade de ação diferenciada	232
Figura A.1	Ilustração de uma estrutura de funções genérica	235
Figura A.2	Lógica de técnica FAST	238
Figura A.3	Exemplo de um isqueiro modelado conforme a lógica de técnica FAST	239
Figura B.1	Exemplo da camada Mercado de um mapa tecnológico	243
Figura B.2	Exemplo da camada Negócio de um mapa tecnológico	244

Figura B.3 Exemplo da camada Produto de um mapa tecnológico 245

Figura B.4 Exemplo da camada Produto de um mapa tecnológico 246

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.2	Dados obtidos nos Experimentos ‘A’ e ‘B’	112
Tabela 4.3	Resultados obtidos no Experimento ‘A’	113
Tabela 4.4	Resultados obtidos no Experimento ‘B’	114
Tabela 6.1	Dados relativos às ideias geradas pelas equipes nos experimentos A e B	150
Tabela 6.2	Resultados estatísticos para o número total de ideias	153
Tabela 6.3	Resultados estatísticos para a utilidade das ideias geradas	155
Tabela 6.4	Resultados estatísticos para a novidade das ideias geradas	158

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Similaridade entre as fases propostas nos modelos para o processo criativo	24
Quadro 2.2	Métodos de criatividade	27
Quadro 3.1	Universidades que desenvolvem pesquisas relacionados à Biônica	49
Quadro 3.2	Livros publicados relacionados à Biônica	50
Quadro 3.3	Princípios de evolução biológicos	51
Quadro 3.4	Princípios gerais da natureza	51
Quadro 3.5	Requisitos para a projeção inspirada na natureza	52
Quadro 3.6	Campos de pesquisa em biônica	55
Quadro 3.7	Exemplo de aplicação do método de Hill para a resolução de problemas orientada pela natureza	61
Quadro 3.8	Campos operacionais da BioTRIZ com seus respectivos PEs	73
Quadro 4.1	Seleção de fontes de informação dentre referências biológicas relacionadas à fisiologia e evolução	85
Quadro 4.2	Exemplos de excertos extraídos das fontes de informação	87
Quadro 4.3	Lógica aplicada para o agrupamento de atributos	91
Quadro 4.4	Conceito definido para cada grupo de atributos	93
Quadro 4.5	Ícones identificados para a cada conceito biológico	100
Quadro 4.6	Critérios para escolha e ordem de aplicação dos testes estatísticos	105
Quadro 4.7	Organização dos experimentos	107
Quadro 4.8	Atividades dos experimentos	108
Quadro 6.1	Organização do experimento	147
Quadro 6.2	Oportunidades de ideação propostas para cada um dos experimentos	148
Quadro 6.3	Atividades de cada experimento	148
Quadro 6.4	Atividades para a aplicação prática	162
Quadro 6.5	Aplicação 1 - Equipe de planejamento	163
Quadro 6.6	Aplicação 1 - Avaliação dos participantes em relação à metodologia proposta	173

Quadro 6.7	Aplicação 2 - Equipe de planejamento	174
Quadro 6.8	Aplicação 2 - Avaliações dos participantes em relação à aplicação da metodologia	183
Quadro A.1	Conjunto de atributos selecionados (continua)	207
Quadro B.1	Avaliação da representatividade dos grupos de atributos biológicos identificados	213
Quadro D.1	Breve descrição das ideias de novos produtos	229
Quadro D.2	Breve descrição das ideias de novos produtos (Continuação)	230

LISTA DE SIGLAS

AH Abstração hierárquica

BioTRIZ União da palavra Biônica com a sigla TRIZ. Metodologia para resolução de problemas baseada em princípios biológicos

BS *Brainstorming*

BW *Brainwriting*

BWe *Brainwriting estimulado*

DL *Description logics*. Lógica Descritiva. Modelo de descrição formal de conhecimento

EB Estimulador biológico

FAST *Function Analysis System Technique*. Técnica de análise do sistema de funções

FBS *Function–Behavior–Structure*. Função–Comportamento–Estrutura. Modelo de descrição do raciocínio funcional

HPG Modelo do processo criativo proposto por Helmholtz–Poincaré–Getzels

IDEF1X *Integration Definition for Information Modeling*. Técnica padronizada para modelagem de informação

MEC Ministério da Educação

MPI Matriz dos princípios inventivos

MT Mapeamento Tecnológico

P&D Pesquisa e Desenvolvimento

PDP Processo de Desenvolvimento de Produtos

PE Parâmetro de engenharia

PEST Análise de cenários Políticos, Econômicos, Sociais e Tecnológicos

PN *Petri net*. Rede de Petri. Modelo de representação matemática para sistemas distribuídos discretos

PI Princípio Inventivo

PRODIP Processo de desenvolvimento integrado de produtos

QFD *Quality Function Deployment*. Popularmente conhecida como Casa da Qualidade

SB Sistema biológico

SME *Structure–mapping engine*. Modelo computacional para descrição de objetos e identificação de analogias

SWOT *Strengths–Weaknesses–Opportunities–Threats*. Forças–Fraquezas–Oportunidades–Ameaças.

TRIZ Teoria da Resolução Inventiva de Problemas

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação de pesquisa	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo geral	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Justificativa	4
1.4	Metodologia de pesquisa	4
1.5	Delimitação da pesquisa	5
1.6	Contribuições da pesquisa	6
1.7	Estrutura do documento	6
2	IDEAÇÃO DE PRODUTOS	9
2.1	Processo de Desenvolvimento de Produtos	9
2.2	Planejamento de produtos	11
2.3	Mapeamento Tecnológico	14
2.4	Criatividade	18
2.4.1	Fatores influentes	20
2.4.2	Processo criativo	23
2.4.3	Métodos de criatividade	25
2.5	Analogias	28
2.5.1	Raciocínio por meio de analogias	30
2.5.1.1	“Distância” entre domínios de conhecimento	33
2.5.1.2	Influência da descrição das informações	35
2.5.1.3	Abstrações	37
2.5.2	Processo de raciocínio por meio de analogia	38
2.5.3	Modelos de raciocínio analógico	40
2.6	Considerações sobre a ideação de produtos	43
3	BIÔNICA – PROJETÇÃO INSPIRADA NA NATUREZA	47
3.1	Revisão preliminar	47
3.2	Particularidades dos sistemas biológicos	49
3.3	Campos de pesquisa e aplicação da biônica	52
3.4	Métodos de auxílio à biônica	55
3.4.1	Métodos de projeção assistidos por ferramentas	56
3.4.1.1	Método de Nachtigall para a projeção inspirada na biologia	56

3.4.1.2	Método de Hill para a resolução de problemas orientado pela natureza	57
3.4.1.3	Método de Nagel para a projeção de soluções bio-inspiradas para engenharia	62
3.4.1.4	Método de Wilson para representação e identificação de estratégias de solução bio-inspiradas	65
3.4.2	Métodos de projeção não assistidos	68
3.4.2.1	Método da Espiral biomimética de projeção	69
3.4.2.2	Método da BioTRIZ	71
3.5	Considerações e oportunidade de pesquisa	74
4	ESTIMULADORES BIOLÓGICOS	77
4.1	Contextualização	77
4.2	Processo de desenvolvimento de Estimuladores Biológicos	78
4.2.1	Selecionar fontes de informação	83
4.2.2	Extrair informações biológicas	84
4.2.3	Identificar atributos biológicos e sua frequência	86
4.2.4	Definir conceitos	88
4.2.5	Relacionar os excertos aos conceitos	92
4.2.6	Identificar conteúdos generalizados	94
4.2.7	Identificar ilustrações	97
4.2.8	Propor configurações alternativas de estimuladores	100
4.2.9	Testar alternativas de estimuladores	103
4.2.10	Formalizar os estimuladores	116
4.3	Considerações sobre os estimuladores biológicos	117
5	METODOLOGIA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS POR MEIO DE ESTIMULADORES BIOLÓGICOS	121
5.1	Introdução	121
5.2	Metodologia proposta	125
5.2.1	Atividade 1 - Formular a oportunidade de ideiação	127
5.2.2	Atividade 2 - Modelar funcionalmente a oportunidade	129
5.2.3	Atividade 3 - Priorizar os EBs	131
5.2.4	Atividade 4 - Propor ideias de novos produtos orientadas pelos EBs	133
5.2.5	Atividade 5 - Mapear as ideias de novos produtos	138
5.3	Considerações finais	140
6	AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA	143
6.1	Estrutura da avaliação	143
6.2	Avaliação quantitativa	144

6.2.1	Delimitação do escopo para a avaliação quantitativa .	144
6.2.2	Materiais e métodos para a avaliação quantitativa . .	145
6.2.3	Resultados dos experimentos	149
6.2.3.1	Quantidade de ideias geradas	152
6.2.3.2	Utilidade das ideias geradas	155
6.2.3.3	Novidade das ideias geradas	157
6.2.4	Considerações gerais sobre a avaliação quantitativa .	160
6.3	Avaliação qualitativa	160
6.3.1	Delimitação do escopo para a avaliação qualitativa .	160
6.3.2	Materiais e métodos para a avaliação qualitativa . . .	161
6.3.3	Aplicação 1: Planejamento de produtos para a demanda de melhoria incremental	162
6.3.3.1	Aplicação 1 - Contextualização da oportunidade de ideação	163
6.3.3.2	Aplicação 1 - Execução das atividades da metodologia	166
6.3.3.3	Aplicação 1 - Avaliação dos participantes .	169
6.3.4	Aplicação 2: Planejamento de produtos para a demanda de novidade	172
6.3.4.1	Aplicação 2 - Contextualização da oportunidade de ideação	173
6.3.4.2	Aplicação 2 - Execução das atividades da metodologia	176
6.3.4.3	Aplicação 2 - Avaliação dos participantes .	183
6.4	Conclusões e considerações finais	184
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	187
7.1	Considerações em relação à pesquisa	187
7.2	Quanto aos objetivos	189
7.3	Resultados e contribuições	190
7.4	Recomendações para trabalhos futuros	191
	REFERÊNCIAS	193
	APÊNDICE A – Atributos para a identificação de conceitos biológicos	207
	APÊNDICE B – Questionário para avaliação dos grupos de atributos	211
	APÊNDICE C – Estimuladores Biológicos propostos	217

APÊNDICE D – Ideias de novos produtos geradas pela equipe de especialistas	229
ANEXO A – Métodos para a modelagem da estrutura de funções	235
ANEXO B – Exemplos de camadas preenchidas do mapa tecnológico	243
ANEXO C – Definição integrada para a modelagem de informações - IDEF1X	249

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a motivação da pesquisa, com a finalidade de destacar a importância e o potencial de contribuição da biônica ao planejamento e projeção de produtos. São listados os objetivos da pesquisa, assim como sua delimitação, contribuições seguindo, então, com o conteúdo da tese.

1.1 MOTIVAÇÃO DE PESQUISA

A busca por produtos e serviços inovadores é objeto de estudo de vários pesquisadores (ARANDA, 2009; HOWARD et al., 2010; LI et al., 2007; MARKMAN; WOOD, 2009), visto que a inovação é considerada um diferencial competitivo, fornecendo às empresas uma vantagem sobre os concorrentes, que pode ser traduzido em ganho de mercado e lucratividade.

Verifica-se ainda que o ciclo de desenvolvimento de produtos está cada vez mais curto, exigindo das equipes grandes esforços para determinar quais serão as futuras tendências de mercado (BAXTER, 2000; IBARRA, 2015), para se antecipar em P&D e reduzir o tempo necessário para que o produto seja disponibilizado no mercado (ROMANO, 2003).

Nesse contexto, a utilização de métodos de criatividade é de grande importância para geração de ideias e concepções inovadoras, satisfazendo assim as necessidades dos clientes e permitindo a exploração de oportunidades de mercado. Dentre os métodos criativos mais empregados se encontram aqueles baseados em analogias. As analogias se caracterizam pela identificação e transferência de informações (e.g. propriedades, atributos) de um domínio a outro, por meio da realização de associações e de correlações de similaridades entre os objetos de análise (BAXTER, 2000; MARKMAN; GENTNER, 2000; LEECH et al., 2008).

Ao longo do tempo, percebeu-se que aplicar princípios de solução da natureza para resolução de problemas de projeto de engenharia (i.e. a biônica), ou seja, realizar analogias entre a natureza e os problemas de projeto, fornece grandes perspectivas de avanço tecnológico (BENYUS, 1997; HILL, 1999; NACHTIGALL, 2010; NAGEL et al., 2010).

A natureza, por sua vez, através de bilhões de anos de evolução e adaptação, constitui-se numa fonte considerável de estratégias de funcionamento e sobrevivência, e de soluções práticas e funcionais, seja para problemas simples e cotidianos ou complexos (e.g. pegar objetos e produzir superfícies autolimpantes) (BENYUS, 1997; HILL, 1999). Muitas invenções da humanidade, de

fato, foram baseadas em sistemas naturais, entre tais pode-se citar o avião, o Velcro® e o marca passo (NAGEL et al., 2010).

Apesar da vasta gama de possibilidades e de exemplos já constatados sobre a eficiência e eficácia na utilização da projeção inspirada na natureza, estudos de caso identificaram a tendência dos indivíduos em procurar soluções nos mesmos domínios de conhecimento em que estão inseridos os problemas, o que é conhecido como inércia psicológica (DAUGHERTY; MENTZER, 2008; SIFONIS et al., 2006) e pode reduzir o número de soluções identificadas e a probabilidade de obtenção de soluções inovadoras. Essa constatação está relacionada ao conforto dos indivíduos em utilizar conhecimento e experiência já adquirida, sem empenhar esforço ou ter estímulo para entender e utilizar novos conceitos.

Dentre as ferramentas e processos desenvolvidos com o objetivo de superar a inércia psicológica e facilitar o entendimento de sistemas biológicos por parte dos projetistas, se encontram livros e catálogos, programas computacionais e modelos cognitivos de representação do conhecimento. Contudo, tais abordagens não foram capazes de atender com eficiência ao objetivo proposto. Ou seja, facilitar a identificação, o entendimento, abstração e aplicação de estratégias e princípios de solução de sistemas naturais em projetos de sistemas técnicos. Essas atividades constituem-se em objeto de pesquisa em várias instituições tais como o *Biomimicry Institute* (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2014), o *Biomimicry Research and Innovation Center* na Universidade de Akron¹, o *Center for Biologically Inspired Design* no Instituto de Tecnologia da Geórgia², e a rede Biokon na Alemanha.

Tal incapacidade se deve ou à incompletude dos métodos até então propostos, que não auxiliam e/ou guiam o usuário durante o processo de realização de analogias (principalmente, no que concerne ao tratamento de informações – abstrações), ou à linguagem complexa utilizada (i.e. linguagem de descrição, comunicação e/ou programação conhecida e utilizada por um específico grupo de profissionais), que dificulta tanto a transmissão de conhecimento entre diferentes domínios, quanto uma das características fundamentais da biônica, que é seu caráter transdisciplinar (BENYUS, 1997; BLÜCHEL, 2006).

Dessa forma, novos estudos têm sido propostos a fim de determinar a melhor maneira de conduzir a busca por soluções em outros domínios de conhecimento, além de identificar as expectativas e reais necessidades das equipes de projeto no que se refere a uma sistematização para facilitar a identificação e realização de analogias entre o projeto de produtos e a natureza

¹Centro de pesquisa e inovação em Biomimética da Universidade de Akron - EUA. <http://uabiomimicry.org/> - Acessado em Fevereiro de 2015.

²Centro de Desing inspirado na natureza do Instituto de Tecnologia da Geórgia - EUA. <http://www.cbid.gatech.edu/> - Acessado em Fevereiro de 2015.

(e.g. agilidade na identificação de soluções e efetividade na transferência de conhecimento).

Nesse contexto, se insere a presente tese com as seguintes questões de pesquisa:

- a. Quais são as principais dificuldades enfrentadas por projetistas durante a projeção inspirada na natureza?
- b. Como organizar atividades, ferramentas e/ou diretrizes de forma a facilitar e incentivar a aplicação de informações biológicas, como fonte de inspiração e incentivo à criatividade, no planejamento de novos produtos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da tese é desenvolver uma metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos, por meio de atividades e de ferramentas que facilitem e integrem o uso de estímulos biológicos na ideação de novos produtos, possibilitando o direcionamento do processo criativo a partir das estratégias de negócio e reduzindo o esforço cognitivo do projetista.

1.2.2 Objetivos específicos

Para o cumprimento do objetivo geral deste trabalho, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- a. Organizar o conhecimento da literatura necessário para o desenvolvimento de modelos, diretrizes e ferramentas para a aplicação de informações biológicas na ideação de novos produtos;
- b. Estabelecer diretrizes para a caracterização do escopo de planejamento de produtos em termos de suas funcionalidades, considerando-se as estratégias de negócio (*market pull*);
- c. Propor ferramentas de auxílio a identificação e tratamento de informações biológicas;
- d. Propor um conjunto lógico de atividades para auxiliar o projetista desde a identificação e priorização de informações biológicas, até a aplicação dessas em sessões de ideação de novos produtos;
- e. Realizar estudos experimentais a fim de avaliar quantitativamente a metodologia e divulgar os resultados obtidos;

- f. Realizar aplicações práticas, junto a especialistas em desenvolvimento de produtos, a fim de avaliar qualitativamente a metodologia e demonstrar seu caráter utilitário e sua contribuição ao planejamento de produtos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A realização de analogias é até então considerada intuitiva e, normalmente, utilizada para a resolução de problemas de baixo nível de complexidade (BACK et al., 2008). Por meio da caracterização de funções relacionadas ao escopo de planejamento e à sistemas biológicos, independentemente do nível de complexidade, presume-se que a identificação de similaridades seja facilitada, de modo a favorecer a realização de analogias.

A disponibilização de ferramentas de auxílio a identificação de conteúdos biológicos visa estimular o uso de informações biológicas na ideação de novos produtos, mitigando a inércia psicológica, além de reduzir o esforço cognitivo do projetista na assimilação de conteúdos biológicos a partir de livros ou enciclopédias.

Por meio do agrupamento e sintetização de informações biológicas similares, ou seja, pela identificação e compilação de conteúdos biológicos generalizados, atividades até então não realizadas de forma sistematizada e efetiva, aliado à ferramenta de auxílio a aplicação desses na geração de ideias, estima-se que a metodologia proposta seja capaz de auxiliar o projetista ao longo do processo de planejamento e da ideação de novos produtos inspirada na natureza.

Pressupõe-se que pela aplicação da metodologia proposta, principalmente, na fase de planejamento de produtos, barreiras à criatividade (e.g. inércia psicológica, fixação funcional) sejam superadas e que mais e melhores ideias para novos produtos sejam obtidas.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa empregada na presente tese é definida como exploratória (GIL, 2010; MOREIRA; CALEFFE, 2006), pois visa proporcionar um maior entendimento sobre o processo e a prática de ideação inspirada em informações e sistemas biológicos. Nesse viés, é conduzida uma ampla revisão bibliográfica sobre o processo criativo e sobre biônica.

De forma a permitir uma análise de adequação e contribuição da metodologia proposta foram realizados estudos quantitativos e qualitativos, por meio de pesquisas experimentais com usuários potenciais (MOREIRA; CALEFFE,

2006) e de aplicações práticas com especialistas (GIL, 2009, 2010; MOREIRA; CALEFFE, 2006), respectivamente. Para o caso quantitativo foram utilizados testes de hipótese pela comparação entre grupos de controle e experimentais formados aleatoriamente.

A principal hipótese testada nessa pesquisa é:

- *O uso de conteúdos biológicos generalizados em sessões de ideação auxilia a equipe de planejamento na proposição de um maior número de ideias e de ideias que abranjam um maior número de funções e de atributos novos.*

Para testar a hipótese foram realizados dois experimentos com graduandos em Engenharia Mecânica. Nesses experimentos dois métodos tradicionais de criatividade (*Brainwriting* e *Brainstorming*) foram utilizados de forma a permitir a comparação com a metodologia proposta. Os dados coletados nesses dois experimentos foram analisados estatisticamente conforme a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste U de Wilcoxon-Mann, para um nível de confiança de 90%. Considerando-se que a criatividade não consiste em uma ciência exata, onde modelos poderiam ser utilizados para se prever e/ou inferir resultados, definiu-se razoável uma margem de 10% de erro para a comparação de resultados entre a performance de grupos (CASAKIN; GOLDSCHMIDT, 1999).

No caso da análise qualitativa, duas aplicações práticas da metodologia proposta foram realizadas com a participação de especialistas em desenvolvimento de produtos. Para o registro das avaliações, opiniões e percepções dos especialistas foram realizadas entrevistas individuais e abertas.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia proposta nessa pesquisa objetiva estimular a geração de ideias de novos produtos conforme as tendências de mercado e os objetivos do mapeamento (i.e. mapeamento “puxado” pelo mercado). Não faz parte do escopo dessa tese a projeção direcionada pela solução (i.e. escolher um sistema biológico para gerar ideias) e, posteriormente, adaptá-las a uma necessidade ou oportunidade (i.e. mapeamento “empurrado” pela tecnologia). Essa segunda abordagem, brevemente mencionada nos trabalhos de Nagel (2010), Wilson (2008), presume a análise detalhada de sistemas biológicos (SB) (KINDLEIN Jr.; GUANABARA, 2005), de forma a evidenciar particularidades e princípios biológicos, requerendo mais tempo e especialidade da equipe, se aproximando das pesquisas básicas realizadas na biologia.

1.6 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos apresenta como principais contribuições:

- a. A apresentação de uma revisão abrangente sobre o processo criativo e sobre a biônica, contribuindo para o maior entendimento desses e para o desenvolvimento de novas pesquisas destinadas ao auxílio e estímulo à ideação;
- b. A sistematização do desenvolvimento de estimuladores de auxílio ao processo criativo, reduzindo a subjetividade nas propostas de estímulos à ideação e permitindo a aplicação da mesma para o desenvolvimento de estímulos baseados em outros domínios de conhecimento;
- c. A mitigação de barreiras à criatividade (e.g. inércia psicológica, fixação funcional) por meio de estímulos generalizados, na forma de conceitos e princípios, durante o processo criativo;
- d. A sistematização do uso das tendências de mercado para a priorização dos estímulos biológicos ao processo criativo, favorecendo o maior alinhamento entre as ideias de novos produtos e as tendências de mercado;
- e. O aumento na probabilidade de obtenção de mais e melhores ideias, pelo aumento na quantidade e qualidade de conhecimento e informações na fase de planejamento de produto.

1.7 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento está dividido em **sete** capítulos, conforme apresentados a seguir. No início de cada capítulo são apresentados de forma sucinta os conteúdos abordados no mesmo, de modo a informar e situar o leitor no respectivo conteúdo abordado. Da mesma forma, ao final de cada capítulo são apresentadas algumas considerações que servem também para facilitar a compreensão da sequência da pesquisa.

O Capítulo 1 aborda a motivação, os objetivos geral e específicos, a justificativa, a metodologia de pesquisa empregada e as contribuições da pesquisa realizada.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão sobre o processo de ideação de produtos, com ênfase na fase de planejamento de produto. Além disso, esse capítulo aborda uma ampla revisão sobre o processo criativo, em particular sobre analogias.

O Capítulo 3 é destinado ao conteúdo de biônica, sua definição, áreas de aplicação, particularidades dos sistemas biológicos e sistemáticas e ferramentas de auxílio à projeção inspirada na natureza.

No Capítulo 4 são apresentados os Estimuladores Biológicos, que consistem no núcleo da metodologia proposta. Nesse capítulo é apresentado todo o processo de desenvolvimento dos estimuladores.

O Capítulo 5 contém a Metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos, englobando suas fases, atividades e ferramentas.

No Capítulo 6 são examinadas as aplicações realizadas com a metodologia proposta, como forma de avaliação da mesma. Primeiramente, são apresentados os dados e resultados estatísticos de dois experimentos realizados com usuários potenciais (avaliação quantitativa). Em seguida, são descritas as avaliações realizadas por especialistas em desenvolvimento de produtos (avaliação qualitativa).

As conclusões da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 7.

No Apêndice A são apresentados os atributos identificados na literatura biológica especializada, utilizados para o desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos.

O Apêndice B contém os questionários para avaliação dos grupos de atributos, formados para a definição dos conceitos biológicos, e da avaliação desses por especialistas em ciências biológicas.

Já, no Apêndice C são apresentados os nove Estimuladores Biológicos, destinados ao auxílio no processo de ideação.

No Apêndice D é apresentado um breve descritivo das ideias de novos produtos para movimentação de pacientes acamados, geradas pelos especialistas durante a primeira aplicação prática.

Nos Anexos A e B são apresentados, respectivamente, métodos de auxílio à elaboração da estrutura de funções de produtos, onde foco é dado à técnica FAST, e exemplos de camadas preenchidas de um mapa tecnológico para facilitar a compreensão dessa ferramenta.

Por fim, no Anexo C tem-se um breve descritivo do IDEFIX, que consistem em uma padronização para a modelagem de bancos de dados.

2 IDEACÃO DE PRODUTOS

Neste capítulo são revisados os conteúdos referentes ao processo de desenvolvimento de produtos e à criatividade. Ênfase será dada à fase de planejamento de produtos, por estar diretamente relacionada ao objetivo da presente pesquisa (i.e. ideação de novos produtos), e à realização de analogias, que consiste em um método bastante difundido de criatividade, servindo de base para a biônica. Essa revisão, de fundamental importância para a contextualização da presente pesquisa, visa pontuar e caracterizar diretrizes para o desenvolvimento da metodologia proposta.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), segundo Back et al. (2008), pode ser entendido como o processo de transformação de informações para a caracterização e identificação da demanda, da produção e utilização do produto. Esse processo compreende aspectos de planejamento e de projeto como: pesquisa de mercado; projeto de produto; projeto para fabricação; plano de distribuição; manutenção e descarte. Parte integrante do PDP é o processo de ideação, que ocorre, principalmente, nas fases onde a criatividade é necessária para a geração de ideias de novos produtos ou de soluções conceituais para problemas de projeto.

De forma a caracterizar o PDP e suas atividades, e guiar o projetista ao longo do processo, algumas metodologias e sistemáticas foram propostas, podendo-se destacar a de Baxter (2000, p.16), Dennis et al. (2008, p.11), Pahl et al. (2005, p.90), Ulrich e Eppinger (2011, p.14) e a de Back et al. (2008, p.70), conhecida como PRODIP (Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos), adotada nessa tese como modelo de referência para o PDP.

O PRODIP, como se pode visualizar na Figura 2.1 ¹, engloba três macrofases.

A proposta para o desenvolvimento de novos projetos e produtos é elaborada na macrofase 'Planejamento'. Nessa macrofase, por meio de pesquisas qualitativas e quantitativas de mercado, análise de concorrentes, pesquisas bibliográficas (e.g. publicações científicas, patentes, revistas especializadas) (BAXTER, 2000; ULRICH; EPPINGER, 2011), ou mesmo por meio de informações provenientes dos serviços de vendas e assistência pós-venda, a organização é capaz de identificar mudanças no mercado e nas expectativas, necessidades

¹Todas as Figuras, Tabelas e Quadros sem indicação explícita de fonte foram elaboradas pelo autor dessa tese.

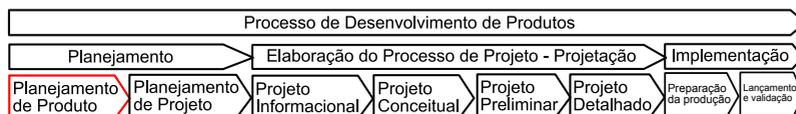


Figura 2.1 – PRODIP – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
 Fonte: adaptado de Back et al. (2008, p.70)

e desejos dos consumidores (PAHL et al., 2005). Tais mudanças podem caracterizar o surgimento de nichos de mercado, produtos, serviços, tecnologias e negócios, passíveis de exploração econômica.

Pertencentes a essa macrofase, estão as fases de ‘Planejamento de produto’ e ‘Planejamento de projeto’. A primeira destina-se à geração, seleção e especificação de ideias para novos produtos de acordo com as estratégias da organização. Em função do escopo da presente tese, essa fase será mais bem detalhada na seção 2.2. Já, a segunda fase se destina à identificação de todos os agentes envolvidos no processo de desenvolvimento (e.g. clientes, equipe de planejamento) e responsáveis pela decisão e definição do plano de projeto (e.g. fases, marcos de verificação do andamento do projeto), e pela estrutura de desdobramento do trabalho (e.g. atribuições de tarefas, definições de equipes de trabalho), em síntese, pelas atividades gerenciais e organizacionais necessárias para o desenvolvimento da ideia do produto (BACK et al., 2008).

Por sua vez, como se pode visualizar na Figura 2.1, a macrofase ‘Processo de Projeto’ é subdividida em quatro fases. Na fase do ‘Projeto informacional’, proposta por Fonseca (2000), são priorizados os requisitos de projeto e são detalhadas as especificações de projeto do produto, derivados, principalmente, das necessidades dos usuários. Ainda, nessa fase, é realizado o *benchmarking*, com o objetivo de identificar o estado-da-arte e possibilitar a identificação de novos requisitos e características para o produto (BAXTER, 2000).

Na fase do ‘Projeto conceitual’, por meio das especificações de projeto, é definida a estrutura de funções do sistema técnico a ser projetado. Dentre os métodos de auxílio à elaboração da estrutura de funções têm-se a síntese de funções, a modelagem FBS e a técnica FAST (ver Anexo A). Isso posto, inicia-se o desenvolvimento de concepções do produto, sendo que a organização das soluções geradas para cada função da estrutura pode ser realizada por meio do método da Matriz morfológica (BACK et al., 2008) ou Análise morfológica (BAXTER, 2000). Como saída da fase de ‘Projeto conceitual’ tem-se a concepção selecionada como sendo a mais adequada para do produto.

No ‘Projeto preliminar’ a concepção selecionada é modelada, dimensionada e otimizada, obtendo-se então o leiaute final do produto. Nessa fase,

um protótipo funcional pode ser construído, com o objetivo de testar, analisar e avaliar a concepção em simulações e situações de uso. Já no ‘Projeto detalhado’ os desenhos técnicos, a especificação de materiais e o plano de manufatura do produto são elaborados.

Finalmente, a macrofase ‘Implementação’ abrange as fases e atividades de produção propriamente dita, do lote piloto à disponibilização do produto ao consumidor final (BACK et al., 2008; ROMANO, 2003).

Dentre as várias fases do PDP (Figura 2.1) existem aquelas que requerem um maior aporte de criatividade, seja para dar início ao projeto (e.g. ideias de produto), seja para identificar nichos (e.g. mercado, produto, tecnologia) ainda inexplorados, ou ainda, para agregar valor a produtos (e.g. atributos inovadores). Dessas, o ‘Planejamento de produtos’ se destaca por ser a fase responsável pelo direcionamento estratégico das organizações em termos de novos produtos e tecnologias, necessitando, por esse motivo, de estímulos à criatividade para a ideação. Assim, na seção seguinte essa fase é detalhada.

2.2 PLANEJAMENTO DE PRODUTOS

Segundo Back et al. (2008, p.159), a essência do planejamento de produtos está na resposta da questão: “o que será desenvolvido em função das estratégias da organização?”. A estratégia organizacional consiste na aplicação de recursos financeiros, produtivos, tempo, pessoal e conhecimentos incorporados à organização na forma de propriedade intelectual (i.e. *know-how* dos funcionários) e experiências prévias (e.g. bancos de dados de projetos anteriores, pesquisas de mercado, monitoramento de mercado e tecnologia), para o cumprimento de metas traçadas conforme os objetivos econômicos estabelecidos (ULRICH; EPPINGER, 2011).

Ainda que estabelecida a estratégia, conforme Leonel (2006) e Pahl et al. (2005), para se iniciar o processo de planejamento de produtos e determinar as ações e desenvolvimentos necessários, alguns estímulos são requeridos. Tais estímulos podem provir de fontes externas, como o mercado (e.g. posição técnica e econômica do produto próprio e de concorrentes no mercado, sugestões e críticas de clientes) e o governo (e.g. novas regulamentações, mudanças políticas e econômicas), ou de fontes internas da organização (e.g. disponibilidade tecnológica resultante de pesquisa e desenvolvimento, racionalização da produção).

Nesse sentido, alguns autores (BAXTER, 2000; IBARRA, 2015; SILVEIRA, 2010; PAHL et al., 2005; REINERT, 2013; ULRICH; EPPINGER, 2011) apresentam atividades para auxiliar na identificação e seleção de informações que servirão para justificar a oportunidade e o potencial financeiro de novos produtos,

para definir suas qualidades e seus ciclos de vida, bem como, para auxiliar e estimular a equipe de planejamento no processo de ideação. Conforme Back et al. (2008), as atividades para a fase de ‘Planejamento de produtos’ são:

1. Analisar a situação presente do mercado e da organização;
2. Identificar oportunidades, demandas e tendências;
3. Gerar ideias de produto;
4. Selecionar as ideias de produto;
5. Especificar as oportunidades e a ideia.

As informações disponíveis nessa fase inicial do PDP (e.g. perspectivas tecnológicas e comerciais), não raro, são insuficientes e se encontram desconexas, além de possuírem um caráter predominantemente qualitativo (BACK et al., 2008). Fatores esses que influem diretamente no processo de planejamento, na medida em que afetam a determinação das oportunidades de desenvolvimento, a relevância e a qualidade das ideias de novos produtos geradas nessa fase.

A identificação de uma oportunidade de negócio (atividade 2) ocorre quando se caracteriza o que Back et al. (2008) e Baxter (2000) denominam de benefício básico do produto. Ou seja, determinada vantagem oferecida pelo produto e percebida pelo cliente, em relação aos demais produtos concorrentes. Nesse sentido, os problemas de projeto se caracterizam como oportunidades, visto que sua resolução resulta na entrega de vantagens e/ou benefícios para o usuário.

Tendo-se identificado uma oportunidade, parte-se para a geração de ideias para o produto (atividade 3). A ideia do produto, conforme Back et al. (2008), consiste no detalhamento de atributos, i.e. características, funções, princípios de funcionamento e formas a serem incorporadas no produto, de modo a contribuir com o benefício básico. Assim, a ideia do produto é também conhecida como o conceito do produto.

A geração de ideias para produtos pode ser estimulada por informações de base provenientes de pesquisas de mercado e tecnologia, processo facilitado no caso da aplicação do Mapeamento Tecnológico (MT). Com informações de mercado pode-se determinar, por exemplo, o preço meta, o estilo e a qualidade do conceito do produto. Já, com informações de tecnologia pode-se detalhar a tecnologia embarcada no produto, os desenvolvimentos tecnológicos necessários para atender as funções ou princípios de funcionamento desejados (BACK et al., 2008). Além de informações, ideias podem ser estimuladas por métodos de criatividade como analogias, análises de sistemas biológicos, painéis semânticos e tendências de evolução da TRIZ (ABDALA, 2013; BACK et al., 2008; BAXTER, 2000; REINERT, 2013; IBARRA, 2015; MELO, 2015; PAHL et al., 2005).

No que concerne às ideias de produtos, por ser uma fase inicial de desenvolvimento, não há um padrão de descrição ou especificação. Dessa forma, identificam-se situações em que as ideias são descritas em termos de características (e.g. desenhos, formas, geometria, cores, texturas), funcionalidades, princípios de funcionamento e/ou por meio da combinação dessas formas (SILVEIRA, 2010; REINERT, 2013; IBARRA, 2015). Para Baxter (2000), a descrição e o detalhamento das características da ideia do produto (atividade 5) não necessitam ser exaustivos. Contudo, devem ser suficientes para justificar o desenvolvimento e futuro sucesso comercial do produto e auxiliar decisões gerenciais (PAHL et al., 2005).

Tendo-se gerado as ideias para o produto prossegue-se para a seleção das mesmas (atividade 4), conforme os critérios estipulados pela organização, suas metas e objetivos. Segundo Pahl et al. (2005), nessa atividade, geralmente, são utilizados métodos multi-critério de avaliação (FIRMINO, 2007), como o MCDA (*Multi-Criteria Decision Analysis*, traduzido para o português como Método Multi-critério de Apoio à Decisão) para identificar ideias promissoras.

Ao final do 'Planejamento de produto' tem-se o que Baxter (2000) chama de especificação da oportunidade. Back et al. (2008) afirmam que os resultados esperados ao final dessa fase consistem na descrição dos desejos da organização (i.e. estratégias e metas), na avaliação das necessidades dos consumidores, na especificação de quais tecnologias devem ser desenvolvidas e quais mercados serão explorados, em ideias de novos produtos para integrar no portfólio da organização, e, finalmente, numa lista inicial de requisitos técnicos e econômicos para guiar o desenvolvimento do novo produto.

Encontram-se na literatura alguns conceitos e metodologias abrangentes para auxiliar no planejamento de produtos. Dentre elas, podem ser citadas a gestão do conhecimento (TAKEUCHI; NONAKA, 2008) e a inteligência competitiva (ULRICH; EPPINGER, 2011), e a gestão da inovação de produtos (ABREU et al., 2008), respectivamente. Além dessas, são descritas outras mais dedicadas a auxiliar as organizações na verificação de seu posicionamento no mercado e suas competências estratégicas (atividade 1), como exemplo a análise PEST (i.e. análise de aspectos Políticos, Econômicos, Sociais e Tecnológicos), a avaliação SWOT (análise dos pontos fortes e fracos da organização, assim como identificação de oportunidades e ameaças) (BAXTER, 2000), a análise de curvas 'S' (CARVALHO, 2008; LEONEL, 2006) e a matriz produto-mercado, que relaciona os produtos da organização com os produtos concorrentes (BACK et al., 2008; SILVEIRA, 2010; PAHL et al., 2005).

Uma das ferramentas que recentemente tem recebido destaque no auxílio ao planejamento de produtos é o Mapeamento Tecnológico (MT) (ARSHED et al., 2012; SILVEIRA, 2010; IBARRA, 2007, 2015; PHAAL et al., 2004).

2.3 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO

O MT consiste em um processo de coleta, geração e relacionamento de informações estratégicas, que resulta em um mapa estratificado em camadas (e.g. tecnologias, produtos) ao longo do tempo (PHAAL et al., 2004; BEHRENDT et al., 2007), conforme ilustrado na Figura 2.2.

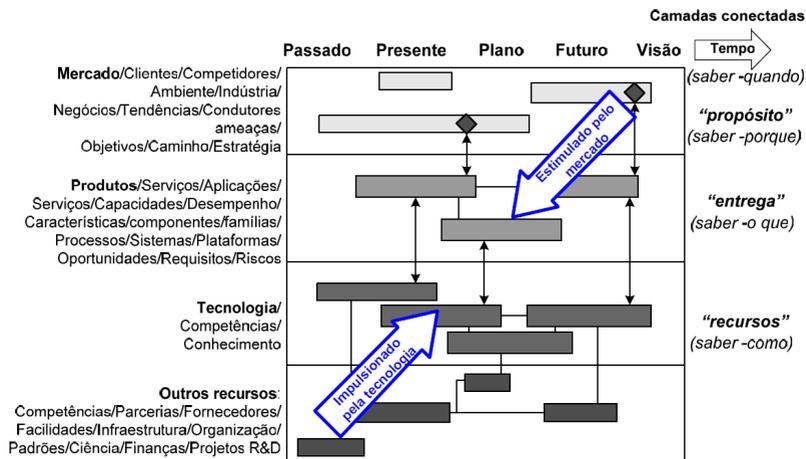


Figura 2.2 – Arquitetura genérica de um mapa tecnológico

Fonte: adaptado de Phaal et al. (2004) por Ibarra (2007)

Como se pode visualizar na Figura 2.2, a construção do mapa e a evolução das informações de cada uma das camadas pode se dar por duas vias principais, mas não excludentes: a puxada pelo mercado (*market pull*) e a empurrada pela tecnologia (*technology push*). No primeiro caso, as demandas e oportunidades são estabelecidas pelo contato e vínculo próximo com o público consumidor (i.e. organização com forte atuação comercial). No segundo caso, a organização apresenta competência predominante em pesquisa e desenvolvimento (SILVEIRA, 2010; IBARRA, 2007).

Além das duas vias para a construção do mapa tecnológico, conforme Ibarra (2015), o processo de MT pode apresentar dois escopos: i) o mapeamento completo: onde todas as camadas são preenchidas e/ou exploradas; e ii) o mapeamento modular: onde foco é dado ao preenchimento ou exploração de uma camada específica (e.g. preenchimento apenas da camada *Produto* com ideias de novos produtos). Segundo Ibarra (2015), tal escopo de ideação é determinado pela organização em função da disponibilidade de recursos (e.g.

tempo, pessoas, informações) e da necessidade da integração de informações estratégicas ou da necessidade de foco em dada camada de informação.

O mapa tecnológico apresenta diferentes camadas de informação, sendo as comumente utilizadas: mercado, negócio, produto e tecnologia. A camada ‘mercado’, segundo Phaal et al. (2004), está relacionada, principalmente, ao monitoramento do ambiente (social, político, econômico, competitivo) no qual a organização está inserida. A camada ‘negócio’ compreende as metas estratégicas, o modelo de negócios e o posicionamento da organização no mercado.

Já, a camada ‘tecnologia’ está relacionada aos recursos e meios técnicos necessários para compor e cumprir as funcionalidades dos produtos. A camada ‘produto’ relaciona as demais camadas ao disponibilizar tecnologias no mercado, conforme as metas e a atuação da organização, por meio de produtos (IBARRA, 2007).

Além das camadas, o mapa tecnológico apresenta como uma das principais características a dimensão ‘tempo’, que baliza o posicionamento das informações nas camadas. Conforme Ibarra (2015), Ibarra (2007), Phaal et al. (2004) e Behrendt et al. (2007), as informações dispostas no ‘futuro’ destinam-se à definição de metas (i.e. objetivos) da organização, bem como à identificação de oportunidades de exploração e desenvolvimento, sendo que, para o preenchimento das camadas no tempo ‘futuro’, métodos de criatividade podem ser aplicados para estimular a inovação (ABDALA, 2013; IBARRA, 2015). Já, as informações apresentadas até o presente consistem no estado da arte e no posicionamento estratégico da organização.

De forma a sistematizar o processo de mapeamento tecnológico, orientando o usuário na identificação, geração e posicionamento de informações no mapa, Ibarra (2007) propôs um conjunto de atividades e procedimentos conforme ilustrado na Figura 2.3.

De acordo com a sistemática de Ibarra (2007) (Figura 2.3), atendo-se apenas à construção do mapa, quatro fases são estabelecidas, uma para cada camada de informações. Dessa forma, os resultados de cada fase correspondem ao objetivo da camada correspondente, como segue:

1. Mercado: identificar oportunidades futuras de inovação do produto;
2. Negócio: definição da direção estratégica da empresa;
3. Produto: planejamento da evolução da linha de produtos;
4. Tecnologia: planejamento da evolução da tecnologia.

Assim como preconizado por Phaal et al. (2004), Ibarra (2007) prevê a ocorrência de oficinas para a execução de cada uma das fases. Ou seja, para a construção de cada camada do mapa.

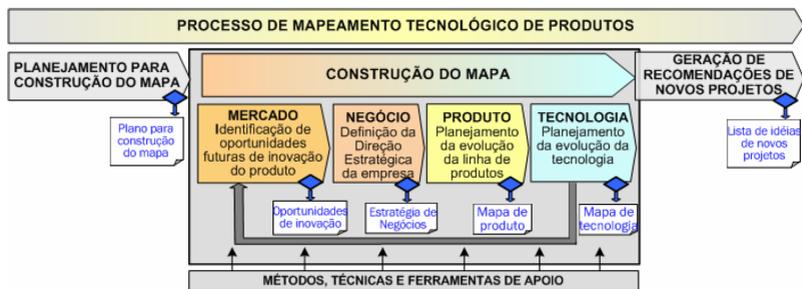


Figura 2.3 – Ilustração da sistemática para o processo de mapeamento tecnológico

Fonte: Ibarra (2007, p.59)

No caso da camada Mercado, pode-se fazer uso, por exemplo, de oficinas, consultas, entrevistas e aplicação de questionários com usuários, ou ainda pode-se observá-los, em seu cotidiano, a fim de se identificar hábitos, registrar queixas e capturar necessidades. Além de usuários, pode-se recorrer a especialistas e agências de pesquisa capazes de apontar tendências sociais, econômicas e tecnológicas (BEHRENDT et al., 2007). Geisler (2011), em um aprimoramento da sistemática de Ibarra (2007), cita a possibilidade de coleta de informações externas por meio do método Delphi (i.e. entrevistas estruturadas com especialistas) e de *Crowdsourcing*, que se baseia na inteligência e conhecimento coletivo, por meio de contribuições abertas via internet.

Pelo fato de se atribuir à camada Mercado o monitoramento do ambiente externo, também devem ser identificadas e analisadas informações referentes à tecnologias e produtos. Nesse caso, pode-se fazer uso das curvas 'S' de evolução e maturidade tecnológica, da identificação do grau de idealidade de produtos (ABDALA, 2013), da engenharia reversa de produtos concorrentes (MONTANHA JR., 2011) ou, ainda, da busca e análise de patentes (IBARRA, 2007).

Como resultado das análises de clientes, especialistas e do ambiente externo, Ibarra (2007) indica como principais informações resultantes da construção da camada Mercado a priorização das necessidades dos clientes, os segmentos-alvo para cada projeto e a caracterização de oportunidades de expansão da atuação (nichos de mercado e tecnologia) e de negócios, sendo essas informações chamadas de direcionadores de mercado (ver Figura B.1 do Anexo B).

No caso da construção da camada Negócio, cujo objetivo é estratégico, inicia-se com a realização do *Benchmarking* da organização perante seus con-

correntes. Essa análise comparativa serve de subsídio para a análise SWOT, onde são elencadas ameaças e oportunidades tanto internas quanto externas à organização. Com essa análise em mãos, cabe à organização definir as estratégias de atuação (ver Figura B.2 do Anexo B) em função, principalmente, das necessidades prioritárias dos clientes, do posicionamento dos concorrentes no mercado, das características que o produto deverá apresentar para se diferenciar desses, e das disponibilidades tecnológicas (IBARRA, 2007).

Para a construção da camada Produto Ibarra (2007) propõe que as necessidades dos clientes, aliadas às estratégias definidas pela organização na camada Negócio, sejam cruzadas e relacionadas aos requisitos técnicos de produtos, por meio da matriz da Casa da Qualidade do método do QFD. Presume-se que tais requisitos técnicos sejam os parâmetros mensuráveis comumente relacionados à linha de produtos em processo de análise (e.g. caso a análise fosse referente à linha automobilística, ter-se-iam requisitos como potência, consumo, custo, capacidade de carga).

Após a priorização dos requisitos técnicos parte-se para a definição de metas quantitativas para cada um, podendo-se recorrer à utilização de curvas de tendência (i.e. em função de dados históricos, extrapolar ou projetar tendências futuras) ou de aprendizado (i.e. em função das consolidações de produto, tecnologia e processos produtivos, torna-se possível estimar custos em linhas de tendência). Isso posto, Ibarra (2007) propõe ainda a definição de um leiaute preliminar para o produto (ver Figura B.3 do Anexo B)

No que concerne a evolução da linha de produtos (i.e. produtos futuros), identifica-se na literatura algumas sistemáticas como a de Abdala (2013), que visa auxiliar o processo de determinação de cenários futuros por meio das Tendências de Evolução da TRIZ, a de Reinert (2013), que é baseada na determinação de tendências em função de parâmetros de atratividade (parâmetros visuais) ao usuário, e a de Ibarra (2015), que assim como Abdala (2013), faz uso das Tendências de Evolução da TRIZ para estimular a ideação de novos produtos.

Um fator comum às sistemáticas citadas é o uso de métodos de criatividade (IBARRA, 2015) e a presença de estímulos em sessões de ideação (*brainstorming* e *brainwriting*), de forma a auxiliar os usuários no processo criativo. Nesse contexto de mapeamento de novos produtos, até o momento não foi identificado método ou sistemática que faça uso de estímulos ou informações biológicas para auxiliar no planejamento de novos produtos.

Por fim, para a construção da camada Tecnologia, os requisitos de projeto são priorizados e relacionados aos subsistemas do produto a ser desenvolvido, de forma a priorizar as tecnologias a serem empregadas ou desenvolvidas nos subsistemas prioritários (direcionadores tecnológicos) (BEHRENDT et al., 2007).

Em função da análise de tecnologias realizada durante a construção da camada Mercado, aquelas de maior potencial são dispostas como opções para cada subsistemas, em função de sua disponibilidade (tempo presente ou futuro). Além dessas, outras tecnologias podem ser prospectadas (e.g. licença de exploração, transferência de tecnologia, análise de patentes e publicações científicas - pesquisas experimentais) e idealizadas (e.g. desenvolvimento interno, investimento em P&D) (ver Figura B.4 do Anexo B).

Assim, por meio da construção de cada camada, tem-se a consolidação de informações estratégicas (estado da arte e as tendências futuras) para guiar as organizações nas tomadas de decisão, no planejamento de desenvolvimento e investimentos.

Visto que a criatividade é de fundamental importância e possui implicação direta no resultado das ideias e concepções de novos produtos, a próxima seção visa revisar os conceitos fundamentais para o entendimento do que vem a ser criatividade, além de apresentar os métodos de criatividade existentes mais aplicados no PDP.

2.4 CRIATIVIDADE

Encontra-se na literatura uma vasta gama pesquisas relacionados à criatividade. Dentre elas, pode-se citar as de Gruber e Bodeker (2005), Hennessey e Amabile (2010), Kozbelt et al. (2010), Mumford (2012), Runco (2004). Pela análise dessas pesquisas constata-se que, apesar dos esforços, ainda não há um consenso entre os especialistas sobre o que vem a ser a criatividade.

Para Alencar e Fleith (2003, p.15) criatividade é “[...] o processo que resulta na emergência de um novo produto (bem ou serviço), aceito como útil, satisfatório e/ou de valor por um número significativo de pessoas em algum ponto no tempo”. Já para Csillag (1995) criatividade é a combinação inédita entre elementos (e.g. ideias, objetos, ações) para a geração de uma nova ideia.

Além da variedade de conceitos, identifica-se também uma gama de teorias de criatividade (KOZBELT et al., 2010). A título de exemplo, pode-se destacar as teorias psicológicas de criatividade (KNELLER, 1997), a teoria do investimento em criatividade (STERNBERG, 2006) e teorias neuro-psicofilosóficas de criatividade (CHAKRAVARTY, 2010; CSIKSZENTMIHALYI, 1996; DIETRICH, 2004), que resumidamente consistem em:

- a. Teoria do Associacionismo para criatividade: considera que o pensamento criativo decorre da associação de ideias derivadas de experiências do indivíduo. Segundo essa teoria, quando maior for a frequência, recência e vivacidade das experiências, maior a probabilidade de associação entre ideias relacionadas a tais eventos;

- b. Teoria da Gestalt para criatividade: parte do princípio de que o pensamento criador é uma reconstrução, ou reformulação, de configurações mentais estruturalmente deficientes. Os pesquisadores adeptos dessa teoria consideram que a criatividade decorre de linhas de tensão entre estruturas mentais. Ou seja, decorre da inconsistência e/ou incompatibilidade da situação vivenciada e interpretadas com a estrutura mental existente, forçando o indivíduo a ressignificar a realidade por ele vivenciada;
- c. Teoria psicanalítica de criatividade: muito próxima à Teoria da Gestalt no que concerne a origem do ato criativo, essa considera que a criatividade é promovida por um conflito mental. Contudo, nesse caso, o conflito se dá em nível inconsciente, sendo esse estado mental o ‘responsável’ pela proposição de resoluções para o conflito;
- d. Teoria do investimento em criatividade: considera que criatividade consiste na persistência no desenvolvimento de ideais incomuns e, de certa forma, desacreditadas e ignoradas pelo senso comum, mas que caso sejam realizadas com sucesso possuem grande potencial de aplicação e escalabilidade;
- e. Teorias neuro-psico-filosóficas de criatividade: teorias que relacionam a habilidade do indivíduo em entender e expressar novos conceitos e ideias em função de sua estrutura mental e capacidade cognitiva, aqui entendida como uma rede neural de conexões sinápticas formadas a partir de experiências sócio-culturais e conhecimentos adquiridos ao longo de sua existência.

Com o objetivo de avaliar as teorias de criatividade, Kozbelt et al. (2010) definiram os seguintes fatores:

- a. Processo criativo (i.e. estágio ou conjunto de atividades);
- b. Ambiente de criação (i.e. espaço físico);
- c. Personalidade do indivíduo que realiza a ação criativa;
- d. Potencial criativo (i.e. atributos que podem favorecer a criatividade);
- e. Persuasão (i.e. capacidade de convencimento do indivíduo criativo em relação aos demais colaboradores, a respeito de suas ideias);
- f. Produto resultante da ação criativa.

De acordo com o estudo, Kozbelt et al. (2010, p.28) identificaram que apenas as teorias que consideram a criatividade como “[. . .] resultante de um sistema complexo de interações e inter-relações de fatores” foram capazes de abordar todos os aspectos de análise definidos. Dessas teorias, destaca-se a

de Csikszentmihalyi (1996), que evidencia a importância dos fatores sócio-culturais (e.g. regras simbólicas, tradições passadas por gerações, evolução da espécie), do indivíduo como agregador de valor ao domínio social (i.e. agente capaz de introduzir novidade) e dos especialistas que reconhecem e validam a inovação².

Levando-se em consideração os diferentes conceitos e teorias de criatividade, o domínio de aplicação da presente pesquisa (i.e. desenvolvimento de produtos), e o caráter original (novo) e utilitário da criatividade como fatores fundamentais para promover o avanço da civilização (HENNESSEY; AMABILE, 2010), criatividade será aqui considerada como *o processo pelo qual um agente (indivíduo ou grupo) utiliza sua capacidade cognitiva de gerar ideias, soluções ou produtos que sejam novos e úteis* (CHAKRABARTI, 2009, p.22).

Considerando-se essa definição, parte-se para a identificação de fatores influentes no processo criativo, com o objetivo de identificar formas de estimular e promover a criatividade.

2.4.1 Fatores influentes

Tomando-se como base abordagens clássicas sobre criatividade, como as encontradas em Alencar e Fleith (2003), Amabile (1983), Csikszentmihalyi (1996), Dai e Sternberg (2004), Gruber e Bodeker (2005), Sternberg (2006), Runco (2004), quatro fatores influentes na criatividade se destacam, sendo eles:

- a. Flexibilidade cognitiva (flexibilidade perceptual; e.g. habilidade de enxergar diferentes perspectivas);
- b. Conhecimento específico sobre o domínio do problema;
- c. Motivação para a resolução do problema (desejos a serem satisfeitos; e.g. desejo de se obter reconhecimento e/ou domínio sobre dado assunto);
- d. Redução nos bloqueios à criatividade.

No que concerne a flexibilidade cognitiva, Dietrich (2004) afirma que as informações na memória (e.g. conhecimentos e experiências) e as funções cognitivas são ordenadas hierarquicamente. Ou seja, caso haja um aumento nas habilidades e estruturas neurais (i.e. acréscimo de informações e/ou *expertise* pelo indivíduo), aumenta também a flexibilidade e adaptabilidade comportamental, ou flexibilidade cognitiva. Essa flexibilidade pode ser entendida como

²Inovação é aqui considerada como a implementação bem sucedida de ideias criativas (HENNESSEY; AMABILE, 2010, p.585).

a capacidade do indivíduo em identificar diferentes abordagens, gerar diferentes definições para o problema e desenvolver diferentes categorias de soluções. Sendo assim, a flexibilidade cognitiva está relacionada ao conhecimento e às informações pertencentes e/ou disponíveis ao indivíduo.

Relativamente ao conhecimento específico, conforme Csikszentmihalyi (1996), quanto maior for o acesso do indivíduo a informações (e.g. livros, relatórios, teses, patentes) relacionadas ao domínio do problema, e quanto mais claras e relevantes forem tais informações, maior será a probabilidade da obtenção de uma ideia criativa devido à possibilidade de aprofundamento de conhecimentos e associação de informações.

Apesar da influência positiva de informações e conhecimentos sobre a criatividade (ALENCAR, 1996), Dietrich (2004) afirma que o ser humano possui limitações na sua capacidade de prestar atenção e processar informações. Conforme o autor, a complexidade de dado assunto é inversamente proporcional à capacidade de processamento do cérebro. Ou seja, há uma restrição na quantidade de informações que o indivíduo consegue processar concomitantemente. Logo, de forma derivada à flexibilidade cognitiva, um dos pré-requisitos para o pensamento criativo é a habilidade do indivíduo em focar em determinados conteúdos que lhe permitam idear soluções para o problema em questão.

O fator motivação, conforme Amabile (1983), também discutido por Dai e Sternberg (2004), Dreu et al. (2012), possui dois vieses: aquele influenciado por características intrínsecas ao indivíduo; e aquele influenciado pelo meio (situação) que o circunda. A parte intrínseca se relaciona com os desejos pessoais do indivíduo (e.g. desejo de dominar o problema), com suas necessidades de auto-estima e de reconhecimento, e sua inteligência emocional (BRACKETT et al., 2004).

Já, a influência externa sobre a motivação possui considerável variedade de procedências. Como exemplo pode-se identificar estímulos financeiros (e.g. bonificação por rendimento), do ambiente de trabalho (e.g. cooperação amigável entre colegas) e do clima organizacional (e.g. liberdade, confiança e abertura, comunicação e suporte de ideias) (ARANDA, 2009). Como colocam Hennessey e Amabile (2010), a produção criativa não depende somente de habilidades individuais, mas também da influência de elementos ambientais.

As barreiras ou bloqueios ao pensamento criativo são fatores que dificultam o indivíduo em sua habilidade de criar. Conforme Alencar (1996), os indivíduos desde a infância são criados conforme determinados padrões sociais, culturais e morais, que acabam por se constituir como barreiras à criatividade.

No que concerne padrões, o uso de estereótipos, por exemplo, pode se consistir numa barreira perceptiva ao pensamento criativo, pois, nesse caso, o

indivíduo realiza extrapolações para completar informações faltantes em dadas situações. Tais extrapolações são realizadas por meio da identificação de similaridades entre a situação e experiências prévias e a informações registradas na memória do indivíduo (CSILLAG, 1995).

Uma situação particular do uso de estereótipos é a fixação funcional. Ou seja, quando o indivíduo não consegue identificar outra função para dado objeto a não ser a função para a qual foi destinado (e.g. experimento realizado por German e Barrett (2005)³ com uma comunidade silvícola remota no Equador). Essa mesma fixação pode ocorrer com indivíduos muito especializados em dado assunto, que acabam por ignorar outras possibilidades e conhecimentos.

Próximo ao conceito de fixação funcional está o de inércia psicológica, que se caracteriza pela tendência de indivíduos em buscar soluções no mesmo domínio de conhecimento em que está inserido o problema, ignorando assim possíveis contribuições de outros domínios (DAUGHERTY; MENTZER, 2008; LINSEY et al., 2007; MARKMAN; WOOD, 2009).

Outro tipo de barreira à criatividade é a emocional, que elenca um conjunto amplo de fatores que influenciam negativamente a criatividade por atuarem em mecanismos de flexibilidade e fluência de pensamentos (CSILLAG, 1995). Esse tipo de barreira possui um caráter dinâmico, i.e. varia conforme a situação momentânea e a características intrínsecas do indivíduo. Como exemplos de barreira emocional pode-se citar (DAI; STERNBERG, 2004): o medo do fracasso, a apatia (descrença e desinteresse pelas próprias ideias), a inability de refletir sobre as próprias ideias e a falta de desafio (quando determinado problema não oferece motivação suficiente para o início do processo criativo).

Passando para as barreiras presentes no meio de trabalho do indivíduo, Aranda (2009) cita as organizacionais (e.g. burocracia, estrutura rígida de trabalho, cronograma de desenvolvimento reduzido, informações que passam de uma fase a outra do PDP são incompletas ou insuficientes) e as ambientais (e.g. ruído que impede a concentração, temperatura que causa desconforto, ambiente de desonestidade, falta de suporte econômico).

Apesar de restrições poderem ser consideradas, em certos casos, como barreiras ao pensamento criativo, Boden (1999) afirma que restrições são fatores que possibilitam a criatividade, por gerarem situações para as quais respostas inusitadas devem ser encontradas ou desenvolvidas.

³O experimento de German e Barrett (2005) consistiu na entrega de uma caixa, cujo conteúdo eram cubos com diferentes dimensões, para grupos formados aleatoriamente. Tais grupos deveriam utilizar os itens entregues para construir uma torre alta o suficiente para atingir dada marcação de altura. Ao empilhar os cubos sobre a caixa entregue, os grupos conseguiriam atingir a marcação determinada, mas a fixação funcional identificada foi na consideração da caixa entregue apenas como sendo um recipiente, e não como um bloco adicional.

Considerando-se o conceito de criatividade adotado e os fatores influentes previamente abordados, faz-se necessário caracterizar o processo criativo em si.

2.4.2 Processo criativo

Por mais que existam proposições, modelos e teorias psicológicas e neurológicas (e.g. hemisférios e áreas do cérebro ativas durante ações criativas) para explicar o processo da criatividade, ainda nenhuma é capaz de se adequar e explicar completamente o comportamento criativo do ser humano (HENNESSEY; AMABILE, 2010).

Tendo em mente essa informação, de modo a caracterizar o processo criativo, além de considerar as teorias contidas nas pesquisas previamente citadas, foram comparados dois modelos amplamente discutidos na literatura, sendo eles: o Modelo componencial de criatividade de Amabile (1983) e o Modelo HPG de Helmholtz–Poincaré–Getzels (OGOT; OKUDAN, 2006). Segundo Hennessey e Amabile (2010), apesar de serem modelos desenvolvidos há mais de 30 anos, ainda são considerados e aplicados em pesquisas sobre criatividade, devido a sua abrangência e generalidade. Por meio dessa comparação, identificou-se similaridades entre os modelos, tanto no número quanto na descrição de cada fase proposta (Quadro 2.1).

Como se por visualizar no Quadro 2.1, nesses dois modelos clássicos o processo criativo é caracterizado por cinco fases. A primeira consiste na definição do problema a ser resolvido. Já, a segunda fase envolve a preparação do indivíduo para a resolução do problema, o que inclui pesquisa e busca de conhecimento e informação, não somente no meio externo (e.g. literatura, relatórios técnicos, patentes) como também nos meios internos (e.g. memória, experiências prévias, habilidades cognitivas).

A terceira fase destina-se ao processamento das informações identificadas e coletadas, e início da geração de ideias de possíveis soluções para o problema em questão. A quarta fase corresponde à materialização das soluções desenvolvidas, passando pela análise das mesmas, de forma a identificar a solução mais adequada ao problema proposto. Finalmente, na quinta fase do processo criativo, ocorre a validação e a implementação da solução para a resolução do problema.

É interessante notar que os modelos para o processo criativo citados são consonantes com alguns dos modelos propostos na literatura para o processo de aprendizagem, como por exemplo o Construtivismo, ou Teoria da Epistemologia Genética, de Jean Piaget. Conforme Castro (2004), o processo

Quadro 2.1 – Similaridade entre as fases propostas nos modelos para o processo criativo

Modelo componencial de criatividade adaptado de Amabile (1983)	Modelo HPG adaptado de Ogot e Okudan (2006)
Fase 1	
<i>Representação do problema</i> Clarificação/entendimento da tarefa ou do problema a ser resolvido	<i>Primeira compreensão</i> Entendimento e formulação do problema
Fase 2	
<i>Preparação</i> Coleta de informações e conhecimentos relacionados ao problema (inclusive experiências prévias – memórias)	<i>saturação</i> Coleta de informações. Imersão nos detalhes do problema
Fase 3	
<i>Geração de respostas</i> Geração de possíveis soluções para o problema (utilização de informações e conhecimentos coletados na etapa anterior)	<i>Incubação</i> A mente fica repleta de informações, porém sem solução para o problema. Logo, o problema é deixado de lado por um período
Fase 4	
<i>Resposta e validação</i> As soluções geradas são testadas de acordo com critérios determinados e com as características do problema	<i>Iluminação</i> O indivíduo, durante o afastamento (incubação), identifica uma possível solução (elemento 'sorte' envolvido)
Fase 5	
<i>Conclusão</i> Verificação final das soluções geradas, determinação da solução mais adequada (caso não haja solução, reinicia-se o processo)	<i>Validação</i> A solução idealizada é analisada e validada, e, caso seja aceita, é comunicada e implementada (caso contrário reinicia-se o processo)

de aprendizagem na perspectiva construtivista leva em consideração quatro conceitos-chave, sendo eles:

- a. Equilíbrio ou interacionismo: tendo o indivíduo sofrido uma perturbação do meio, ou realizado uma ação, o mesmo apresenta como resposta a reequilibrar sua estrutura psíquica de forma a assimilar e acomodar as novas informações e conceitos ao seu estado anterior, ampliando-o. Logo, por meio de ações, perturbações e interações consecutivas, tem-se um processo construtivo de aumento na capacidade individual de agir e conhecer;
- b. Ação: as ações são dotadas de significações, sendo interiorizadas na forma de representações que permitem a posterior evocação. A medida que o indivíduo toma consciência de suas ações, o mesmo torna-se capaz de discernir sobre o quê, como e quando fazer;
- c. Possibilidade e Necessidade: a possibilidade de assimilação, expansão e extrapolação de conhecimentos, esquemas e significações possui como fator limitante a necessidade lógica, relacionada à intolerância do pensamento à

existência de contradições, exigindo a integração e coordenação entre os esquemas conflitantes;

- d. Abstração reflexiva: abstração consiste na separação mental de um objeto de conhecimento, ou de alguma de suas propriedades e características. Essa separação possui como atribuição principal a tomada de conhecimento sobre o objeto abstraído, permitido o ato mental de assimilação e organização do novo conteúdo com a estrutura pré-existente.

Nessa relação entre processo criativo e de aprendizagem, o conceito de ‘ação’ está diretamente relacionado à capacidade do indivíduo de interiorizar informações. Ou seja, capacidade de entender (tomar consciência) e se preparar (discernir) para eventuais perturbações e problemas, fases um e dois do processo criativo, respectivamente.

A geração de ‘possibilidades’ de resolução para o problema, terceira fase do processo criativo, envolve a solução de conflitos (contradições). Já a realização de ‘abstrações’ é transversal do processo criativo, tendo em vista que pode ser utilizada para auxiliar no entendimento e preparação (i.e. fragmentação da complexidade do problema global em problemas menores – relação direta com a síntese funcional), quanto para verificar a adequação da solução desenvolvida ao problema.

Por fim, a ‘equilibração’ pode ser relacionada aos casos bem sucedidos de execução do processo criativo, tendo em vista que o problema (perturbação) é compreendido (assimilado) e resolvido (acomodado), permitindo um ganho de experiência e conhecimento ao indivíduo (aumento da capacidade de agir e conhecer).

De forma a mitigar as barreiras à criatividade e estimular o processo criativo, tanto pelo desdobramento das fases em atividades de menor complexidade, quanto pela disponibilização de informações e ferramentas, métodos de criatividade tem sido propostos, conforme apresentado na seção seguinte.

2.4.3 Métodos de criatividade

Tendo em vista a influência da criatividade no desenvolvimento de produto, principalmente na geração de ideias e concepções de produtos, o estudo da criatividade e de seus mecanismos visa disponibilizar aos projetistas métodos e ferramentas que facilitem a obtenção de produtos inovadores, que satisfaçam as necessidades dos clientes com maior eficiência, eficácia e de maneira mais econômica (ARANDA, 2009). Conforme Back et al. (2008), os métodos de criatividade podem ser subdivididos em duas categorias, sendo:

- a. Métodos Intuitivos: baseados em estudos psicológicos de criatividade. São, normalmente, indicados para problemas de baixa complexidade;
- b. Métodos Sistemáticos: são estruturados e possuem uma metodologia a ser seguida, com o objetivo de aumentar a probabilidade de se chegar a melhores soluções. Indicado para resolução de problemas complexos, pois se caracterizam pelo desdobramento do problema principal em “subproblemas” mais simples.

Dentre os métodos existentes, a seguir (Quadro 2.2) são citados os mais utilizados e divulgados na literatura (ARANDA, 2009; BAXTER, 2000; BACK et al., 2008; PAHL et al., 2005; SAVRANSKY, 2000) relacionada ao PDP.

Analisando-se mais aprofundadamente os métodos listados no Quadro 2.2, pode-se perceber que o uso de analogias é frequente, tanto nos métodos intuitivos quanto nos sistemáticos.

O método *Synectics*, por exemplo, relaciona quatro tipos de analogias passíveis de aplicação na resolução de problemas, sendo elas: i) analogia pessoal (indivíduo se coloca no lugar do problema); ii) analogia direta (identificação de funções ou características similares entre sistemas); iii) analogia simbólica (identificação de similaridade por meio da atribuição de significado a objetos, ou seja, dependente de experiências prévias do indivíduo); e iv) fantasia (desconsideração das restrições existentes, imaginação de soluções e situações ideais e fantasiosas para o problema, inspiração de soluções nessas divagações fantasiosas e tentativa e adaptação dessas para aplicação real) (LINSEY et al., 2007).

Da mesma forma, visto que analogias são associações de informações, os métodos do *Brainstorming* e *Brainwriting* também podem ser considerados como dependentes de analogias, por se basearem no compartilhamento de informações e conhecimentos entre os participantes, de forma oral ou escrita, respectivamente.

Ainda, em relação aos métodos sistemáticos, tanto a TRIZ quanto a Biônica apresentam a realização de analogias como fator fundamental para a identificação de soluções para os problemas, visto que nesses métodos as soluções são identificadas por comparação e similaridade com a descrição do problema.

Gentner e Markman (1997) afirmam que comparações (analogias) fomentam *insights*, que, por sua vez, promovem a criação de novos cenários de análise e avaliação de sistemas, capazes de auxiliar a resolução de problemas e incentivar a criatividade e a inovação. Tais comparações e cenários são indiretamente abordados nos estudos de Glaveanu (2011), Paulus e Yang (2000) sobre o processo criativo coletivo. Segundo esses autores, a intercomunicação entre os indivíduos durante sessões de ideação favorece a identificação e conexão

Quadro 2.2 – Métodos de criatividade

Métodos intuitivos de geração de ideias	Descrição
<i>Brainstorming</i>	O objetivo é desenvolver o maior número de ideias durante a sessão de ideação, estimulando processos de associação e o compartilhamento de conhecimento entre os participantes
<i>Brainwriting</i>	Processo de ideação em que cada indivíduo registra de forma escrita e/ou ilustrada suas ideias para dada função/objetivo em uma folha de papel, que deve circular por de todos os participantes da sessão. Também conhecido como método 635 - 6 indivíduos, cada um deve contribuir com 3 ideias em rodadas de 5 minutos
<i>Lateral thinking</i>	Caracterizado pela provocação dos participantes por meio de perguntas paradoxais e contraditórias sobre o problema, para que saiam da zona de conforto e apresentem respostas aos problemas hipotéticos
<i>Synectics</i>	Incorpora outros métodos de criatividade (e.g. <i>brainstorming</i> , analogias, <i>lateral thinking</i>) de modo sinérgico, de maneira a aproveitar da melhor forma a contribuição de cada um
<i>Analogias</i>	Utiliza novas perspectivas para resolução de problemas por meio da associação com figuras, palavras, objetos, animais e plantas
Métodos sistemáticos de geração de ideias	Descrição
<i>Análise de valor</i>	Aplicado a produtos já existentes, visa a redução de custos do produto sem que haja redução na qualidade. A análise é auxiliada por uma lista de questões evocativas formuladas para estimular a identificação de fontes de melhoria; e.g. o produto pode ser decomposto em partes mais simples?
<i>Matriz morfológica</i>	Consiste no desdobramento do problema principal em partes mais simples, na determinação dos princípios de solução para cada uma das partes, na combinação das diferentes soluções para as diferentes partes e, finalmente, na escolha da melhor combinação de soluções
<i>TRIZ</i>	Teoria para a resolução de problemas que abrange uma variedade de métodos. Um desses métodos se baseia na resolução de contradições (e.g. alta resistência versus o baixo peso), onde soluções são estimuladas por 40 princípios inventivos
<i>Biônica</i>	Consiste numa gama de estudos recentes dedicados a aplicação de informações e conhecimentos biológicos na resolução de problemas técnicos. Algumas das ferramentas utilizadas são a Espiral Biomimética, BioTRIZ e catálogos de sistemas e soluções biológicas (mais detalhadas no Capítulo 3)

entre os conhecimentos já internalizados individualmente (e.g. experiências prévias) e permite o desenvolvimento de novos conhecimentos coletivamente. Ou seja, a troca de informações fomenta a busca de analogias nas redes cogni-

tivas individuais e, pela construção de ideias coletivamente, contribuí para a expansão dessas.

Sendo assim, por estarem envolvidas em processos criativos, as analogias e abstrações estão diretamente relacionadas às fases criativas do PDP (ver seção 2.2), que se servem das mesmas para a resolução de problemas técnicos.

Devido à importância e recorrência nos métodos de criatividade, a próxima seção é destinada ao entendimento de conceitos associados a analogias.

2.5 ANALOGIAS

Analogias são recorrentes quando se necessita de criatividade. Na engenharia, por exemplo, analogias são empregadas para a identificação de problemas e soluções (e.g. comunicação de novas ideias, aplicação de soluções de um domínio em outro, avaliação de novos conceitos), para simplificar explicações (e.g. facilitar o entendimento, exemplificar concepções), entre outras atividades (CHRISTENSEN; SCHUNN, 2007; VERHAEGEN et al., 2011).

Analogias podem ser entendidas como o mapeamento de informações de um domínio a outro, realizado pela identificação de relações de similaridade entre esses (FIALHO, 2011; LINSEY et al., 2007; WILSON, 2008). Conforme Gentner e Markman (1997) a identificação de similaridades envolve o mapeamento e alinhamento estrutural de conteúdos pertencentes a diferentes sistemas e/ou domínios.

O alinhamento estrutural consiste na equiparação de sistemas por meio da identificação de semelhanças paralelas entre os mesmos. Ou seja, determinado conteúdo de um sistema pode ser mapeado com determinado conteúdo similar no outro sistema (alinhamento de um para um). De forma a ilustrar os alinhamentos estruturais possíveis entre sistemas, tem-se a Figura 2.4.

Segundo Gentner e Markman (1997), como se pode visualizar na Figura 2.4, analogias envolvem um alto nível de compartilhamento de relações (i.e. funções, objetivos, finalidades) entre sistemas e um baixo nível de compartilhamento entre os atributos (e.g. forma, geometria, composição) dos sistemas (e.g. comparação entre o rim e o equipamento de hemodiálise, ambos servem para filtrar o sangue. Porém, por meio de diferentes mecanismos – similaridade resumindo-se à função).

A mera aparência, situação oposta às analogias, é constituída quando se encontra um alto nível de compartilhamento entre os atributos de sistemas, porém baixo compartilhamento de relações (e.g. comparação entre a Lua e uma bola de gude. Ambas são esféricas - similaridade resumindo-se à forma).

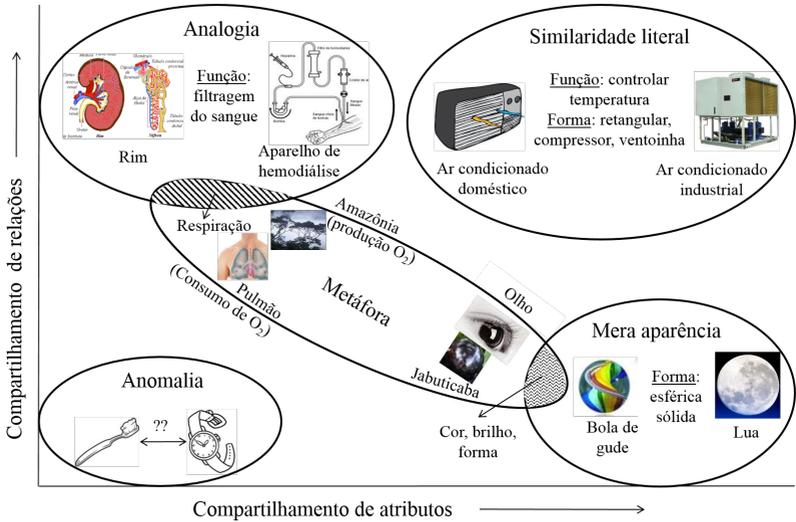


Figura 2.4 – Espaço de similaridades possíveis entre dois sistemas
 Fonte: adaptado de Gentner e Markman (1997)

Anomalias são comparações que não apresentam considerável compartilhamento de relações ou atributos (e.g. comparação entre um relógio de pulso e uma escova de dente). Já, similaridade literal, oposta as anomalias (ver Figura 2.4), engloba comparações entre sistemas muito semelhantes em atributos e relações (e.g. comparação em forma e função entre o ar-condicionado residencial e o ar-condicionado industrial).

Finalmente, metáforas englobam comparações que podem variar de analogia a mera aparência. No caso de maior semelhança relacional, as metáforas se aproximam das analogias (e.g. a Amazônia é o pulmão do mundo – comparação em termos da função respiração) e, no caso de maior semelhança de atributos, se aproximam da mera aparência (e.g. seus olhos são como duas jabuticabas – comparação entre forma e cor).

Relacionada ao alinhamento estrutural (ver Figura 2.4) de Gentner e Markman (1997), está a taxonomia de similaridades proposta por Verhaegen et al. (2011), como pode ser visualizado na Figura 2.5.

Segundo Verhaegen et al. (2011), há três formas de se diferenciar similaridade. A similaridade de atributos ou similaridade superficial (correspondente à categoria ‘Mera aparência’ da Figura 2.4) ocorre quando há correspondência entre a descrição das informações de dois sistemas na forma

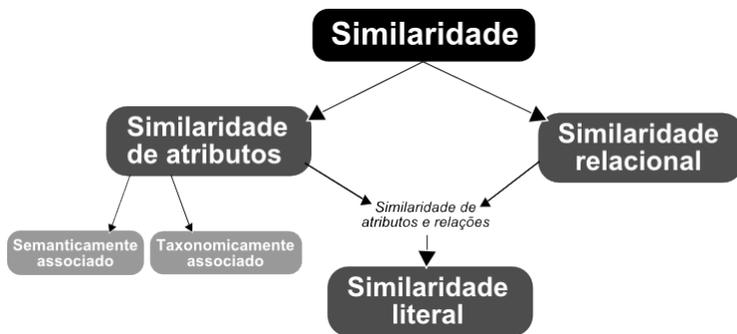


Figura 2.5 – Taxonomia de similaridades

Fonte: adaptado de Verhaegen et al. (2011)

de atributos, sendo atributos elementos caracterizadores (e.g. a cor do sangue é vermelha, assim como a cor da rosa é vermelha – sendo a cor o elemento caracterizador). Essa categoria por ser subdividida ainda em similaridades associadas semanticamente (i.e. palavras associadas pela frequência de uso, como papel e caneta) e similaridade taxonomicamente similar (i.e. palavras associadas que possuem maior correspondência, como lápis e lapiseira).

A similaridade relacional (correspondente à categoria ‘Analogia’ da Figura 2.4) ocorre quando há correspondência entre as funções ou relações de dois sistemas (e.g. pelas veias flui o sangue e pelos rios flui água). A similaridade literal ocorre quando dois sistemas possuem em direta correspondência atributos e relações, assim como visto no alinhamento estrutural.

Apesar de terem sido identificados os tipos de similaridades e correspondências possíveis entre sistemas, Linsey et al. (2007) afirmam que, para se entender o processo de analogia, é necessário também o entendimento dos processos cognitivos do indivíduo (e.g. representações internas, mapas mentais, identificação de experiências prévias), aliados às representações por ele utilizadas e exteriorizadas (e.g. esboços, modelos, diagramas, palavras-chave). Ou seja, o raciocínio por meio de analogias.

2.5.1 Raciocínio por meio de analogias

A realização de analogias consiste em um dos processos centrais na cognição humana (LARKEY; LOVE, 2003). As analogias envolvem processos elaborados (maior esforço computacional - cognitivo) de identificação e comparação de informações e conhecimento (RAMSCAR; YARLETT, 2003).

O raciocínio analógico, segundo Casakin e Goldschmidt (1999), possui o potencial de usar conhecimentos anteriores para suportar (i.e. servir de base) a aquisição de novas informações (LINSEY et al., 2007).

A aquisição de informações é realizada por meio dos cinco sentidos (i.e. tato, olfato, visão, audição e paladar). Para cada um dos sentidos destinam-se mecanismos receptores específicos (e.g. células, órgãos) que identificam e transformam os estímulos recebidos em sinais químicos e elétricos transportados para o cérebro para decodificação, processamento e tomada de decisão. A alocação dessas informações na memória ocorre por meio de mecanismos de similaridade (FIALHO, 2011; GENTNER; MARKMAN, 1997). Ou seja, a alocação se dá conforme o nível de semelhança de dada informação com as categorias existentes na mente do indivíduo (e.g. um estudante ao se deparar com informações matemáticas irá ativar sua rede de conhecimentos matemáticos. Ou ainda, um médico relaciona imediatamente os sintomas de um paciente com doenças por ele conhecidas, que possuam as mesmas características) (CASAKIN; GOLDSCHMIDT, 1999).

Da mesma forma, a busca por informações na memória se dá por meio da identificação de similaridades entre o item buscado e o que há armazenado (GENTNER; MARKMAN, 1997). Conforme Christensen e Schunn (2007), essa busca é conduzida principalmente pela identificação de similaridades superficiais (e.g. geometria, cor, textura). Tal constatação pode estar relacionada ao fato de que, na categorização de informações na mente do indivíduo, atributos físicos sejam utilizados para simbolizar as categorias. Além disso, presume-se que por serem atributos físicos, uma maior quantidade de informações possa ser assimilada pelo indivíduo (i.e. maior número de sentidos estimulados). Logo, sua identificação é facilitada.

Para Fialho (2011), Linsey et al. (2007), a busca por informações na memória é realizada na forma de uma rede semântica (Figura 2.6). Assim, quando determinada região da malha é ativada, diversas informações se tornam conscientes para o indivíduo. À medida que o indivíduo percorre a rede de informações de sua memória, se distanciando da busca inicial (i.e. divergindo), reduz-se a probabilidade de que alguma informação relevante seja rememorada. Caso de várias informações converjam para determinado ponto (e.g. todos os nós da figura convergem para o nó 'carro'), tal nó apresentará uma informação consideravelmente relevante para a situação, sendo esse nó chamado de *chunk* (LINSEY et al., 2007).

A teoria de alocação de informações na memória, na forma de redes semânticas, corrobora com a constatação de Gentner e Markman (1997) de que aprofundar analogias (aumentar o grau de descrição e abstração) requer menos esforço do que realizar novas analogias, pois categorias e informações

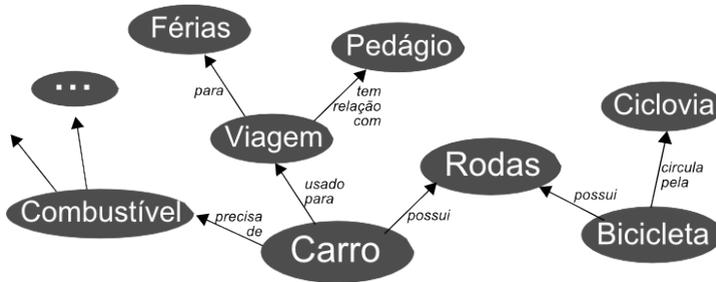


Figura 2.6 – Exemplo de rede semântica

já estão disponíveis na memória, basta acrescentar significados e informações (acrescentar nós à rede semântica).

Linsey et al. (2007) identificaram que indivíduos com maior experiência na resolução de problemas possuem maior capacidade de realizar analogias mais gerais (soluções abstratas, mais genéricas) por se basearem em um maior número de casos e exemplos, ao contrário de indivíduos com menor experiência, que focam em casos pontuais e realizaram analogias específicas (soluções particulares, baixa abstração). Assim, pode-se presumir que indivíduos com maior experiência possuam maior conteúdo armazenado em cada uma das categorias existentes em sua memória (redes semânticas mais elaboradas e completas, ou seja, maior número de nós e ligações na rede) (CASAKIN; GOLDSCHMIDT, 1999), e que o fato de possuir mais experiência pode indicar um maior número de categorias (*chunks*) na memória, aumentando o acervo de informações disponíveis para utilização.

Apesar de a experiência favorecer a realização de analogias mais abstratas, fator importante para a criatividade, Daugherty e Mentzer (2008), Linsey et al. (2007), Markman e Wood (2009) identificaram a tendência dos indivíduos em buscar soluções no mesmo domínio de conhecimento em que está inserido o problema (i.e. inércia psicológica), o que pode restringir o número de sistemas análogos e possíveis fontes de solução identificadas. Essa constatação pode estar relacionada ao conforto dos indivíduos em utilizar conhecimento e experiência já adquirida, não necessitando esforço para entender e interiorizar novos conceitos. Além disso, experiências prévias com outras áreas de conhecimento podem não ter surtido efeitos desejáveis, o que inconscientemente pode gerar resistência, falta de motivação e baixas expectativas na busca de solução em outros domínios.

O processamento de informações, no que concerne a comparação de sistemas na tentativa de identificar similaridades (i.e. atributos em comum),

varia conforme o grau de complexidade das mesmas (DIETRICH, 2004) e é dependente dos estímulos dados ao indivíduo (LARKEY; LOVE, 2003). Nesse sentido, Gentner e Markman (1997) propuseram o conceito de alinhamento estrutural, que apresenta duas categorias: as diferenças alinhadas e as não alinhadas. As diferenças alinhadas são comparações entre sistemas sob um mesmo quesito (e.g. um sapo e um besouro, ambos possuem patas, porém em diferente número), o que torna semelhanças e diferenças mais facilmente reconhecíveis. Já, as diferenças não alinhadas são comparações feitas sob quesitos diferentes (e.g. o besouro possui asas que lhe permitem voar, já o sapo não).

2.5.1.1 “Distância” entre domínios de conhecimento

Além da experiência e do alinhamento estrutural, outro fator que pode influenciar consideravelmente no processo de analogias é a “distância” entre os domínios de conhecimento envolvidos na identificação de similaridades (CHRISTENSEN; SCHUNN, 2007; WILSON, 2008).

Quando ambos sistemas e características estão contidos num mesmo domínio, as analogias são consideradas locais (i.e. pequena distância). Como particularidade dessa categoria, se apresentam as analogias superficiais (e.g. similaridade em cor, textura, geometria), também conhecidas como analogias visuais (LINSEY et al., 2007), que possuem relação direta com as categorias de ‘mera aparência’ e ‘similaridade literal’ (Figura 2.4, página 29).

Christensen e Schunn (2007) afirmam que analogias locais podem ser consideradas:

- a. mais acessíveis, pela facilidade de identificação, principalmente, caso haja semelhanças superficiais;
- b. mais disponíveis, visto que o projetista deve analisar o estado da arte do produto a ser projetado, imergindo em conhecimentos específicos, fixando-se cognitivamente ao domínio da pesquisa e ao seu domínio de formação;
- c. mais apropriadas, por apresentarem maior probabilidade de sucesso na transferência de conhecimentos.

Para domínios de conhecimento “distantes” (e.g. biologia e engenharia), a semelhança é considerada distante e elementos de similaridade superficial são poucos, necessitando abstração e habilidade cognitiva para se realizar comparações (WILSON, 2008). Para esse caso, Linsey et al. (2007) dão o nome de analogias funcionais (i.e. comparação de relações de finalidades dos sistemas, seus objetivos principais, sendo reduzida a similaridade entre componentes e/ou características físicas). Frequentemente, no caso de analogias entre siste-

mas pertencentes a domínios distantes, o conceito de analogia de (GENTNER; MARKMAN, 1997) (Figura 2.4, página 29) é inteiramente aplicado.

Segundo Christensen e Schunn (2007), tanto para as analogias locais (superficiais ou não), quanto para as distantes (analogias funcionais), a similaridade estrutural (e.g. componentes, partes, processos) está envolvida em maior ou menor grau. Essa constatação está relacionada não somente à necessidade física de componentes para a realização de funções mas, também, à ordem das ações e fluxos (e.g. material, energia, sinal) necessários para se obter ao resultado desejado.

De forma a ilustrar as diferentes categorias de domínios no processo de realização de analogias, tem-se o exemplo da Figura 2.7. Na ilustração, os domínios de conhecimento usados como exemplo são a biologia e a engenharia, e as setas representam o fluxo de conhecimento orientadas do domínio de solução (i.e. fonte de estímulo à ideiação) para o domínio do problema.

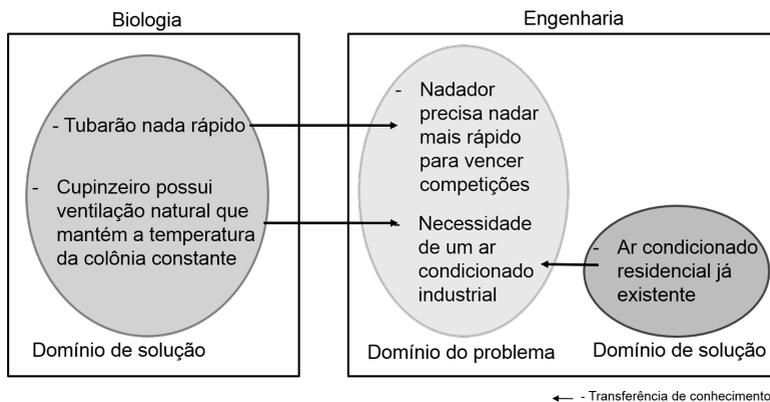


Figura 2.7 – Exemplo de analogias entre domínios locais e distantes

Observando-se a Figura 2.7, particularmente o campo da engenharia, percebe-se que os próprios conhecimentos de engenharia são capazes de fornecer soluções (i.e. analogias locais) para problemas de projeto. Ainda, visto que no caso proposto há uma semelhança superficial entre a solução oriunda do domínio da engenharia e o problema proposto (unidade de refrigeração residencial é semelhante a industrial), pode-se aprofundar a analogia local como sendo também uma analogia superficial.

Devido à grande diferença (e.g. conhecimentos, foco, abordagens) entre o domínio da biologia e o da engenharia, tais domínios podem ser considerados distantes. Ao se observar na Figura 2.7 os conteúdos do domínio de soluções pertencente à biologia (e.g. tubarão nada rápido) e do domínio de

problemas pertencente à engenharia (e.g. necessidade de nadar rápido para vencer competição), constata-se que considerável esforço é necessário para se identificar, abstrair e realizar a transferência de conhecimento entre tais domínios (e.g. por meio da inspiração na textura das escamas do tubarão foi desenvolvida uma roupa que reduz o arraste da água, possibilitando menos esforço por parte do atleta para se deslocar mais rapidamente na água).

Apesar do esforço, para Christensen e Schunn (2007) a distância entre os domínios de conhecimento é vantajosa, pois afirmam que quanto maior for a distância entre as analogias desenvolvidas, maior será a probabilidade da obtenção de inovação e originalidade das soluções desenvolvidas.

Como fatores influentes na identificação de similaridades entre sistemas pertencentes a domínios de conhecimento “distantes”, têm-se a forma como os sistemas são representados e a capacidade do indivíduo em generalizar informações (i.e. abstrair) de forma a compará-las.

2.5.1.2 Influência da descrição das informações

Conforme Casakin e Goldschmidt (1999), Markman e Wood (2009), Gentner e Markman (1997), Sifonis et al. (2006), de maneira global, o indivíduo é influenciado pela forma como as informações são a ele dispostas (i.e. descrições e representações), afetando assim sua percepção e raciocínio (i.e. cognição, processamento das informações). De fato, percebe-se que no ambiente de trabalho de projetistas, constantemente há a presença de diversos estímulos (e.g. objetos, figuras, sons, brinquedos) (CASAKIN; GOLDSCHMIDT, 1999), inclusive sua forma de trabalhar é por meio de representações (e.g. esboços, cálculos, mapas conceituais) (CHRISTENSEN; SCHUNN, 2007).

De forma a evidenciar a relevância da representação no processo de analogias, segue o exemplo citado por Markman e Wood (2009) (Figura 2.8), referente ao desenvolvimento de um conjunto de halteres portáteis para viagem, tendo como restrições de projeto a necessidade de serem leves e fáceis de carregar.

Conforme Markman e Wood (2009), aparentemente os dois produtos não são análogos entre si, pois o colchão é grande, preenchido de ar e serve para dormir, e os halteres são pequenos, preenchidos de água e servem para fazer exercícios físicos. Contudo, como afirmam os autores, os produtos são análogos, pois apresentam relações comuns. O colchão é pesado e difícil de carregar, sendo então preenchido com ar, pode ser esvaziado e levado para qualquer lugar, fácil de carregar, além de poder ser preenchido no local de uso. Os halteres, da mesma forma, são pesados e difíceis de carregar. Porém, sendo preenchidos com água, podem ser esvaziados, ficando leves e fáceis de

<u>Colchão de ar</u>	<u>Halteres de água</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Objetivo <ul style="list-style-type: none"> - Colchão que possa ser facilmente guardado e carregado - Problema <ul style="list-style-type: none"> - Colchões são pesados - Solução <ul style="list-style-type: none"> - Trocar o material do interior do colchão por ar 	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivo <ul style="list-style-type: none"> - Pesos de musculação que possam ser facilmente guardados e carregados - Problema <ul style="list-style-type: none"> - Halteres são pesados - Solução <ul style="list-style-type: none"> - Trocar os pesos por bolsas d'água
<p>O colchão de ar suporta o peso de uma pessoa</p>	<p>Água é pesada</p>
	

Figura 2.8 – Exemplo de descrição de problema e solução, para facilitar analogias

Fonte: adaptado de Markman e Wood (2009)

carregar, além de poderem ser preenchidos no local de uso. Fica evidente a relação entre descrição do problema e facilidade na identificação do domínio de solução.

Gentner e Markman (1997) afirmam que para facilitar o processo de comparação de sistemas e, assim, identificar similaridades, as representações devem explicitar a relação causal de dependência (correspondência entre elementos) entre os sistemas em comparação e entre os domínios de conhecimento.

Christensen e Schunn (2007) apresentam alguns tipos de representações utilizadas pelos projetistas, mesmo em fases iniciais do PDP, como forma de comunicação, transmissão e materialização de conhecimento (e.g. esquemas, diagramas, esboços, modelos mentais), representações essas conhecidas como estruturas pré-inventivas. Essas estruturas nada mais são do que condensações de informações e conhecimentos. Logo, servem como objetos de identificação e fonte de comparação de similaridades.

Conforme Linsey et al. (2007), o uso de diversos tipos de representação durante a projeção de produtos garante o aumento do entendimento dos indivíduos sobre o processo realizado, entendimento relacionado à identificação dos principais elementos a serem comparados entre sistemas. Casakin e Goldschmidt (1999) complementam que representações seguidas de exemplos (e.g. figuras, modelos) são mais efetivas para a clarificação do problema e/ou de como a representação deve ser empregada.

Nessa linha, Linsey et al. (2007) indicam a possibilidade de utilizar representações funcionais para se identificar sistemas análogos (similaridade de fluxos e funções) e a utilização dos requisitos de projeto para servirem como palavras-chave na realização de abstrações. Como será tratado posteriormente, algumas abordagens, como a de Nagel et al. (2010), já preconizam o uso da representação funcional para representar o problema de projeto e identificar sistemas análogos (também representados funcionalmente) que servirão como estímulo à geração de soluções de projeto.

Contudo, apesar das vantagens fornecidas pela utilização de representações no processo de analogias, Christensen e Schunn (2007) alertam que certos tipos de representação, como protótipos físicos, podem influenciar negativamente no processo de realização de analogias por funcionarem como âncoras criativas (cognitivamente prendem a atenção do usuário visto que um conceito desenvolvido já está em mãos, dificultando a busca por novas soluções, fixando funcionalmente o projetista). Para esses autores, a presença de semelhanças superficiais, por serem facilmente e rapidamente identificáveis, dificulta a busca por analogias distantes, mais complexas e trabalhosas. Sendo assim, ao contrário de protótipos físicos, Christensen e Schunn (2007) incentivam a utilização de esboços, pois esses impõem menor restrição ao processo criativo e apresentam menor semelhança superficial.

Ainda relacionado à descrição de informações para o processo criativo, iniciativas recentes vinculadas a jogos de estímulo à criatividade foram identificadas (KULTIMA et al., 2008; INNOSCIENCE, 2015). Tais jogos apresentam como fator comum a presença de cartões de estímulo que, por meio de recursos visuais (e.g. figuras, esquemas), de palavras-chave e/ou de conteúdos generalizados, visam facilitar o entendimento das informações e fomentar a realização de analogias. Por agregar em uma mesma ferramenta diferentes formas de apresentação e descrição de informações, entende-se que cartões de estímulo sejam formas promissoras de se estimular a criatividade. No entanto, não foram identificados os procedimentos ou a sistematização para o desenvolvimento desses cartões.

2.5.1.3 Abstrações

Como mencionado anteriormente, além das representações, as abstrações influenciam diretamente a identificação de similaridades. Para Eversheim et al. (2009), as abstrações resultam de generalizações realizadas para que maior foco seja dado a características essenciais de dado sistema. Como colocam os autores, no caso do PDP, tais características essenciais são os aspectos funcionais dos sistemas. Segundo o autor, a principal vantagem na

generalização de um sistema (e.g. decompor estruturalmente um sistema ou problema) é a possibilidade de visualizá-lo de forma panorâmica (global).

No que concerne ao processo de analogias, presume-se que a transferência de conhecimento seja favorecida pelo uso de abstrações, visto que, primeiramente, o indivíduo identifica, categoriza e generaliza as características de dado sistema (e.g. indicadores, direções de simplificação e/ou generalização de conhecimentos), para posteriormente utilizá-las na identificação de correspondências entre diferentes sistemas.

Um dos modelos existentes para guiar a realização de generalizações, discutido por Lind (1999), é o modelo de abstrações hierárquicas (AH) de Rasmussen (RASMUSSEN, 1985), que apresenta diferentes níveis de análise de sistemas para facilitar a identificação de informações características. Como forma mais básica de abstração encontram-se as características físicas dos sistemas (e.g. aparência, cor, forma, dimensões, materiais, meio em que está inserido), seguidas das funções físicas realizadas pelos componentes do sistema (e.g. mecânica, levantar carga; reação química, digerir alimento).

Em um nível intermediário de abstração está a generalização das funções dos componentes e, por conseguinte, do sistema (i.e. identificação das funções auxiliares e elementares - funções dos subsistemas ou componentes). Tendo as funções generalizadas, parte-se para a estrutura causal das mesmas (i.e. determinação da relação de dependência entre as funções e da relevância dessas para o objetivo do sistema). Por fim, traça-se a estrutura de funções do sistema que, conforme o modelo de abstração hierárquica, é o grau máximo de abstração de um sistema.

2.5.2 Processo de raciocínio por meio de analogia

De modo a mapear os conteúdos (i.e. características e fatores influentes) relacionados ao raciocínio analógico, Linsey et al. (2007) propuseram um fluxograma do processo de raciocínio por analogias, como se pode visualizar na Figura 2.9.

Segundo Linsey et al. (2007), a primeira etapa do processo de raciocínio por analogia é destinada à identificação das principais propriedades (i.e. os elementos, atributos, características) do sistema base (i.e. fonte do problema) e codificação das mesmas. Essa identificação é influenciada pela forma como o conteúdo está representado (e.g. forma textual, ilustração, modelo matemático), além de depender de fatores cognitivos do indivíduo (e.g. assimilação de informações, experiências prévias, conhecimento sobre o domínio do sistema). Para a codificação das informações são necessárias abstrações. Ou seja, as principais características do sistema-base devem ser generalizadas, com o

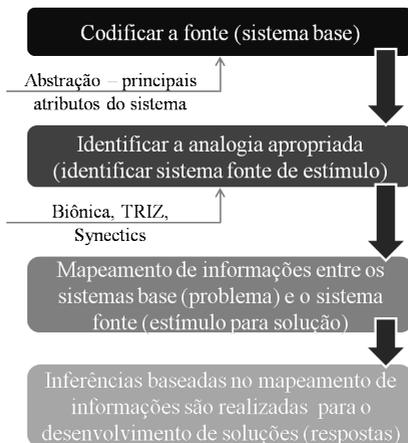


Figura 2.9 – Fluxograma do processo de raciocínio por meio de analogia
 Fonte: adaptado de Linsey et al. (2007)

objetivo de facilitar a identificação de sistemas análogos, identificação essa consistindo a segunda etapa do processo.

Como se pode visualizar na Figura 2.9, a identificação de sistemas análogos pode ser auxiliada, por exemplo, pela biônica (mais bem detalhada no capítulo 3), pelo método da TRIZ (tratado nas seções 2.4.3 e 3.4.2.2) e pela ferramenta *Synectics* (citada na seção 2.4.3), que propõem sistemas biológicos, técnicos e ambos, respectivamente, como fontes de inspiração para soluções.

Seguindo o fluxograma, a terceira etapa do processo consiste no mapeamento das propriedades entre os sistemas base (problema) e fonte (inspiração), com o objetivo de identificar correspondências, similaridades e particularidades a fim de servirem como estímulos à realização de inferências (quarta etapa do processo) para o desenvolvimento de soluções. Contudo, a forma como esse mapeamento é realizado não é explicitada por Linsey et al. (2007).

Com o objetivo de sistematizar o raciocínio analógico humano a fim de compreender os mecanismos lógicos envolvidos e, possivelmente, auxiliar os indivíduos na realização de analogias, no que concerne o esforço cognitivo (i.e. processamento de informações) e realização de inferências, estudos e modelos de analogias foram desenvolvidos, sendo esses apresentados a seguir.

2.5.3 Modelos de raciocínio analógico

Os modelos de raciocínio analógico encontrados na literatura tratam basicamente de categorizações de tipos de analogias (modelos teóricos) e de algoritmos suportados por regras de representação e pesquisa semântica (modelos computacionais).

Tendo em vista os fatores cognitivos influentes sobre o processo de analogia (i.e. memória, experiência, percepção e abstração) e por meio da observação de indivíduos (e.g. estudos experimentais com estudantes, observação de projetistas na resolução de problemas), alguns modelos teóricos de raciocínio analógico foram propostos. Vattam et al. (2010) apresentam os principais modelos de transferência de conhecimento, como segue:

- a. Modelo de transferência direta: na tentativa de resolver um problema, o indivíduo se recorda de um problema similar cuja solução é conhecida. Assim, o problema em questão é resolvido pela transferência e adaptação de atributos e funcionalidades da solução conhecida (e.g. para o projeto de um trocador de calor para um aparelho de ar condicionado pode-se utilizar como base de comparação/inspiração um radiador - cópia funcional/estrutural);
- b. Modelo do esquema orientado: na tentativa de resolver o problema específico, o problema é generalizado na forma de um esquema abstrato (e.g. estrutura de funções do problema), servindo como referência para a busca por soluções (e.g. para o projeto de um trocador de calor pode-se utilizar como base de comparação/inspiração a orelha de elefantes. Ou seja, circulação de sangue quente pelas veias da orelha do animal - grande superfície para troca de calor);
- c. Modelo de transformação do problema: quando não são identificadas e/ou desenvolvidas soluções satisfatórias para a resolução do problema, o mesmo é reformulado, permitindo assim a nova busca por soluções (e.g. para o projeto de um trocador de calor pode-se utilizar como nova perspectiva o processo de retenção da umidade que ocorre no nariz do camelo - condensação da umidade pelo contato com uma superfície fria);
- d. Modelo de analogia composicional: nesse modelo tanto o problema quanto as soluções propostas são representados de diferentes formas e em diferentes níveis de abstração. Esse modelo visa estimular as várias possibilidades de composição de soluções (e.g. para o projeto de um trocador de calor pode-se utilizar como fonte de inspiração outros trocadores de calor existentes, além de outros sistemas que realizam funções similares, como o

nariz do camelo e as orelhas de elefantes).

Verhaegen et al. (2011) apresentam a TRIZ (e a BioTRIZ por consequência – ver sub-seção 3.4.2.2, página 71) como metodologias de resolução de problemas capazes de fornecer informações ao usuário baseadas em conhecimentos prévios. De forma a ilustrar a abordagem utilizada por meio do uso da TRIZ para a resolução de problemas, tem-se a Figura 2.10.

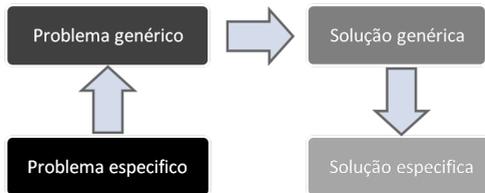


Figura 2.10 – Abordagem de resolução de problemas da TRIZ

Fonte: adaptado de Verhaegen et al. (2011)

Como se pode visualizar na Figura 2.10, pela abordagem da TRIZ, partindo-se de um problema específico o mesmo deve ser generalizado para a forma de um problema genérico, de forma a facilitar a identificação de uma solução genérica por meio de relações de similaridade. Ou seja, pela realização de analogias. Tal generalização é realizada por meio da identificação de pares de contradições. As soluções genéricas, por sua vez, compreendem os princípios inventivos, que são meios de resolução das contradições. Assim, tendo-se os princípios inventivos, esses podem ser adaptados e especializados para uma solução específica para o problema.

Outro modelo teórico de analogias é a teoria do mapeamento estrutural (do inglês *structure–mapping theory*) proposta por Gentner e Markman (1997), que envolve alinhamentos estruturais (i.e. relações comuns entre as estruturas de diferentes sistemas). Segundo os autores, existem três restrições psicológicas para a identificação de relações entre sistemas, sendo elas:

- a. a consistência estrutural: cada item do sistema base de comparação pode ser mapeado com, no máximo, um item do sistema alvo de comparação;
- b. o foco relacional: analogias envolvem a correspondência de relações, mas não a correspondência da descrição de objetos;
- c. a sistematicidade: preferência é dada a correspondências regidas por um maior número de restrições e pela causalidade entre as mesmas, a um igual número de correspondências entre itens, porém com baixo grau de relação.

Como exemplo da restrição ‘consistência estrutural’ Gentner e Markman (1997) citam a analogia realizada por Johannes Kepler de que o planeta corresponde a um barco e a atração do Sol corresponde à correnteza de um rio. Ou seja, há um pareamento de características de um para um entre os sistemas. Utilizando-se desse mesmo exemplo, constata-se que o barco e o planeta não apresentam qualquer relação de forma ou descrição e, mesmo assim, a restrição ‘foco relacional’ é atendida (mesmos papéis na relação, porém características diferentes).

No caso da restrição ‘sistematicidade’ tem-se como exemplo as relações 1:3 e 3:9⁴, onde a correspondência de maior ordem é dada pela relação de proporcionalidade entre os pares. Caso fossem pareados os números três das duas relações, os papéis relacionais dos termos não poderiam ser alinhados.

Os modelos computacionais de analogias são basicamente algoritmos que comparam a descrição de duas entradas (e.g. textos, situações, fábulas) e, em princípio, são capazes de identificar similaridades paralelas entre os sistemas inseridos no algoritmo (i.e. pela comparação entre as características de mesma ordem e natureza de dois sistemas é possível verificar a existência de itens correlatos). Alguns desses programas computacionais têm por objetivo simular a aprendizagem por analogias. Ou seja, à medida que mais informações sejam inseridas no programa, um maior conjunto de regras estará disponível para o mesmo para realizar comparações e identificar analogias.

Como exemplo de modelo computacional tem-se o modelo SME (*Structure–mapping engine*), baseado na teoria do mapeamento de estrutura de Gentner e Markman (1997). Conforme Forbus et al. (1998), Markman e Gentner (2000) o algoritmo do SME necessita como entrada duas descrições que devem permitir a identificação de atributos (e.g. relações, funções, conectores lógicos) e seus papéis nas proposições inseridas. Visto que a forma como conceitos são representados por diferentes indivíduos pode variar conforme o contexto onde estão inseridos, o modelo computacional SME permite que diferentes representações sejam inseridas (e.g. no caso da inserção da informação da cor de uma bola vermelha poder-se-ia inserir no sistema *vermelha(bola)* ou ainda *cor(bola)=vermelha*). Contudo, essa diferença no modo de representação influenciará a forma como o algoritmo processará as informações.

Outros modelos computacionais capazes de simular a identificação de similaridade e analogias entre sistemas podem ser encontrados na literatura (e.g. modelo PHINEAS em Forbus et al. (1998), modelo EMMA de Ramscar e Yarlett (2003), modelo CAB de Larkey e Love (2003)).

Verhaegen et al. (2011) afirmam que a maior parte dos modelos computacionais de analogias (algoritmos de identificação e aprendizagem) baseiam-se

⁴Um está para três e três está para nove

na inserção manual de informações para a criação de bases de dados, o que solicita grande esforço por parte dos programadores. Dessa forma, presume-se que, apesar dos esforços para o desenvolvimento de algoritmos para a realização de analogias, tais ainda não se encontram devidamente maduros a ponto de serem capazes de substituir o ser humano, principalmente, no que concerne a busca por soluções para problemas por meio de analogias.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A IDEACÃO DE PRODUTOS

Por meio da revisão dos conteúdos sobre o PDP, principalmente sobre a fase de 'Planejamento de produto', identifica-se que a equipe de planejamento dispõe de poucas e, por vezes, imprecisas informações para a geração de ideias de novos produtos. Nesse sentido, o mapa tecnológico se apresenta como uma ferramenta de suporte à identificação de oportunidades e à organização de informações relativas ao ambiente interno e externo das organizações (i.e. mercado, negócio, produto e tecnologia), em função da dimensão 'tempo'.

Conforme discutido na seção 2.3, a camada Produto do mapa tecnológico consiste no elo entre as demais camadas. Assim, considerando-se o escopo da presente pesquisa (i.e. auxiliar na ideação de novos produtos a partir de necessidades ou oportunidades identificadas - *market pull*), as informações da camada Mercado devem servir como entrada da metodologia proposta.

Levando-se em consideração as informações de mercado para o curto, médio e longo prazo, chamadas de tendência de mercado, que consistem em estimativas inferidas de pesquisas com consumidores e especialistas, entende-se que poucas informações estarão relacionadas a características físicas e comportamentais dos novos produtos, mas sim às suas características funcionais. Em paralelo, conforme a revisão (seção 2.5), é por meio da identificação de similaridades entre as 'relações' (funções) de sistemas que são realizadas analogias. Dessa forma, entende-se que há uma convergência no uso de funções tanto para a caracterização de novos produtos, quanto para a identificação de estímulos de alto nível (abstratos) para a ideação.

No que tange a generalização de informações para a proposição de estruturas de funções de novos produtos, dentre os métodos apresentados (Anexo A), a técnica FAST é a que apresenta mais subsídios ao usuário, na forma de perguntas de preparação e perguntas-chave. Entende-se que a realização dessas perguntas permite a simplificação do processo de caracterização do novo produto por: i) catalizar a identificação das funções que o mesmo deverá desempenhar; ii) por simplificar a estrutura de funções (ausência dos fluxos de informação); e iii) por mitigar a dependência da experiência dos usuários para

a caracterização. Esses três fatores não são identificados no modelo FBS, nem na definição da estrutura de funções (síntese funcional).

Relativamente aos estímulos para ideação, pela análise dos conteúdos abordados sobre criatividade e sobre o raciocínio por meio de analogias, constata-se a limitação do ser humano na identificação e no tratamento de informações, principalmente, quando essas são complexas e estão dispostas de forma confusa e em grande quantidade. Como agravante dessa limitação, no caso do raciocínio por meio de analogias, tem-se ainda a ‘distância’ entre os domínios de conhecimento.

Ainda, relativamente ao escopo da presente pesquisa, considera-se o domínio biológico ‘distante’ do domínio da engenharia, sendo necessário reduzir o esforço cognitivo do projetista para a identificação e proposição de ideias de novos produtos inspiradas na biologia. Estima-se que a redução no esforço possa ser efetivada não somente pela forma como as informações de estímulo serão disponibilizadas à equipe mas, também, pelo estabelecimento de atividades e ferramentas que a guiem na identificação e no tratamento das informações.

Relacionado à forma de disponibilização de informações, na revisão foram identificados jogos de estímulo à criatividade. Nesse sentido, entende-se que a utilização de cartões de estímulo seja promissora por aliar representações visuais à conteúdos generalizados, facilitando o entendimento desses e fomentando a realização de analogias.

Por meio da revisão, pode-se constatar que a realização de analogias é um processo subjetivo e parcial, consideravelmente dependente de características intrínsecas ao indivíduo, como a memória (rede de informações ou conhecimentos hierarquizados e armazenados em categorias), experiências prévias, *expertise*, capacidade perceptiva conforme o tipo de representação, entre outras. Assim, para o desenvolvimento da metodologia, experimentos devem ser realizados a fim de refinar as atividades e sua ordem lógica, de forma a mais bem aproveitar e potencializar as particularidades de cada indivíduo da equipe de planejamento, quando no processo de ideação.

Nota-se na literatura que esforços têm sido despendidos na automatização do processo de realização de analogias. Contudo, apesar dos avanços na área da inteligência artificial, dificilmente em curto espaço de tempo algoritmos computacionais serão capazes de substituir o raciocínio humano, principalmente considerando que cada ser possui características intrínsecas. Ou seja, potencialmente cada indivíduo realiza processos analógicos de formas distintas, obtendo resultados distintos, sendo essa característica parte do processo criativo, fundamental para o desenvolvimento de produtos. Assim, entende-se que a criatividade seja favorecida pelo compartilhamento de informações, conhecimentos e percepções.

Apoiando-se nas considerações realizadas, algumas diretrizes podem ser estabelecidas para o desenvolvimento da metodologia:

- a. Guiar a equipe de planejamento desde a caracterização do novo produto, a partir das tendências de mercado até a proposição de ideias de novos produtos;
- b. Estimular a equipe com informações generalizadas, atentando-se para:
 1. acessibilidade da linguagem;
 2. descrição dos conteúdos;
 3. quantidade de informação;
 4. disposição de conteúdos.
- c. Fazer uso das informações de mercado e das funcionalidades do novo produto para a identificação de estímulos e proposição de ideias;
- d. Estimular o compartilhamento de informações para fomentar a criatividade.

3 BIÔNICA – PROJEÇÃO INSPIRADA NA NATUREZA

Neste capítulo é apresentada uma revisão sobre a biônica, seu histórico, áreas de aplicação, particularidades dos sistemas biológicos, modelos de representação e sistemáticas para projeção inspirada na natureza até então propostas. Esse capítulo tem como objetivo elencar as características e o potencial de aplicação da natureza como fonte de inspiração para a resolução de problemas. Ao final deste capítulo são resumidas as oportunidades de pesquisa identificadas e as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia proposta na presente tese.

3.1 REVISÃO PRELIMINAR

O termo Biônica, introduzido por Jack Steele na década de 1960, se refere à ciência dos sistemas que possuem alguma função ou característica copiada ou abstraída da natureza. Ou seja, sistemas que sejam análogos a sistemas naturais (biológicos). Ao final da mesma década o termo Biomimética surgiu com o objetivo de caracterizar:

O estudo da formação, estrutura, ou função de substâncias e materiais produzidos biologicamente, e mecanismos e processos biológicos, especialmente com a finalidade de sintetizar produtos similares por meio de mecanismos artificiais que mimícam os naturais. Fonte: traduzido de Vincent et al. (2006, p.471)

Conforme Vincent e Mann (2002), Vincent et al. (2006), a biônica¹, também intitulada biomimética, *biomimicry* ou *biologically inspired design* (traduzido para o português como projeto inspirado na natureza), representa uma gama de estudos recentes sobre a aplicação de conhecimentos provenientes das ciências biológicas² (e.g. características e processos de sistemas biológicos) na engenharia e na projeção de produtos (Figuras 3.1 a 3.3), na química, na eletrônica, entre outras disciplinas do conhecimento.

Conforme Nagel (2010), nos últimos trinta anos, novos marcos de conhecimento foram obtidos na dinâmica de fluidos, em algoritmos de computação, em sensores, em energias alternativas e materiais, todos possuindo como denominador comum a inspiração na natureza. Aliado ao avanço científico-tecnológico, pode-se constatar um número crescente de pesquisas em uni-

¹Nessa tese, Biônica é o termo adotado para a projeção inspirada na natureza, não sendo utilizado o termo Biomimética, que possui a conotação de cópia (mímica) do sistema biológico.

²Outras definições para biônica, análogas as anteriormente mencionadas, podem ser encontradas em Gleich et al. (2009).



(a) Estudos em dinâmica dos fluidos — Análise de algas para geração de nova concepção de hélice.

(b) Estudos em ciências térmicas — Análise térmica de cupinzeiros para geração de novos conceitos de ventilação natural em edificações.

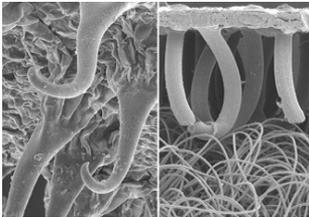
Figura 3.1 – Exemplos de projetos bio-inspirados realizados pelo *Biomimicry Institute*[®]

Fonte: adaptado de Biomimicry Institute (2014)

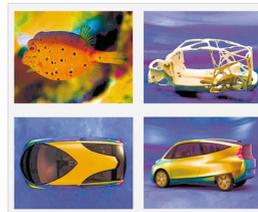


Figura 3.2 – Exemplos de projetos bio-inspirados realizados pela *Festo*[®] – Atuador inspirado na tromba de um elefante.

Fonte: adaptado de Festo (2014 b)



(a) Velcro[®] – Análise de carrapichos (ganchos e alças) para geração do conceito de fechamento por encaixe.



(b) *Box fish* – Nova concepção de carro com menor coeficiente de arrasto aerodinâmico e estrutura mais leve.

Figura 3.3 – Exemplos de produtos bio-inspirados

Fonte: (a) – Nachtigall (2005, p.101); (b) – Bannasch (2009, p.181)

versidades (Quadro 3.1) e publicações relacionadas à biônica (Quadro 3.2). Fatores esses que demonstram o crescente interesse no potencial de aplicação da biônica no desenvolvimento de soluções em diversos domínios do conhecimento.

Quadro 3.1 – Universidades que desenvolvem pesquisas relacionados à Biônica

País	Universidade
Alemanha	Bremen University of Applied Sciences Rhine-Waal University
Austrália	University of Canberra
Brasil	Universidade do Estado de Minas Gerais Universidade Federal de Minas Gerais Universidade Estadual do Rio de Janeiro Universidade Federal de Pernambuco Universidade Federal do Rio Grande do Sul Universidade Federal de Santa Catarina Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Canadá	McGrill University University of Toronto
China	Jilin University Shanghai Jiao Tong University Zhejiang University
EUA	Arizona State University Georgia Institute of Technology Harvard University Massachusetts Institute of Technology Stanford University University of California - Berkeley University of Florida
Inglaterra	The University of Manchester University of Bath
Singapura	Nanyang Technological University

Fonte: adaptado de Melo (2015)

3.2 PARTICULARIDADES DOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Ao se observar e analisar os sistemas biológicos (SBs) (e.g. vírus, peixes, pássaros, o homem) pode-se constatar que cada qual apresenta características particulares (e.g. dimensões, formas de movimentação e alimentação, habilidades de raciocínio). Tais particularidades se devem à evolução das espécies, que ao longo do tempo sofreram modificações.

Por meio da identificação de características e do entendimento e aplicação das leis evolutivas de Darwin, sistemas de classificação dos SBs puderam ser criados, como, por exemplo, o sistema de classificação de Linnaeus (PUR-

Quadro 3.2 – Livros publicados relacionados à Biônica

Título	Referência
Bionik – eine Wissenschaft der Zukunft	Beier e Glass (1968)
Natur als Vorbild: die Entdeckungen der Bionik	Gérardin (1972)
Grundlagen der Bionik	Heynert (1976)
Biomimicry – Innovation Inspired by Nature	Benyus (1997)
Naturorientierte Lösungsfindung: Entwickeln und Konstruieren nach biologischen Vorbildern	Hill (1999)
Máquinas da Natureza – Um estudo da interface entre Biologia e Engenharia	Vasconcelos (2004)
Bionics for the Evil Genius	Braga (2005)
Bionik: Wie kann Technik von der Natur lernen? Welcher Weg führt von der Evolution zur technischen Konstruktion? Warum ist Spinnenseide reiss fester als Stahl? Wie funktionieren selbstreinigende Blüten und Insektenaugen?	Kesel (2005)
Biologisches design: systematischer katalog für bionisches gestalten	Nachtigall (2005)
The Gecko's Foot: Bio–inspiration – Engineered new materials from Nature	Forbes (2005)
Biomimetics: biologically inspired technologies	Bar-Cohen (2006)
Bionik: wie wir die geheimen Baupläne der Natur nützen können	Blüchel (2006)
Bioinspiration and robotics: walking and climbing robots	Habib (2007)
Potentials and Trends in Biomimetics	Gleich et al. (2009)
Bionik als Wissenschaft: Erkennen–Abstrahieren–Umsetzen	Nachtigall (2010)

VES et al., 2004), i.e. classificação dos seres vivos em reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie.

Baseado também nas leis evolutivas de Darwin, Eversheim et al. (2009) propôs oito princípios de evolução biológicos que regem e caracterizam certas particularidades dos seres vivos e dos processos biológicos (Quadro 3.3).

Além desses, conforme Nachtigall (2010), pelo esforço de cientistas em determinar os conceitos biológicos e os requisitos relacionados a vida na natureza (e.g. processos organizados, metabolismo, informação genética), uma lista de princípios gerais pôde ser desenvolvida (Quadro 3.4).

Além desses dois conjuntos de princípios listados, Vincent et al. (2006) apresentam outros 40, chamados de princípios inventivos, que caracterizam formas de resolução de problemas identificadas em SBs (ver seção 3.4.2.2).

Pela análise das leis e princípios que regem os SBs, Nachtigall (2010) definiu alguns requisitos para a projeção inspirada na natureza, esses apresentados no Quadro 3.5.

Como se pode notar, esses requisitos são, na verdade, diretrizes para a obtenção de sistemas técnicos otimizados em termos funcionais e econômicos

Quadro 3.3 – Princípios de evolução biológicos

Princípio	Descrição
Máximo–mínimo	SBs atingem o máximo de estabilidade e de eficiência com o dispêndio do mínimo de energia
Multi–funcionalidade	Um mesmo SB é capaz de realizar diferentes funções, o que pode gerar economia de material e energia
Especificidade da estrutura e função	Determinadas estruturas de SBs possuem especificidades para serem capazes de realizar funções adicionais
Terceira parte e do uso da energia do meio	SBs são caracterizados por usarem energias encontradas no meio (e.g. solar, eólica) e, por vezes, se utilizam de outros sistemas para auxiliar/facilitarem a realização de determinada função
Dinâmica	SBs se adaptam a variações do meio de forma dinâmica (adaptação estrutural, comportamental)
Melhor configuração	SBs tendem a apresentar a configuração mais adequada para a realização de suas funções — organização de subconjuntos e subfunções
Proximidade dos processos	De forma aproveitar os recursos disponíveis no meio (reciclagem) e economizar energia e esforços, os processos executados por SBs são realizados em proximidade
Inter–relação da função e estrutura	A configuração e as propriedades dos SBs são o justo necessário para a realização eficiente das funções – há uma dependência direta da função à estrutura

Fonte: adaptado de Eversheim et al. (2009, p.170)

Quadro 3.4 – Princípios gerais da natureza

Princípio geral	Descrição
Desenvolvimento	SBs são dinâmicos – variam com o tempo
Conservação de energia	SBs são regidos pelo princípio do equilíbrio termodinâmico
Estrutura	SBs não são homogêneos, mas sim altamente estruturados e compartimentados (funções específicas realizadas por partes específicas)
Regulação	SBs respondem a alteração de condições ambientais, de forma a manter sua regularidade
Herança	Organismos carregam, de modo geral, informações inalteradas do sistema (DNA). Mudanças típicas são dadas a nível genético
Catálise enzimática	O controle metabólico é dado por processos específicos, principalmente, pela atuação de enzimas sintetizadas por informações genéticas do SB

Fonte: adaptado de Nachtigall (2010, p.7)

(menor consumo de materiais e energia), com o objetivo de aproximá-los da eficiência e eficácia apresentada pelos SBs.

Tendo assimilado as leis que regem os SBs e os requisitos propostos para a projeção inspirada na natureza, a seguir são mais bem detalhadas as

Quadro 3.5 – Requisitos para a projeção inspirada na natureza

Requisito	Descrição
Projeção integrada ao invés de adaptativa	Deve-se considerar a maximização da funcionalidade dos diversos componentes individuais do sistema; diferenciar morfológica e funcionalmente os componentes entre si
Otimização do todo	A otimização de componentes individuais pode não surtir efeito, visto que o relacionamento entre os componentes em um sistema varia conforme a função, a escala e a abrangência (hierarquia do componente no sistema)
Multi-funcionalidade	Normalmente, nas áreas técnicas cada componente realiza apenas uma função. Na natureza componentes são desenvolvidos para serem multifuncionais
Ajuste fino	Na natureza cada sistema é desenvolvido morfológica e funcionalmente para se adaptar ao ambiente onde irá atuar
Economia de energia	SBs possuem fontes limitadas de energia, necessitando poupar o máximo em cada função realizada
Utilização de recursos disponíveis no meio	Pelo ajuste fino, SBs aproveitam os recursos presentes ao seu redor – utilização direta ou indireta da energia solar
Límite temporal	Muitos dos sistemas técnicos são excessivamente duráveis (quantidades desnecessárias de materiais e energia). Já, SBs possuem um tempo de vida limite
Reciclagem total	A natureza não produz resíduos (o que é descartado por um sistema serve como fonte de material ou energia para outro)
Redes em vez de linearidade	Eventos complexos se dão pela interação e iteração de vários sub-eventos. Apesar dessa malha ser complexa, os sistemas participantes permanecem relativamente constantes durante certo período de tempo
Processo por tentativa e erro (incremental)	O método de evolução se deu por tentativa e erro; aleatoriedade

Fonte: adaptado de Nachtigall (2010, p.172)

formas de aplicação de estímulos biológicos (i.e. informações referentes aos SBs) na resolução de problemas.

3.3 CAMPOS DE PESQUISA E APLICAÇÃO DA BIÔNICA

Pesquisas e aplicações de soluções baseadas em SBs podem ser encontradas em diversas áreas, como na agricultura (e.g. inseticidas naturais - flor de crisântemo), na indústria farmacêutica (e.g. medicamentos contra o infarto agudo — saliva de morcegos hematófagos), na engenharia civil (e.g. Palácio de Cristal de Londres — estrutura da vitória-régia), em esportes (e.g. roupas de alta performance - vestimenta com estrias que imitam as escamas do tubarão), na engenharia mecânica (e.g. atuadores pneumáticos — mecanismo de funcionamento dos músculos), entre outros (GLEICH et al., 2009; HILL, 1999;

WILSON, 2008). A Figura 3.4 ilustra os exemplos de pesquisa e aplicação de soluções bio-inspiradas relacionados às engenharias civil e mecânica.

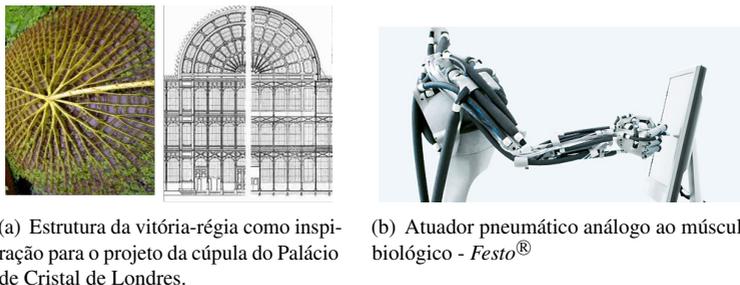


Figura 3.4 – Exemplos de pesquisas e aplicações bio-inspirados nas engenharias civil e mecânica

Fonte: (a) – adaptado de Universidade de São Paulo (USP) (2014); (b) – adaptado de Festo (2014 a)

Conforme Eversheim et al. (2009), os conhecimentos sobre SBs podem ser utilizados por meio de quatro formas distintas para o desenvolvimento de soluções para problemas, como se pode visualizar na Figura 3.5.

A primeira possibilidade é a aplicação direta do SB como fonte de resolução do problema (e.g. utilização de aves de rapina treinadas para controlar a presença de outros pássaros em zonas aeroportuárias, visando à redução no risco de acidentes com aeronaves em tráfego). Como vantagens da aplicação direta, Eversheim et al. (2009) citam a redução no consumo de recursos (e.g. matéria-prima e energia) e a redução no impacto ambiental (e.g. poluição).

A segunda possibilidade (nível de abstração ‘A’ na Figura 3.5, é a réplica do SB (estrutura e/ou função) por meio de processos técnicos, i.e. materiais e processos de fabricação. Nessa categoria se enquadra grande parte das pesquisas em biônica, principalmente, na área de *design*, onde grande importância é dada a características superficiais (e.g. aparência, proporção, textura, forma e geometria) dos produtos (e.g. réplica da forma de uma ave de rapina, nesse caso motorizada e controlada remotamente). Como exemplo de pesquisa em biônica relacionada à réplica de estruturas biológicas pode-se citar o trabalho de Kindlein Jr. et al. (2007), cujo foco foi a análise de SBs (e.g. besouros, estrela do mar) para o desenvolvimento de dobradiças.

De forma mais abstrata, tem-se o nível ‘B’ (Figura 3.5) que caracteriza a utilização de princípios. Tais princípios (ver seção 3.2) são meios encontrados por diferentes SBs para resolver determinados tipos de problemas (e.g. no

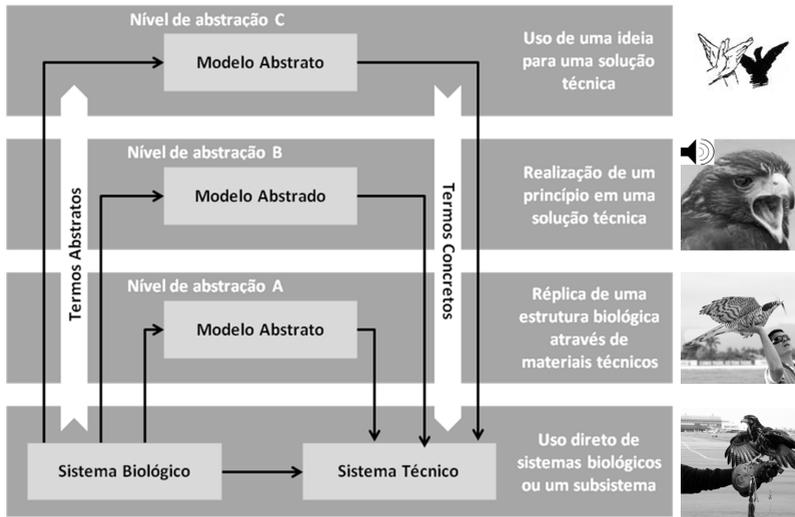


Figura 3.5 – Possibilidades de utilização dos sistemas biológicos no desenvolvimento de soluções

Fonte: adaptado de Eversheim et al. (2009, p.167)

caso do controle de aves em aeroportos, pode-se utilizar princípio da vibração de superfícies em alta frequência para emissão de som, assim como o som emitido por aves de rapina para afugentar outras aves).

Por fim, conforme Eversheim et al. (2009), o nível de abstração 'C' é destinado à utilização mais abstrata do conhecimento proveniente do estudo de SBs, ou seja, o uso de ideias. Nesse nível não se têm princípios para serem aplicados diretamente na resolução do problema, mas sim têm-se ideias que podem servir como estímulos para a resolução do problema. Esse nível de abstração é complexo devido à falta de informações, orientações e ferramentas que auxiliem e indiquem o que vem a ser as ideias na forma de estímulos e as ideias geradas como solução (e.g. uma possível ideia para o controle de aves em aeroportos, baseando-se no estímulo do som que se propaga no espaço, emitido pelas aves de rapina, seria o desenvolvimento de um dispositivo que projetasse a sombra de uma ave de rapina no céu - propagação da imagem no espaço, afugentando outras aves e evitando o risco de colisão da própria ave de rapina com aeronaves circulantes).

Ao analisar a variedade de pesquisa e possibilidades de utilização e aplicação de sistemas naturais, Gleich et al. (2009) categorizam as pesquisas em biônica em três campos, conforme apresentado no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Campos de pesquisa em biônica

Campo	Descrição	Exemplos
Morfologia funcional	O mais antigo dentre os três campos, engloba todas as pesquisas que têm como foco a relação entre a função e a estrutura dos sistemas	Equipamento destinado à filtração do sangue (WILSON, 2008); Elementos de junção (KINDLEIN Jr. et al., 2007)
Sinal e processamento de informações	Relacionado a pesquisas em tecnologia de sensores, tecnologia robótica, sistemas operacionais e algoritmos de otimização	Sensor químico seletivo, reutilizável e de rápida resposta (NAGEL, 2010)
Nano-biomimética	Reúne as pesquisas na escala nano e em nível molecular (organização das moléculas e no desenvolvimento de células)	Superfície auto-limpante (Efeito Lótus); Produtos farmacológicos; Adesivo seco, ou <i>Gecko tape</i> (FORBES, 2005)

Fonte: adaptado de Gleich et al. (2009)

Estima-se que com o avanço das tecnologias a tendência é uma convergência desses três campos de pesquisa, visto que cada vez mais as descobertas dependerão de conhecimentos e desenvolvimentos realizados em cada um dos campos (FRENAY, 2006; GLEICH et al., 2009). Como meio de auxílio a tais desenvolvimentos, sistemáticas e metodologias para a biônica tem sido desenvolvidas, sendo essas o foco da seguinte seção.

3.4 MÉTODOS DE AUXÍLIO À BIÔNICA

A biônica é caracterizada pela realização de analogias entre sistemas biológicos e problemas técnicos, sendo que, para a resolução desses, informações (características, funcionalidades) são transferidas do domínio biológico e adaptadas para o domínio técnico. De forma a auxiliar os projetistas nesse processo, métodos assistidos ou não por informações biológicas (e.g. bancos de dados, catálogos de soluções) foram propostos (MAK; SHU, 2008; NACHTIGALL, 2010; VINCENT et al., 2006). Para facilitar o entendimento e análise desses, nas seções seguintes são apresentados e discutidos separadamente os métodos de projeção assistidos por ferramentas e os não assistidos.

3.4.1 Métodos de projeção assistidos por ferramentas

Os métodos de projeção assistidos por ferramentas são aqueles que além de apresentar um conjunto de atividades encadeadas logicamente, dispõem de ferramentas de auxílio como catálogos, bancos de dados, livros e softwares, que são repositórios de informações biológicas. Dentre os principais métodos enquadrados nesse grupo, pode-se citar aqueles de Nachtigall (2010), Hill (1999), Nagel (2010) e o de Wilson (2008), apresentados na sequência.

3.4.1.1 Método de Nachtigall para a projeção inspirada na biologia

Nachtigall (2005, 2008, 2010) propôs três etapas gerais para a biônica, sendo elas:

- a. Identificação da relação estrutura-função do sistema biológico;
- b. Abstração de informações biológicas na forma de princípios ou conceitos;
- c. Adaptação dos princípios ou conceitos ao problema técnico.

De forma a facilitar a visualização do fluxo de informações entre as três etapas têm-se a Figura 3.6.

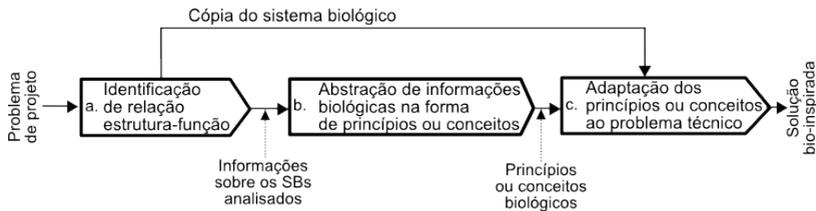


Figura 3.6 – Etapas da projeção inspirada na natureza segundo Nachtigall
Fonte: adaptado de Nachtigall (2010, p.83)

Como pode ser visualizado na Figura 3.6 a primeira etapa (etapa ‘a’) consiste no estudo de SBs, do ponto de vista das ciências básicas (i.e. física, química), para a identificação de características e funcionalidades dos mesmos. Como informações resultantes desse estudo, tem-se o detalhamento de informações sobre os SBs analisados, principalmente, em termos de relações entre a estrutura morfológica e as funcionalidades desempenhadas.

Por meio da identificação de relações entre a morfologia do SB e as funcionalidades por ele desempenhadas, o autor sugere a realização de

abstração (etapa ‘b’) dessas para a forma de princípios ou conceitos biológicos abrangentes, com o objetivo de relacioná-los ao sistema técnico e facilitar a identificação de similaridades. Tendo-se identificado similaridades, para Nachtigall, resta adaptar os princípios ou conceitos à realidade do sistema técnico, gerando assim soluções bio-inspiradas.

Conforme o autor, caso as informações da pesquisa básica (etapa ‘a’) sejam aplicadas diretamente na resolução de problemas técnicos (etapa ‘c’) (e.g. projeção de um carro que possua a forma de um peixe), tem-se então uma cópia do sistema natural (réplica da estrutura biológica – ver Figura 3.5).

Além de caracterizar as etapas gerais da biônica, Nachtigall propôs um catálogo de princípios biológicos (Figura 3.7), esses categorizados de acordo com a finalidade (e.g. acoplamentos temporários, lubrificação, cisalhamento, perfuração) desempenhadas por certos SBs.

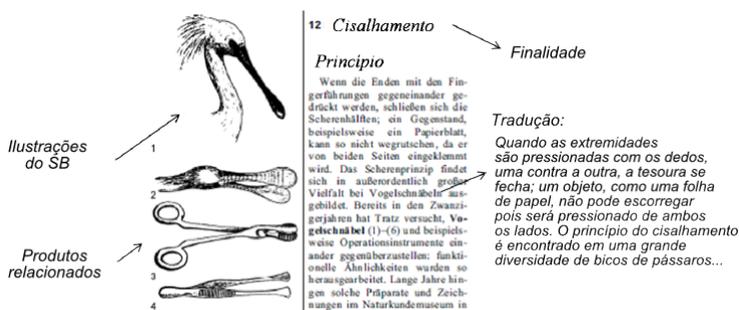


Figura 3.7 – Ilustração de parte do catálogo de Nachtigall

Fonte: adaptado de Nachtigall (2005, p.82)

Para Nachtigall (2005, 2010), os catálogos têm por objetivo estimular a aplicação de informações biológicas na resolução de problemas técnicos. Segundo o autor, além da descrição dos SBs, os catálogos devem apresentar ilustrações, sendo que essas devem permitir a identificação de detalhes essenciais para o entendimento do sistema descrito.

3.4.1.2 Método de Hill para a resolução de problemas orientado pela natureza

Hill (1999), da mesma forma como Nachtigall (2005, 2010), propõe a criação de catálogos de sistemas naturais visando auxiliar a pesquisa e a identificação de soluções para problemas de projeto.

No catálogo proposto pelo autor as informações são categorizadas conforme as funções desempenhadas pelos SBs e pelos fluxos (i.e. material,

energia e sinal) envolvidos. Aqui as informações de fluxo são utilizadas como filtros para refinar as buscas no catálogo.

Conforme Hill (1999), são seis as categorias de funções desempenhadas por SBs que englobam as demais, sendo elas: conformar, alterar, transferir, armazenar, separar/conectar e suportar/carregar. De forma a ilustrar essa categorização de funções e fluxos, i.e. a organização do catálogo, é apresentada na Figura 3.8.

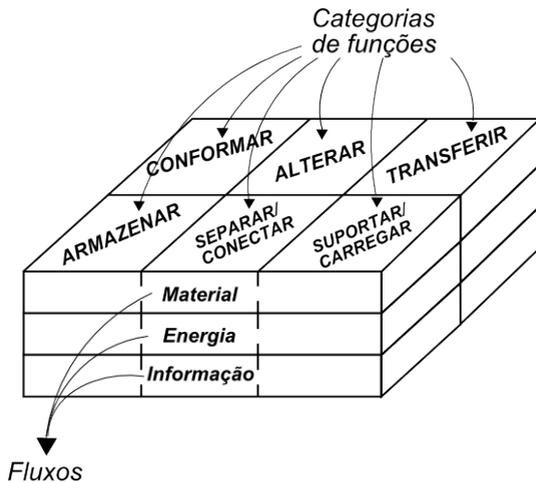


Figura 3.8 – Estrutura do catálogo de Hill

Fonte: adaptado de Hill (1999, p.117)

Por meio da seleção de uma categoria de função e de um fluxo específico a busca por SBs relacionados no catálogo visa ser facilitada. Como exemplo de busca tem-se a Figura 3.9.

Conforme ilustrado na Figura 3.9, por meio da seleção da função *conformar* e do fluxo *material*, dois SBs foram identificados no catálogo, um relacionado à alteração de forma de uma semente que, ao germinar, abre em duas partes, e outro relacionado a alteração da estrutura corporal de uma cobra arbórea que alarga sua estrutura para aumentar a resistência ao ar, permitindo-a que plane.

Utilizando-se do catálogo mencionado para a identificação de SBs que sirvam como fonte de inspiração para o desenvolvimento de soluções, Hill (1999) propôs um método organizado em oito etapas, como ilustrado na Figura 3.10.

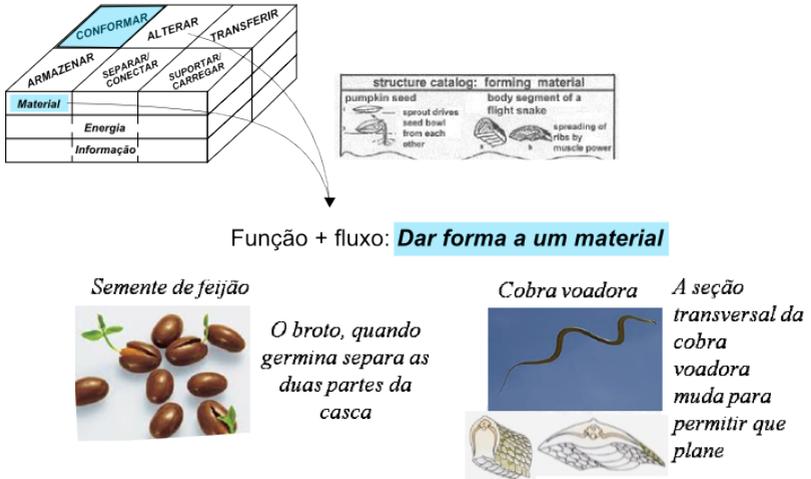


Figura 3.9 – Ilustração de parte do catálogo de Hill

Fonte: adaptado de Hill (1999, p.120)

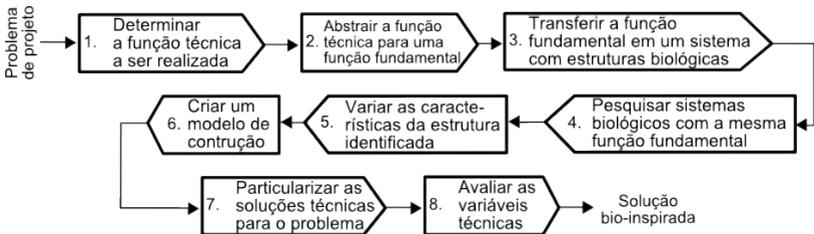


Figura 3.10 – Etapas propostas por Hill para a resolução de problemas orientada pela natureza

Fonte: adaptado de Hill (1999, p.111)

Conforme Hill (1999), a primeira etapa a ser realizada para a resolução de um problema de projeto é a determinação da função técnica a ser solucionada. Tendo-se a função técnica, específica para o problema de projeto, essa deve ser abstraída (etapa 2) para uma função fundamental que, conforme o autor, deve ser uma função de maior abrangência para ampliar o campo de soluções possíveis.

A terceira etapa proposta consiste na transferência da função fundamental para o domínio da biologia. Ou seja, consiste na identificação de

uma função fundamental correspondente no domínio da biologia. Para isso, utilizando-se das categorias de funções e fluxos propostas por Hill (1999), deve-se identificar a função biológica correspondente de forma a possibilitar a identificação de SBs que possuam as mesmas finalidades daquela objeto do problema de projeto.

A busca por SBs é prevista na quarta etapa, por meio do auxílio do catálogo por proposto pelo autor (Figura 3.9). Isso posto, partindo-se do pressuposto que soluções (SBs fonte de inspiração) foram identificadas, a quinta etapa consiste na variação das características dos SBs identificados, com o objetivo de se gerar possibilidades de aplicação do sistema na resolução do problema de projeto. Aqui Hill (1999) cita a possibilidade de variar as características morfológicas, ou estruturais, dos SBs conforme parâmetros como: forma, tamanho, número, material, entre outras.

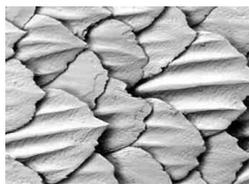
Na sexta etapa, partindo-se das variações nas características estruturais geradas, um modelo de construção (i.e. solução conceitual) deve ser criado como possibilidade de solução para o problema de projeto. Partindo-se do modelo criado, na etapa 7 o autor propõe a particularização do mesmo para o problema de projeto. Por fim, a oitava etapa consiste na avaliação da adequação da solução gerada, conforme os requisitos de projeto.

De modo a exemplificar o método proposto por Hill (1999), segue o Quadro 3.7.

Conforme o exemplo apresentado (Quadro 3.7), nota-se que na terceira etapa outros SBs poderiam ter sido utilizados como fonte de inspiração (e.g. aves, vermes ou glóbulos de sangue) caso a abstração realizada tivesse abrangido a locomoção de SBs em fluidos, não somente na água mas, também, no ar, na terra, entre outros. Essa limitação está relacionada à falta de suporte fornecido pelo método ao usuário na realização de abstrações e, por conseguinte, na transferência de informações entre domínios de conhecimento.

Quadro 3.7 – Exemplo de aplicação do método de Hill para a resolução de problemas orientada pela natureza

Etapa	Resultados	Informações adicionais
Problema de projeto	Reduzir os tempos de atletas em competição de natação	
1. Determinar a função técnica	Reduzir o coeficiente de arrasto da água sobre os atletas	Necessário conhecimentos em dinâmica dos fluidos
2. Abstrair a função técnica	Aumentar a velocidade na água dos nadadores	
3. Transferir função para o domínio biológico	Alterar forma e padrão superficial - hidrodinâmica de seres aquáticos -	Abstração de SBs aquáticos, visto que se movimentam com agilidade na água
4. Pesquisa de SBs	São estudados os seres marinhos mais rápidos, suas formas, texturas e mecanismos de propulsão (Figura 3. 11(a))	Não há como de mudar a forma ou equipar o nadador (regras de competição)
5. Variação das características do SB	Espécies com diferentes tipos de texturas/escamas para reduzir o coeficiente de arrasto	Variação da textura da pele / superfície corporal
6. Criação do modelo / solução conceitual	Nadadores com escamas	
7. Particularização da solução	Desenvolvimento de adesivos ou trajes cuja textura copiaria aquele da escama de peixes	Adesivos seriam colados na pele dos nadadores
8. Avaliação das variáveis técnicas	Analisa-se as regras de competição e a possibilidade da manufaturar o adesivo ou traje	Devido a complexidade na manufatura do adesivo, optou-se pelo traje
Saída: Solução bio-inspirada	Traje de natação que copiaria o padrão superficial de tubarões (Figura 3. 11(b))	A solução obtida já existente é conhecido como <i>Speedo Fastskin</i> [®]



(a) Análise do padrão superficial de seres marinhos (escamas e couro).



(b) Concepção final escolhida para o produto (*Speedo*[®]).

Figura 3.11 – Exemplo de aplicação da resolução de problemas orientada pela natureza

Fonte: adaptado de Yahya (2006, p.103 e 104)

Da mesma forma, na sétima etapa não são indicadas diretrizes ou meios de auxílio à realização das particularizações de informações. Apesar de citar para a quinta etapa a possibilidade de listar e variar as propriedades dos SBs conforme alguns parâmetros (e.g. forma, material, estrutura), Hill (1999) mantém vaga como a variação deve ocorrer (e.g. variação de forma, deve-se segmentar a estrutura ou se deve recurv-la?; variação de materiais, deve-se utilizar o mesmo material para toda a estrutura ou se pode usar materiais com diferentes propriedades em regiões onde tais sejam necessárias?).

3.4.1.3 Método de Nagel para a projeção de soluções bio-inspiradas para engenharia

O método proposto por Nagel (2010) visa facilitar a identificação e a tradução de conhecimentos sobre SBs para aplicação desses na resolução de problemas de projeto e na proposição de novos produtos. A autora divide seu método em cinco etapas conforme ilustrado na Figura 3.12.

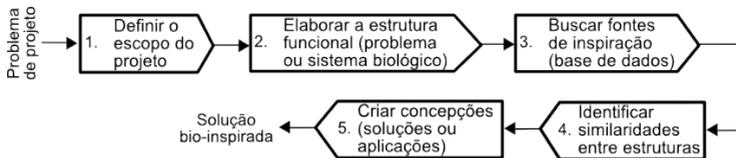


Figura 3.12 – Etapas do método de Nagel
Fonte: adaptado de Nagel (2010, p.167)

A primeira etapa, como se pode visualizar na Figura 3.12, corresponde à definição do escopo do projeto. Nesse sentido, deve-se definir se o projeto será orientado por uma solução (i.e. tendo-se um SB de interesse, deseja-se projetar algo baseando-se no mesmo) ou se será orientado por um problema (i.e. tendo-se um problema de projeto, deseja-se solucioná-lo por meio da biônica).

O desenvolvimento da estrutura de funções do problema ou do SB corresponde à segunda etapa do método de Nagel (2010). No caso do projeto orientado pela solução, realiza-se a análise funcional do SB, com o objetivo de identificar as funções realizadas e os fluxos necessários nesses sistemas. Já, no caso do projeto orientado pelo problema, realiza-se a síntese funcional para a determinação das funções e fluxos necessários para que o sistema atinja seu objetivo.

Assim como Hill (1999), Nagel (2010) se baseou na utilização das funções e fluxos (i.e. verbos seguidos de substantivos portadores de ação) para descrever e caracterizar os sistemas técnicos e biológicos. Segundo Nagel (2010), Nagel et al. (2010), tal forma de representação, aliada à uniformização da linguagem empregada nas descrições dos sistemas, favorece a abstração de informações por parte dos projetistas, facilitando a assimilação e a realização de associações entre o problema de projeto e o SB.

No que tange a ferramenta de unificação de linguagem, Nagel (2010) propõe um tesouro de funções e de fluxos, para servir como base de seleção de verbos e substantivos, respectivamente. Parte desse tesouro proposto pela autora é ilustrado na Figura 3.13.

Tesouro de funções				Tesouro de fluxos			
Primário	Secundário	Terciário	Função biológica correspondente	Primário	Secundário	Terciário	Fluxo biológico correspondente
Ramificar	Separar	-	tingir, meiose, reagir, florescer, replicar, segmentar, eletroforese, diálise, desnaturar, liberar, destacar, livrar	Material	Humano	-	ser humano, corpo
		Dividir	divisão, prófase, anáfase, citavagem, citocinese, mitose		Gás	-	oxigênio, nitrogênio, cloro
		Extrair			Líquido	-	ácido, químico, água, sangue, solução, base, fluido, plasma
		Remover	Desoxigenar, filtrar, desanimação, liberar, expulsar, evacuar, verter		Objeto		
	Distribuir	-					
	Importar	-	circular, difundir, trocar, dispersar, espalhar, propagar, pulverizar, bombar		Sólido	Partícula	
Exportar	-	absorver, atrair, consumir, inalar, ingerir, amarrar, prender, vincular, bloquear, colapsar, excretar, desativar, repelir	Compósito			enzima, vírus, macromolécula, polimerase, nucleotídeo, organela, DNA, RNA, citoplasma, tecido, órgão	
Canalizar	Transferir	-	migrar, transferir	Mistura	Gas-gas	ar	
		Transportar	circular, conduzir, difundir, bombear, deslocar, transferir, voar, nadar, pular, quicar		Líquido-líquido		hormônio, melatonina, estrogênio, insulina, fluido espinhal, veneno, urina, peptídeo, esteróide
	Transmitir	comunicar, transdução	Sólido-sólido				adenosina, bílastula, membrana, fosfato, ribossomo
	Guiar	Transladar			orientar, posicionar, deslizar, afunilar, tunel		
		Rotacional	sinetizar, transcrever				
			oscilar, rotacional, movimento rotativo/giratório, virar, rolar				

Figura 3.13 – Ilustração do tesouro de funções (esquerda) e de fluxos (direita) proposto por Nagel

Fonte: adaptado de Nagel (2010, p.92 a 95)

Como se pode visualizar na Figura 3.13, há uma hierarquia entre os verbos e os substantivos, que podem ser agrupados em três níveis conforme sua generalidade ou abrangência (e.g. ramificar engloba os verbos distribuir e separar. Este, por sua vez, engloba os verbos dividir, extrair e remover, aos quais estão associados outros verbos de menor abrangência).

A terceira etapa do método consiste na busca por sistemas fonte de inspiração em uma base de dados. A estratégia de busca empregada por Nagel (2010), similar à de Hill (1999) e Chakrabarti et al. (2005), consiste no uso de palavras-chave compostas pelos pares de verbos (funções realizadas pelos SBs) e substantivos (fluxos de material, energia ou sinal) definidos na estrutura de funções.

Como saída do banco de dados, são listados SBs relacionados às palavras-chave de busca, classificados conforme o nível da abrangência do verbo e/ou substantivo utilizado em sua representação (Figura 3.14). Por meio dessa classificação dos resultados o projetista é capaz de identificar os SBs que possuem maior potencial de aplicação na resolução de seu problema de projeto.

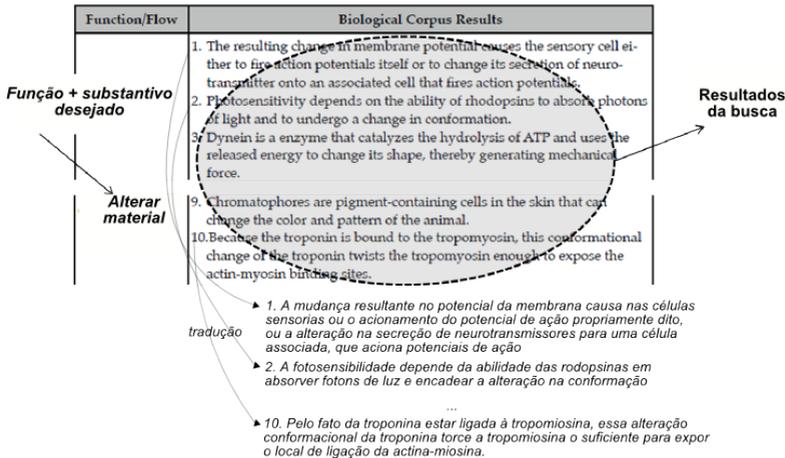


Figura 3.14 – Ilustração de resultados de busca na base de dados de Nagel
Fonte: adaptado de Nagel (2010, p.204)

Como se pode visualizar na Figura 3.14, as informações resultantes das buscas na base de dados de Nagel são apresentadas na forma de linguagem natural, visto que os excertos de informações foram copiados de livros de biologia.

A quarta etapa do método prevê a transferência de informações dos SBs, identificados na terceira etapa, para o domínio técnico (engenharia). Essa transferência, conforme Nagel (2010), é realizada pela identificação de similaridades e realização de associações (correspondências) entre os sistemas (i.e. associações entre o SB e problema de projeto ou a possibilidade de aplicação). No que concerne essa etapa, a autora não fornece subsídio algum para suportar o projetista na adaptação das informações encontradas para o sistema a ser desenvolvido. Por fim, a etapa 5 consiste geração de conceitos a partir das associações realizadas na etapa anterior.

Como exemplo de aplicação prática do método em questão, Nagel (2010) apresenta o conceito de um sensor químico bio-inspirado para detecção de um dado gás, conforme apresentado na Figura 3.15.

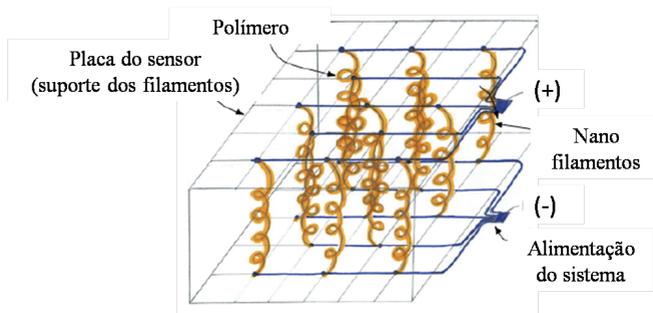


Figura 3.15 – Concepção de um sensor químico bio-inspirado para detecção de dado gás

Fonte: adaptado de Nagel (2010, p.214)

Para chegar a esse conceito a autora definiu os verbos da síntese funcional do sensor (e.g. importar material, guiar energia química, acoplar energia química ao material, transmitir energia elétrica, mudar material e detectar energia química) e os inseriu na sua base de dados. Como resultado da busca foi apresentada a informação de que os filamentos musculares (actina e miosina) se desenrolam por meio da interação da troponina com íons de cálcio. Tal descrição da interação de um agente químico com dada superfície, no caso o contato do gás com o filamento recoberto por substância reativa ao mesmo, ocasionando na alteração morfológica da estrutura, foi a inspiração de Nagel (2010) para o desenvolvimento do conceito apresentado previamente.

3.4.1.4 Método de Wilson para representação e identificação de estratégias de solução bio-inspiradas

O método criado por Wilson (2008) consiste na modelagem e representação de sistemas técnicos e biológicos por redes hierárquicas causais de Petri. Uma rede de Petri (do inglês *Petri net* – PN) é dada por uma função $PN=(P,T,F,M_0)$, sendo as quatro variáveis dessa função definidas como: $P=(p_1,p_2,\dots,p_m)$, um conjunto finito de lugares; $T=(t_1,t_2,\dots,t_m)$, um conjunto finito de transições; F , um conjunto de arcos que indicam a orientação dos

fluxos (i.e. material, energia, sinal) entre lugares a transições e vice versa; M_0 , indica a marcação inicial do sistema (WILSON, 2008).

De modo a ilustrar o modelo de um sistema representado por meio da rede de Petri, tem-se a Figura 3.16.

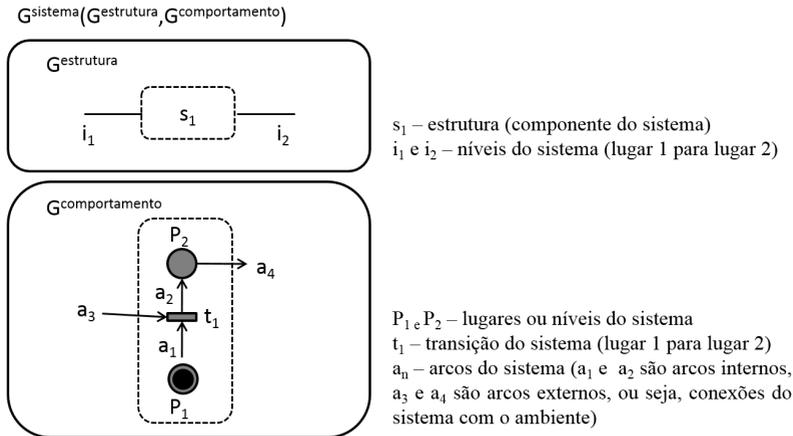


Figura 3.16 – Modelo de um sistema representado por uma rede de Petri

Fonte: adaptado de Wilson (2008, p.94)

Pode-se visualizar na Figura 3.16 que um sistema ($G_{\text{estrutura}}$) composto por um componente (S_1), passa de um estado inicial, pertencente ao nível (i_1), para um estado final, pertencente a um nível (i_2). Essa mudança de estado pode ser representada por um comportamento característico do sistema, descrito por meio de transições (i.e. interações internas entre componentes e fluxos do sistema, e interações do sistema com o meio).

Conforme a representação do comportamento ($G_{\text{comportamento}}$) ilustrado na Figura 3.16, o sistema inicialmente no lugar P_1 fornece um fluxo (arco a_1) que ativa determinada transição (t_1). A referida transição (mudança de estado), também influenciada pelo meio (arco a_3), emite então um fluxo interno (arco a_2) que finda por alocar o sistema na posição P_2 . Ao final de todas as transições e interações, o sistema emite um fluxo (arco a_4) que indica o fim do processo realizado pelo sistema. Caso se deseje aprofundar a descrição de um sistema, por meio da identificação de múltiplos componentes, estados e transições, realiza-se então a representação hierárquica com transições intermediárias.

Como exemplo de aplicação desse método, Wilson (2008) modelou o rim humano, como se pode visualizar na Figura 3.17.

Utilizando-se das estratégias de filtragem do sangue, identificadas na representação do rim humano por redes de Petri (círculos destacados em

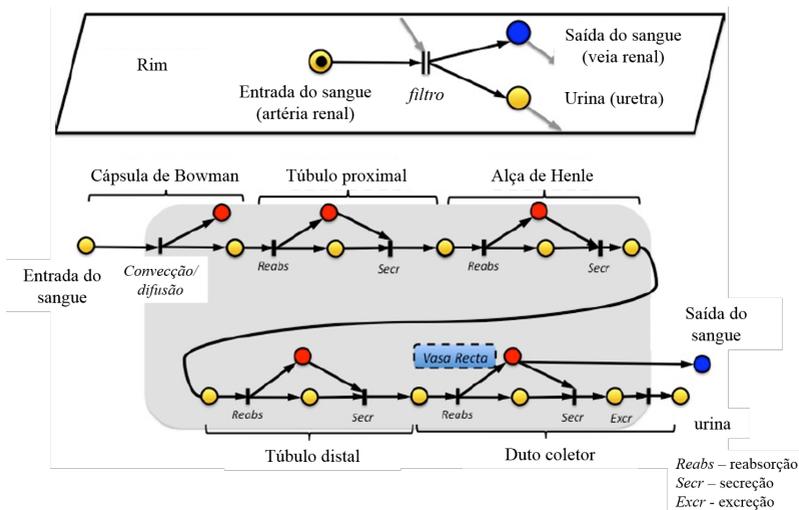


Figura 3.17 – Representação do rim humano por redes de Petri
Fonte: adaptado de Wilson (2008, p.235)

vermelho), Wilson (2008) gerou uma nova concepção para o equipamento para hemodiálise (hemodiafiltração), cujo esquema conceitual pode ser visualizado na Figura 3.18.

A nova concepção de equipamento para hemodiálise, chamada por Wilson (2008) de *hemodiafiltração*, apresenta dois estágios de filtração do sangue. No primeiro, similarmente ao sistema atual, ocorre a separação do sangue do plasma sanguíneo. Contudo, há a incorporação de um sistema de contracorrente com membrana permeável que permite o reestabelecimento de solutos, que saíram com o plasma sanguíneo, por osmose. O segundo estágio, inexistente até então, consiste em um dispositivo com placas eletrostaticamente carregadas, capazes de atrair os íons de soluto remanescentes no plasma resultante do primeiro estágio, e os reintroduzem no sangue limpo. Por meio da reintrodução de solutos durante o processo de filtração, o autor estima que o sangue limpo resultante do processo não apresente déficit de íons e solutos importantes para o organismo, atualmente descartados com o plasma.

Além do modelo de representação, Wilson (2008) desenvolveu um repositório de estratégias biológicas, sendo que para: descrição, busca e identificação dessas; o autor recorreu ao uso de formalismos de descrição do conhecimento conhecidos como Lógica Descritiva (do inglês *Description Logics* - DL). De modo a ilustrar a interface de busca do repositório de

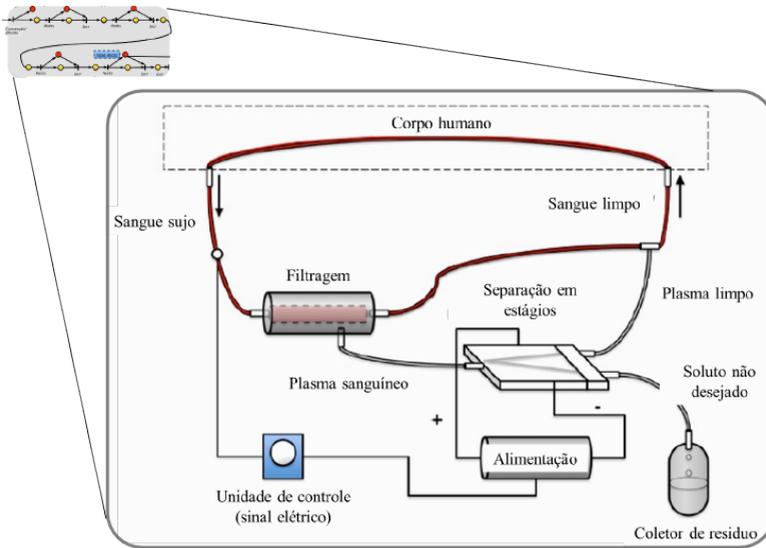


Figura 3.18 – Concepção de um sistema de hemodiálise bio-inspirado

Fonte: adaptado de Wilson (2008, p.255)

estratégias desenvolvido e um exemplo de estratégia descrita em termos de DL, tem-se a Figura 3.19.

O método proposto por Wilson (2008) apresenta a característica de, uma vez entendida a lógica de representação e modelados os sistemas, possibilitar a evidenciação gráfica das estratégias biológicas para a resolução de problemas. Ainda, por ser uma lógica também destinada à implementação computacional, a busca por soluções para problemas de projeto tende a ser facilitada. Contudo, por requerer conhecimentos específicos sobre regras de representação e formalismos de descrição do conhecimento (DL), entende-se que considerável esforço seja necessário por parte de profissionais interessados em contribuir com informações para os modelos e para o repertório de estratégias.

3.4.2 Métodos de projeção não assistidos

Os métodos de projeção não assistidos são aqueles que definem atividades a serem realizadas, contudo não apresentam informações adicionais para auxiliar o indivíduo na identificação e desenvolvimento de soluções para

Definição da entrada (e.g. química)

Definição da saída (e.g. força)

Definição do comportamento (e.g. ação - aumentar)

Definição do atributo (e.g. ação - rigidez)

Resultados da busca por estratégias (e.g. aumentar rigidez)

Number	Name	Relevant Information
1	Crossbridge_Effect_SlidingFilament	Relevant Information Goes Here
2	MutConn-StarfishSpine	Relevant Information Goes Here
3	MutConn-SeaUrchinToothSpineLigaments	Relevant Information Goes Here
4	MutConn-SeaCucumberDermis	Relevant Information Goes Here
5	MutConn-FeatherStarArmLigaments	Relevant Information Goes Here
6	MutConn-BrittleStarLigaments	Relevant Information Goes Here

Interface do repositório de estratégias

Strategy	DL Description
Crossbridge-Effect_SlidingFilament	\exists satisfiesFunction: [\exists hasInput Affinity \cap \exists hasOutput Force] \cap \exists refinesBehavior: [\exists hasAction Increment \cap \exists hasAttribute Stiffness] \cap \exists fromDomain: Biological_Domain

Descrição formal (DL) de uma estratégia

Figura 3.19 – Interface do repositório e exemplo de estratégia descrita em linguagem formal

Fonte: adaptado de Wilson (2008, p.213)

a resolução do problema. Dentre os principais métodos enquadrados nesse grupo, pode-se citar a Espiral Biomimética e a BioTRIZ, apresentados na sequência.

3.4.2.1 Método da Espiral biomimética de projeção

O método da Espiral biomimética de projeção (traduzido do inglês *Biomimicry Design Spiral*[®]) para a resolução de problemas baseando-se na natureza, apresentado na Figura 3.20, foi desenvolvido e é divulgado pelo *Biomimicry Institute*[®].

Como se pode visualizar na Figura 3.20, a projeção pela espiral é um processo cíclico que deve ser realizado até que uma solução adequada e satisfatória seja obtida. A primeira etapa da espiral consiste na identificação e no detalhamento do escopo do problema de projeto e/ou no escopo do produto a ser desenvolvido. Nessa etapa, deve-se, principalmente, entender o contexto do problema e onde será aplicada a solução.

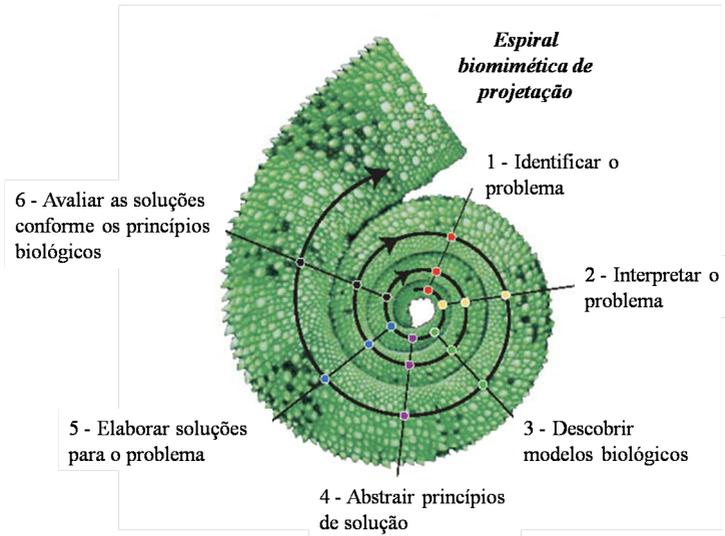


Figura 3.20 – Espiral biomimética de projeção

Fonte: adaptado de *Biomimicry Institute*®

A segunda etapa da espiral consiste na tradução das funções que o produto deve atender e condições ambientais em que irá atuar, para as funções e meios similares encontrados na natureza. Essa etapa consiste, basicamente, na determinação das condições de contorno do problema. Ou seja, delimita o campo de busca de SBs (i.e. identificar apenas SBs que apresentem funções similares nas condições ambientais determinadas).

A terceira etapa da espiral, intitulada ‘Descobrir modelos biológicos’, se destina à busca por soluções e modelos naturais que apresentam relação com as necessidades identificadas nas etapas anteriores. Aqui, pode-se recorrer à consulta de livros especializados, a biólogos e especialistas em SBs.

Seguindo na espiral, parte-se à quarta etapa destinada à abstração dos modelos biológicos encontrados na etapa precedente, para a identificação de princípios de solução para problemas.

Na quinta etapa conceitos de soluções devem ser elaborados, tendo-se como base o uso de princípios de solução biológicos identificados na etapa precedente. Aqui é sugerida a mímica funcional, estrutural e do ecossistema (ambiente) em que se encontram os SBs fonte de inspiração. Para tal mímica (i.e. cópia) devem ser levados em consideração fatores de escala, fatores influentes pertencentes ao meio (e.g. temperatura, umidade, radiação) e possíveis inter-relações entre função, estrutura e contexto ambiental.

Por fim, na sexta etapa da espiral, intitulada ‘Avaliar’, deve-se analisar os resultados obtidos e avaliar as concepções de solução desenvolvidas na etapa 5 em função do escopo do problema. Caso o escopo não seja satisfeito, ou haja a possibilidade de melhoramento, inicia-se novamente o ciclo da espiral. Caso contrário, a solução desenvolvida é aplicada para a resolução do problema.

Pela análise desse método, nota-se que apesar de identificar as etapas para a biônica, as atividades de cada etapa não são detalhadas suficientemente a ponto de guiar o usuário durante o processo de projeção. Ao contrário dos métodos assistidos, o usuário não dispõe de catálogos de princípios de solução biológicos, requerendo maiores esforços para a identificação de possíveis fontes de inspiração biológicas.

3.4.2.2 Método da BioTRIZ

A BioTRIZ, proposta por Vincent et al. (2006), foi inspirada principalmente no método da matriz de contradições (SARTORI et al., 2010) que faz parte do conjunto de métodos da TRIZ (traduzida para o português como Teoria de Resolução Inventiva de Problemas).

A teoria da TRIZ tem por objetivo guiar a resolução de problemas técnicos por meio de uma sequência lógica de procedimentos para eliminar contradições. Na TRIZ, contradições ocorrem quando a variação de um parâmetro afeta negativamente o mesmo ou outro parâmetro do sistema (e.g. o aumento da resistência mecânica gera o aumento da fragilidade de determinado componente) Savransky (2000).

Na sistematização desenvolvida por Altshuller os parâmetros de variação dos sistemas (e.g. massa, velocidade, temperatura), totalizando 39 itens, passaram a ser chamados de Parâmetros de Engenharia (PEs) (Figura 3. 21(a)). Por meio de pesquisas em patentes, de modo a identificar de que forma as contradições (pares de PEs) foram resolvidas, padrões de resolução foram identificados, sendo esses chamados de Princípios Inventivos (PIs). Ao todo, conforme a teoria original da TRIZ, existem 40 PIs (Figura 3. 21(b)).

Colocados na forma de uma matriz, os pares de PE (contradições) apontam os PIs mais relevantes para auxiliar na resolução dos problemas técnicos. A essa matriz se deu o nome de Matriz dos Princípios Inventivos (MPI), também conhecida como Matriz de contradições (a lista de PEs e PIs, com suas devidas descrições, e a matriz de contradições podem ser encontradas facilmente na literatura, como por exemplo em Savransky (2000) e em Carvalho (2008).

Lista dos parâmetros de engenharia (PEs)	
1. Peso do objeto móvel	21. Potência
2. Peso do objeto estacionário	22. Perda de energia
3. Comprimento do objeto móvel	23. Perda de substância
4. Comprimento do objeto estacionário	24. Perda de informação
5. Área do objeto móvel	25. Perda de tempo
6. Área do objeto estacionário	26. Quantidade de substância
7. Volume do objeto móvel	27. Confiabilidade
8. Volume do objeto estacionário	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabricação
10. Força	30. Fatores prejudiciais atuando no objeto
11. Tensão ou pressão	31. Fatores prejudiciais causados pelo objeto
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade da composição do objeto	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Manutenibilidade
15. Duração da ação do objeto móvel	35. Adaptabilidade
16. Duração da ação do objeto estacionário	36. Complexidade do objeto
17. Temperatura	37. Complexidade de controle
18. Brilho	38. Nível de automação
19. Energia gasta pelo objeto móvel	39. Capacidade ou produtividade
20. Energia gasta pelo objeto estacionário	

(a) PEs da TRIZ

Lista dos princípios inventivos (PIs)	
1. Segmentação ou fragmentação	21. Aceleração
2. Remoção ou extração	22. Transformação de prejuízo em lucro
3. Qualidade localizada	23. Retrolimentação
4. Mudança de simetria	24. Mediação
5. União ou consolidação	25. Auto-serviço
6. Universalização	26. Cópia
7. Aninhamento	27. Uso e descarte
8. Contrapeso	28. Substituição de meios mecânicos
9. Compensação prévia	29. Construção pneumática ou hidráulica
10. Ação prévia	30. Filmes finos ou membranas flexíveis
11. Amortecimento prévio	31. Uso de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneização
14. Recurvação	34. Descarte e regeneração
15. Dinamização	35. Mudança de parâmetros e propriedades
16. Ação parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibração mecânica	38. Uso de oxidantes fortes
19. Ação periódica	39. Uso de atmosferas inertes
20. Continuidade da ação útil	40. Uso de materiais compostos

(b) PIs da TRIZ

Figura 3.21 – Listas de parâmetros e princípios da TRIZ

Fonte: adaptado de Savransky (2000, p.200)

Referentemente à construção da BioTRIZ, Vincent et al. (2006) analisaram conflitos (contradições) envolvidos em fenômenos biológicos, com o objetivo de identificar as formas encontradas pelos SBs para solucionar tais conflitos (i.e. identificar princípios de solução biológicos). No caso da BioTRIZ, ao contrário da TRIZ, a busca por princípios de solução se deu na literatura biológica disponível (e.g. publicações científicas, livros, enciclopédias).

Para simplificar o processamento das informações extraídas nas análises dos SBs, os autores estipularam seis campos operacionais, os quais englobam todas as possíveis ações realizadas por um sistema, como apresentado no Quadro 3.8.

Os parâmetros e atributos envolvidos nos fenômenos biológicos estudados foram identificados por Vincent et al. (2006) como sendo os mesmos 39 PEs definidos na TRIZ. Dessa forma, na BioTRIZ esses parâmetros foram alocados nos seis campos operacionais conforme seu grau de relacionamento com as ações envolvidas em cada campo (Quadro 3.8).

De maneira análoga à TRIZ, relacionando-se os campos operacionais (PEs) aos princípios de solução biológicos identificados, Vincent et al. (2006) compuseram a matriz de dimensão 6x6 intitulada BioTRIZ (Figura 3.22).

Como exemplo de aplicação da BioTRIZ no desenvolvimento de soluções pode-se citar o estudo realizado por Craig et al. (2008) sobre o desenvolvimento de uma cobertura para residências localizadas em regiões de clima quente.

Quadro 3.8 – Campos operacionais da BioTRIZ com seus respectivos PEs

Campo	Ações englobadas	PEs da TRIZ
Substância	Adicionar, remover ou mudar as propriedades de um material	1, 2, 23 e 26
Estrutura	Adicionar, remover ou reagrupar as partes de uma estrutura	13, 29, 32 e 36
Energia	Mudar a fonte ou o campo de energia	10, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21 e 22
Informação	Mudar as interações ou regulagens de um sistema ou de seus elementos	24, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 37 e 38
Espaço	Mudar a posição e/ou a forma do sistema ou de suas partes	3, 4, 5, 6, 7, 8 e 12
Tempo	Mudar a velocidade de um processo ou a ordem das ações	9, 15, 16, 35 e 39

Fonte: adaptado de Vincent et al. (2006)

categorias	substância	estrutura	espaço	tempo	energia	informação
substância	13 15 17 20 31 40	1-3 15 24 26	1 5 13 15 31	15 19 27 29 30	3 6 9 25 31 35	3 25 26
estrutura	1 10 15 19	1 15 19 24 34	10	1 2 4	1 2 4	1 3 4 15 19 24 25 35
espaço	3 14 15 25	2-5 10 15 19	4 5 36 14 17	1 19 29	1 3 4 15 19	3 15 21 24
tempo	1 3 15 20 25 38	1-4 6 15 17 19	1-4 7 38	2 3 11 20 26	3 9 15 20 22 25	1-3 10 19 23
energia	1 3 13 14 17 25 31	1 3 5 6 25 35 36 40	1 3 4 15 25	3 10 23 25 35	3 5 9 22 25 32 37	1 3 4 15 16 25
informação	1 6 22	1 3 6 18 22 24 32 34 40	3 20 22 25 33	2 3 9 17 22	1 3 6 22 32	3 10 16 23 25

Princípio inventivo 38 – Uso de oxidantes fortes (i.e. substituir determinada substância por uma mais ativa/reactiva – ar por oxigênio puro)

Princípio inventivo 3 – Uso de qualidade localizada (i.e. diferentes partes de um sistema com diferentes funções e propriedades)

Figura 3.22 – Matriz de princípios inventivos da BioTRIZ

Fonte: adaptado de Vincent et al. (2006)

O problema de projeto consistiu na necessidade do aumento de perda de energia da cobertura para o céu (fonte fria) de modo a reduzir a temperatura de uma estrutura residencial. Os PEs identificados pelos autores para melhor descrever o problema foram: 17 (temperatura), 18 (intensidade luminosa), 20 (uso de energia por um objeto estacionário) e 22 (perda de energia).

Conforme Craig et al. (2008), tais PEs são capazes de descrever o problema tratado por meio de 12 contradições. Como exemplo de um dessas contradições os autores citam a necessidade de aumentar a radiação (ondas infravermelhas – influência da luminosidade -- PE 18) da massa da cobertura com o céu (fonte fria) sem que a radiação e a convecção aumentem a temperatura da massa (influência na temperatura -- PE 17).

Conforme o método da BioTRIZ, todos os PEs envolvidos no problema estão agrupados no campo operacional 'energia'. Logo, pela BioTRIZ os PIs indicados para melhor resolver as contradições são: PIs, 3, 5, 9, 22, 25, 32 e 37. Utilizando-se do PIs 3 (qualidade localizada — partes de um sistema com diferentes propriedades conforme a necessidade — não homogeneidade), Craig et al. (2008) idealizaram a possibilidade de modificar o isolante da cobertura (normalmente sólido e homogêneo) para um estrutura vazada na forma de um favo de mel (*honeycomb*), de forma a permitir que a massa da residência emita radiação infravermelha diretamente para a fonte fria (céu).

Nota-se que, apesar do método da BioTRIZ fornecer princípios de solução (PIs — relacionados ao nível de abstração 'B' da Figura 3.5, na página 54) para a resolução de um problema, tal método não prescreve de que forma o usuário deve adaptar e especificar tais princípios (descritos de forma genérica e abrangente) para o problema de projeto.

Além disso, nota-se que poucas informações sobre os SBs que deram origem aos PIs são disponibilizadas ao usuário, podendo tornar os PIs pouco representativos sem a descrição de um contexto.

3.5 CONSIDERAÇÕES E OPORTUNIDADE DE PESQUISA

Como se pôde observar, a biônica é uma disciplina dinâmica e multidisciplinar. Dinâmica, pois à medida que novos conhecimentos sobre a natureza são publicados, novas aplicações e possibilidades são abertas à exploração. Multidisciplinar, pois a biônica além de depender de disciplinas de base como a física, a química e a biologia, requer a transferência de conhecimento provindo dessas para áreas pertencentes a diferentes domínios das ciências exatas.

Realizando-se uma análise crítica do conteúdo apresentado, percebe-se que considerável parte das aplicações e dos métodos de projeção inspirada na natureza recorrem ao uso de analogias para identificação de conhecimento da biologia, passíveis de aplicação na resolução de problemas técnicos.

No que concerne a projeção inspirada na natureza, pode-se constatar a existência de três atividades principais, sendo elas:

1. Identificar SBs relevantes, que possam servir como fonte de inspiração e de soluções para o dado problema de projeto;
2. Abstrair informações (características) desses SBs identificados;
3. Aplicar as abstrações na resolução do problema de projeto.

Considerando-se os métodos de auxílio à biônica (seção 3.4) foram identificadas lacunas em atividades e ferramentas destinadas a suportar os projetistas na abstração de informações biológicas e na aplicação dessas no

processo de ideação de soluções. De forma esquematizar e sintetizar as constatações realizadas, tem-se a Figura 3.23.

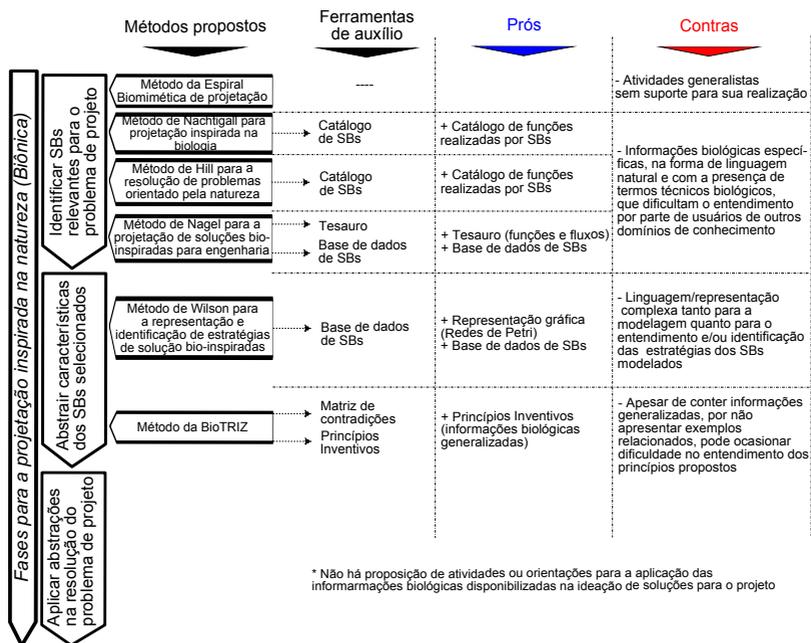


Figura 3.23 – Contextualização dos métodos propostos até então, conforme as atividades necessárias para a projeção inspirada na natureza

Nos métodos da Espiral Biomimética, de Nachtigall (2005) e de Hill (1999) são indicadas atividades para a projeção inspirada na natureza. Contudo, são atividades que não apresentam suporte (orientações ou ferramentas) aos projetistas para sua execução. No caso da Espiral Biomimética não há suporte para a identificação de informações, permanecendo a cargo do projetista a busca por SBs fontes de inspiração. Já, nos métodos de Nachtigall (2005) e de Hill (1999), apesar de proporem o uso de catálogos contendo a descrição de SBs específicos, tais autores não orientam de que forma esses catálogos e as informações biológicas neles contidas devem ser selecionadas e utilizadas.

O método de Nagel (2010) é, dentre os demais, o mais completo por fornecer meios de auxílio ao projetista na identificação e tradução de termos particulares do domínio biológico para o domínio técnico, principalmente, no que tange os termos utilizados para a busca de informações (i.e. funções e fluxos). Essa tradução possibilita a identificação de informações biológi-

cas mais precisas e relacionadas ao escopo do projeto (fontes de inspiração direcionadas ao projeto). Contudo, da mesma forma como os outros dois catálogos mencionados, o repositório de Nagel (2010) abrange informações específicas sobre SBs, apresentadas na forma de linguagem natural e com a presença de termos técnicos biológicos, o que dificulta seu entendimento por projetistas não familiarizados com o domínio biológico. Nesse mesmo sentido, método proposto por Wilson (2008) requer conhecimentos específicos para o entendimento das representações em Redes de Petri dos SBs e das estratégias por esses apresentadas. Por esses motivos, estima-se que seu uso seja restrito.

Já, o método da BioTRIZ apresenta como auxílio à ideação os princípios inventivos, que são informações generalizadas e correspondem a possíveis formas de se solucionar dado problema (pares de contradições). Dos métodos para a biônica revisados, somente esse apresenta informações biológicas generalizadas na forma de palavras-chave e sem a presença de termos técnicos biológicos. Contudo, pelo fato de serem informações abstratas e pela ausência de exemplificações, entende-se que certa dificuldade na interpretação e aplicação dos princípios inventivos na ideação de soluções possa ser encontrada pelos projetistas.

Assim, por meio das considerações expostas, as oportunidades de pesquisa e as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia proposta são:

1. Disponibilizar informações biológicas generalizadas e exemplificadas de forma a facilitar o entendimento por projetistas não familiarizados com o domínio biológico e estimular a projeção inspirada na natureza;
2. Identificar a forma de representação mais adequada para facilitar a assimilação de informações biológicas e favorecer a posterior realização de associações para ideação de novos produtos;
3. Propor atividades e ferramentas capazes de auxiliar o projetista desde a identificação de informações biológicas relacionadas ao projeto até sua aplicação na ideação de novos projeto.

Estima-se que, ao contemplar essas oportunidades e diretrizes, a metodologia proposta favorecerá a ideação de uma maior quantidade e qualidade de novos produtos, por facilitar a atuação do projetista na identificação, tratamento e aplicação de informações biológicas no planejamento de produtos.

4 ESTIMULADORES BIOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos, que consistem em conceitos biológicos abrangentes, veiculados na forma de cartões, com o objetivo de favorecer a ideação de novos produtos. Esses estimuladores foram elaborados conforme as necessidades e requisitos identificados nos capítulos 2 e 3 e são destinados para o uso durante sessões de ideação, com base na metodologia que será apresentada no Capítulo 5.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Analisando-se os métodos para a projeção inspirada na natureza, apresentados no capítulo anterior, identifica-se a ausência de ferramentas que disponibilizem conceitos e princípios biológicos de forma simples e que sejam cognitivamente acessíveis para indivíduos não inseridos no contexto das ciências biológicas.

Conforme as considerações traçadas nos capítulos precedentes, a simplicidade está principalmente relacionada à quantidade de informações disponibilizadas (e.g. excertos de literatura especializadas) e à linguagem utilizada (e.g. linguagem natural com termos técnicos biológicos). Já, a acessibilidade cognitiva possui relação com a facilidade de compreensão das informações disponibilizadas para a realização de analogias, no caso, para a ideação de produtos.

Paralelamente, tendo em vista que a biônica se baseia na realização de analogias e que estas, por sua vez, dependem da identificação de relações de similaridade entre sistemas, tem-se que a generalização das características de sistemas facilita a identificação de similaridades. Dos métodos para a projeção inspirada na natureza revisados, poucos apresentam alternativas para estimular os projetistas por meio de informações generalizadas, como exemplo a modelagem de SBs por redes de Petri. Contudo, mesmo tais alternativas apresentam desvantagens relativamente à simplicidade e à acessibilidade cognitiva.

Assim, estima-se que ao se disponibilizar informações generalizadas sobre SBs na forma de estímulos simples e acessíveis, ou seja, informações correspondentes à conceitos e princípios biológicos com respectivos exemplos, reduz-se o esforço cognitivo de projetistas no entendimento dessas, na identificação de similaridades e na realização de analogias, favorecendo o processo criativo.

Relacionadas à generalização de informações sobre SBs estão os níveis de aplicação ou, em outras palavras, as categorias de abstração de informações biológicas propostas por Eversheim et al. (2009) (ver Figura 3.5, página 54). Tais categorias apontam para os tipos de informações e generalizações necessárias para favorecer o processo criativo no contexto da projeção inspirada na natureza.

No que tange os aspectos cognitivos da criatividade, por meio da revisão, evidenciou-se a influência positiva na utilização de estímulos visuais. Esse tipo de estímulo, além de favorecer a identificação de atributos físicos e morfológicos de sistemas, permite a sintetização e facilita a comunicação e o entendimento de ideias e conceitos. Logo, a seleção e a disponibilização de estímulos visuais (e.g. ilustrações de SBs) para o desenvolvimento de estimuladores à criatividade deve ser considerada.

Relativamente à disponibilização de estímulos durante sessões de ideação, jogos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estimular o processo criativo por meio de questões, atividades e informações apresentadas na forma de cartões. Pela simplicidade de utilização e por serem caracterizados pela estimulação visual, aspectos revisados na seção 2.5.1.2, a elaboração de estimuladores biológicos na forma de cartões se apresenta promissora. Nesse sentido, não foram identificados procedimentos padronizados seja para o desenvolvimento de estimuladores, seja para elaboração de cartões de estímulo, sendo identificadas apenas diretrizes para elaboração de recursos visuais.

De forma a resumir e ilustrar as considerações realizadas, tem-se a Figura 4.1.

Como se pode visualizar na Figura 4.1, diferentemente do uso direto de informações biológicas (literatura especializada) como fonte de estímulo, o tratamento e a disponibilização dessas informações na forma de conceitos, princípios e exemplos visa reduzir o esforço cognitivo dos projetistas, facilitando o entendimento e a aplicação das mesmas no processo de ideação.

Tendo em vista a inexistência de procedimento ou sistemática para o desenvolvimento de estímulos biológicos para o processo criativo, na próxima seção é apresentado o processo proposto.

4.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE ESTIMULADORES BIOLÓGICOS

Os **Estimuladores Biológicos** (EBs) podem ser definidos como:

- *conceitos biológicos abrangentes apresentados na forma de cartões, que possuem como conteúdo informações biológicas generalizadas na forma de princípios, além de ilustrações de SBs representativos do*

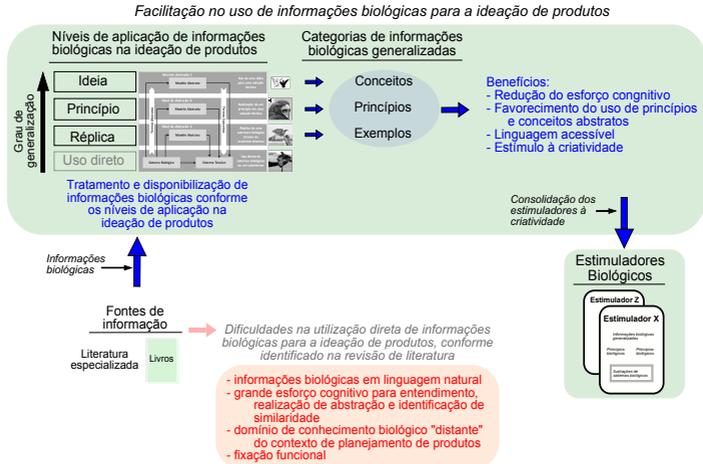


Figura 4.1 - Contextualização do processo de desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos

Figura 4.1 – Contextualização do processo de desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos

conceito e de princípios, como forma de exemplificar e facilitar seu entendimento, visando facilitar a aplicação de informações biológicas durante o processo criativo de ideação de novos produtos.

Com o objetivo de sistematizar o processo de desenvolvimento de estimuladores para facilitar a utilização de informações biológicas na ideação de novos produtos, na Figura 4.2 é apresentado o fluxograma de atividades propostas.

Como se pode visualizar na Figura 4.2 um conjunto de dez atividades é proposto para o desenvolvimento de estimuladores. Como informação de entrada tem-se o escopo de desenvolvimento. Ou seja, o domínio de conhecimento ao qual os estimuladores estarão relacionados. No caso, o domínio de conhecimento é a biologia.

Conforme o fluxograma, a primeira atividade consiste na seleção de fontes de informação. Para tal seleção, critérios devem ser estabelecidos de forma a justificar a seleção e possibilitar a posterior extração de informações. Aqui, deve-se atentar para características como a disponibilidade e atualidade das fontes. Além dos critérios, especialistas podem ser consultados para indicar obras e avaliar sua representatividade. Com o intuito de possibilitar o desen-

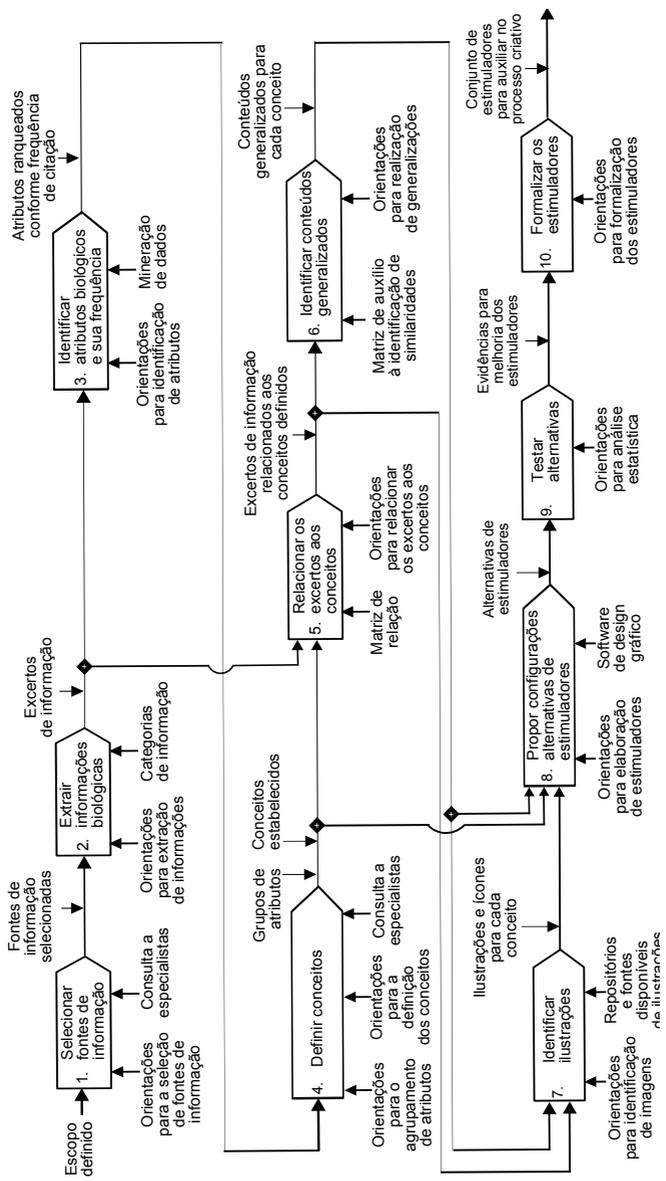


Figura 4.2 – Fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Estimuladores Biológicos

volvimento de estimuladores representativos do domínio de conhecimento, considera-se importante a utilização de fonte de informação complementares entre si, favorecendo a posterior extração de uma maior gama de informações e, por consequência, o desenvolvimento de estimuladores representativos do domínio de conhecimento.

Após a seleção das fontes inicia-se o processo de extração de informações (atividade 2) que servirão para a posterior definição de conceitos e identificação de princípios. Nessa atividade, deve-se atentar para características relativas a materiais, formas, funções e comportamentos de SBs, visto que é por meio do conjunto e da combinação dessas que SBs, assim como produtos, são compostos e interagem com o meio. No que tange a extração de informações, propõe-se que as mesmas sejam extraídas na forma de excertos, permitindo a contextualização da informação ou do SB, e que esses sejam registrados em uma planilha eletrônica, para posterior tratamento e consulta.

Cada excerto extraído apresenta verbos e substantivos utilizados para descrever as características dos SBs, sendo atribuída a tais verbos e substantivos a denominação de *atributos*. Por caracterizarem os SBs, os atributos servem como dados de entrada para modelagem de informações na forma de conceitos ou mesmo de taxonomias (LIMA, 2002; MONTANHA JR., 2011). Um método bastante difundido e padronizado para a modelagem de informações é o IDEF1X (SECRETARY OF COMMERCE – USA, 1993; LIMA, 2002), cujas atividades iniciais consistem em identificar e agrupar os atributos relativos ao domínio de conhecimento da modelagem (ver Anexo C). Assim, tal método foi considerado para as atividades 3 e 4 propostas (Figura 4.2).

Relativamente à identificação de atributos (atividade 3), sugere-se a utilização de uma planilha eletrônica de forma facilitar a separação e a contagem (frequência) de cada um dos verbos e substantivos. A frequência de citação é aqui utilizada como fator indicativo de relevância do atributo e, por esse motivo, deve-se priorizar aqueles que apresentam maior recorrência.

Partindo-se dos atributos identificados, a quarta atividade consiste na definição de conceitos. Para isso, levando-se em consideração o contexto em que se inserem (e.g. contexto biológico), os atributos são comparados entre si e agrupados conforme as inter-relações apresentadas. Tendo-se os grupos de atributos relacionados, a definição de conceitos abrangentes é realizada por meio da elaboração de uma sentença que explicita a lógica de relação entre os atributos de um mesmo grupo. Aqui, orientações são propostas tanto para o agrupamento dos atributos, quanto para a definição dos conceitos. Em virtude da especificidade das possíveis relações entre os atributos e dos conceitos a serem gerados, recomenda-se a consulta e/ou a participação de especialistas.

De forma a agregar conteúdos para os estimuladores, na forma de princípios e exemplos de SBs relacionados a cada um dos conceitos resultantes

da atividade 4, na quinta atividade os excertos de informação previamente extraídos devem ser relacionados aos conceitos definidos. Essa relação deve ser tal que a sentença do conceito deve abranger o contexto e as informações explicitadas em dado excerto. De forma a simplificar o processo e possibilitar a posterior identificação de conteúdos generalizados, propõe-se que cada excerto deva ser relacionado a apenas um conceito.

A sexta atividade se destina a identificação de conteúdos generalizados para compor os EBs. Para isso propõe-se o cruzamento dos excertos previamente relacionados a cada conceito (atividade 5), um a um, por meio da utilização de uma matriz de auxílio. Aqui, ao se comparar os atributos e contextos de dois excertos relacionados ao mesmo conceito, busca-se por similaridades em termos de materiais, formas, funções e comportamentos. Em sendo identificadas informações similares, os excertos relacionados devem ser reformulados em uma sentença única que contextualize e evidencie o princípio ou a característica essencial apresentada. Isso posto, a cada conceito estarão relacionados os conteúdos que servirão como estímulo à criatividade.

Na sétima atividade propõe-se a identificação de imagens para cada conceito. Essas imagens, além da estimulação visual, servirão como auxílio ao projetista no entendimento do conceito por meio da exemplificação de princípios e características. Assim, propõe-se que sejam selecionadas imagens de SB citados ou descritos nos excertos relacionados ao conceito.

É importante notar que as atividades relativas à definição de conceitos e à identificação de conteúdos generalizados e de ilustrações (i.e. atividades 4, 6 e 7) estão diretamente relacionadas às categorias de abstração propostas por Eversheim et al. (2009), de forma que o resultado de cada uma dessas atividades e a disponibilização e uso desses conteúdos abstraídos favoreça ao usuário a realização de analogias com a biologia.

A oitava atividade consiste na proposição de configurações alternativas de estimuladores, possuindo como informações de entrada os conceitos definidos na atividade 4, os princípios e características abstraídas na atividade 6, e as imagens identificadas na atividade 7. Visto o caráter visual e informativo dos estimuladores, para sua elaboração, orientações que abrangem teorias e boas práticas de representação de informações são apresentadas. Tendo-se configurações alternativas de estimuladores é proposta a realização de testes (atividade 9) de forma a verificar a adequação dos estimuladores ao processo criativo e de ideação. Os resultados dos testes servem como evidências para a efetividade e como indicativo de necessidades de melhoria nos estimuladores.

Por fim, tendo-se identificado possíveis melhorias, parte-se para a formalização do conjunto de estimuladores capazes de fomentar o processo criativo e auxiliar usuários na ideação de novos produtos (atividade 10).

Nas seções a seguir as atividades propostas são melhor detalhadas e exemplificadas, sendo os exemplos propostos correspondentes à execução das atividades para o desenvolvimento de estimuladores baseados no domínio biológico, ou seja, Estimuladores Biológicos.

4.2.1 Selecionar fontes de informação

A seleção de fontes de informação depende do escopo de desenvolvimento dos estimuladores, que influenciará na determinação das áreas de conhecimento que deverão ser utilizadas e dos critérios de seleção que deverão ser estabelecidos.

Em se tratando de domínios para os quais não haja familiaridade do desenvolvedor com as áreas de conhecimento abrangidas, recomenda-se que as ementas das disciplinas de formação em dado domínio sejam consultadas para se selecionar as áreas de conhecimento necessárias. Além disso, recomenda-se, também, a consulta a especialistas.

No contexto das ciências biológicas as fontes de informação podem ser tanto publicações específicas a respeito de um determinado SB, quanto literaturas biológicas utilizadas para formação nesse domínio de conhecimento. No primeiro caso, há a restrição relacionada ao acesso, à complexidade de tais pesquisas, além da especificidade das informações disponíveis. Logo, visto o objetivo de desenvolver estímulos generalizados sobre SBs, a segunda opção de fonte de informação se apresenta mais adequada.

Considerando-se o objetivo de desenvolver conceitos biológicos abrangentes, buscou-se por informações sobre a constituição (material e forma), o funcionamento (funções e comportamento) e a relação entre SBs e o meio. Nesse contexto, as duas áreas da biologia que foram consideradas para a busca de fontes de informação foram:

- a. Fisiologia: conteúdos relacionados à morfologia (estrutura e material) e ao funcionamento (processos físico–bio–químicos) de SBs;
- b. Evolução: conteúdos relacionados à modificações e adaptações dos SBs ao meio, ao longo do tempo.

Tendo identificado as áreas de conhecimento necessárias, as referências bibliográficas para extração de informações devem ser selecionadas conforme os critérios de relevância e recorrência. Ambos critérios visam garantir a confiabilidade da fonte de informação e sua aceitação na comunidade científica, respectivamente. Assim, na sequência são listados os critérios aplicados para a seleção das fontes, seguidas de sua justificativa:

- a. Número de edições: um maior número de edições remete a uma maior revisão, tiragem e procura pela referência;
- b. Ano de publicação: publicações mais recentes tendem a se aproximar do estado da arte do conteúdo veiculado;
- c. Indicação em ementas: o uso da referência como livro-texto em disciplinas de graduação e pós-graduação de instituições de ensino bem avaliadas pelo MEC, indica a aceitação e importância da referência no meio acadêmico e no ensino;
- d. Disponibilidade em acervos físicos ou *online*.

Por meio dos critérios de seleção de referências bibliográficas, no contexto das áreas de conhecimento biológico consideradas, fontes de informação puderam ser selecionadas dentre as referências listadas no Quadro 4.1.

Das referências listadas, como se pode visualizar no Quadro 4.1, três foram selecionadas em função dos critérios aplicados, duas para o conteúdo de fisiologia (animal e vegetal) e uma para o de evolução (referências destacadas em negrito). Tendo as três referências em mãos (TAIZ; ZEIGER, 2010; SCHMIDT-NIELSEN, 1997; MCGHEE, 2011), pôde-se constatar que os conteúdos abordados no livro de Freeman e Herron (2013) são muito próximos àqueles presentes nos outros dois livros selecionados. Ou seja, conteúdos relacionados principalmente à fisiologia dos SBs. Por esse motivo, optou-se pelo livro de McGhee (2011) para servir de referência para o tema de evolução, por ser o mais atual dentre os demais e por apresentar conteúdos complementares às outras duas referências selecionadas.

Tendo selecionado fontes de informação relevantes e confiáveis, inicia-se então a atividade de extração de informações biológicas.

4.2.2 Extrair informações biológicas

Para a atividade de extração de informações deve ser realizada a leitura minuciosa das fontes selecionadas. Nessa leitura, deve-se atentar para excertos de informação que tenham relação com as características que abrangem os sistemas pertencentes ao domínio de conhecimento como, por exemplo, a composição e estrutura (e.g. material, forma), o funcionamento (e.g. ações, mecanismos, processos) e o comportamento (e.g. respostas a alterações internas e externas do sistema, alterações do ambiente, defesa e ataque).

Ao se identificar excertos que contenham informações e/ou características sobre o domínio de conhecimento, tais excertos devem ser registrados em uma planilha eletrônica, juntamente referência de onde foi extraído, permitindo a rastreabilidade da informação e o posterior tratamento de dados.

Quadro 4.1 – Seleção de fontes de informação dentre referências biológicas relacionadas à fisiologia e evolução

Título	Autoria	Ed.	Ano	Ementas	Disp.
Plant physiology	Hans Mohr, Peter Schopfer	1	1995	–	Sim
Plant physiology	Philip Stewart, Sabine Globig	1	2012	–	Não
Plant Physiology: A Textbook for Colleges and Universities	Bernard Sandler Meyer, Donald Benton Anderson	1	2012	–	Sim
Plant physiology	Park S. Nobel	4	2009	–	Não
Plant physiology	Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger	4	2006	UNESP, USP, UNB	Sim
Plant physiology	Frank Salisbury, Cleon Ross	4	1991	–	Sim
Animal Physiology: Adaptation and Environment	Knut Schmidt-Nielsen	4	1990	UFRJ, UNESP, USP, UFSC	Sim
Animal Physiology: From Genes to Organisms	Lauralee Sherwood, Hillar Klandorf, Paul H. Yancey	2	2012	–	Sim
Animal Physiology	Richard W. Hill, Gordon A. Wyse, Margaret Anderson	3	2012	–	Não
Eckert Animal Physiology	David Randall, Warren Burggren, Kathleen French	5	2001	–	Não
Comparative Animal Physiology	Philip C. Withers	1	1992	–	Sim
Principles of Animal Physiology	Christopher D. Moyes, Patricia M. Schulte	2	2007	–	Sim
<i>Convergent Evolution: Limited Forms Most Beautiful</i>	George R. McGhee	1	2011	–	Sim
Evolution, Development, and the Predictable Genome	David Stern	1	2010	–	Não
Evolution	Stephen Stearns, Rolf Hoekstra	2	2005	–	Não
Evolution and Development	William R. Jeffery	1	2009	–	Sim
Evolutionary Analysis	Scott Freeman, Jon C. Herron	5	2013	–	Sim

Na Figura 4.3 é apresentado um exemplo de excerto de informação biológica extraído da literatura especializada.

Como se pode visualizar na Figura 4.3, pelo fato da informação destacada estar relacionada a um material (veneno), uma funcionalidade específica (proteção), uma estrutura (folhas e caule de plantas) e um comportamento específico (ação contra insetos e herbívoros), a mesma foi extraída e registrada na planilha sugerida.

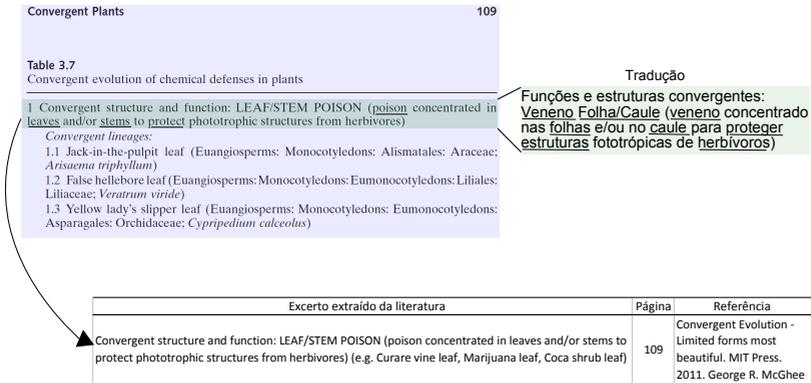


Figura 4.3 – Exemplo de extração de excerto de informação biológica

No quadro 4.2 são apresentados alguns exemplos de excertos de informação biológica extraídos da literatura especializada, presentes na planilha eletrônica gerada¹ para o desenvolvimento dos estimuladores biológicos.

No total foram extraídos 1147 excertos das fontes de informação biológica selecionadas.

4.2.3 Identificar atributos biológicos e sua frequência

A identificação de atributos, que consistem em uma das atividades integrantes para a modelagem de informações (Anexo C), tem por objetivo possibilitar a posterior definição de conceitos biológicos. Para a identificação dos atributos todas as palavras dos excertos de informação extraídos na atividade 2 e armazenados na planilha eletrônica sugerida devem ser separados e sua raiz² deve ser determinada.

Isso concluído, deve ser realizada a contagem dos atributos, agora na forma de raiz, para se determinar a frequência de citação dos mesmos. Conforme o método do IDEFIX (ver Anexo C), a frequência de dado atributo indica a relevância do mesmo para o domínio de conhecimento, fator importante para a posterior definição de conceitos.

¹ A planilha eletrônica e os demais arquivos digitais utilizados para a mineração de dados estão disponíveis no CD-ROM anexo à tese

² Aqui o termo raiz, também conhecido como radical na gramática portuguesa, se refere à parte da palavra que corresponde à origem da mesma.

Quadro 4.2 – Exemplos de excertos extraídos das fontes de informação

Excerto extraído da literatura	Página	Referência
Plant (...) In the cell, actin and tubulin monomers exist as pools of free proteins that are in dynamic equilibrium with the polymerized forms. (...) Once formed, microtubules and microfilaments can disassemble.	24	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006 . ISBN 978-0-87893-856-8
Active solute accumulation provides the osmotic driving force for water uptake by the vacuole, which is required for plant cell enlargement. (...) turgor pressure generated by this water uptake provides the structural rigidity	17	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006 . ISBN 978-0-87893-856-8
Animals obtain energy mostly through the oxidation of foodstuffs. The amount of oxygen they consume can therefore be used as a measure of their energy metabolism.	169	Animal Physiology: Adaptation and Environment. Cambridge University Press. 4th Edition. 1990 . Knut Schmidt-Nielsen. ISBN 0-521-38196-7

No contexto do desenvolvimento dos estimuladores biológicos, por meio da leitura e inspeção visual dos excertos de informação biológica extraídos, foram destacados os verbos e os substantivos, sendo excluídas as demais palavras, como se pode visualizar no exemplo apresentado na Figura 4.4. Por meio da localização e contagem dos atributos de mesma raiz foi também identificada sua frequência.

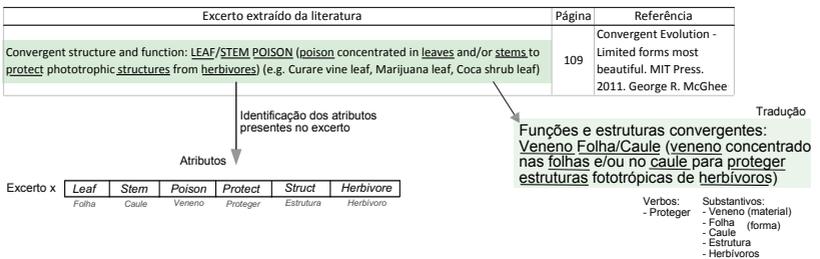


Figura 4.4 – Exemplo de identificação de atributos em um excerto de informação biológica

No total foram identificados 1361 atributos. Devido a essa grande quantidade e ao objetivo de generalizar informações biológicas na forma de conceitos e princípios, apenas os atributos que apresentaram uma frequência igual ou superior a dez citações foram mantidos, o que restringiu a 299 o

número de atributos utilizados (ver Apêndice A), aproximadamente 20% do total identificado.

4.2.4 Definir conceitos

Tendo-se a lista de atributos resultantes da atividade precedente, nessa atividade tais atributos devem ser inter-relacionados e agrupados de forma a permitir a definição de conceitos. Para isso, propõe-se o uso de diretrizes de modelagem de informações apresentadas pelo método IDEF1X (SECRETARY OF COMMERCE – USA, 1993; LIMA, 2002).

Seguindo o referido método, os atributos devem ser agrupados conforme a relação lógica por eles apresentada (i.e. relações de dependência ou proximidade de significado – atributos sinônimos, e.g. *branch*–ramificar e *divide*–dividir) e o contexto em que estão inseridos. Assim, para o agrupamento dos atributos deve-se levar em consideração o tipo de informação (e.g. verbo de ação – função, substantivo – característica) e suas inter-relações com os demais atributos, conforme a dependência dos mesmos relativamente ao contexto de desenvolvimento de estimuladores (e.g. contexto biológico).

Visto a possibilidade de diferentes interpretações de inter-relação ou dependência entre os atributos, devido a inexistência de regra formal e binária para o agrupamento dos mesmos, recomenda-se que a presente atividade seja realizada com a participação de especialistas. Em não havendo tal possibilidade, sugere-se que os agrupamentos sejam realizados pelo indivíduo responsável pela extração de excertos, devido ao contato com o domínio de conhecimento, e recomenda-se a posterior verificação dos grupos de atributos por especialistas. Na hipótese de descarte de agrupamentos de atributos por parte de especialistas durante a referida verificação, novo agrupamento deve ser realizado. Contudo, nesse caso, com a presença de especialistas.

De forma a evidenciar a relação considerada entre os atributos para o estabelecimento dos grupos, recomenda-se nomeá-los com uma palavra-chave que remeta à lógica de agrupamento ou de dependência entre atributos.

Na presente pesquisa, devido à especificidade do domínio de conhecimento, foi realizada uma consulta prévia a uma pesquisadora doutora em biologia para verificar o agrupamento dos atributos identificados na atividade 3. Como se pode visualizar nas Figuras 4.5 e 4.6, nove grupos de atributos biológicos foram estabelecidos.

No Quadro 4.3 são apresentadas as lógicas consideradas para o estabelecimento dos grupos de atributos.

De forma a verificar a validade dos grupos de atributos estabelecidos, conforme o Quadro 4.3, pesquisadores doutores em biologia foram consultados

Especialização	
specialized; specific	39
dna	12
genes	51
expression	24
encoding	15
coding	10
particular	10
ecological	31
environment	31
surrounding	15
niche	13
location	13
site	11
sea	10
complex	20
behavior	17
herbivores	19
predators	11
prey	11
evolution	15
converge; conversion	179
functions	177
use	59
involve	32
absorb; absorption	20
take	14
uptake	14
do	17
make	16
produce; producing; producers	45
process	43
reproduction	14
generate	17
respiration	25
digestion	18
food	24
synthesis	39
biosynthesis	15
catalysis; catalyze; catalytic	18
degradative; degraded	12
life	13
living	11
systems	74
organisms	17
bacteria	15
pathogens	10
mechanisms	33
physiological	16
plants	186
roots	56
leaves	80
chloroplast	27
stomatal	17
shoot	13
sink	11
seed	39
flowers	18
meristems	16
stems	12
apical	11
fruits	12
tree	13
animal	50
vertebrates	19
mammals	17
humans	12
fish	24
bird	13
insects	42
beetle	11
body	54
parts	17
elements	16
surface	38
muscles	68
lungs	16
skin	12
hearts	32
nerves	32
eyes	20
hairs	14
brain	10
structure	125
consists	18
composed; composition	2
associated	14
blocks	11
analog	17
similar	12
pores	11
tubes; tubular	18
artery; arterial	13
organs	38
tissues	54
layers	18
walls	62
cell; cellular	251
membranes	73
sieve	13
cytosol	12
vacuoles	10
receptors	19
store	24
accumulate; accumulation	10
contain	30
exceeds	15
provide	22
release	16
give	15
supply	15
transport	52
pathways	30
movements	28
flying	20
glider	12
flight	11
drive	12
diffusion	17
conductivity	18
transfer	12
transmission	14
coat	12
covers; covered	10
prevent	18
inhibit	21
maintain	11
defense	18
resistance	15
guard	10
steps	17
levels	13
sequences	11
single	14
primary	19
secondary	14
depends	22
requires	23
need	11
relative	27
importance	24
controls	35
sensitivity; sensors	38
detection	10
stress	13
stimulus; stimulates	25
active; actively; activation	33
acting; actions	11
activity	28
act; action	25
cause	17
induce	14
influence	12
affects; affecting	10
signal	32
impulses	13
information	10
synapse	10
regulate	60
limits	11
response	44
water	114
gases	15
air	24
oxygen	48
ethylene	17
co2	11
dioxide	11
nitrogen	10
circular; circulatory	14
pump	19
flows	28
valve	10
fluids	124
xylem	14
phloem	12
blood	57
hemoglobin	11
plasma	22

Figura 4.5 – Grupos de atributos biológicos relacionados

Quadro 4.3 – Lógica aplicada para o agrupamento de atributos

Lógica considerada para o agrupamento	Grupo de atributos
Atributos relativos à animais (e.g. vertebrados, peixes, insetos) e plantas, que são compostos por sistemas específicos (e.g. células, músculos, olhos, raízes, semente, frutas) e executam ações especializadas (e.g. síntese, movimento, armazenamento)	Especialização
Atributos relacionados à revestimentos e suas propriedades (e.g. cobertura, proteção, defesa, manutenção), característica identificada em todos os SBs na forma de membranas	Membranas
Atributos relacionados à sequência de ações ou reações realizadas por SBs (e.g. sequência, dependência, níveis)	Estágios
Atributos que remetem aos meios utilizados por SBs para controlar e regular suas funções e para atuar e interagir com o meio (e.g. sensibilidade, detecção, sinais, estímulos, ativação, regulação)	Controle
Atributos relacionados à fluidos, líquidos e gases, fundamentais para a manutenção da vida de SBs (e.g. água, oxigênio, sangue, floema) e ações sobre os mesmos (e.g. circulação, bombeamento)	Fluidos
Atributos morfológicos, como formas e arranjos (e.g. tamanho, massa, número), de composição (e.g. moléculas, nutrientes, componentes, concentração) e de energia (e.g. química, térmica, luminosa) que são recorrentes, ou seja, são padrões em SBs	Padrões
Atributos relacionados alterações ou mudanças de estado (e.g. expansão, substituição, desenvolvimento) de SBs, relacionadas à adaptação do mesmo ao meio	Adaptabilidade
Atributos que remetem à temporalidade dos SBs e suas ações (e.g. ciclos, frequência, periodicidade)	Tempo
Atributos que remetem à característica de ramificação e ação de divisão vastamente apresentada por SBs	Ramificação

É importante ressaltar a importância da participação de especialistas na definição dos conceitos, tendo em vista a necessidade de representatividade desses para o domínio de conhecimento. No caso da impossibilidade de participação de especialistas durante a atividade, deve-se proceder com a definição dos conceitos e, posteriormente, deve-se consultá-los para verificar a representatividade dos conceitos definidos. No Apêndice B é apresentada uma proposta de questionário para tal consulta a especialistas.

Como exemplo da aplicação das perguntas, no contexto do desenvolvimento dos Estimuladores Biológico e com a participação de uma especialista em ciências biológicas, tem-se o caso do grupo *especialização*:

- a. Qual a característica ou relação principal do grupo de atributos? *Especialização*;

- b. Por que a *especialização* é representativa para o domínio biológico? *As especializações são fundamentais para aumentar a aptidão dos SBs ao seu nicho ou meio de atuação e em relação aos demais sistemas;*
- c. Como a *especialização* é encontrada no domínio biológico? *A especialização ocorre em materiais, estruturas e funções.*

Considerando-se as respostas às perguntas de auxílio, uma sentença única pode ser estabelecida, correspondente ao conceito biológico. Para o caso do grupo *especialização*, foi gerado o conceito biológico *especialização*, cuja definição é: *Sistemas biológicos apresentam materiais, estruturas e funções altamente especializadas, de forma a aumentar sua aptidão em relação aos demais sistemas e ao meio.*

Realizando-se o mesmo procedimento para os demais grupos de atributos são definidos os conceitos biológicos, conforme apresentados no Quadro 4.4.

Em relação à representatividade dos conceitos biológicos definidos, no mínimo cinco especialistas os avaliaram positivamente, sendo que, para cada um dos nove conceitos, ao menos um especialista avaliou como ‘muito representativo’ (ver Quadro B.1, Apêndice B).

4.2.5 Relacionar os excertos aos conceitos

Com o objetivo de permitir a posterior identificação de conteúdos generalizados dedicados a cada um dos conceitos biológicos definidos, de forma a facilitar a utilização de informações no processo criativo de ideação de produtos, nessa atividade deve-se relacionar os excertos de informação resultantes da atividade 2 aos conceitos definidos na atividade 4.

A referida relação não é direta. Ou seja, mesmo os conceitos sendo formados a partir dos conjuntos de atributos que, por sua vez, foram identificados nos excertos, cada excerto apresenta potencialmente mais de um atributo e o contexto em que esses são apresentados no excerto pode diferir daquilo que é abrangido pelos conceitos definidos. Em outras palavras, mesmo que dado atributo tenha contribuído de forma isolada para a definição de dado conceito, o excerto em que foi identificado não necessariamente possui relação com tal conceito, podendo estar abrangido de forma mais apropriada por outro conceito.

Assim, de forma a favorecer o estabelecimento de relações apropriadas entre os excertos e os conceitos, as seguintes orientações são propostas:

- a. A relação entre os excertos e os conceitos deve ser tal que a definição destes deve abranger as informações explicitadas naqueles;

Quadro 4.4 – Conceito definido para cada grupo de atributos

Grupo de atributos	Definição do conceito
Especialização	Sistemas biológicos apresentam materiais, estruturas e funções altamente especializadas, de forma a aumentar sua aptidão em relação aos demais sistemas e ao meio
Membranas	O uso de membranas e revestimentos por sistemas biológicos permite uma separação física com o ambiente e podem servir como superfície hidrofóbica (repele água) e filtro de substâncias
Estágios	Na natureza a existência de estágios (hierarquias) é bastante difundida, permitindo o controle de processos e reações bioquímicas e a amplificação de sinais
Controle	Na natureza, para que o equilíbrio (vida) seja mantido, as condições do meio e os processos que mantêm os sistemas biológicos variam dentro de certos limites, sendo necessário um controle fino e flexível dos mesmos
Fluidos	Na natureza a utilização de fluidos é bastante difundida, sendo várias funções desempenhadas por fluidos (distribuição e transporte de substâncias, locomoção, enrijecimento estrutural)
Padrões	Sistemas biológicos apresentam alguns padrões de composição, estrutura e funcionamento em relação a processos bioquímicos e a configurações estruturais
Adaptabilidade	Sistemas biológicos são capazes de se adaptar, dentro de certos limites, a variações ambientais (e.g. temperatura, luminosidade, umidade). Tais adaptações podem ser de caráter estrutural (morfologia), funcional (fisiologia) ou comportamental
Tempo	Sistemas biológicos são temporais, com vida útil de algumas horas a décadas. Processos bioquímicos, funções e ritmos biológicos também variam com o tempo
Ramificação	Sistemas biológicos apresentam ramificações para formar estruturas complexas a partir de partes menores (subunidades) e mais simples, e para propagar material ou informação de forma mais rápida e eficiente

- b. Cada excerto deve ser relacionado a apenas um conceito, possibilitando a posterior identificação de conteúdos dedicados para cada conceito;
- c. A relação entre dado excerto e conceito não deve se basear apenas nos atributos mas, sim, no contexto das informações explicitadas.

No presente contexto, por meio da definição dos conceitos biológicos, os 1147 excertos de informação biológica foram relacionados aos nove conceitos biológicos definidos na atividade 4, conforme o exemplo apresentado na Figura 4.7.

Como se pode visualizar na Figura 4.7, o primeiro excerto se refere a dois mecanismos de auxílio à exalação, um elástico (passivo) e outro forçado (ativo). Ambos mecanismos se destinam uma ação específica, a exalação, e podem ocorrer de forma conjunta (e.g. caixa torácica do ser humano). Assim,

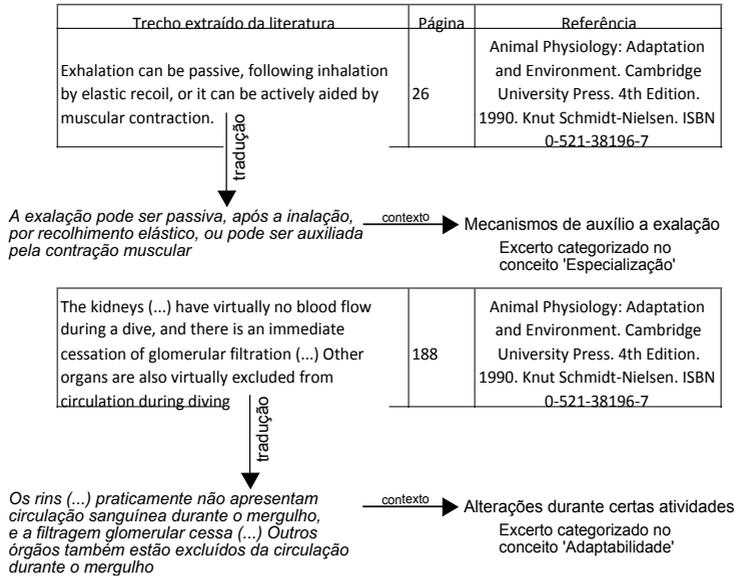


Figura 4.7 – Exemplo de relação entre excerto e conceito biológico

pela especificidade dos mecanismos, o excerto foi relacionado ao conceito 'Especialização'.

Já, o segundo excerto possui relação com alterações no SB em função de uma atividade, no caso o mergulho. Por serem adaptações do organismo a uma dada situação, esse excerto foi alocado no conceito 'Adaptabilidade'. O mesmo tipo de relação foi realizada para os demais excertos.

Ao final dessa atividade têm-se os excertos relacionados a cada conceito, disponibilizados no CD-ROM anexo à tese, sendo que cada conjunto de excertos servirá como base para a identificação de conteúdos generalizados para os EBs.

4.2.6 Identificar conteúdos generalizados

A presente atividade consiste na identificação das informações presentes nos excertos relacionados a cada conceito, para compor os conteúdos a serem agregados a esses na forma de princípios e características generalizadas.

Para a realização das generalizações pode-se recorrer à identificação de similaridades em um conjunto de informações, i.e. semelhanças entre atributos de diferentes sistemas ou em diferentes contextos, que apontam para

padrões no conjunto de informações na forma de características essenciais ou generalizadas.

Como ferramenta de auxílio propõe-se a utilização de uma matriz de auxílio à identificação de similaridades, baseada na ferramenta da casa da qualidade proposta por Akao (2004), apresentada na Figura 4.8.

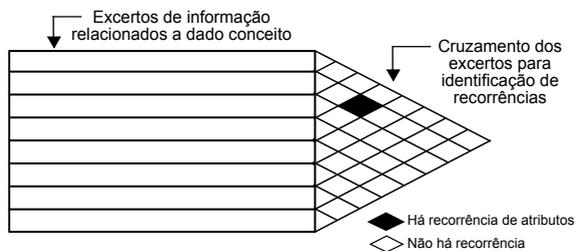


Figura 4.8 – Matriz de auxílio à identificação de similaridades

Fonte: adaptado de Hubka e Eder (1987)

Como se pode visualizar na Figura 4.8, os excertos de informação relacionados a dado conceito são alocados nas linhas da matriz. As informações dos excertos são então cruzadas uma a uma, de forma a identificar atributos similares (e.g. material, forma, função, comportamento).

Em sendo identificadas similaridades entre os excertos, uma sentença generalizada deve ser elaborada de forma a evidenciar o princípio (ação, comportamento) ou a característica (material, forma, propriedade) identificada. Como forma de auxílio à elaboração da sentença, sugere-se a utilização das seguintes perguntas:

- a. Qual(is) o(s) atributo(s) similar(es) identificado(s)?
- b. Qual a relação entre tal(is) atributo(s) e o conceito relacionado?

O conjunto das generalizações realizadas nessa atividade corresponde ao conteúdo relacionado a cada conceito e servirá como estímulo à criatividade e à ideação de novos produtos.

No presente contexto, de forma a exemplificar a realização de generalizações por meio do uso da matriz de auxílio apresentada, tem-se a Figura 4.9.

Como se pode visualizar na Figura 4.9, com o intuito de identificar conteúdos para o conceito ‘Membranas’, três excertos relacionados a esse conceito foram alocados na matriz. Por meio do cruzamento entre os mesmos, identifica-se similaridade da função de isolamento ou proteção (barreira) e da característica da presença de membranas (paredes celulares) nos SBs.

Por meio do uso das perguntas de auxílio à elaboração da sentença, têm-se:

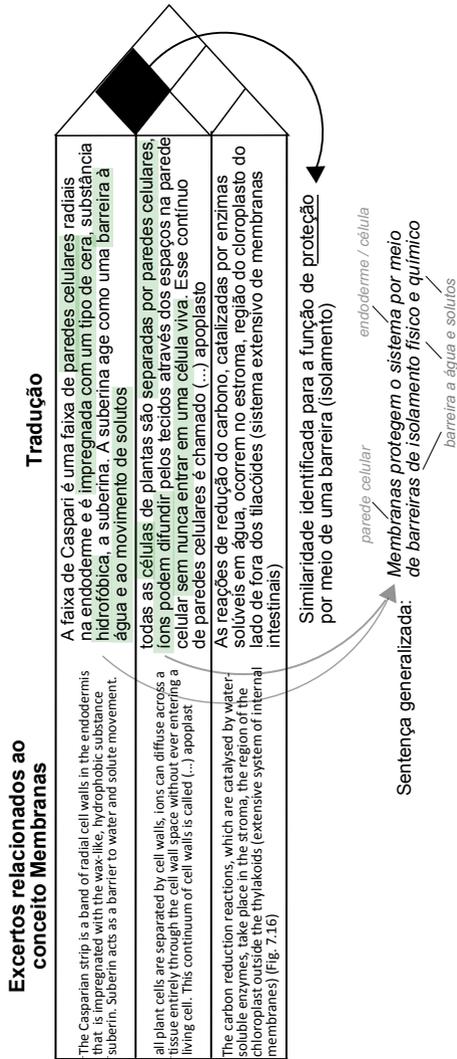


Figura 4.9 – Exemplo de generalização realizada por meio do uso da matriz de identificação de similaridades

- a. Quais os atributos similares identificados? *Membranas (paredes celulares) e proteção (barreira e isolamento)*

- b. Como tais atributos estão relacionados ao conceito ‘Membranas’? *As membranas são barreiras de proteção e isolamento físico e químico*

Assim, a seguinte sentença foi elaborada para evidenciar o princípio abstraído: *Membranas protegem o sistema por meio de barreiras de isolamento físico e químico.*

O conjunto de conteúdos generalizados dos excertos relacionados ao conceito ‘Membranas’ foi:

- a. Podem ser compostas por substâncias hidrofóbicas (i.e. repele água, e.g. ceras) ou hidrofílicas (i.e. retém água), refratárias a agentes (e.g. ácidos) e com resistência mecânica (e.g. carbonato de cálcio);
- b. São filmes finos (i.e. apresentam alta relação entre superfície e espessura) e podem apresentar invaginações (i.e. superfície dobrada para a parte interna);
- c. Apresentam estrutura externa composta por várias camadas e revestida por substâncias com propriedades físico-químicas, como resistência mecânica, polaridade, voltagem e impermeabilidade;
- d. Podem apresentar rugosidades formadas pela cristalização de ceras, formando padrões superficiais na forma de tubos, placas e aletas, que contribuem com a característica hidrofóbica;
- e. Protegem o sistema por meio de barreiras de isolamento físico e químico;
- f. Podem perder a resistência pela ação de substâncias (e.g. enzimas);
- g. Filtram substâncias por meio de pressão contra membrana permeável, que age como seletora dimensional;
- h. Obtêm energia por meio de reações químicas.

Por meio da realização do processo descrito anteriormente, não somente para o conceito ‘Membranas’, mas para os demais conceitos, um conjunto de conteúdos biológicos generalizados, disponíveis no CD-ROM anexo à tese, foi identificado para o desenvolvimento dos EBs.

4.2.7 Identificar ilustrações

Após a generalização de conteúdos, a presente atividade se destina a identificação de ilustrações para compor os estimuladores, de forma a exemplificar os conceitos e conteúdos, facilitando sua assimilação e entendimento.

Aqui, propõe-se que as informações relacionadas a cada conceito, i.e. os grupos de excertos resultantes da atividade 5, sejam utilizadas como fonte

para a identificação de sistemas representativos do conceito e de princípios associados. Nesse sentido, por meio da inspeção dos excertos, considera-se que quanto maior o número de citações sobre dado sistema, maior sua representatividade para o conceito.

Tendo em vista que os estimuladores poderão ser utilizados por indivíduos pouco familiarizados com o domínio biológico, as imagens a serem identificadas para cada sistema devem ser preferencialmente de fácil reconhecimento (i.e. imagens conhecidas) comumente encontradas em livros e recursos didáticos do ensino básico. Essa recomendação está relacionada ao fato de que o reconhecimento de objetos baseado em imagens ocorre de forma mais eficiente caso o indivíduo já tenha sido exposto à informação prévia (WARE, 2004), no caso, imagens comumente utilizadas. Por esse motivo, recomenda-se a utilização de literaturas biológicas básicas e bases abertas e de acesso irrestrito de informação (e.g. internet) para a identificação de ilustrações dos sistemas representativos identificados nos excertos.

No presente contexto, de forma a exemplificar a identificação de imagens para o conceito 'Membranas', é apresentada a Figura 4.10.

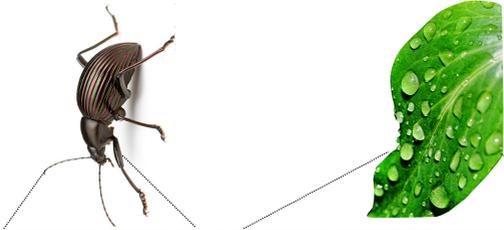
Como se pode visualizar na Figura 4.10, dois excertos se referem ao revestimento em insetos (cutícula rígida coberta por camadas de cera que conferem impermeabilidade a água e a gases). Sendo assim, o SB selecionado para ser representado foi um *inseto*. Por meio do uso da palavra-chave *inseto*, foi identificada a imagem de um besouro pela facilidade de entendimento e reconhecimento.

Ainda, quatro outros excertos remetem a membranas que revestem plantas, tendo a função principal de evitar a perda de água. Um desses excertos inclusive cita o 'Efeito Lótus'. Logo, a outra imagem identificada para representar o conceito é uma folha coberta por gotículas de água, de forma a ilustrar as propriedades hidrofóbicas da membrana.

Além das imagens de estímulo, complementares aos conteúdos, propõe-se a identificação de pictogramas ou ícones relacionados a cada um dos conceitos definidos (atividade 4). Os ícones, conforme Ware (2004), favorecem a memorização e rememoração de um conjunto de informações, por estarem associados à agilidade cognitiva humana no reconhecimento de imagens. Assim, os ícones visam auxiliar os usuários na rememoração dos conceitos e informações a eles vinculados.

Da mesma forma como para as imagens de sistemas, os ícones devem ser simples, de fácil identificação e entendimento. Assim, recomenda-se a busca por ícones em bases abertas e de acesso irrestrito (e.g. internet), por meio das palavras-chave que remetam aos nomes dados aos grupos de atributos (atividade 4).

Imagens selecionadas



Excerto	Tradução	Página	Referência
Insects, the most successful terrestrial animals, have a hard cuticle, which is highly impermeable to gases and whose covering wax layer makes it virtually impermeable to water as well. The insect cuticle is a highly complex organ, which consists of several layers. The hard chitin itself is not particularly impermeable to water; the resistance to evaporation resides in a thin covering layer of wax.	<i>Insetos, os animais terrestres mais bem sucedidos, possuem uma cutícula rígida, que é altamente impermeável a gases e cuja camada de revestimento de cera o torna virtualmente impermeável também a água. A cutícula de insetos é um órgão altamente complexo, composta por várias camadas. A quitina por si só não é impermeável à água; a resistência à evaporação reside em uma camada de revestimento de cera</i>	50	Animal Physiology. Adaptation and Environment. Cambridge University Press. 4th Edition. 1990. Knut Schmidt-Nielsen. ISBN 0-521-38196-7
Plant (...) All cells are enclosed in a membrane that serves as their outer boundary, separating the cytoplasm from the external environment (...) transport proteins (...) are responsible for this selective traffic of solutes across the membrane. More mature regions of the root often have an outer layer of protective tissue, called an exodermis or hypodermis, which contains hydrophobic materials in its walls and is relatively impermeable to water.	<i>Plantas (...) todas as células são rodeadas por uma membrana que serve como barreira externa, separando o citoplasma do ambiente externo (...) transporte de proteínas (...) são responsáveis por esse tráfego seletivo de solutos através da membrana As regiões mais antigas da raiz frequentemente possuem uma camada externa de tecido protetivo, chamado exoderme ou hipoderme, que contém materiais hidrofóbicos em suas paredes e são relativamente impermeáveis à água</i>	6	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006. ISBN 978-0-87893-856-8
All plant parts exposed to the atmosphere are coated with layers of lipid material that reduce water loss and help block the entry of pathogenic fungi and bacteria. The principal types of coating are cutin, suberin, and waxes	<i>Todas as partes de plantas expostas à atmosfera são revestidas por camadas de material lipídico que reduz a perda de água e auxilia no bloqueio da entrada de fungos e bactérias patogênicas. Os principais tipos de revestimento são a quitina, a suberina e ceras</i>	56	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006. ISBN 978-0-87893-856-8
The top coating of cuticle wax often crystallizes in an intricate pattern of rods, tubes, or plates (...) enhance water repellency by increasing the roughness of the wax surface (...) "lotus effect" (Fig. 13.3)	<i>A última camada de cutícula de cera frequentemente cristaliza em padrões intrincados de alares, tubos e placas (...) favorecem a repulsão de água pelo aumento da rugosidade da superfície de cera (...) "Efeito Lotus"</i>	316	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006. ISBN 978-0-87893-856-8
		317	Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. 4th Edition. 2006. ISBN 978-0-87893-856-8

Figura 4.10 – Imagens identificadas para o conceito ‘Membranas’

No presente contexto, os ícones identificados para cada conceito biológico são apresentados no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Ícones identificados para a cada conceito biológico

		
Especialização	Membranas	Estágios
		
Controle	Fluidos	Padrões
		
Adaptabilidade	Tempo	Ramificação

Após a identificação das imagens e ícones para cada conceito, de forma a agregá-las aos conteúdos generalizados resultantes da atividade 6, parte-se para a proposição de configurações alternativas de estimuladores.

4.2.8 Propor configurações alternativas de estimuladores

A proposição de configurações alternativas de estimuladores consiste em agregar as informações resultantes das atividades precedentes, como o conceito, os conteúdos generalizados e as imagens identificadas, em um único meio (e.g. cartão), nomeado estimulador. Essa atividade tem por objetivo simplificar a apresentação e facilitar o uso das informações biológicas durante sessões de criatividade para a ideação de novos produtos.

Nessa atividade, para a proposição de configurações alternativas de estimuladores, algumas regras e boas práticas para a representação de informações devem ser consideradas e utilizadas. No que concerne a organização das informações em representações gráficas, são três as macro variáveis visuais a serem consideradas (QUINTAO; TRISKA, 2013), sendo elas:

- a. Diferenciação: distinção de tipo (e.g. cor, ilustrações, largura da coluna, fonte tipográfica);
- b. Hierarquia: distinção de importância (e.g. posição cronológica - sequencial, posição na página, tamanho da fonte, espaçamento das linhas);
- c. Apoio: elementos visuais de apoio para acentuar e organizar informações (e.g. áreas de cores e sombras, linhas e blocos, símbolos, logos, ilustrações e atributos do texto).

Aliadas às variáveis de organização há quatro aspectos principais relacionados ao conteúdo das informações a serem apresentadas nas representações (REDIG, 2004; QUINTAO; TRISKA, 2013), sendo eles:

1. Analogia em relação ao conteúdo: alinhamento entre a informação textual e ilustrada;
2. Clareza na expressão da informação: linguagem adequada ao público alvo;
3. Concisão: excluir palavras supérfluas ou dispensáveis;
4. Ênfase: destacar itens importantes.

De forma a sintetizar as considerações relativas à organização e ao conteúdo das informações de representações gráficas, têm-se os quatro princípios para a elaboração de representações gráficas (MULLET; SANO, 2006), sendo eles:

1. Agrupamento: o agrupamento de informações similares e/ou relacionadas auxilia o usuário na identificação e seleção do foco de atenção. O agrupamento pode ser realizado por proximidade, semelhança tipográfica, definição de fronteira espacial, por alteração das cores, entre outras. Princípio relacionado à variável visual *Diferenciação*;
2. Hierarquia: após o agrupamento as informações devem ser priorizadas conforme o grau de atenção requerida e/ou a ordem de visualização e interpretação desejada. A hierarquização pode ser dada pela escala, orientação espacial ou por alteração de cores de fundo. Princípio relacionado à variável visual *Hierarquização* e ao aspecto *Ênfase* das informações;
3. Relação entre informações: apoia e reforça o agrupamento e a hierarquização. O relacionamento de informações pode se apoiar nas demais formas de organização, sendo os recursos de similaridade de forma, alinhamento e valor os predominantes. Quando as informações estão separadas espacialmente por fronteiras, os recursos de apoio são de menor necessidade. Princípio relacionado à variável visual *Apoio* e ao aspecto *Analogia em relação ao conteúdo* das informações;

4. Equilíbrio: o equilíbrio é atingido quando a quantidade de informações textuais ou ilustradas é disposta de forma igualitária no espaço disponível, ou seja, não há um sobrecarregamento de informação, nem a dominância de espaços sem preenchimento. Princípio relacionado aos aspectos *Clareza na expressão* e *Concisão* das informações.

No que tange o tipo de informação a ser apresentada em uma representação gráfica, imagens são cognitivamente mais adequadas para representação espacial de estruturas, localização e detalhamento. Já, palavras apresentam maior adequação para condições lógicas, atividades procedurais e conceitos verbais abstratos (WARE, 2004).

Assim, por meio das variáveis, dos aspectos e dos princípios apresentados sobre representações gráficas, o conceito definido, os conteúdos generalizados e as imagens identificadas, resultantes das atividades precedentes, devem ser organizadas e dispostas em configurações alternativas de cartões de estímulo.

No contexto dos estimuladores biológicos, baseando-se nos princípios de representações gráficas apresentados, duas configurações de cartão foram elaboradas para cada um dos nove conceitos biológicos, disponibilizadas no CD-ROM anexo à tese.

Considerando-se que as informações a serem disponibilizadas são de dois tipos, ou seja, imagens de SBs que exemplificam os conceitos biológicos e informações textuais relativas aos conteúdos generalizados, tais foram agrupadas sendo gerados cartões contendo apenas informações textuais e cartões com destaque para imagens contextualizadas por breves textos. Para o EB 'Membranas' as duas configurações de cartões elaboradas podem ser visualizados nas Figuras 4.11 e 4.12.

Essas duas primeiras versões de estimuladores foram elaboradas e testadas quanto à influência do tipo de estímulo utilizado durante a sessão de ideação (i.e. estímulo visual ou escrito), cujos resultados são apresentados na Seção 4.2.9.

Como se pode estimar, por não haver uma regra ou padrão definido para a elaboração dos estimuladores, há margem para que diversos modelos e configurações alternativas de cartões de estímulo sejam elaboradas. Assim, a realização dessa avaliações preliminares na forma de experimentações com os estimuladores resultantes dessa atividade é recomendada, possibilitando a identificação de melhorias, sendo essa a próxima atividade proposta (atividade 9).

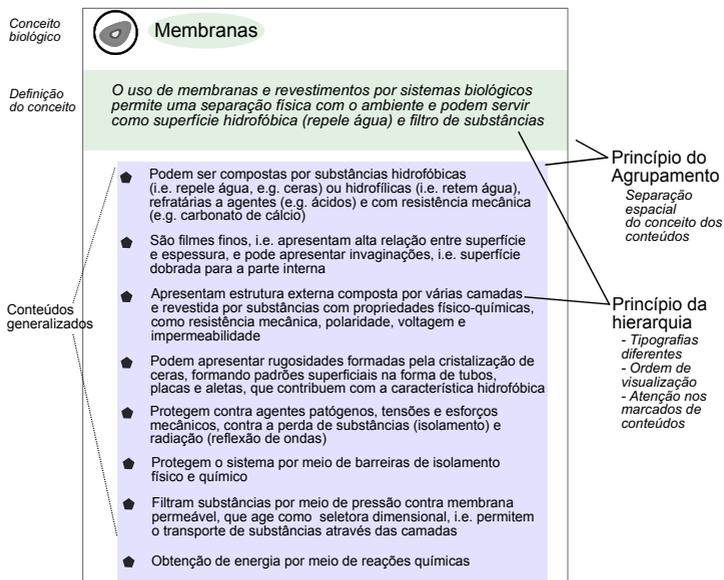


Figura 4.11 – Cartão do EB ‘Membranas’ conteúdo apenas textos

4.2.9 Testar alternativas de estimuladores

A presente atividade consiste na avaliação preliminar das configurações alternativas de estimuladores geradas na atividade 8, por meio da realização de experimentações e de testes de hipóteses, para compará-las entre si e em relação à métodos tradicionais de estímulo à criatividade (e.g. *brainstorming*, *brainwriting*). Busca-se evidências relacionadas à adequação dos estimuladores ao processo criativo (sessões de ideação) e evidências para a implementação de melhorias a fim de se formalizar uma versão final de estimuladores relacionados a dado domínio de conhecimento.

No que tange as hipóteses, tais devem possuir relação com o objetivo de desenvolvimento dos estimuladores e, por consequência, com as variáveis a serem avaliadas no experimento. Essas variáveis são de dois tipos: (i) as independentes, que influem nos resultados (e.g. alternativa de estimulador); (ii) as dependentes, que dependem das variáveis independentes (e.g. número de ideias geradas com o auxílio de dada alternativa de estimulador).

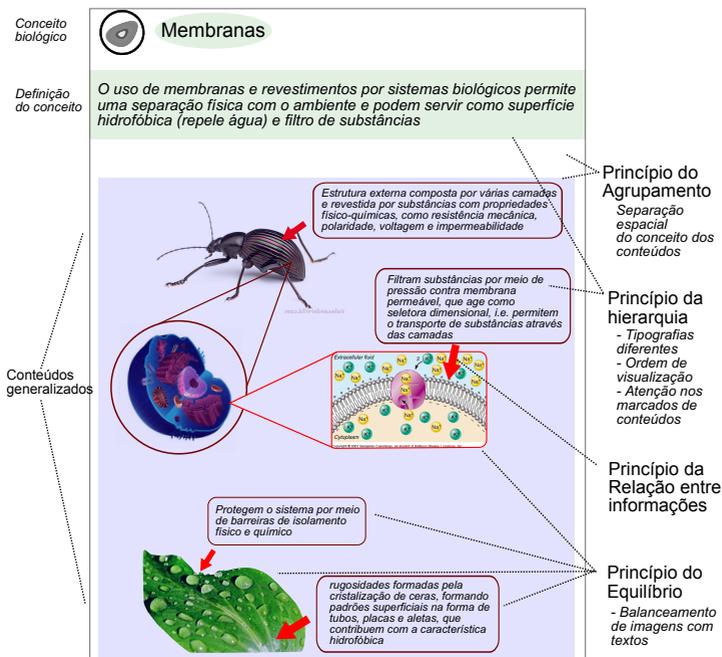


Figura 4.12 – Cartão do EB ‘Membranas’ com destaque para as imagens

Dessa forma, assim como sugerido por Creswell (2009), a hipótese quantitativa nula pode ser formulada como: “*Não há diferença entre ... (os grupos controle e experimental na variável independente) sobre a(o) ... (variável dependente).*”

As variáveis dependentes, ou métricas de avaliação, sugeridas para o experimento (CARVALHO, 2008; NELSON et al., 2009; SARKAR; CHAKRABARTI, 2011; SHAH et al., 2003; YILMAZ; SEIFERT, 2011) são:

- Quantidade: mensurada pelo número total de ideias (e.g. não há diferença significativa entre os *estimuladores x* e os *estimuladores y*, ou em relação aos métodos de criatividade tradicionais, sobre o número total de ideias geradas pelos grupos);
- Utilidade: mensurada pelo número de funções que a ideia contempla (e.g. o uso dos *estimuladores x* durante sessões de ideação não contribui para a geração de ideias mais úteis comparativamente ao uso dos *estimuladores y* ou aos métodos de criatividade tradicionais);

- c. **Novidade:** mensurada pelo número de atributos novos (inéditos) que a ideia apresenta, i.e. quanto mais características novas, maior a novidade (e.g. o uso dos *estimuladores x* durante sessões de ideação não contribui para a geração de ideias novas comparativamente ao uso dos *estimuladores y* ou aos métodos de criatividade tradicionais).

Outras variáveis dependentes, além das sugeridas, podem ser estabelecidas conforme a necessidade e o escopo de avaliação.

Visto que o teste de hipóteses envolve a presença de um grupo controle e dos grupos experimentais, que podem gerar um conjunto de ideias normalizadas ou não, com variâncias iguais ou não, o Quadro 4.6 apresenta uma síntese das possíveis configurações a serem utilizadas para a avaliação das alternativas de estimuladores e uma ordem de aplicação dos testes estatísticos (CRESWELL, 2009; MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Quadro 4.6 – Critérios para escolha e ordem de aplicação dos testes estatísticos

Fonte: adaptado de Creswell (2009)

Variáveis independentes	Variáveis dependentes	Distribuição*	Teste estatístico
1	1	Normal ($p < \alpha$)	Teste t
1 ou mais			Análise de variância (ANOVA)
1 ou mais			Análise de covariância
1	1	Não normal ($p > \alpha$)	Teste U de Mann-Whitney
1	1 ou mais	Não normal ($p > \alpha$)	Correlação de Spearman

Legenda:

*Realização do teste de Anderson-Darling para verificação da normalidade da amostra
 p: p-valor, estatística de teste ou nível descritivo α : nível de significância

Como se pode visualizar no Quadro 4.6, dependendo do número de variáveis independentes (e.g. número de alternativas de estimuladores), realiza-se o teste de normalidade (Teste de Anderson-Darling) das ideias geradas pelos grupos e, em função do tipo de distribuição, seleciona-se o teste estatístico adequado.

No que concerne ao nível de significância (α), que corresponde à confiabilidade dos resultados dos testes, sugere-se que seja utilizado o valor de 90% (i.e. $\alpha = 0,1$) para avaliação dos resultados dos testes estatísticos (CASAKIN; GOLDSCHMIDT, 1999).

Além do contexto de aplicação quantitativo, durante toda a sessão de ideação sugere-se que os participantes sejam observados sem a interferência do pesquisador proponente dos estimuladores. Essa observação visa favorecer o maior entendimento sobre a prática (CRESWELL, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2011), i.e. sobre o uso dos estimuladores durante o processo de ideação, contribuindo para a identificação de melhorias.

Após as sessões de experimentação, de forma a obter a opinião dos participantes quanto a adequação e auxílio dos estimuladores ao processo criativo, propõe-se a realização de entrevistas, possibilitando que os participantes expressem suas percepções sobre a proposta aplicada.

No presente contexto do desenvolvimento, de forma a verificar a adequação dos EBs ao processo criativo durante sessões de ideação de novos produtos, foram realizadas aplicações práticas das configurações alternativas de cartões em sessões de ideação para projetos hipotéticos. Nos experimentos realizados tais configurações foram comparadas entre si e em relação ao método do *brainstorming* sem a presença de estímulos externos (método tradicional de criatividade).

Dessa forma, como variáveis independentes foram consideradas as duas alternativas de cartões de estimuladores, resultantes da atividade 8, além do método tradicional de *brainstorming*. Como variáveis dependentes, assim como sugeridas e utilizadas por Carvalho (2008), Nelson et al. (2009), Sarkar e Chakrabarti (2011), Shah et al. (2003), Yilmaz e Seifert (2011), foram consideradas:

- a. Quantidade: mensurada pelo número de ideias geradas;
- b. Utilidade: mensurada pelo número de funções que a ideia contempla (i.e. quanto maior o número de funções realizadas, maior a utilidade);
- c. Novidade: mensurada pelo número de atributos novos (inéditos) que a ideia apresenta (i.e. quanto mais características novas, maior a novidade);

Os participantes da avaliação foram estudantes da quarta fase do curso de graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, alunos da disciplina de Metodologia de Projeto. Os estudantes foram agrupados aleatoriamente em trios, totalizando 16 grupos. De forma a ilustrar a organização dos experimentos tem-se o Quadro 4.7.

Dois situações de avaliação foram realizadas. Na primeira (Experimento 'A'), metade dos grupos realizou uma sessão de BS sem qualquer auxílio ou estímulo externo. A outra metade realizou o BS com o auxílio dos EBs que continham, além de informações textuais, imagens. As hipóteses nulas para esse primeiro experimento foram:

- *A utilização dos EBs durante sessões de ideação não favorece a geração de mais ideias;*
- *A utilização dos EBs durante sessões de ideação não favorece geração de ideias mais úteis;*
- *A utilização dos EBs durante sessões de ideação não favorece geração de mais ideias novas.*

Quadro 4.7 – Organização dos experimentos

		Método de criatividade	Experimento A		Experimento B	
Problema 1	BS		Grupos 1 a 8	–	–	–
	BS + EBs fig + EBs texto		–	Grupos 9 a 16	–	–
Problema 2	BS + EBs texto		–	–	Grupos 1 a 8	–
	BS + EBs fig		–	–	–	Grupos 9 a 16
Legenda						
BS – <i>brainstorming</i>			EBs – Estimuladores biológicos			
EBs fig – EBs com ilustrações			EBs texto – EBs sem ilustrações			

O problema de projeto para o Experimento ‘A’ (Problema 1) foi a seguinte: *As enchentes em SC são frequentes devido à proximidade das cidades aos rios. A cada ano milhares de famílias perdem seus pertences (e.g. móveis, eletrodomésticos, roupas) devido ao rápido aumento no volume d’água, que toma conta de ruas e bairros inteiros. Levando em conta essas informações, gere ideias para que as famílias possam proteger de forma rápida e efetiva seus pertences da água (inundação/ enchente).*

Na segunda situação de avaliação (Experimento ‘B’) ambos os grupos realizaram o BS auxiliado pelos EBs. Nesse caso, a diferença entre os EBs fornecidos se deu pela presença ou ausência de imagens. As hipóteses nulas para esse segundo experimento são:

- *Os EBs que apresentam estímulos visuais não favorecem a geração de mais ideias;*
- *Os EBs que apresentam estímulos visuais não favorecem a geração de ideias mais úteis;*
- *Os EBs que apresentam estímulos visuais não favorecem a geração de mais ideias novas.*

O problema de projeto para o Experimento ‘B’ (Problema 2) foi a seguinte: *Segundo dados do IBGE (2011) a população de idosos (pessoas com mais de 60 anos) no Brasil soma mais de 23,5 milhões. Sabendo que muitos idosos são dependentes de medicamentos para as mais diversas finalidades (e.g. diabetes, hipertensão, problemas cardíacos) e que muitos apresentam dificuldade com a memória e a visão, há um risco associado ao mau uso dos medicamentos (e.g. superdosagem, infra dosagem, troca de medicamentos, esquecimento da ingestão). Como equipe de projeto, seu objetivo é idealizar um produto que auxilie os idosos a tomar o remédio certo, na hora certa e na quantidade prescrita.*

Para evitar possíveis tendências nos resultados do experimento, os grupos que utilizaram os EBs com imagens no Experimento 'A' (i.e. grupos 9 a 16) também os utilizaram no 'B'. Já, os grupos que não tiveram estímulos no Experimento 'A' foram estimulados por EBs textuais no 'B'. Sendo assim, mitigou-se a influência de um experimento no subsequente.

As atividades realizadas em cada experimento se deu conforme apresentado no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Atividades dos experimentos

	Atividade	Tempo	Instrumento de apoio
1	Apresentação dos problemas de projeto	5min	Regras do BS e contextualização dos problemas de projeto (<i>datashow</i>)
2	Separação dos grupos	5min	Geração aleatória dos grupos, distribuição dos formulários para o registro das ideias e encaminhamento dos grupos a salas diferentes. Atividade realizada com o apoio de um estudante de iniciação científica
3	Apresentação dos EBs	5min	Apresentação dos EBs e distribuição dos cartões para os devidos grupos
4	Sessão de ideação	45min	Geração livre de ideias

Como se pode visualizar no Quadro 4.8, os problemas de projeto, assim como as regras do BS, foram apresentados no início de cada experimento para todos os participantes. Com isso, os grupos foram formados por meio de um gerador de números aleatórios e a cada um foi entregue um formulário para o registro de ideias. Como orientação para o preenchimento do formulário solicitou-se aos grupos que as ideias fossem descritas textualmente e graficamente (e.g. esboços, esquema, ilustração), e que as funções e atributos presentes nas ideias fossem discriminadas nos espaços especificados (Figura 4.13).

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
EMC 5302 - Metodologia de Projetos
Prática de criatividade - A

6
nedip

7 de Outubro de 2013

Equipe: _____ / _____ / _____

Problema 1

As enchentes em SC são frequentes devido à proximidade das cidades aos rios. A cada ano milhares de famílias perdem seus pertences (e.g. móveis, eletrodomésticos, roupas) devido ao rápido aumento no volume d'água, que toma conta de ruas e bairros inteiros (Figura 1 a,b).



Figura 1 – Enchentes em SC – a) bairro inundado; b) perda total dos móveis e eletrodomésticos de uma casa atingida

Lavando em conta essas informações, gere ideias para que as famílias possam proteger de forma rápida e efetiva seus pertences da água (inundação/enchente).

Ideia	Descrição e representação da ideia	Características da ideia	
		Funções	Atributos
1	<p>Dispositivo de inflação instantânea para ocupar as áreas e elevá-las.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Joga com o ar inflado. - Cria barreiras com a água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inflável. - Disponível para inflar em pouco tempo.
2	<p>Casa com piso flutuante</p> <p>Esboço da ideia</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cria barreiras de água com as estruturas flutuantes e com o piso de casa. 	<ul style="list-style-type: none"> - É construído com material flutuante. - Não precisa de energia e nem de estrutura de apoio.
3	<p>Casa com paredes impermeabilizadas a curto prazo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Usando uma impermeabilizante para a casa, cordões de água. - Usando um impermeabilizante para o ambiente de armazenamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser feita em pouco tempo, com materiais comuns, com facilidade. - Pode ser feita com materiais de construção comuns.

Figura 4.13 – Formulário para o registro de ideias

De forma a evitar trocas de informação entre os grupos, esses foram alocados em salas distintas, conforme o método de criatividade utilizado. Após essa separação, os nove EBs foram projetados em um quadro branco e foram apresentados brevemente apenas para os grupos que os utilizariam.

A referida apresentação consistiu na identificação dos campos de informações (i.e. indicação dos ícones, leitura dos conceitos, e indicação da localização dos conteúdos generalizados) presentes em cada EB. Como orientações para o uso dos mesmos, recomendou-se a leitura completa por todos os membros da equipe e a permanência visível dos cartões sobre a mesa de trabalho. Após, foram distribuídos os cartões para cada um dos grupos e, então, iniciou-se a sessão de 45min para a geração de ideias.

O mesmo procedimento descrito foi realizado para os dois experimentos, exceto a formação dos grupos, que permaneceu a mesma. De forma a ilustrar a apresentação de uma das situações de projeto propostas para o experimento e uma das sessões de ideação realizadas, tem-se a Figura 4.14.

Como se pode visualizar na Figura 4. 14(a), as situações de projeto foram apresentadas a todos os participantes do experimento. Já, na Figura



(a) Ilustração da apresentação da situação de projeto aos graduandos



(b) Ilustração da sessão de ideação com os grupos

Figura 4.14 – Ilustração de um dos experimentos realizados

4. 14(b) é apresentada uma das sessões de ideação realizadas, onde os grupos aplicaram o *brainstorming* auxiliado pelos EBs para a proposição de ideias.

A avaliação das ideias, realizada com a colaboração de um pesquisador doutor na área de desenvolvimento de produtos, consistiu na inspeção e leitura das mesmas, de forma a identificar e contabilizar:

1. o número total de ideias geradas;
2. o número de funções não repetidas abrangidas;
3. o número de atributos novos, não identificados em outras ideias.

Nessa avaliação foram consideradas apenas as informações explicitadas textualmente pelos grupos, conforme o exemplo ilustrado na Figura 4.15.

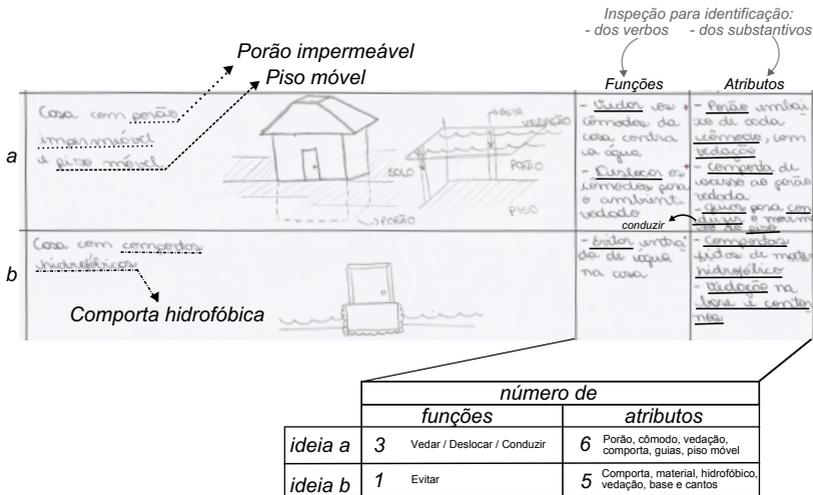


Figura 4.15 – Exemplo de avaliação de ideias geradas na sessão de ideação

Como se pode visualizar na Figura 4.15, as duas ideias apresentadas foram descritas textualmente e ilustradas com esboços para melhor entendimento. Nos campos à direita, a equipe explicitou as principais funções abrangidas pela ideia, i.e. sua utilidade, e os principais atributos que a caracterizam. Por meio da leitura dessas informações foi possível contabilizar três funções para a ideia ‘a’ e apenas uma para a ideia ‘b’. No que tange os atributos, seis foram contabilizados para a primeira e cinco para a segunda. Conforme a experiência prévia dos avaliadores, não foi identificada ideia semelhante à proposta relacionada à pisos móveis para serem erguidos durante enchentes. Assim, o atributo *piso móvel* foi contabilizado como sendo um atributo novo.

Os dados obtidos para os dois experimento realizados podem ser visualizados na Tabela 4.2.

Assim como sugerido previamente, o nível de significância utilizado para as análises estatísticas foi de 10% ($\alpha=0,1$).

Por meio da aplicação do teste de Anderson-Darling para as amostras obtidas no experimento ‘A’, identificou-se que a distribuição das ideias geradas contabilizadas conforme as métricas de *Quantidade* ($p=0,03$ para as equipes 9 a 16) e *Utilidade* ($p=0,03$ para as equipes 1 a 8) não apresentou normalidade. Dessa forma, conforme o Quadro 4.6, dentre os testes estatísticos aderentes ao experimento realizado (testes de hipótese), foram selecionados o Teste U de Mann-Whitney para tais métricas com distribuição não normal e a Análise de Variância (ANOVA) para a métrica *Novidade*.

Tabela 4.2 – Dados obtidos nos Experimentos ‘A’ e ‘B’

Métrica	Grupos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Quantidade	9	12	10	11	7	7	8	9	9	11	12	11	11	11	8	8
	8	12	10	14	10	11	9	6	10	9	12	9	9	10	8	9
Utilidade	6	12	6	7	5	5	6	8	13	11	11	12	16	9	12	10
	17	13	14	11	9	25	13	10	12	6	8	8	17	8	5	8
Novidade	3	4	2	2	2	3	0	0	3	2	1	2	2	4	2	3
	13	19	16	23	8	20	5	15	18	7	15	17	13	17	9	17
Legenda	Células destacadas em cinza correspondem a dados do Experimento ‘B’															

No que tange o experimento ‘B’, apenas a distribuição das ideias geradas contabilizadas conforme à métrica *Utilidade* não apresentou normalidade ($p=0,03$ para as equipes 9 a 16). Assim, para essa métrica foi aplicado o Teste U de Mann-Whitney e para as demais métricas foi realizada a Análise de Variância (ANOVA).

Os resultados da análise estatística realizada podem ser visualizados nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 – Resultados obtidos no Experimento ‘A’

Métrica	Teste estatístico	p-valor	Análise do resultado
Quantidade	Teste U de Mann-Whitney	0,14	Não foi identificada influência significativa no uso dos EBs com e sem ilustrações sobre o número total de ideias geradas
Utilidade	Teste U de Mann-Whitney	0,00	Pelo Teste U de Mann-Whitney a utilização dos EBs aumenta significativamente a utilidade das ideias geradas. Ou seja, as ideias geradas abrangem um maior número de funções
Novidade	ANOVA	0,27	Não foi identificada influência significativa no uso dos EBs com e sem ilustrações sobre o número de atributos novos presentes nas ideias geradas

No contexto do experimento ‘A’ (Tabela 4.3) pôde-se identificar que o uso dos EBs favorece significativamente a geração de ideias mais úteis ($p=0,00 < 0,1$), i.e. as ideias geradas com o auxílio dos EBs com e sem ilustrações apresentam um maior número de funções abrangidas em relação as ideias geradas em sessões de BS tradicional, sem estímulos externos.

Já, para as demais métricas utilizadas não foi constatada diferença estatística significativa entre os grupos. Contudo, apesar de não significativos, no contexto do experimento ‘A’ identifica-se que o uso dos EB tende a favorecer a geração de mais ideias (estatística de teste próxima ao limite de significância).

Tabela 4.4 – Resultados obtidos no Experimento ‘B’

Métrica	Teste estatístico	p-valor	Análise do resultado
Quantidade	ANOVA	0,08	Pela Análise de Variância há diferença significativa entre os EBs com e sem ilustrações sobre o número total de ideias geradas. O uso de EBs contendo apenas textos favorece a geração de um maior número de ideias
Utilidade	Teste U de Mann-Whitney	0,99	Não foi identificada diferença significativa entre os EBs com e sem ilustrações sobre o número de funções abrangidas pelas ideias geradas
Novidade	ANOVA	0,33	Não foi identificada diferença significativa entre os EBs com e sem ilustrações sobre o número de atributos novos presentes nas ideias geradas

No contexto do experimento ‘B’ (Tabela 4.4) constatou-se por meio das Análises de Variância (ANOVA) que o uso dos EBs apenas com textos favoreceu significativamente o aumento no *número de ideias* ($p=0,08 < 0,1$) geradas em sessões de BS. Dessa forma, tem-se um indicativo de que informações textuais, no contexto apresentado, tendem a ser mais adequadas como estímulo à ideação comparativamente ao uso de imagens.

Para as métricas *Utilidade* e *Novidade* não foi constatada diferença estatística significativa ($p=0,99 > 0,1$ e $p=0,33 > 0,1$, respectivamente) entre os grupos. Ou seja, entre as ideias geradas com o auxílio de EBs com ilustrações e aqueles com apenas textos.

Considerando-se o contexto dos experimentos realizados, os resultados estatísticos do experimento ‘A’ permitem concluir que, no que concerne a utilidade das ideias geradas, o uso dos EBs promove um aporte criativo significativo no processo de ideação, favorecendo a geração de ideias com um maior número de funções abrangidas. Já, os resultados do experimento ‘B’ foram contrários à revisão de literatura que indica a maior contribuição e efetividade de estímulos visuais ao processo criativo. Dessa forma, têm-se evidências estatísticas para o desenvolvimento de uma nova configuração para os cartões dos EBs, para os quais ênfase deve ser dada aos conteúdos biológicos na forma de texto, reduzindo a proporção dos estímulos visuais nos cartões.

Aqui, é importante relativizar os resultados obtidos nos dois experimentos em termos dos conteúdos visuais disponibilizados aos participantes. Estima-se que variações nesses resultados poderão ser identificados conforme a forma e qualidade das ilustrações disponibilizadas, como, por exemplo, a utilização de infográficos ou imagens de alta resolução e coloridas para visualização de detalhes dos sistema biológico.

Após as sessões de ideação, com o intuito de se obter avaliações qualitativas em relação às alternativas de estimuladores, sugere-se a utilização de métodos qualitativos de análise (CRESWELL, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2011). No presente contexto, os participantes dos dois experimentos realizados foram questionados em entrevistas não estruturadas quanto à facilidade de uso e a influência dos EBs durante a sessão de ideação. Os relatos dos participantes foram registrados de forma escrita pelo pesquisador, possibilitando posterior análise. Nesse sentido, apesar de explicitarem a maior facilidade na compreensão e no uso das informações textuais para a proposição de ideias, os participantes relataram que o tempo destinado à leitura dos textos, pela forma como estão apresentados, prejudicou seu uso. Ainda, como ponto a ser melhorado, certos participantes comentaram sobre a complexidade de compreensão de alguns termos técnicos biológicos presentes nos textos.

Em relação às observações qualitativas realizadas durante as experimentações, i.e. observação do comportamento dos participantes durante os experimentos, constatou-se que no início das sessões de ideação os participantes dispenderam tempo e esforço na leitura e compreensão dos EBs, de forma a relacionar as informações biológicas apresentadas ao contexto dos problemas de projeto propostos. Assim, têm-se indícios de que a utilização de linguagem natural para apresentação de informações, por exigir maior esforço cognitivo para compreensão, não é um meio de estimulação adequado.

Ainda, pela disponibilidade de nove estimuladores durante as sessões de ideação, além da limitação de espaço para deixá-los à vista e de certo contratempo para identificar quais EBs já haviam sido lidos e verificados, alguns participantes apresentaram dificuldade em priorizar quais os EBs mais relacionados ao problema de projeto proposto. Ou seja, os EBs de maior potencial de estimulação.

Observou-se, da mesma forma, que no decorrer da sessão de ideação, por já estarem familiarizados com os conteúdos dos EBs, aqueles grupos que utilizaram os EBs com ilustrações migraram o foco dos textos para as imagens.

Por meio da análise dos relatos e das observações realizadas, entende-se que há variação no tipo de estímulo utilizado durante a sessão de ideação. Ou seja, ora se busca informações mais precisas (i.e. textos), ora se busca informações de maior abrangência (i.e. imagens), devendo os estimuladores permitir variação na forma de estímulo conforme a necessidade do usuário. Ainda, em relação ao estímulo textual, entende-se que apenas certas palavras presentes nos textos de estímulo favoreceram a identificação de similaridades com a situação de projeto, devendo tais palavras-chave serem priorizadas como informação de estímulo.

Dessa forma, tendo-se as evidências de adequação e para a melhoria dos estimuladores, realizou-se a formalização dos estimuladores a fim de se

propor uma versão a ser utilizada na metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos proposta.

4.2.10 Formalizar os estimuladores

A formalização dos estimuladores consiste em implementar as melhorias evidenciadas na atividade precedente, de forma a se ter um conjunto final de estimuladores para auxiliar no processo criativo.

Assim, para o contexto dos EBs, conforme os resultados estatísticos e as observações realizadas, as seguintes orientações foram levadas em consideração:

- a. Dimensionar os estimuladores de forma a facilitar seu uso e a consulta aos conteúdos (estímulos) durante a sessão de ideação;
- b. Priorizar e/ou dar destaque aos tipos e categorias de informação que se apresentaram mais facilmente entendidas e utilizadas pelos participantes da avaliação (atividade 9), com o objetivo de fomentar a realização de associações;
- c. Padronizar a disposição dos conteúdos dos estimuladores possibilitando que, independentemente do estimulador, os usuários encontrem as mesmas características de disposição dos conteúdos (estímulos).

A primeira orientação está relacionada ao favorecimento da visualização e da manipulação dos estimuladores durante a sessão de ideação, possibilitando o intercâmbio dos EBs e a verificação de quais EBs já foram consultados, e favorecendo que esses permaneçam visíveis a todos os participantes.

A segunda orientação possui relação com o fato de que as informações textuais apresentaram maior grau de contribuição para a sessão de ideação. Nesse sentido, o número de imagens de SBs presentes nos cartões foi reduzido, mas não suprimido. Para cada uma das imagens foi mantido um texto descritivo associado, sem a presença de termos técnicos biológicos que dificultam o entendimento, texto esse que corrobora com o conceito biológico do cartão. No que tange os demais conteúdos textuais, foco foi dado à palavras-chave que remetem a princípios e características generalizadas, reduzindo o esforço cognitivo para compreensão e favorecendo a realização de associações com a situação de projeto (i.e. palavras-chave aqui identificadas como *chunks* de informação, permitem a ativação de redes semânticas e neurais do indivíduo, fomentando a identificação de experiências e conhecimentos associados).

A terceira orientação corrobora com as demais visto que ao se padronizar a disposição de conteúdos se favorece a visualização e compreensão dos mesmos, e se reduz o esforço cognitivo na busca por informações similares

em outros estimuladores. Ainda, essa orientação está relacionada ao favorecimento da variação de estímulo durante a sessão. Ou seja, migrar o foco a dado tipo de informação para outro (e.g. princípios, exemplos ilustrados, conceito).

Para permitir tal variação, utilizando-se dos princípios de representação gráfica *Agrupamento e Relação entre informações*, de um lado do cartão foi inserida a definição do conceito do EB, juntamente com informações textuais contextualizadas por imagens. Essa disposição de informações, com predominância de imagens, visa facilitar a identificação de características generalizadas (e.g. formas, geometria, escala) dos SBs. Do outro lado do cartão, utilizando-se do princípio *Equilíbrio*, as informações predominantemente textuais foram simplificadas para a forma de palavras-chave, que remetem aos princípios (ações e comportamentos) dos SBs relacionados ao conceito, de forma a facilitar a compreensão. Tais ações foram dispostas na forma de ‘verbos + substantivos’, visto o objetivo de estimular sessões de ideação de produtos e, logo abaixo de cada uma das ações, baseando-se no princípio *Hierarquia*, foram listadas palavras-chave que remetem aos meios utilizados por SB para a execução das ações.

Assim, como exemplo de versão final proposta para o cartão dos estimuladores, tem-se o exemplo de cartão para o EB Membranas, conforme apresentado na Figura 4.16.

Os demais EBs são apresentados em sua versão final no Apêndice C.

É importante salientar que o conjunto final de estimuladores obtido nessa atividade não deve ser considerado definitivo, i.e. não deve ser considerado um conjunto completo de estimuladores de dada área ou domínio de conhecimento. Entende-se que a medida que novas pesquisas e desenvolvimentos sejam realizadas nesse contexto, atualizações ou mesmos novos estimuladores possam ser propostos e agregados aos conjuntos desenvolvidos.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTIMULADORES BIOLÓGICOS

Nesse capítulo foi apresentado o processo proposto para o desenvolvimento de estimuladores de um dado domínio de conhecimento, no caso, o domínio biológico. Tais estimuladores possuem como objetivo fomentar o processo criativo por meio de informações abstraídas na forma de conceitos, princípios e conteúdos generalizados, a serem utilizados durante sessões de ideação.

As dez atividades que compõem o processo proposto visam guiar o desenvolvedor desde a identificação de fontes e extração de informação, até a identificação de conteúdos, realização de testes e formalização dos estimuladores. Como forma de auxílio à realização das atividades propostas,

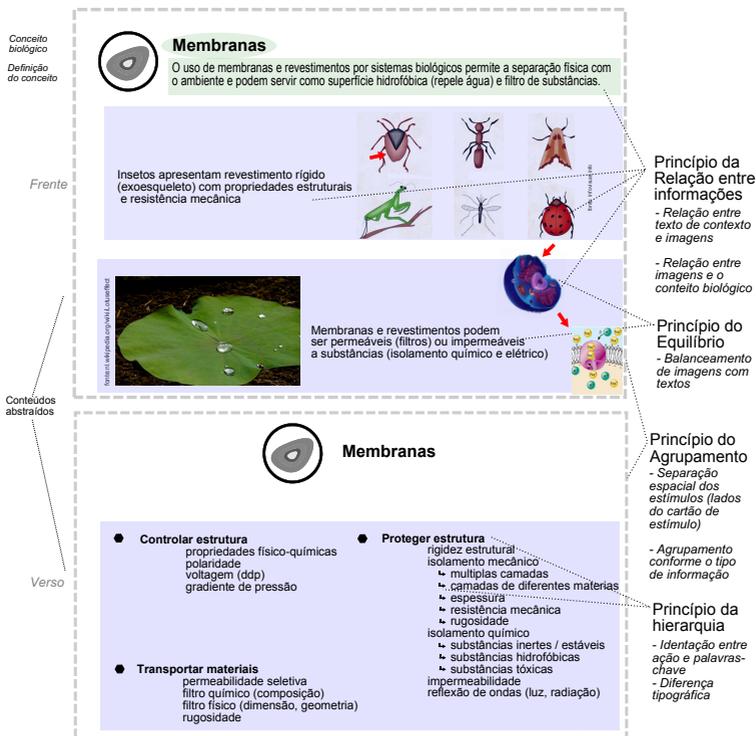


Figura 4.16 – EB – Membranas

ferramentas e orientações foram agregadas ao processo, como exemplo, a matriz de identificação de similaridades e as perguntas de auxílio à definição de conceitos.

No que tange os estimuladores biológicos, dois experimentos foram realizados: um destinado à verificação da adequação dos estímulos biológicos ao processo criativo de ideação, e outro para a identificação de melhorias nos estimuladores de forma a permitir a formalização de um conjunto final para ser utilizado na metodologia proposta.

Como resultados dos experimentos, no contexto da aplicação realizada, identificou-se que os estimuladores biológicos contribuem para o desenvolvimento de ideias mais úteis (i.e. ideias que abrangem maior número de funções). Além disso, no contexto das experimentações realizadas a estimulação por meio de textos se apresentou mais efetiva comparativamente àquela por imagens. Estima-se que esse resultado possa ser explicado pelo pouco

conhecimento e experiência sobre ciências biológicas e sobre o processo de ideação de novos produtos, respectivamente, dos participantes dos experimentos. Considerando-se o pouco conhecimento sobre ciências biológicas, estima-se que as informações na forma textual sejam capazes de mais bem contextualizar e apontar para características específicas dos SBs, comparativamente à imagens, facilitando seu entendimento e sua aplicação.

Assim, por meio da formalização da versão final dos EBs, no capítulo seguinte é apresentada a metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio de Estimuladores Biológicos.

5 METODOLOGIA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS POR MEIO DE ESTIMULADORES BIOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos, desenvolvida para facilitar e potencializar a aplicação de Estimuladores Biológicos na ideação de ideias de novos produtos. As atividades e ferramentas que compõem a metodologia foram elaboradas de forma a responder às oportunidades identificadas nas pesquisas apresentadas nos capítulos 2 e 3.

5.1 INTRODUÇÃO

Conforme revisado na seção 2.3, o Mapeamento Tecnológico (MT) consiste em um processo que auxilia o Planejamento de Produtos na organização temporal e visual de informações estratégicas para as empresas (i.e. informações de mercado, negócio, produto e tecnologia), facilitando o direcionamento do desenvolvimento de novos produtos.

No que tange às informações para períodos futuros de cada camada do Mapa tecnológico, métodos de prospecção e consulta a especialistas podem ser utilizados para se identificar tendências de mercado e negócio, e métodos de criatividade podem ser empregados para a ideação de novos produtos e tecnologias (ABDALA, 2013; IBARRA, 2015).

Dentre os métodos de criatividade, a projeção inspirada na natureza se apresenta promissora. Nesse sentido, realizando-se um paralelo entre as formas para construção do mapa e para a projeção inspirada na natureza, contata-se que o mapeamento puxado pelo mercado apresenta maior relação com projeção orientada pela oportunidade. Aqui, as tendências de mercado se apresentam como as oportunidades ou necessidades a serem atendidas e as estratégias de negócio permitem a delimitação do foco de planejamento.

Considerando-se o escopo da presente tese, a metodologia proposta agrega ao mapeamento puxado pelo mercado, e modular para a camada *Produto*, a inspiração na natureza, por meio da projeção orientada pela oportunidade.

Nesse sentido, apesar da vasta utilização de informações biológicas nas fases de projeto conceitual e preliminar (FORBES, 2005; HABIB, 2007; NAGEL, 2010; MELO, 2015), identificou-se na revisão a ausência de pesquisas relacionadas ao uso de informações biológicas como estímulo ao planejamento de

novos produtos e, por consequência, ao MT, sendo esse um avanço importante nesse campo de conhecimento proposto na presente tese.

Ainda, conforme a revisão dos métodos e ferramentas já propostas para a projeção inspirada na natureza (seção 3.5), pontos de melhoria foram identificados e adaptações deverão ser efetuadas nas fases para a projeção inspirada na natureza, para adequá-las ao contexto do mapeamento de novos produtos.

De forma a sintetizar e contextualizar a problemática identificada, e fornecer uma visão geral da proposta, tem-se a Figura 5.1.

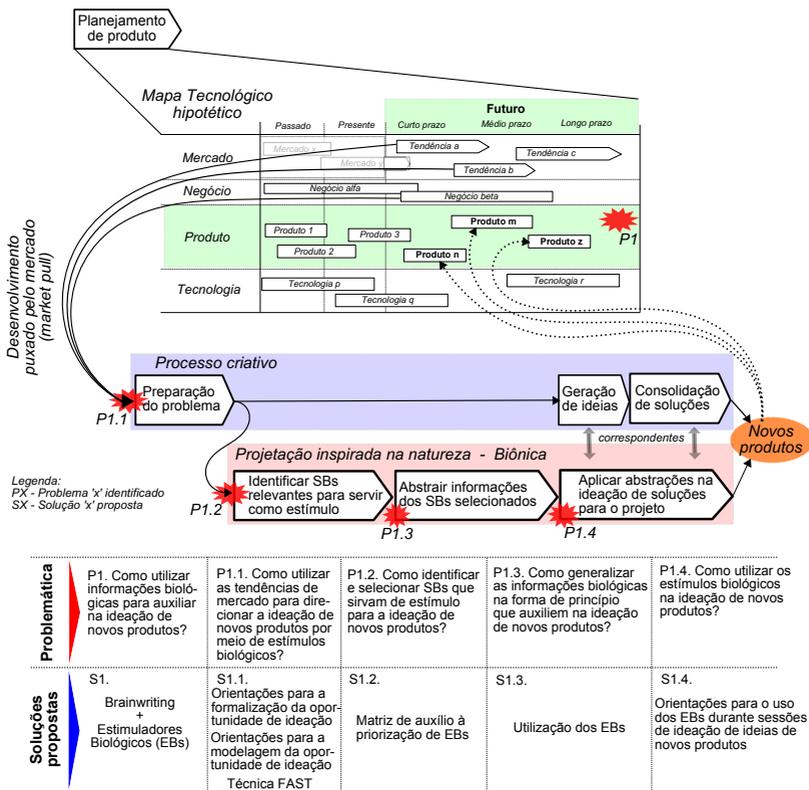


Figura 5.1 – Contextualização da problemática e das soluções propostas

Como se pode visualizar na Figura 5.1, a camada ‘Produto’ do mapa tecnológico pode ser preenchida com ideias de novos produtos no curto, médio e longo prazo por meio do processo criativo, sendo tradicionalmente utilizados

métodos de criatividade como o *brainstorming* e o *brainwriting*. Pesquisas recentes propõem o uso de Tendências de Evolução durante o *brainwriting* como forma de estímulo ao processo criativo (ABDALA, 2013; IBARRA, 2015). Contudo, no contexto do uso da biônica para auxiliar no mapeamento e planejamento de novos produtos, não há pesquisas ou indicações de como utilizar informações biológicas para auxiliar na ideação de novos produtos (P1).

Ainda, considerando-se o mapeamento puxado pelo mercado, uma das barreiras a serem superadas está relacionada à formulação da oportunidade da ideação (preparação do problema), uma vez que são as tendências de mercado e as estratégias de negócio que devem direcionar o preenchimento da camada *Produto* com ideias de novos produtos (P1.1). Nesse mesmo sentido, não há indícios de como identificar e selecionar SBs que sirvam como estímulo a partir de tendências de mercado (P1.2).

No que tange a aplicação da projeção inspirada na natureza, constatou-se na revisão a falta de subsídio para a generalização de informações biológicas (P1.3), disponibilizadas majoritariamente na forma de textos em linguagem natural, requerendo considerável esforço cognitivo dos projetistas para a identificação de similaridades entre tais informações biológicas e a formulação da oportunidade de ideação, dificultando a realização de analogias.

Conforme ilustrado na Figura 5.1, as atividades de geração e consolidação de ideias correspondem à última atividade da projeção inspirada na natureza, i.e. aplicação das generalizações (abstrações) na ideação de soluções. Aqui, tendo em vista a novidade no uso de estímulos biológicos para auxiliar no planejamento de novos produtos, não foram identificadas na literatura orientações ou indicações de como utilizá-los em sessões de ideação (P1.4).

Assim, por meio da explicitação da problemática, delimita-se como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que facilite e integre o uso de estímulos biológicos no planejamento de novos produtos. Tendo em vista que essa metodologia se destina ao mapeamento puxado pelo mercado e modular para o preenchimento da camada *Produto* com ideias de novos produtos, tem-se como premissa a disponibilidade das informações presentes nas camadas *Mercado* (i.e. tendências de mercado) e *Negócio* (i.e. estratégias organizacionais traçadas conforme os objetivos de mercado e o período de planejamento) como informações de entrada. No que tange ao preenchimento e às informações contidas nessas duas camadas sugere-se a consulta à pesquisa de Ibarra (2015).

Para direcionar o processo de planejamento de novos produtos, orientações são propostas para a formulação da oportunidade de ideação (preparação do problema). Assim, partindo-se dessa formulação, é proposto o uso da técnica FAST para a modelagem funcional da oportunidade, de forma a direcionar o esforço de ideação (S1.1).

A técnica FAST foi selecionada por apresentar uma estrutura que permite inter-relação com o mapeamento tecnológico. As funções acima do limite superior do escopo da técnica FAST, pela abrangência, apresentam relação com as tendências de mercado e estratégias de negócio elencadas no mapa tecnológico. Contudo, tais funções podem extrapolar a oportunidade de ideação considerada, sendo necessário determinar funções relacionadas à mesma e que permitam o direcionamento do processo criativo. Nesse sentido, a função básica e as funções parciais identificadas na modelagem funcional da oportunidade apresentam relação direta com ideias de produtos e/ou de subsistemas na camada *Produto*. Por fim, para viabilizar a execução das funções parciais, identificam-se princípios de solução ou tecnologias específicas (limite inferior do escopo), que possuem relação direta com a camada *tecnologia* do mapa tecnológico. De forma a ilustrar a relação identificada entre a técnica FAST e o mapeamento tecnológico, tem-se a Figura 5.2.

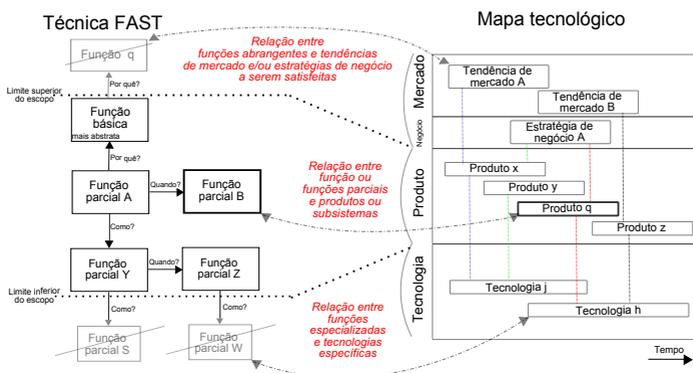


Figura 5.2 – Relação entre a técnica FAST e o mapeamento tecnológico

Em sendo os EBs fontes de estímulo, é proposta a Matriz de auxílio à priorização de EBs (S1.2), inspirada no método da casa da qualidade do QFD, de forma a auxiliar o usuário a ordená-los conforme a relevância para a oportunidade de ideação formalizada.

Como apresentado no capítulo precedente, o desenvolvimento de EBs foi realizado com o intuito de facilitar a aplicação de informações biológicas durante sessões de ideação, principalmente pela redução do esforço cognitivo do usuário na realização de generalizações para a identificação de similaridades. Dessa forma, além de consistirem em estímulos para o processo criativo, os EBs também constituem a solução proposta (S1.3) para a abstração de informações biológicas (segunda atividade da projeção inspirada na natureza), conforme ilustrado na Figura 5.1.

Para o uso dos EBs, por sua vez, são propostas orientações (S1.4) de forma a melhor aproveitar os conceitos e princípios biológicos nesses veiculados.

A partir da consideração anteriormente traçadas, foi concebida a metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos apresentada a seguir.

5.2 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia de apoio ao planejamento novos produtos por meio dos EBs é composta por cinco atividades, sendo elas: i) formular a oportunidade de ideação; ii) modelar funcionalmente a oportunidade; iii) priorizar os EBs; iv) propor ideias de novos produtos orientadas pelos EBs; e v) mapear as ideias de novos produtos. De forma a ilustrar o fluxo das atividades propostas tem-se a Figura 5.3.

Como se pode visualizar na Figura 5.3, a primeira atividade se destina à formulação da oportunidade de ideação. Essa atividade apresenta como informações de entrada as estratégias de negócio e o período de planejamento para o qual a empresa deseja ideias de novos produtos. Aqui, as estratégias abrangem as ações a serem realizadas em dado período para o atendimento de requisitos e a exploração de oportunidades de mercado.

Na segunda atividade, partido-se da oportunidade de ideação formulada, propõe-se a modelagem funcional da oportunidade por meio da aplicação da técnica FAST. Aqui, orientações são propostas para a aplicação da técnica FAST com o intuito de se desenvolver um modelo funcional adequado à oportunidade de ideação (e.g. ideias abrangentes de novos produtos ou ideias com maior grau de detalhamento para atender à requisitos específicos). O modelo resultante servirá de subsídio para o direcionamento da sessão de ideação (S1.1 da Figura 5.1).

Nessa segunda atividade são propostas duas contribuições importantes relacionadas ao processo de planejamento de novos produtos. A primeira consiste no desenvolvimento de um modelo funcional cujo desdobramento de funções varie conforme a necessidade evidenciada na oportunidade de ideação formulada (atividade 1). Ou seja, conforme a demanda da empresa. Aliada a essa primeira está a segunda contribuição, que consiste na aplicação da técnica FAST para estruturar a modelagem funcional. A modelagem funcional passa a ser estruturada por meio da lógica de questões *como?*, *por que?* e *quando?* (ver Anexo A).

A terceira atividade, apoiada por uma matriz de auxílio, se destina à priorização dos EBs (S1.2 da Figura 5.1) de acordo com sua relação com as tendências de mercado relacionada ao período de planejamento desejado. Visto

que as tendências correspondem às oportunidades ou necessidades a serem exploradas ou atendidas, respectivamente, o uso dessas para a priorização dos EBs possibilita ordená-los em termos de relevância de contribuição para

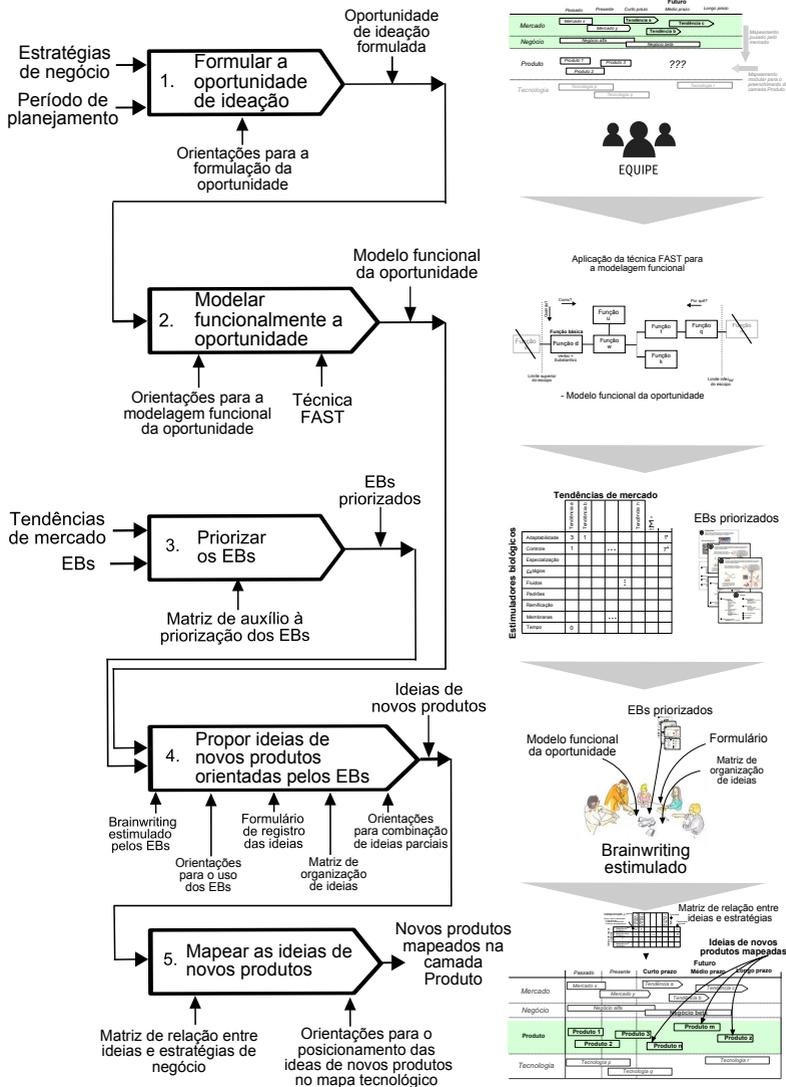


Figura 5.3 – Fluxo de atividades da metodologia proposta

contexto do planejamento de novos produtos e do processo criativo. Dessa forma, caso haja restrições em termos de tempo e pessoas para o processo de ideação, tal ordenamento visa permitir que a priorização no uso daqueles estimuladores de maior relevância. Ainda, em se tratando da existência de um número grande de estimuladores, a priorização proposta também contribui para que a equipe foque naqueles de maior relação com a oportunidade de planejamento, pelo potencial em contribuir para a ideação de novas ideias de produtos.

Tendo-se os EBs priorizados, esses são utilizados pela equipe na sessão de ideação, correspondente à quarta atividade proposta (S1, S1.3 e S1.4 da Figura 5.1). A sessão de ideação compreende a aplicação do método do *Brainwriting* estimulado pelos EBs, de forma a favorecer a proposição de ideias de novos produtos alinhadas à oportunidade de ideação formulada. Para a realização dessa quarta atividade é proposto o uso de um formulário para o registro das ideias propostas durante a sessão de ideação, além de uma matriz para organização e de orientações para a combinação de ideias geradas para funções parciais. Como apresentado no capítulo precedente, tanto o procedimento para o desenvolvimento, quanto os próprios EBs consistem em avanços importantes de conhecimento propostos nessa tese.

A última atividade da metodologia corresponde ao mapeamento das ideias de novos produtos na camada *Produto* do mapa tecnológico, conforme o atendimento da oportunidade de ideação. Ou seja, conforme o atendimento das estratégias de negócio. Para isso, é proposto o uso de uma matriz de relação entre as ideias propostas e as estratégias de negócio e são propostas orientações relacionadas mapeamento das ideias.

De forma a detalhar as atividades e ferramentas de apoio propostas, apresentam-se as seções subsequentes.

5.2.1 Atividade 1 - Formular a oportunidade de ideação

Para a aplicação da metodologia propõe-se a definição de um facilitador. Esse facilitador possui como atribuições, além da formulação da oportunidade, a organização e disponibilização de recursos necessários para a aplicação da metodologia proposta (e.g. formulários, EBs), o registro das decisões realizadas e das ideias geradas, a comunicação de informações para os membros da equipe de planejamento e a divulgação dos resultados obtidos.

Em relação à equipe de planejamento, com o intuito de viabilizar a incorporação de diferentes percepções e conhecimento na ideação de novos produtos, recomenda-se que a mesma seja composta por pessoas com competências multidisciplinares (e.g. engenharia, marketing, vendas). Nos casos

em que as estratégias de negócio estejam relacionados a requisitos técnicos de projeto (e.g. aumento da eficiência de um motor, desenvolvimento de novos protocolos de comunicação entre máquinas), a equipe deve ser formada também por pessoas com conhecimento técnico (e.g. engenheiros, pesquisadores, programadores, designers).

Partindo-se das estratégias de negócio, explicitadas na camada *Negócio*, e do período de planejamento para o qual a empresa deseja mapear novas ideias de produtos, cabe ao facilitador analisá-las com o intuito de formular uma sentença que explicita a oportunidade de ideação comum às estratégias. Visto o objetivo de ideação de novos produtos, aqui deve-se considerar as estratégias de negócio relacionadas a desenvolvimentos técnicos, i.e. estratégias que explicitem objetivos ou requisitos relacionados à melhoria ou a novos produtos.

Como forma de auxílio à análise das estratégias de negócio é proposto que o facilitador responda às questões “*Quais estratégias de negócio apresentam objetivos relacionados?*” e “*Qual a sentença capaz de sintetizar tais objetivos relacionados?*”.

A formulação da oportunidade de ideação corresponde à resposta da segunda pergunta proposta e deve apresentar um verbo de ação que sintetiza os objetivos relacionados das estratégias de negócio. Caso seja identificada a necessidade de formular mais de uma oportunidade de ideação, em função da variedade de estratégias de negócio consideradas, as atividades seguintes da metodologia deverão ser aplicadas separadamente para cada uma das oportunidades formuladas.

Tendo-se a formulação da oportunidade de ideação, essa deve apresentada à equipe de planejamento que, em função de sua experiência e conhecimento sobre o contexto de planejamento, deve verificar a adequação e o alinhamento da mesma às demandas da empresa.

De forma a ilustrar os procedimentos a serem realizados nessa primeira atividade, tem-se a Figura 5.4.

Como se pode visualizar na Figura 5.4, partindo-se das estratégias de negócio da empresa, o facilitador, por meio do auxílio das questões orientativas, formula a sentença que sintetiza os objetivos relacionados das estratégias, que correspondem à oportunidade de ideação.

No exemplo apresentado na Figura 5.4, considerando-se as estratégias de negócio (i.e. *Desenvolver leito com maior capacidade de carga*, *Desenvolver sistema de controle de posicionamento do leito* e *Desenvolver plataforma de monitoramento de sinais vitais à distância*), foi identificada relação entre os objetivos das duas primeiras estratégias. Assim, por meio da segunda pergunta orientativa, uma sentença foi formulada de forma a sintetizar tais objetivos (i.e. *Novo leito capaz de controlar o posicionamento de pacientes obesos*, sendo *controlar* o verbo de ação que sintetiza as estratégias relacionadas).

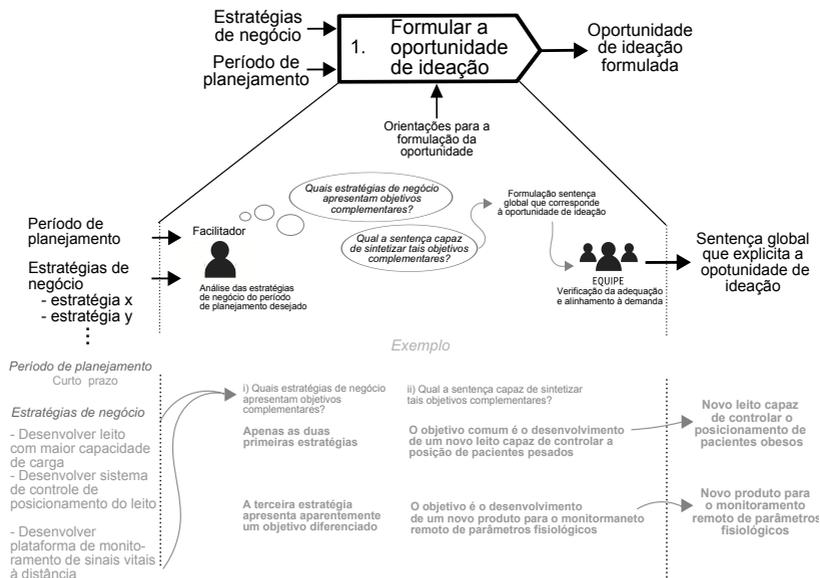


Figura 5.4 – Ilustração conceitual dos procedimentos para a realização da atividade 1

Para a terceira estratégia de negócio considerada, por possuir um objetivo não relacionado aos demais, outra sentença foi formulada (*Novo produto para monitoramento remoto de parâmetros fisiológicos*, sendo *monitorar* o verbo de ação relacionado a estratégia).

Tendo-se a formulação das oportunidades de ideação, conforme a presente proposta, as atividades seguintes da metodologia devem ser aplicadas para cada uma das oportunidades formuladas. Como informação de saída da atividade 1 tem-se a oportunidade de ideação formulada.

5.2.2 Atividade 2 - Modelar funcionalmente a oportunidade

A presente atividade se destina à modelagem funcional da oportunidade de ideação. Tal modelagem tem como objetivo identificar uma ou mais funções que direcionarão o processo de ideação (atividade 4). Como orientações para a modelagem funcional têm-se:

- Caso a demanda da empresa esteja relacionada a alteração ou **melhoria incremental** de produtos ou processos, sugere-se que a modelagem funcio-

nal seja conduzida de forma a se identificar funções parciais, favorecendo a proposição de ideias direcionadas à subsistemas que compõem o produto;

- b. Caso a demanda da empresa objetive promover a **novidade** (i.e. promover novos produtos, componentes ou processos), sugere-se que a modelagem funcional seja conduzida de forma a se identificar a função principal do sistema (i.e. função básica), que favoreça a proposição de uma maior variedade de novas ideias.

Aqui é proposta a utilização da técnica FAST para modelagem funcional da oportunidade. Como informações de entrada para a técnica FAST têm-se o verbo de ação presente na formulação da oportunidade de ideação (atividade 1).

Para a modelagem relacionada à demanda de melhoria incremental, partindo-se do verbo de ação, a equipe deve realizar questionamentos sucessivos com as perguntas “*Como?*” e “*Quando*¹?”. Esses questionamentos permitem a identificação de funções parciais correspondentes à subsistemas que compõem o produto. Nessa abordagem os questionamentos devem cessar quando a equipe identificar que as respostas para a pergunta “*Como?*” correspondem a soluções específicas, sendo esse o limite inferior do escopo de aplicação da técnica FAST.

Já, para a modelagem relacionada à demanda de novidade, partindo-se do verbo de ação, a equipe deve realizar questionamentos sucessivos com a pergunta “*Por quê?*”. Esse questionamento permite a identificação da função básica, i.e. a função de maior abrangência do modelo, para direcionar o processo de ideação na obtenção de uma maior variedade de novas ideias². Nessa abordagem, o questionamento sucessivo deve cessar quando a equipe identificar que a resposta para a pergunta “*Por quê?*” extrapole o contexto da oportunidade de ideação, sendo esse o limite superior do escopo de aplicação da técnica FAST.

De forma a ilustrar os procedimentos a serem realizado nessa atividade, tem-se a Figura 5.5.

Como se pode visualizar na Figura 5.5, tendo-se como oportunidade de ideação o desenvolvimento de *produtos para a movimentação de pacientes acamados* e considerando-se a demanda de *melhoria incremental*, a modelagem foi conduzida de forma a desdobrar do verbo de ação (i.e. *mover paciente acamado*) por meio das questões “*Como?*” e “*Quando*”. Após, foram identifi-

¹A pergunta ‘quando?’ também pode ser interpretada como: ‘Quando a *função x* ocorre, a *função y* ... também deve ocorrer’.

²Há a possibilidade de o verbo de ação corresponder à função básica. Nesse sentido, o questionamento “*por quê?*” visa corroborar com essa constatação. Caso contrário, tal questionamento permitirá a identificação de uma função de maior abrangência que melhor sintetiza o objetivo das estratégias de negócio.

cadadas as funções parciais que correspondem a subsistemas a serem considerados para a ideação de produtos para a movimentação de pacientes acamados (e.g. *elevantar paciente do leito, gerar movimento, controlar movimento, posicionar paciente*). Ainda, no exemplo ilustrado, para a oportunidade *novos produtos para o banho no leito de idosos acamados* e, considerando-se a demanda de *novidade*, a modelagem foi conduzida por meio da questão “*Por quê?*”, sendo identificada a função básica *higienizar idoso acamado*.

Ao final da atividade 2 tem-se como informação de saída o modelo funcional da oportunidade, composto pela função básica ou por funções parciais, em função da demanda da empresa considerada pela equipe.

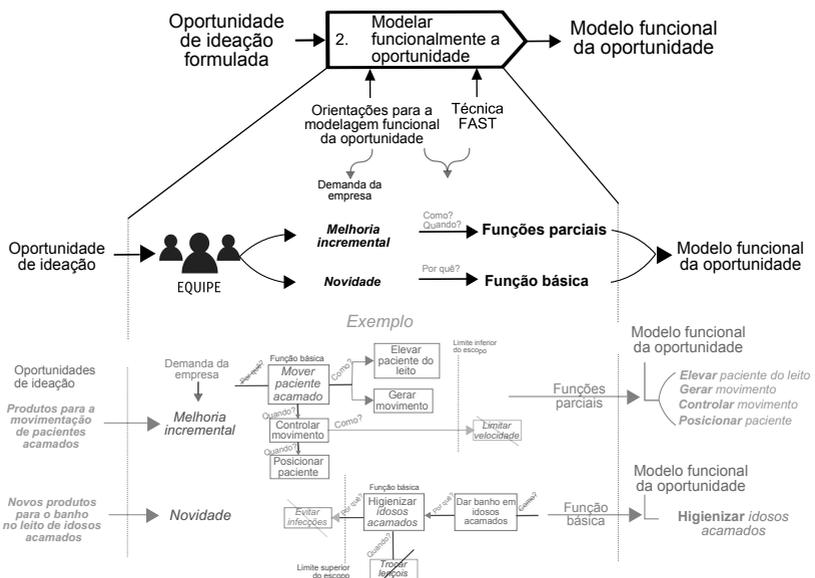


Figura 5.5 – Ilustração conceitual dos procedimentos realização da atividade 2

5.2.3 Atividade 3 - Priorizar os EBs

Como informações biológicas de estímulo à ideação de novos produtos são propostos os Estimuladores Biológicos (EBs), desenvolvidos no Capítulo 4. A seleção e uso dos EBs durante a sessão de ideação pode ser realizada de forma aleatória pela equipe de planejamento. Contudo, tendo em vista o número de estimuladores e possíveis restrições no tempo disponível para a ideação, propõe-se a priorização dos EBs, de forma a ordenar aqueles estímulos

de maior relação com as necessidades da ideação, conforme as tendências de mercado do prazo definido.

A sistematização da priorização dos estímulos conforme as tendências de mercado objetiva evitar a omissão de EBs que apresentem informações, conceitos e princípios biológicos significativos e relevantes para o contexto da ideação, capazes de favorecer a geração de ideias criativas de novos produtos conforme o contexto da oportunidade de ideação (atividade 1). Considerando-se as possíveis restrições mencionadas, propõe-se que a presente atividade seja realizada pelo facilitador.

Para a realização dessa atividade é proposta a matriz de auxílio à priorização de EBs, apresentada na Figura 5.6.

Valores para as relações:
 0 (não há relação)
 1 (relação fraca)
 3 (relação forte)

	Tendência a	Tendência b				Tendência n	$\sum_{i=1}^n$	Ordem de prioridade dos EBs (o maior valor do somatório corresponde à maior prioridade)
Estimuladores biológicos	Adaptabilidade	3	1					1 ^a
	Controle	1		...				7 ^a
	Especialização							
	Estágios							
	Fluidos				⋮			
	Padrões							
	Ramificação							
	Membranas			...				
	Tempo	0						

Figura 5.6 – Matriz de auxílio à priorização de EBs

Como se pode visualizar na Figura 5.6, nas linhas da matriz são elencados os nove EBs propostos e nas colunas devem ser listadas as tendências de mercado relacionadas ao período de planejamento. Para o preenchimento da matriz deve-se cruzar os EB com cada uma das tendências de mercado e definir um peso que corresponde ao grau de relação entre as informações.

No que concerne esse cruzamento entre os EBs e as tendências de mercado, sugere-se a realização do seguinte questionamento: “Qual a relação entre o conceito do *EB x ...* e a *tendência y...?*” (e.g. Qual a relação entre o conceito do *EB Controle* e a tendência de *redução no consumo de água?*).

Para cada uma das relações entre as informações da matriz deve-se atribuir um peso, que corresponde ao potencial do EB em estimular a proposição de ideias alinhadas à dada tendência. Conforme ilustrado, três relações possíveis são propostas, sendo elas: *Relação forte* - peso (3), *Relação fraca* - peso (1) e *Não há relação* - peso (0).

Após o preenchimento da matriz de auxílio à priorização, os pesos associados a cada EB devem ser somados em linha e indicados na penúltima coluna da matriz. Na sequência, na última coluna deve ser indicada a ordem de prioridade no uso dos EBs durante a sessão de ideação, conforme ordem decrescente dos pesos indicados na penúltima coluna (i.e. quanto maior o peso do EB, maior sua prioridade e, por consequência, maior o potencial de estímulo à ideação para o contexto estabelecido).

Assim, a atividade 3 apresenta como informação de saída a lista de EBs priorizados conforme as tendências de mercado mapeada no correspondente período.

5.2.4 Atividade 4 - Propor ideias de novos produtos orientadas pelos EBs

A atividade 4 consiste em uma sessão de *brainwriting* estimulada pelos EBs priorizados na atividade anterior. Nessa atividade o método tradicional do *brainwriting* 635 foi adaptado de forma a melhor aproveitar os recursos disponíveis durante a atividade de ideação.

No que tange às pessoas, visto que o número de integrantes da equipe de planejamento pode variar conforme o escopo e a disponibilidade de alocação da empresa e, tendo em vista a possibilidade da presença de membros externos (e.g. pesquisadores, consultores) na equipe de ideação, passa-se a considerar *m* participantes. Ainda, visto que um maior número de ideias é favorável para o mapeamento, na medida em que possibilita uma maior variedade de ideias de novos produtos e, de forma a melhor aproveitar a sessão de ideação, propõe-se que o número de ideias por participante seja o maior possível (*n*), não os restringindo ao máximo de três ideias por função e por rodada, conforme o método tradicional. Em relação ao tempo das rodadas de ideação, devido à inserção de estímulos à criatividade, sugere-se que cada rodada seja de dez minutos, tempo adequado para a leitura, assimilação e realização de analogias para a proposição de ideias. Assim, tem-se o *brainwriting m-n-10* estimulado pelos EBs.

Para o registro de ideias durante a sessão de ideação é proposto o formulário apresentado na Figura 5.7.

Como se pode visualizar na Figura 5.7, o formulário para o registro de ideias corresponde a uma matriz cujas linhas correspondem ao número de

Figura 5.7 – Formulário para o registro de ideias durante a sessão de ideação

participantes da sessão de ideação (m) e as colunas correspondem ao número de campos para a proposição de ideias (n). No que concerne à forma como as ideias devem ser expostas no formulário³, propõe-se que os participantes explicitem e especifiquem a ideia de forma textual e ilustrada, conforme ilustrado na Figura 5.7, de forma a facilitar o posterior entendimento das mesmas.

Aqui o modelo funcional da oportunidade (atividade 2) é utilizado como informação de entrada para o direcionamento da sessão de ideação. Ou seja, a sessão de ideação é direcionada pela função básica ou pelas funções parciais para as quais a equipe deve propor ideias. A pergunta que cada membro da equipe deve realizar durante a sessão, baseando-se nos estímulos apresentados nos EBs, é: “Como pode ser a ideia de um *novo produto* ou a ideia de uma solução para a *função w ... ?*”.

No caso de *melhoria incremental*, propõe-se que a equipe de planejamento, utilizando-se de sua experiência, considere como direcionadoras da sessão de ideação aquelas funções parciais que apresentam maior relevância e potencial de melhoria para o novo produto. Nesse sentido, propõe-se que a equipe realize uma sessão de ideação para cada função parcial considerada. Contudo, em havendo restrições de tempo e recursos, propõe-se que em uma mesma sessão de ideação a equipe proponha ideias para as diferentes funções parciais consideradas. Nessa configuração tem-se um formulário por função parcial, sendo que, a cada rodada, cada participante deve propor novas ideias para uma função diferente.

³Com o intuito de diferenciar as ideias geradas pelos participantes sugere-se que, quando possível, sejam utilizados post-its (cada participante com uma cor e uma ideia por folha adesiva) na sessão de ideação.

No caso do modelo funcional gerado para a *novidade*, os participantes devem propor ideias para a função básica. Assim, nessa configuração, o número de formulários será igual ao número de participantes que, a cada rodada, devem ler as ideias já propostas e propor novas ideias com o auxílio dos EBs, sempre para a mesma função.

De forma a ilustrar as duas configurações de ideação propostas, tem-se a Figura 5.8.

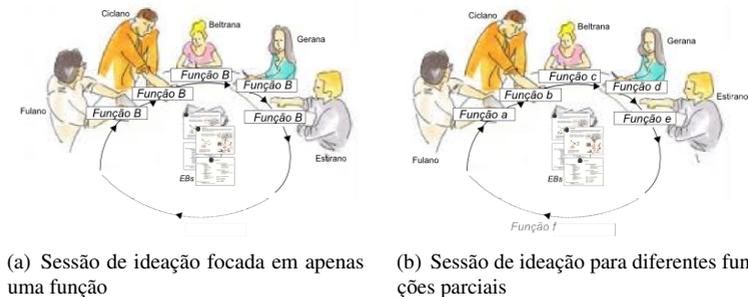


Figura 5.8 – Configurações das sessões de ideação

Como se pode visualizar na Figura 5.8, no contexto da sessão de ideação focada em apenas uma função (Figura 5.8(a)), os participantes devem propor a cada rodada ideias para a mesma função, no caso a *Função B*. Nessa configuração não há participantes ou formulários em espera, e a sessão acaba quando o número de rodadas chega ao mesmo número de participantes, no exemplo, cinco rodadas, i.e. quando o formulário que inicia em *Fulano* acaba de ser preenchido por *Estirano*.

Já, no contexto da sessão de ideação para as diferentes funções parciais (Figura 5.8(b)), cada participante da equipe iniciará a sessão com um formulário direcionado para uma das funções consideradas (e.g. *Ciclano* está na primeira rodada com a *Função b* e *Beltrana* com a *Função c*). Na rodada que segue, o participante receberá o formulário do participante à sua direita (e.g. *Beltrana* receberá o formulário com a *Função b*, já contento as ideias de *Ciclano*). Nesse sentido, caso o número de funções seja maior que o número de participantes⁴, formulários excedentes ficarão em espera entre as rodadas, e.g. para a *Função f* só serão propostas ideias na segunda rodada, quando *Fulano* passar adiante o formulário da *Função a* e pegar o formulário da *Função f*.

⁴Se o número de funções for superior ao de participantes, para que todos os formulários passem por todos os participantes, o número de rodadas da sessão de ideação deve ser igual ao número de formulários.

Ainda, caso o número de funções seja menor que o número de participantes⁵, a cada rodada um ou mais participantes ficará aguardando o momento em que receberá um formulário.

No que concerne aos EBs, propõe-se que anteriormente ao início da sessão de ideação cada participante se familiarize com os conceitos e princípios biológicos apresentados nos cartões por meio da leitura dos mesmos. Como orientação para essa leitura e posterior uso dos estimuladores durante as rodadas de ideação, de forma a facilitar e potencializar a assimilação dos conteúdos disponibilizados, é proposta a ordem indicada na Figura 5.9.

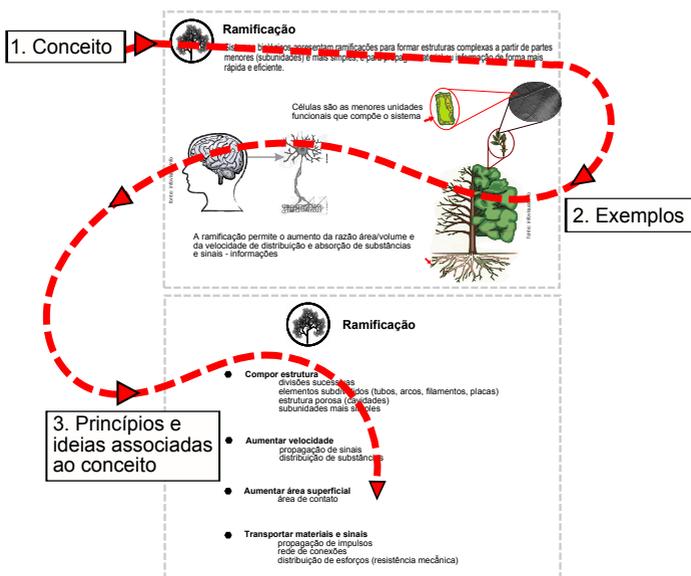


Figura 5.9 – Ordem de leitura dos EBs

Conforme apresentado na Figura 5.9, inicia-se a leitura do EB pelo conceito biológico. De forma a facilitar o entendimento desse conceito são apresentados, logo abaixo, alguns exemplos de SBs que o representam. No caso do EB Ramificação, por exemplo, têm-se o cérebro composto por vários neurônios com ramificações e o sistema radicular de um vegetal. Após esse entendimento inicial do EB são listados princípios na forma de palavras-chave relacionadas ao conceito, como mecanismo para estimular o processo criativo, principalmente, por meio da realização de associações.

⁵Se o número de participantes for superior ao de funções, para que os formulários contenham as contribuições de ideias de todos os participantes, o número de rodadas da sessão de ideação deve ser igual ao número de participantes.

Os EBs, já priorizados na atividade 3, devem ficar visíveis a todos os participantes durante a sessão de ideação, possibilitando que a cada rodada os mesmos utilizem os estimuladores como fonte de inspiração para a realização de associações ou para superar algum bloqueio criativo.

No que tange à realização de associações segure-se que cada participante formule as seguintes questões orientativas ao iniciar cada rodada de ideação:

- Como o conceito do EB y poderia ser aplicado na realização da *função x*?
- Como as características (propriedades físicas ou estruturas) ou os exemplos apresentados pelo EB y podem auxiliar na execução da *função x*?
- Como os princípios (palavras-chave - funções e comportamentos) apresentados pelo EB y podem ser aplicados para a execução da *função x*?

No caso da ideação para *melhoria incremental*, visto que a sessão de ideação será direcionada apenas para aquelas funções parciais consideradas pela equipe, ideias de melhoria de produto são gerados por meio da combinação das ideias propostas. De forma a auxiliar tal combinação de ideias pode-se estruturar uma matriz, análoga à matriz morfológica, em cujas linhas sejam listadas as ideias por função, conforme ilustrado na Figura 5.10.

<i>Funções do novo produto</i>	<i>Ideias propostas durante a sessão de ideação</i>				
Função u	Ideia u ₁	...	Ideia u ₃	...	Ideia u _n
Função w	Ideia w ₁	Ideia w _n
⋮	⋮		⋮		⋮
Função h	Ideia h ₁	Ideia h ₂			

Figura 5.10 – Matriz de organização de ideias para a cada função parcial

Como se pode visualizar na Figura 5.10, na matriz são listadas as funções parciais e, relacionada à cada uma, são organizadas as ideias propostas durante a sessão de ideação.

Como orientação para a realização das combinações de ideias propõe-se a consideração da disponibilidade tecnológica para sua implementação (e.g. tecnologias já disponíveis ou com estimativa de viabilidade próxima), permitindo o desenvolvimento de novos produtos conforme a viabilidade técnica de implementação para o período de planejamento desejado.

De forma a ilustrar o procedimento para a realização das combinações é apresentada a Figura 5.11. No exemplo apresentado, a *Ideia de produto 1* é formada pela combinação das *Ideias u1, w1, ... e h2*.

Relativamente ao espaço para a sessão de ideação, recomenda-se que a mesma seja realizada em uma sala de reuniões onde haja uma mesa com

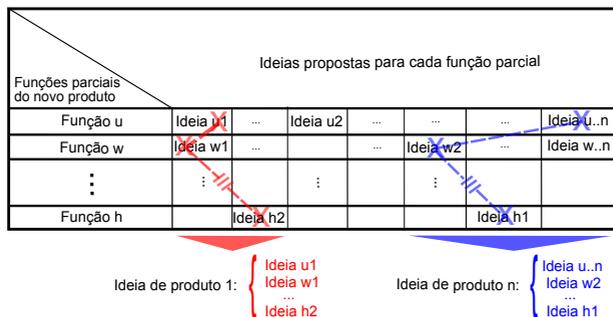


Figura 5.11 – Combinação de ideias por função parcial para geração de ideias de produto

dimensões suficientes para que todos os participantes tenham espaço para apoiar os formulários de preenchimento e os EBs.

Ao final dessa atividade têm-se como informações de saída as ideias de novos produtos geradas pela equipe para a oportunidade de ideação formulada.

5.2.5 Atividade 5 - Mapear as ideias de novos produtos

Nessa atividade as ideias de novos produtos propostas na atividade precedente são mapeadas na camada *Produto* do mapa tecnológico, conforme o período de planejamento determinado.

Primeiramente, visto que o *brainwriting* proporciona a geração de ideias inspiradas em outras já propostas em rodadas anteriores, além de se considerar os casos onde ideias de novos produtos são geradas pela combinação de ideias relacionadas a cada função parcial, o facilitador deve identificar se, dentre as ideias provenientes da atividade 4, há ideias similares. Em sendo identificadas ideias similares, orienta-se que essas sejam agrupadas de forma que, ao serem alocadas no mapa tecnológico, as mesmas permaneçam próximas umas às outras, possibilitando que outros usuários do mapa identifiquem as variações propostas nessas ideias similares.

Após, o mapeamento das ideias de novos produtos no mapa deve ser realizado de acordo com o atendimento à oportunidade de ideação a que se reportam. Ou seja, de acordo com o atendimento à(s) estratégia(s) de negócio já presentes no mapa tecnológico. Como forma de auxílio à determinação desse atendimento, caso o número de estratégias seja igual ou superior a dois, é proposta a matriz de relação entre as ideias resultantes da atividade 4 e as

estratégias de negócio consideradas na atividade 1, conforme ilustrada na Figura 5.12.

A ideia de novo produto x atende à estratégia de negócio a?

Se sim, qual o grau de atendimento?
 0 (não atende)
 1 (atende parcialmente)
 3 (atende completamente)

Ideias de novos produtos agrupadas conforme similaridade	Estratégia de negócio a	Estratégia de negócio b				Estratégia de negócio n	Pontuação	Classificação da ideia
							$\sum_{j=1}^n$	
Ideia de novo produto x	3	1						1 ^o
Ideia de novo produto y	1			...				7 ^o
⋮						⋮		
Ideia de novo produto z								

Figura 5.12 – Matriz de relação entre ideias de novos produtos e estratégias de negócio

Como se pode visualizar na Figura 5.12, na primeira coluna são listadas as ideias já agrupadas conforme similaridade proveniente da atividade 4 e nas colunas subsequentes são listadas as estratégias de negócio do período de planejamento desejado. Para cada relação entre ideia de novo produto e estratégia de negócio a equipe de planejamento deve realizar o seguinte questionamento: “A ideia de novo produto x atende à estratégia de negócio a?”. Caso afirmativo, três graus de atendimento são propostos, sendo eles: 0 (não atende), 1 (atende parcialmente) e 3 (atende completamente).

Tendo-se preenchido a matriz, na penúltima coluna deve ser realizada a soma em linha dos valores, correspondendo essa soma ao peso da ideia (i.e. quanto maior o peso, maior a adequação ou atendimento à estratégia de mercado, maior a prioridade de implementação). Isso posto, na última coluna as ideias são classificadas em ordem decrescente de peso.

Dessa forma, como orientações para o posicionamento das ideias na camada *Produto*, propõe-se que quanto melhor a classificação da ideia (i.e. maior a pontuação e maior a prioridade de implementação), mais próxima a mesma deve ser posicionada da camada *Negócio*. Esse posicionamento objetiva facilitar identificação e visualização da relação entre a ideia e as estratégias. De forma análoga, quando menor for a pontuação da ideia, menor sua prioridade de implementação, devendo ser posicionada abaixo das demais ideias com maior classificação.

De forma a ilustrar uma camada *Produto* genérica contendo ideias de novos produtos resultantes da aplicação da metodologia proposta, tem-se a Figura 5.13.

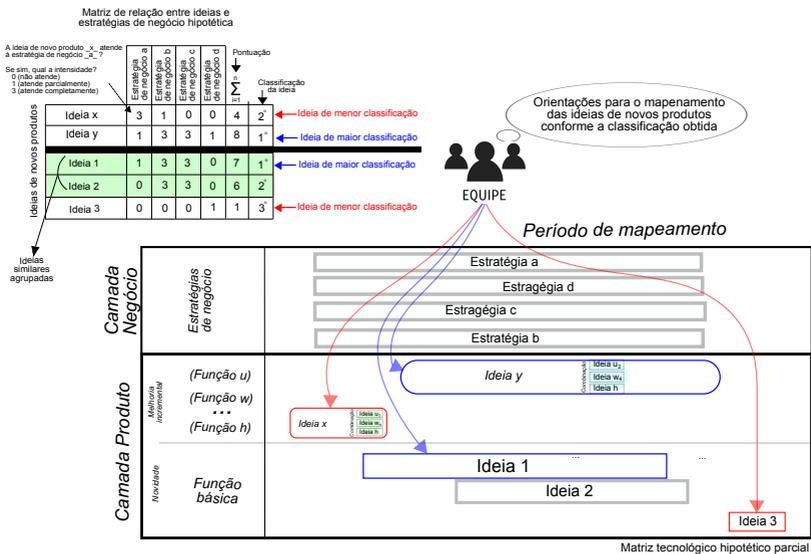


Figura 5.13 – Mapeamento das ideias de novos produtos na camada *Produto*

Como se pode visualizar na Figura 5.13, as ideias de novos produtos geradas⁶, após o agrupamento daquelas que apresentam similaridade, foram mapeadas de acordo com a classificação identificada por meio da aplicação da matriz de relação com as estratégias de negócio e com as orientações propostas.

Como saída da atividade 5 têm-se ideias de novos produtos mapeadas na camada *Produto* do mapa tecnológico, posicionadas conforme a prioridade de implementação. Ou seja, conforme o atendimento à oportunidade de ideação (atividade 1).

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo foi apresentada a metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos, suas respectivas atividades e ferramentas de apoio.

⁶Na Figura 5.13, para a modelagem funcional relacionada a *melhoria incremental* são apresentadas e mapeadas duas ideias geradas pela combinação de ideias para as funções parciais (e.g. *Ideia y*, formada pela combinação das ideias *u2*, *w4* e *h*). Da mesma forma, para a modelagem relacionada a *novidade*, são apresentadas e mapeadas três ideias de novos produtos (e.g. *Ideias 1*, *2* e *3*).

Como apresentado na introdução do capítulo, com base na revisão bibliográfica e na análise crítica dos conteúdos referentes ao PDP, criatividade, analogias e biônica, foi possível definir e delimitar as atividades e ferramentas de apoio necessárias para guiar e auxiliar, respectivamente, equipes de planejamento na ideação e mapeamento de ideias de novos produtos.

Por meio do uso dos EBs durante a sessão de *brainwriting* considera-se que a equipe de planejamento será estimulada a propor uma maior número de ideias criativas relacionadas às oportunidades de ideação, favorecendo o atendimento às estratégias de negócio e contribuindo com o planejamento de novos produtos.

De forma a avaliar a metodologia proposta em termos quantitativos e qualitativos com usuários potenciais e especialistas, respectivamente, no capítulo seguinte são apresentadas aplicações da mesma.

6 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA

No presente capítulo é apresentada a avaliação da Metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos. Para isso, foram realizadas três aplicações práticas da metodologia: uma por usuários potenciais e duas por especialistas em desenvolvimento de produtos. Nas seções que seguem são apresentados a estrutura de avaliação e o objetivo de cada qual, assim como os resultados obtidos. Ao final do capítulo é apresentada uma discussão sobre os resultados decorrentes das avaliações realizadas.

6.1 ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO

Levando-se em consideração o objetivo de avaliar a metodologia proposta em termos quantitativos, i.e. testes de hipótese sobre a contribuição dos estimuladores para a proposição de ideias de novos produtos, e qualitativos, i.e. adequação das atividades e efetividade no auxílio ao planejamento de novos produtos, foi considerada a seguinte estrutura, conforme ilustrada na Figura 6.1:

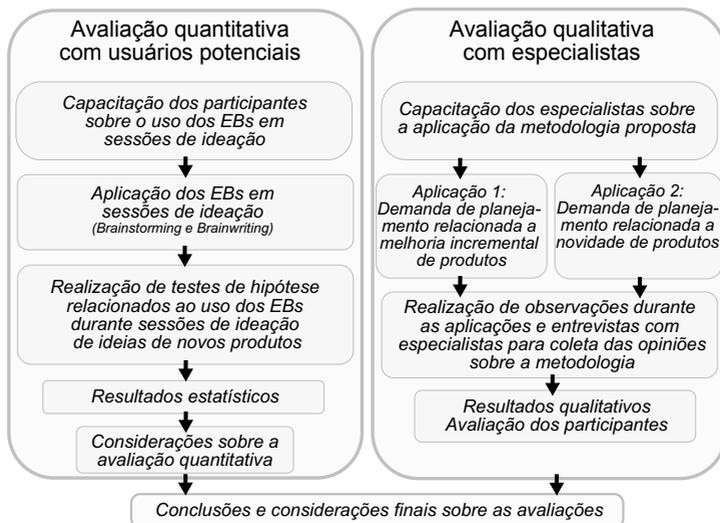


Figura 6.1 – Estrutura da avaliação

Como se pode visualizar na Figura 6.1, a aplicação com usuários potenciais consistiu na avaliação estatística da metodologia. Para essa avaliação, como será apresentado posteriormente, parte dos participantes foram capacitados quanto ao uso dos EBs e o restante dos participantes aplicou outros dois métodos tradicionais de criatividade (i.e. *brainstorming* e *brainwriting* sem o auxílio dos EBs). Por meio de testes de hipótese para as ideias geradas foram obtidos os resultados estatísticos para avaliação quantitativa da metodologia.

Já, para a avaliação qualitativa, especialistas foram inicialmente capacitados quanto à aplicação da metodologia, sendo então realizadas duas aplicações práticas, cada qual para uma oportunidade de ideação distinta. Aqui, além de observar o comportamento dos especialistas durante as aplicações, ao final dessas, entrevistas foram realizadas a fim de se coletar as opiniões sobre a metodologia e, por meio dessas, obter os resultados qualitativos da aplicação.

Tendo-se os resultados estatísticos e qualitativos, conclusões sobre a metodologia proposta puderam ser traçadas. De forma a detalhar as avaliações realizadas, desde os métodos aplicados até os resultados obtidos, apresentam-se as seções que seguem.

6.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

6.2.1 Delimitação do escopo para a avaliação quantitativa

Para a avaliação quantitativa da metodologia, baseando-se em testes de hipóteses para determinadas métricas de avaliação, foram utilizados grupos experimentais e um grupo controle, cada qual formado por equipes de usuários potenciais, de forma a permitir as comparações entre os grupos.

A fim de verificar a repetibilidade dos resultados em diferentes oportunidades de ideação, foram realizados dois experimentos. Em cada qual, a configuração da sessão de ideação proposta na metodologia (i.e. *Brainwriting* estimulado por EBs) foi aplicada e comparada a aplicação do *Brainwriting* e do *Brainstorming* sem estímulo. Apesar de o *Brainstorming* apresentar uma dinâmica de ideação diferente àquela apresentada pela metodologia proposta, a comparação com tal método é considerada relevante tendo em vista que o mesmo é um dos métodos de criatividade mais conhecidos e aplicados para a ideação de soluções.

Por razões práticas, em função da disponibilidade de tempo dos participantes, e com o intuito de verificar quantitativamente a contribuição dos EBs durante sessões de ideação, a aplicação da metodologia foi restrita a apenas a segunda e quarta atividades (i.e. *Modelar funcionalmente a oportunidade e*

Propor ideias de novos produtos orientadas pelos EBs) para a coleta de dados nos experimentos.

De forma a permitir uma comparação adequada entre os grupos, a oportunidade de ideação de cada experimento foi pré-definida e apresentada para as equipes cabendo a elas modelar a oportunidade conforme as orientações da metodologia proposta.

Na seção a seguir são apresentados os materiais e métodos utilizados para os experimentos.

6.2.2 Materiais e métodos para a avaliação quantitativa

A presente aplicação se baseou fundamentalmente na abordagem de pesquisa quantitativa que, conforme Creswell (2009), ocorre primeiramente por meio da especificação de hipóteses, seguida da coleta de dados e análise por meio de procedimentos estatísticos.

Com o intuito de formular as hipóteses de pesquisa e viabilizar a avaliação da metodologia em relação a outros métodos comumente utilizadas para a ideação, métricas de avaliação foram definidas. Nesse sentido, assim como sugeridas e utilizadas por Carvalho (2008), Nelson et al. (2009), Sarkar e Chakrabarti (2011), Shah et al. (2003), Yilmaz e Seifert (2011), a composição de métricas utilizadas para a presente aplicação foi:

- a. Quantidade: mensurada pelo número total de ideias geradas;
- b. Utilidade: mensurada pelo número de funções não repetidas apresentadas pelas ideias geradas;
- c. Novidade: mensurada pelo número de atributos novos não repetidos apresentadas pelas ideias geradas.

A métrica relacionada ao número total de ideias visa permitir a identificação do método de ideação que favoreça a proposição do maior número de ideias de novos produtos. Aqui, considera-se que quanto maior o número de ideias, maior o número de opções para o planejamento e posterior seleção e desenvolvimento.

Da forma análoga, as métricas *utilidade* e *novidade* têm por objetivo permitir a identificação do método de ideação que favoreça a proposição de mais ideias úteis (i.e. quanto maior o número de funções apresentadas no conjunto de ideias, maior sua utilidade e maior o potencial de atender às necessidades ou requisitos do mercado) e novas (i.e. quanto mais características novas, maior a novidade das ideias e maior o potencial de diferenciação de concorrentes).

Assim, ao avaliar o conjunto de ideias geradas pelas equipes conforme as métricas mencionadas, caso seja identificado estatisticamente que o *brainwriting* estimulado pelos EBs favoreça a obtenção de mais ideias e de ideias com maior utilidade e novidade, será possível considerar, conforme o contexto de avaliação, que a metodologia proposta contribui significativamente para o planejamento de novos produtos.

Tendo-se as métricas de avaliação, as três hipóteses nulas de pesquisa testadas foram:

- A utilização do *Brainwriting* estimulado pelos EBs em sessão de ideação não favorece a proposição de:
 - *um maior quantidade de ideias;*
 - *ideias com maior utilidade;*
 - e de *ideias com maior novidade*, comparativamente à métodos tradicionais de criatividade, como o *Brainstorming* e o *Brainwriting* sem estímulos.

Os usuários potenciais selecionados para participar da aplicação foram estudantes de graduação do quarto período do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Esses estudantes faziam parte do curso de Metodologia de Projeto, já familiarizados ao processo de desenvolvimento de produtos (PDP) e a métodos de criatividade, como o *Brainstorming* e o *Brainwriting*.

Nos dois experimentos as equipes de controle¹ foram formadas aleatoriamente por um conjunto específico de estudantes. Tal ação foi realizada de forma a mitigar tendências nos resultados. Ou seja, para evitar que estudantes que aplicaram os EBs no primeiro experimento fizessem parte de equipes de controle no segundo experimento, um conjunto de estudantes foi selecionado aleatoriamente e separado para compor as equipes de controle nos dois experimentos.

Em cada experimento as equipes de participantes foram compostas por um número diferente de integrantes, no primeiro experimento os estudantes foram agrupados aleatoriamente em trios (i.e. 20 equipes de três integrantes), e no segundo foram agrupados em quartetos (i.e. 15 equipes de quatro integrantes). No que tange às análises estatísticas de cada experimento, pelo fato das métricas serem comparadas entre as equipes com um mesmo número de integrantes, tal variação não influencia o resultado quantitativo da avaliação.

O Quadro 6.1 apresenta a organização das equipes e dos métodos por elas aplicados para os dois experimentos.

¹Os participantes das equipes de controle aplicaram apenas os métodos tradicionais de criatividade, no caso o *Brainwriting* e o *Brainstorming*, sem a presença de estímulos externos.

Quadro 6.1 – Organização do experimento

Método de criatividade	Experimento A			Experimento B		
BW	Equipes 1 a 10	-	-	Equipes 1 a 7	-	-
BS	-	Equipes 11 a 15	-	-	Equipes 8 a 11	-
BWe	-	-	Equipes 16 a 20	-	-	Equipes 12 a 15

Legenda	
BW – <i>Brainwriting</i>	BWe – <i>Brainwriting</i> estimulado
BS – <i>Brainstorming</i>	

Nota-se no Quadro 6.1 que o *Brainwriting* estimulado (BWe) é aquele proposto na Metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos. Assim, os resultados dos outros dois métodos aplicados puderam ser comparados à esse para se realizar a análise quantitativa.

As oportunidades de ideação propostas para cada um dos experimentos são apresentadas no Quadro 6.2. Já, a organização dos experimentos se deu conforme apresentado no Quadro 6.3.

A organização dos experimentos se deu conforme apresentado no Quadro 6.3.

Como se pode visualizar no Quadro 6.3 a oportunidade de ideação, assim como as regras do BS e do BW, foram apresentadas no início de cada experimento para todos os participantes. Após, as equipes foram formadas por meio de um gerador de números aleatórios e a cada uma foi entregue um formulário para o registro de ideias.

De forma a orientar o uso dos EBs durante a sessão de ideação, foi apresentado um Estimulador Biológico. Essa apresentação consistiu na exposição dos conteúdos de um EB e na indicação da ordem de leitura e uso proposto pela metodologia.

Partindo da oportunidade de ideação proposta as equipes então realizaram a modelagem funcional da oportunidade, conforme as orientações da metodologia proposta.

Dois tipos de formulário para o registro de ideias foram utilizados, de acordo com o método de criatividade aplicado, conforme apresentado na Figura 6.2.

Solicitou-se às equipes que as ideias fossem descritas textualmente e graficamente (e.g. esboços, esquema, ilustração). No caso das equipes que aplicaram o *brainstorming*, tendo em vista o caráter mais abrangente das ideias (i.e. ideias geradas para a função básica), solicitou-se aos participantes

Quadro 6.2 – Oportunidades de ideação propostas para cada um dos experimentos

Experimento	Oportunidade de ideação
A	Segundo dados do IBGE (2014) a população de idosos (pessoas com mais de 60 anos) no Brasil já soma mais de 20 milhões e tende a aumentar nos próximos anos. Sabendo que muitos idosos são dependentes de medicamentos para as mais diversas finalidades (e.g. diabetes, hipertensão, problemas cardíacos) e que muitos apresentam dificuldade com a memória e a visão, há um risco associado ao mau uso dos medicamentos (e.g. superdosagem, infra dosagem, troca de medicamentos, esquecimento da ingestão). Assim, considerando-se a demanda de <i>melhoria incremental</i> de produtos, a oportunidade de ideação consiste em propor ideias que auxiliem os idosos a tomar o remédio certo, na hora certa e na quantidade prescrita.
B	Atividade de movimentação de pacientes acamados foi a atividade apontada por profissionais da saúde como sendo a mais desgastante fisicamente. Atualmente identifica-se a inadequação de mobiliários, a falta de recursos instrumentais, onde os equipamentos para movimentação compreendem basicamente guinchos, e constata-se o posicionamento postural incorreto adotado pelos trabalhadores (ZANON; MARZIALE, 2000). A movimentação de pacientes no leito é responsável por 48% das injúrias sofridas por enfermeiras em serviço (YIP, 2001). Assim, considerando-se a demanda de <i>melhoria incremental</i> de produtos, a oportunidade de ideação consiste em propor ideias que auxiliem os profissionais da saúde a mover pacientes acamados

Quadro 6.3 – Atividades de cada experimento

	Atividade	Tempo	Instrumento de apoio
1	Apresentação da oportunidade de ideação	10 min	Regras do BS e do BW, e contextualização do planejamento (<i>datashow</i>)
2	Separação das equipes	10 min	Geração aleatória das equipes, distribuição das folhas para o registro da estrutura de funções e de ideias
3	Apresentação de um EB	5 min	Orientações para o uso dos EBs e orientações para preenchimento das folhas de registro de ideias
4	Modelagem funcional	5 min	Modelagem funcional da oportunidade - aplicação da técnica FAST conforme orientações da metodologia
5	Sessão de ideação - Experimento A	30 min	Proposição de ideias conforme o método de criatividade
	Sessão de ideação - Experimento B	40 min	
6	Coleta do material	5 min	Coleta das folhas preenchidas na sessão de ideação

Formulário utilizado para o registro das ideias geradas pelas equipes que aplicaram o brainstorming

Formulário utilizado para o registro das ideias geradas pelas equipes que aplicaram o brainwriting

Formulário para Brainstorming:

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
EMC 5302 - Metodologia de Projetos

UFSC

Equipe: _____ data: _____

Descrição da oportunidade de ideação

Idéia	Descrição e representação da ideia	Características da ideia	
		Funções	Atributos
1			
2	<p><i>Uma para andar de montanha, outra para andar de cidade e outra para andar de praia. Que sejam leves e de fácil manuseio, ou com rodas compactas.</i></p> 	Função x Função y	Atributo p Atributo q

Formulário para Brainwriting:

UFSC

Função: _____

Equipe: Ideia 1 Ideia 2 Ideia n

Nome 1

Nome 2

Nome m

Uma para andar de montanha, outra para andar de cidade e outra para andar de praia. Que sejam leves e de fácil manuseio, ou com rodas compactas.

Uma para andar de montanha, outra para andar de cidade e outra para andar de praia. Que sejam leves e de fácil manuseio, ou com rodas compactas.

Orientações para a descrição das ideias geradas

Descrição textual da ideia → *Uma para andar de montanha, outra para andar de cidade e outra para andar de praia. Que sejam leves e de fácil manuseio, ou com rodas compactas.*

Desenho / esboço ilustrativo da ideia → 

Figura 6.2 – Formulários utilizados para o registro das ideias

a explicitação de forma textual das funções e dos atributos apresentados em cada ideia proposta, como se pode visualizar na Figura 6.2, de forma a facilitar a contabilização dessas variáveis.

Tendo disponibilizado os EBs às equipes, iniciou-se a sessão de ideação para proposição de ideias (atividade 4 da metodologia). Alertas foram dados às equipes que aplicaram o *brainwriting* a cada dez minutos, para a troca de formulários.

A avaliação das ideias foi realizada com a colaboração de um pesquisador doutor na área de desenvolvimento de produtos e consistiu na inspeção dos formulários preenchidos pelas equipes na sessão de ideação. A inspeção abrangeu a leitura, identificação e contabilização das três métricas mencionadas, sendo consideradas para isso as informações explicitadas textualmente.

Na subseção a seguir são apresentados os resultados estatísticos obtidos para os dois experimentos realizados.

6.2.3 Resultados dos experimentos

Os dados contabilizados para cada métrica de avaliação, obtidos para os dois experimentos realizados, podem ser visualizados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Dados relativos às ideias geradas pelas equipes nos experimentos A e B

Métrica	Equipes																				
	Exp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Quantidade	A	25	38	45	32	33	21	22	35	27	26	6	11	4	8	6	38	47	26	27	30
	B	32	32	22	29	33	23	28	4	7	8	7	29	30	28	28	17	22	9	7	16
Utilidade	A	9	18	9	14	12	12	11	18	10	15	7	13	11	11	11	17	22	9	7	16
	B	17	11	14	13	14	14	13	4	11	7	7	18	15	11	14	19	27	19	17	22
Novidade	A	9	14	15	11	19	16	12	28	20	22	13	9	10	17	7	19	27	19	17	22
	B	22	11	13	12	22	13	18	9	8	10	7	25	19	19	18					
Legenda		Células destacadas em cinza correspondem a dados do Experimento B																			

Com o objetivo de ilustrar um exemplo de como os dados apresentados na Tabela 6.1 foram obtidos, tem-se a Figura 6.3.

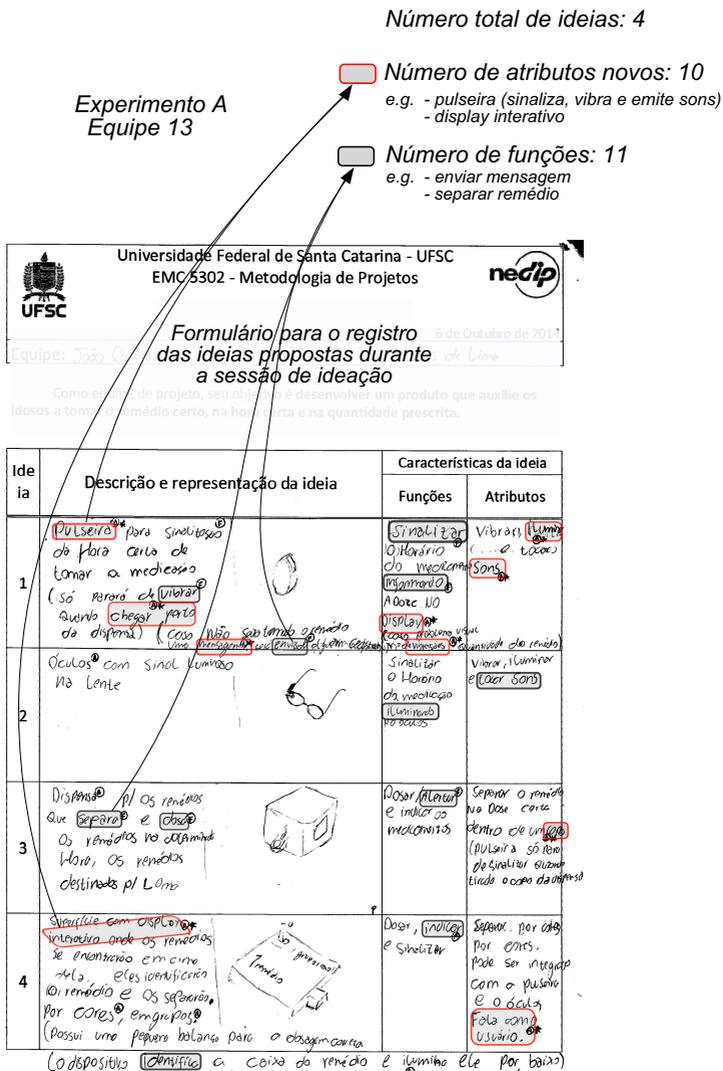


Figura 6.3 – Exemplo de contabilização das métricas utilizadas para análise quantitativa

Como se pode visualizar na Figura 6.3, o formulário analisado corresponde àquele preenchido pela equipe 13 no experimento 'A' (dados destacados na Tabela 6.1). Nesse formulário constam quatro ideias e, conforme a análise do conteúdo textual das mesmas, foram identificadas onze funções (e.g. *enviar mensagem e separar remédio*) e dez atributos novos (e.g. *pulseira para sinalização ... vibra* e apresentar *display interativo*).

De forma a evidenciar as diferenças estatísticas identificadas entre as configurações de métodos de criatividade aplicados e o método proposto na presente pesquisa, são apresentadas nas subseções que seguem as constatações para cada uma das métricas de avaliação.

6.2.3.1 Quantidade de ideias geradas

A primeira métrica de avaliação considerada consiste na comparação entre o número total de ideias geradas pelos diferentes métodos de criatividade aplicados. Ou seja, quanto maior o número de ideias, maior a probabilidade de obtenção de produtos alinhados às demandas de mercado e a estratégia de negócio da empresa.

Nesse sentido, a hipótese nula para os testes estatísticos realizados foi a de que os métodos do BW, estimulado ou não, e BS não diferem entre si em termos de quantidade de ideias geradas. Já, as hipóteses alternativas propostas foram:

- a. O *Brainwriting* (BW) favorece o desenvolvimento de um maior número de ideias comparativamente ao *Brainstorming* (BS) tradicional, sem estímulos;
- b. O BW estimulado (BWe) favorece o desenvolvimento de um maior número de ideias comparativamente ao BS;
- c. O BWe favorece o desenvolvimento de um maior número de ideias comparativamente ao BW tradicional (sem estímulos).

Tomando-se como base os dados apresentados na Tabela 6.1 e utilizando-se dos testes estatísticos aderentes (ver Quadro 4.6, página 105), ou seja, Teste t e Teste U de Mann-Whitney, os resultados estatísticos obtidos para os experimentos A e B² são apresentados na Tabela 6.2.

Como se pode visualizar na Tabela 6.2, comparando-se os métodos listados nas linhas com aqueles identificados nas colunas, nota-se que o desempenho das equipes que aplicaram o *Brainwriting* - BW sem estímulo foi significativamente superior ao das equipes que aplicaram o *Brainstorming* -

²As planilhas de cálculo estatístico para cada uma das métricas de avaliação aplicadas se encontram no CD-ROM anexo à presente tese.

Tabela 6.2 – Resultados estatísticos para o número total de ideias

Métrica	Método	Exp.	P-valores	
			BS	BW
Total de ideias	BW	A	0,00	–
		B	0,00	–
	BWe	A	0,00	0,24
		B	0,00	0,43
Legenda		Células destacadas em cinza correspondem às estatísticas de teste para o experimento B		

BS (ver quarta coluna - p-valores inferiores a 0,1), aceitando-se com 90% de confiança a hipótese alternativa de que o BW favorece o desenvolvimento de um maior número de ideias em sessões de ideação. Essa mesma constatação é realizada quando se compara o desempenho das equipes que utilizaram o BWe comparativamente às equipes que aplicaram o BS.

A diferença entre o BW estimulado ou não e o BS, para o caso da demanda relacionada à *melhoria incremental* (i.e. modelagem funcional com desdobramento em funções parciais), pode ser justificada pelas próprias características desses dois métodos de criatividade testados. Enquanto que o BS está focado na geração coletiva de ideias para uma dada oportunidade de ideação, no caso do experimento representada por uma função, o BW direciona os esforços individuais para a geração de ideias para cada uma das funções parciais identificadas e selecionadas pela equipe como pontos de potencial melhoria que o produto deverá apresentar. De forma a ilustrar tal diferença, tem-se a Figura 6.4.

Como ilustrado na Figura 6.4, cada uma das ideias geradas durante a sessão de ideação orientada pelo BS consistem em si nas propostas de produtos para a oportunidade de ideação (e.g. “*cama com soprador de ar para levantar o paciente ...*”). Já, em sessões de ideação orientadas pelo BW, como o caso apresentado na figura em que a equipe dispôs dos EBs com estímulo, cada ideia gerada se reporta a uma dada função parcial (e.g. ideia de “*... cama é inflável ... colchão é esvaziado e o paciente fica em cima da maca*”, gerada para a função *acoplar sistema ao paciente*). Assim, ao se comparar o BW estimulado ou não ao BS tem-se que, além do maior número de ideias, as ideias geradas em sessões de BW apresentam maior detalhamento comparativamente àquelas decorrentes do BS, fatores que contribuem para demandas relacionadas a *melhoria incremental* de produtos.

Ainda, por meio dos resultados estatísticos obtidos, identifica-se que não houve diferença significativa entre o número de ideias geradas por equipes que aplicaram o BW tradicional e o estimulado pelos EBs (ver quinta coluna da Tabela 6.2), não sendo possível afirmar que os Estimuladores Biológicos

Formulários para registro das ideias propostas durante a sessão de ideação

Oportunidade de ideação: propor ideias de produtos que auxiliem os profissionais de saúde a mover pacientes acamados

Descrição das ideias propostas pelas equipes

Equipe 12 - Experimento B (brainwriting estimulado pelos EBs)

Equipe 10 - Experimento B (brainstorming)

Equipe 10 - Experimento B (brainstorming)

Uma única ideia corresponde a ideia de produto

Uma cama 44 com suporte de ar para levantar o paciente como mesa de Airhockey.

Sistema de grandes e pequenas, fixas ou não? de paciente que ajudam a saúde por grandes

Levar no tipo rede, fixa, sistema e paciente enquanto o tipo da cama e levantado o rapidamente

Ideia:
"Cama com soprador de ar para levantar o paciente como mesa de Airhockey"

Equipe 12 - Experimento B (brainwriting estimulado pelos EBs)

Uma cama 44 ajustável, embudo de coladas há uma moça. O colado é ajustado e o paciente fica em cima da moça.

Um de lençóis especiais que minimizam o atrito entre a cama e o paciente.

Uma cama que se adapte ao paciente e possa se deslocar lateral

Combinação de ideias por função parcial compõe a ideia de produto

Função parcial: Acoplar sistema ao paciente

Função parcial: Extrair paciente do leito

Função parcial: Posicionar paciente na posição desejada

Figura 6.4 – Exemplo de diferença na descrição das ideias entre o BS e o BW

contribuíram para a obtenção de um maior número de ideias quando utilizados em sessões de ideação orientadas pelo BW.

6.2.3.2 Utilidade das ideias geradas

Na presente seção as ideias geradas nos experimentos A e B foram avaliadas em termos das funções por elas abrangidas. Conforme a métrica ‘Utilidade’, quando maior o número de funções apresentadas pelo conjunto de ideias geradas, maior sua utilidade.

Para a hipótese nula de pesquisa considerou-se que os métodos do BW, estimulado ou não, e BS não se diferenciam em termos de contribuição para o desenvolvimento de um conjunto de ideias que apresente um maior número de funções. Como hipóteses alternativas, considerou-se:

- a. O BW favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias mais úteis comparativamente ao BS;
- b. O BWe favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias mais úteis comparativamente ao BS;
- c. O BWe favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias mais úteis comparativamente ao BW.

Os resultados das análises estatísticas realizadas para a utilidade das ideias geradas nos experimentos (Tabela 6.1), são apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Resultados estatísticos para a utilidade das ideias geradas

Métrica	Método	Exp.	P-valores	
			BS	BW
Utilidade	BW	A	0,88	–
		B	0,00	–
	BWe	A	0,14	0,29
		B	0,01	0,29
Legenda		Células destacadas em cinza correspondem às estatísticas de teste para o experimento B		

Como se pode visualizar na Tabela 6.3, apenas no experimento B as ideias geradas por meio da aplicação do BW e do BWe apresentaram um número significativamente maior de funções comparativamente às ideias geradas por meio do BS (ver quarta coluna - p-valores inferiores a 0,1). De forma a ilustrar tal diferença entre o número de funções apresentadas pelo conjunto de ideias, tem-se a Figura 6.5.

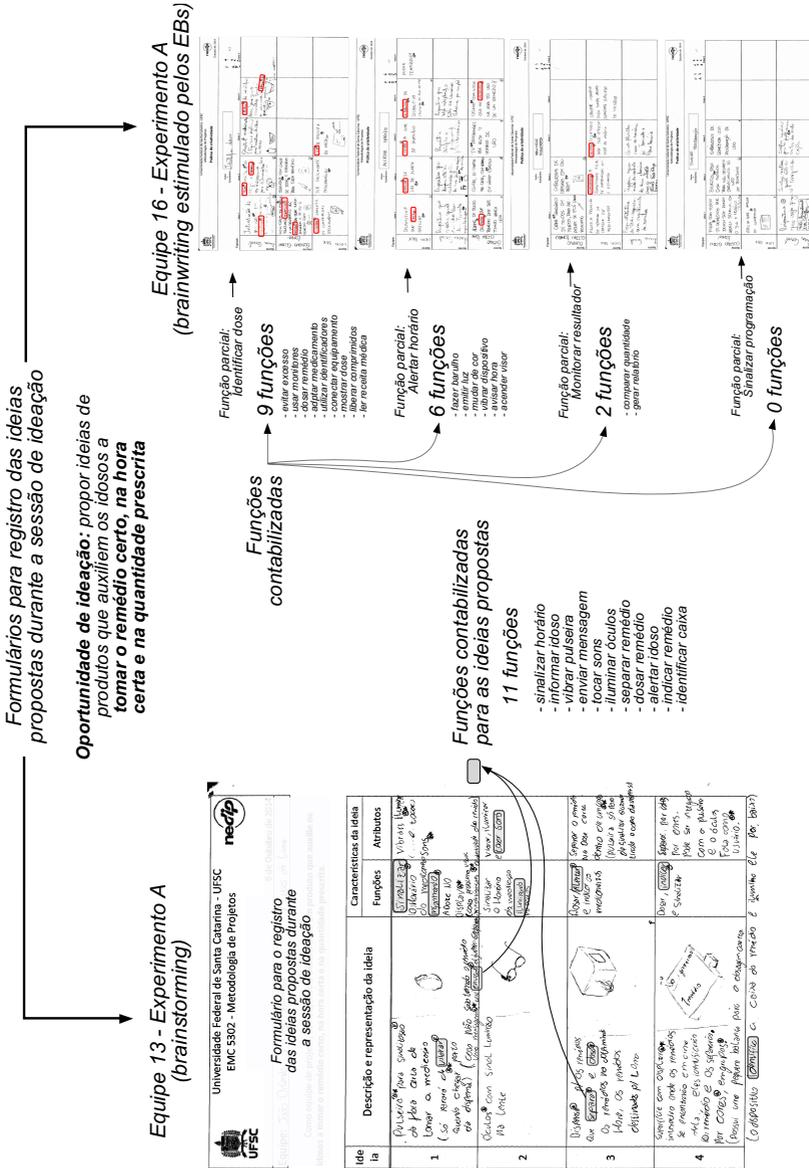


Figura 6.5 – Exemplo da diferença na utilidade do conjunto de ideias geradas durante o BS e o BW

Como ilustrado na Figura 6.5, considerando-se os formulários de registro de ideias gerados pelas equipes 13 e 16 durante o experimento A, pode-se constatar que o número de funções não repetidas apresentadas pelo conjunto de ideias geradas durante a sessão de ideação orientada pelo BS foi de 11 funções (e.g. *sinalizar idoso, vibrar pulseira*). Já, ao contabilizar o número de funções apresentadas pelo conjunto de ideias geradas durante a sessão de ideação orientada pelo BW e estimulada pelo EBs, ou seja, soma das funções não repetidas apresentadas pelas ideias geradas para cada uma das funções parciais, foram identificadas 17 funções.

No que tange a utilidade das ideias geradas no experimento A por meio do BWe, identifica-se que a estatística de teste (p -valor = 0,14) tende ao limiar de rejeição da hipótese nula (i.e. p -valor inferior a 0,1). Assim, testes adicionais são necessários para permitir a afirmação de que a aplicação do BWe tende a contribuir para a geração de um conjunto de ideias mais úteis, comparativamente à aplicação do BS.

Na Tabela 6.3 pode-se identificar ainda que, em ambos experimentos, não foi identificada diferença significativa na utilidade das ideias geradas por meio da aplicação do BW e do BWe, não sendo possível afirmar que os EBs contribuem para o desenvolvimento de um conjunto de ideias mais úteis.

Assim, por meio dos resultados obtido e das considerações apresentadas, para o contexto da aplicação apresentada foram identificados indícios de que os EBs tendem a contribuir para a proposição de um conjunto de ideias mais úteis comparativamente ao BS tradicional.

6.2.3.3 Novidade das ideias geradas

A métrica ‘Novidade’ consiste na avaliação dos atributos novos apresentados pelas ideias geradas. Ou seja, atributos que até o presente momento não tenham sido aplicados ou identificados em produtos relacionados à oportunidade de ideação. Por estar relacionada à novidade do atributo, essa análise deve levar em consideração produtos similares (i.e. levar em consideração o *Benchmarking* e as informações relativas ao estado-da-arte dos produtos destinados à mesma finalidade), e deve ser realizada por especialistas no assunto.

Para a presente métrica a hipótese nula para os testes estatísticos é a de que os métodos do BW, estimulado ou não, e BS não se diferenciam entre si no que concerne à geração de um conjunto de ideias que apresente um maior número de atributos novos. Como hipóteses alternativas têm-se:

- a. O BW favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias que apresente um maior número de atributos novos comparativamente ao BS;

- b. O BWe favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias que apresente um maior número de atributos novos comparativamente ao BS;
- c. O BWe favorece o desenvolvimento de um conjunto de ideias que apresente um maior número de atributos novos comparativamente ao BW.

Na Tabela 6.4 são apresentados os resultados das análises estatísticas relativos à métrica ‘Novidade’ para o conjunto de ideias geradas nos dois experimentos realizados.

Tabela 6.4 – Resultados estatísticos para a novidade das ideias geradas

Métrica	Método	Exp.	P-valores	
			BS	BW
Novidade	BW	A	0,04	–
		B	0,00	–
	BWe	A	0,00	0,08
		B	0,01	0,09
Legenda		Células destacadas em cinza correspondem às estatísticas de teste para o experimento B		

Como se pode visualizar na Tabela 6.4, para ambos experimentos, foi constatada uma diferença significativa no número de atributos novos apresentados pelo conjunto de ideias geradas por meio da aplicação do BW tradicional e estimulado comparativamente à aplicação do BS (ver quarta coluna - p-valores inferiores a 0,1). De forma a ilustrar tal diferença entre o número de atributos novos apresentados pelo conjunto de ideias geradas, tem-se a Figura 6.6.

Como ilustrado na Figura 6.6, considerando-se os formulários de registro de ideias gerados pelas equipes 13 e 16 durante o experimento A, pode-se constatar que dez atributos novos (e.g. *mensagem de alerta para conhecidos*, *vibrações para indicar a dose*) foram identificados no conjunto de ideias geradas durante a sessão de ideação orientada pelo BS. Já, ao contabilizar o número de atributos novos apresentados pelo conjunto de ideias resultantes do BWe, foram identificados de 19 atributos novos (e.g. *seringa com limite de dose*, *embalagem com contagem de comprimidos*).

Nesse sentido, entende-se que o BW estimulado ou não, diferentemente do BS, favorece o desenvolvimento de ideias com atributos novos, por direcionar a atenção dos membros da equipe a dadas funções parciais do produto. Ou seja, a subsistemas que apresentam potencial de *melhoria*.

No que tange a comparação entre o BW e o BWe, identificou-se para os dois experimentos uma diferença significativa em termos do número de atributos novos apresentados pelo conjunto de ideias geradas pelas equipes. Como se pode visualizar na quinta coluna da Tabela 6.4 (p-valores inferiores a 0,1), aceita-se a hipótese alternativa de que o BWe favorece a geração de um

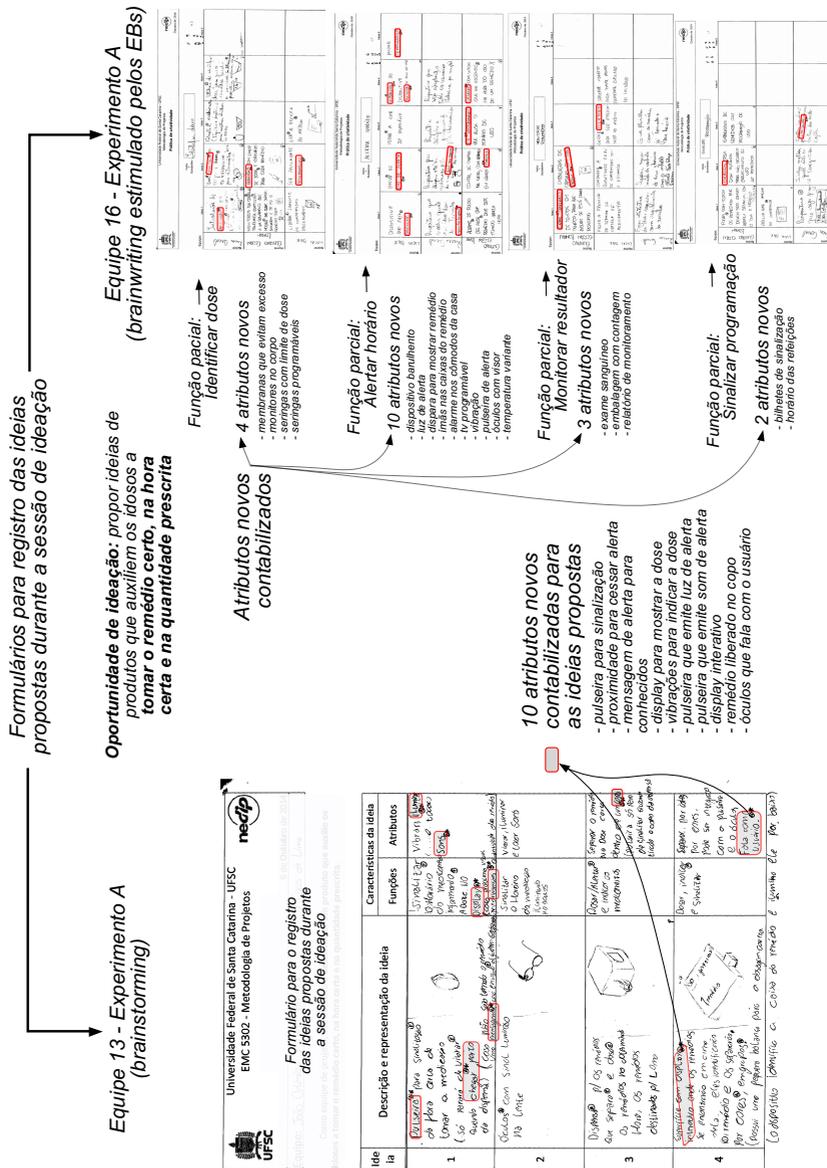


Figura 6.6 – Exemplo da diferença na novidade do conjunto de ideias geradas durante o BS e o BWe

conjunto de ideias com um maior número de atributos novos comparativamente à aplicação do BW sem os EBs. Entende-se que esse resultado decorra da adaptação e/ou aplicação de princípios e conceitos biológicos apresentados pelos EBs, relacionados à características diferenciam os SB entre si e os tornam aptos ao meio.

Assim, por meio dos testes de hipótese para a métrica ‘Novidade’, conclui-se que a utilização dos EBs favorece a ideação de um conjunto de ideias com maior novidade.

6.2.4 Considerações gerais sobre a avaliação quantitativa

Para as oportunidades de ideação propostas, identificou-se que as sessões de ideação orientadas pelo BW, estimulado ou não, favoreceram de forma significativa a proposição de mais ideias e de um conjunto de ideias com maior novidade. Nesse sentido, considera-se que, apesar de o *brainstorming* ser um dos métodos de criatividade mais utilizados, sessões de ideação orientadas pelo *brainwriting* se apresentam mais eficazes para o planejamento de produtos. A maior quantidade de ideias representa uma maior gama de opções para o planejamento de novos produtos e um conjunto de ideias com maior novidade favorece a diferenciação de produtos concorrentes e a introdução de novos produtos no mercado.

Ainda, ao se introduzir os EBs como estímulo à criatividade em sessões de BW, conforme a proposta da metodologia avaliada, observou-se um aumento significativo na novidade do conjunto de ideias geradas. Dessa forma, a configuração de sessão de ideação proposta pela metodologia é, dentre as demais avaliadas, a mais adequada e de maior contribuição para o planejamento de produtos.

Assim, por meio dos resultados da avaliação quantitativa realizada, considera-se que a metodologia proposta cumpre seu objetivo, i.e. facilitar a aplicação de informações biológicas na ideação de ideias para o planejamento de novos produtos.

6.3 AVALIAÇÃO QUALITATIVA

6.3.1 Delimitação do escopo para a avaliação qualitativa

Para a avaliação qualitativa da metodologia recorreu-se à opinião de especialistas em desenvolvimento de produtos. Nesse sentido, duas aplicações

práticas foram realizadas de forma a verificar a adequação das atividades e do auxílio dos EBs para a ideação de novos produtos.

Diferentemente da avaliação quantitativa, aqui os especialistas foram capacitados para a aplicação das três últimas atividades da metodologia proposta (i.e. priorização dos EBs, ideação propriamente dita e mapeamento das ideias geradas). A capacitação consistiu na apresentação das atividades, assim como explanadas no Capítulo 5.

No que tange às duas atividades iniciais, essas foram preparadas pelo pesquisador, de forma a delimitar e fornecer aos participantes a oportunidade de ideação e o modelo funcional da mesma. Visto que a metodologia proposta apresenta duas variações de modelagem conforme a demanda da empresa (*melhoria incremental* ou *novidade* - ver Seção 5.2.2), cada aplicação prática foi direcionada para uma das variações propostas.

De forma a melhor detalhar os materiais e métodos utilizados para a avaliação qualitativa, é apresentada a seção seguinte.

6.3.2 Materiais e métodos para a avaliação qualitativa

Nessa avaliação três formas de coleta de dados foram utilizadas: a observação, entrevistas e documentos (CRESWELL, 2009; MARCONI; LAKATOS, 2011). A observação ocorreu durante toda a aplicação prática, sem a interferência do pesquisador na mesma (observação não participante), de forma a verificar o comportamento dos participantes na aplicação das ferramentas e na interpretação das orientações propostas. Durante a observação foram realizadas anotações sobre os diálogos dos participantes, sobre a explicitação de informações (e.g. ideias descritas textualmente ou representadas em um quadro branco disponível no ambiente de ideação) e sobre a forma como os mesmos conduziram a aplicação da metodologia (MARCONI; LAKATOS, 2011). Tal observação teve por objetivo contribuir para o maior entendimento da aplicação e para a posterior interpretação dos resultados da prática.

No caso das entrevistas, essas foram realizadas presencialmente com cada um dos participantes, onde os mesmos foram questionados de forma não estruturada quanto à sua opinião sobre a metodologia em relação às necessidades consideradas e anteriormente mencionadas. No que concerne aos documentos, durante a aplicação foram realizados registros fotográficos e de áudio da aplicação prática, assim como foram coletados os formulários para registro das ideias e papéis de apoio utilizados pelos participantes.

A organização das atividades para as aplicações práticas com especialistas se deu conforme apresentado no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Atividades para a aplicação prática

	Atividade	Tempo	Instrumento de apoio
1	Apresentação da metodologia	10 min	Apresentação e exemplificação das atividades (<i>datashow</i>)
2	Apresentação de um EB	5 min	Apresentação dos campos de informação de um EB e das orientações para o uso durante a sessão de ideação
3	Apresentação da oportunidade de ideação e de sua modelagem funcional	5 min	Contextualização da oportunidade de ideação, apresentação de sua modelagem funcional e de um mapa tecnológico hipotético
4	Aplicação prática	60 min	Realização das atividades e uso das ferramentas propostas pela metodologia
5	Coleta do material e entrevistas	30 min	Coleta dos documentos e realização das entrevistas com cada participante

Como se pode visualizar no Quadro 6.4, em cada uma das aplicações práticas foi proposta e contextualizada uma oportunidade de ideação. Como forma de auxílio a tal contextualização, um mapa tecnológico hipotético e parcial elaborado pelo pesquisador³, com informações das camadas *Mercado*, *Negócio* e *Produto*, foi disponibilizado aos participantes.

Para facilitar a identificação das ideias geradas com o auxílio dos EBs, foi solicitado aos participantes que indicassem nos formulário de registro das ideias aquelas que tiveram contribuição de conteúdos biológicos.

Nas seções que seguem são apresentadas as duas aplicações práticas realizadas. Em cada qual é delimitada a equipe de especialistas participantes, bem como a contextualização da oportunidade de ideação proposta, a aplicação prática em si e as opiniões dos participantes sobre a metodologia proposta.

6.3.3 Aplicação 1: Planejamento de produtos para a demanda de melhoria incremental

A equipe de planejamento formada para essa aplicação foi composta por seis integrantes, sendo cinco especialistas em desenvolvimento de produtos e um graduando em Engenharia Mecânica. De forma a identificar os integrantes e apresentar seus perfis, tem-se o Quadro 6.5. Nesse quadro os participantes são identificados pelas iniciais do nome.

De forma a direcionar a aplicação prática, a oportunidade de ideação proposta, relacionada à demanda *melhoria incremental* de produtos, foi o

³Os mapas tecnológicos hipotéticos e parciais disponibilizados nas aplicações práticas foram elaborados conforme a metodologia proposta por Ibarra (2015).

Quadro 6.5 – Aplicação 1 - Equipe de planejamento

Participantes	Grau de especialização
HAK	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Confiabilidade e Manutenibilidade, atuando principalmente nos seguintes temas: confiabilidade, manutenibilidade, análise de risco e segurança
DPS	Doutor em Engenharia Mecânica pela UFSC. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Blumenau. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Robótica e Biomecânica, sendo revisor de artigos da área.
LB	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Modelagem dinâmica de sistemas automotivos, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem dinâmica, análise estrutural e veículos automotivos
RCL	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Metodologia e Gerenciamento de projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: sistematização e otimização de processos produtivos, prototipagem rápida e metodologias de projeto
GBL	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Manufatura avançada e Projeto de produtos, atuando principalmente nos seguintes temas: manufatura aditiva, simulação numérica e metodologia de projeto
EV	Graduando em Engenharia Mecânica na UFSC. Tem experiência com simulação numérica de esforços estruturais e participou da equipe BAJA durante dois anos, onde realizou projetos de chassis e sistemas de suspensão.

planejamento de produtos destinados à movimentação de pacientes acamados. Na seção seguinte tal oportunidade é contextualizada e melhor apresentada.

6.3.3.1 Aplicação 1 - Contextualização da oportunidade de ideação

A movimentação de pacientes acamados é uma atividade corriqueira desempenhada por enfermeiros em instituições de saúde (e.g. hospitais, ambulatórios e casas de repouso para idosos). Essa movimentação é realizada para diversos fins como por exemplo: o banho no leito, o reposicionamento do paciente, a troca de curativos e a aplicação de medicamentos para evitar o desenvolvimento de úlceras de pressão⁴.

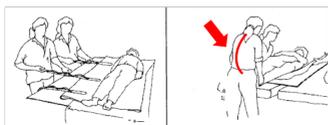
⁴Tipo de ferida relacionada à pressão contínua sobre a pele, que ocasiona a falta de circulação sanguínea e, por consequência, a degeneração do tecido.

Como constatado em diversas pesquisas (CÉLIA; ALEXANDRE, 2004; GALLASCH; ALEXANDRE, 2003; MORRIS, 2007; YIP, 2001; ZANON; MARZIALE, 2000), a movimentação de pacientes acamados, além de apresentar riscos para os pacientes, é uma das principais causas de afastamentos de trabalho entre os enfermeiros, afastamentos esses relacionados a dores e lesões lombares.

No estudo realizado por Yip (2001), cerca de 40% dos enfermeiros entrevistados afirmaram ter dores lombares. Corroborando a essa constatação, na análise ergonômica realizada por Célia e Alexandre (2004), os esforços realizados pelos enfermeiros para a movimentação de pacientes foram considerados elevados conforme a escala de Borg⁵.

Tais esforços realizados pelos enfermeiros, concentrados na região lombar, podem ser mais bem entendidos quando se analisa as posições relativas do enfermeiro e do paciente acamado (ZANON; MARZIALE, 2000), conforme ilustrado na Figura 6.7.

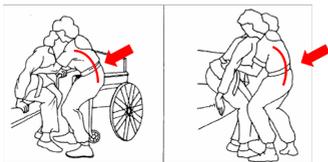
Transferir o paciente do leito para uma maca



Movimentar o paciente, em posição supina, para a cabeceira da cama



Transferir o paciente do leito para uma poltrona ou cadeira de rodas



Movimentar o paciente em posição sentada para a cabeceira da cama



Figura 6.7 – Ilustração das movimentações realizadas por enfermeiros em pacientes acamados

Fonte: adaptado de Alexandre e Rogante (2000)

Como se pode visualizar na Figura 6.7, os enfermeiros necessitam constantemente inclinar seu tronco sobre o leito para segurar o paciente ou o lençol, de forma a facilitar e permiti-los exercer força para as movimentações.

Assim, pode-se identificar que o desenvolvimento e disponibilização de equipamentos de auxílio à movimentação de pacientes é uma necessidade real e imediata. Essa contatação também é sugerida por Rossi et al. (2001). Segundo esses autores “[...] os trabalhadores [...] necessitam urgentemente

⁵Escala ergonômica para a avaliação de esforços relacionados à postura e ao trabalho realizado.

ter à disposição equipamentos auxiliares considerando o grande número de pacientes que dependem parcialmente ou totalmente desses trabalhadores.”

Além da contextualização dessa oportunidade de ideação proposta, um mapa tecnológico hipotético e parcial, ilustrado na Figura 6.8, foi apresentado aos participantes como informação de entrada para a aplicação da metodologia proposta.

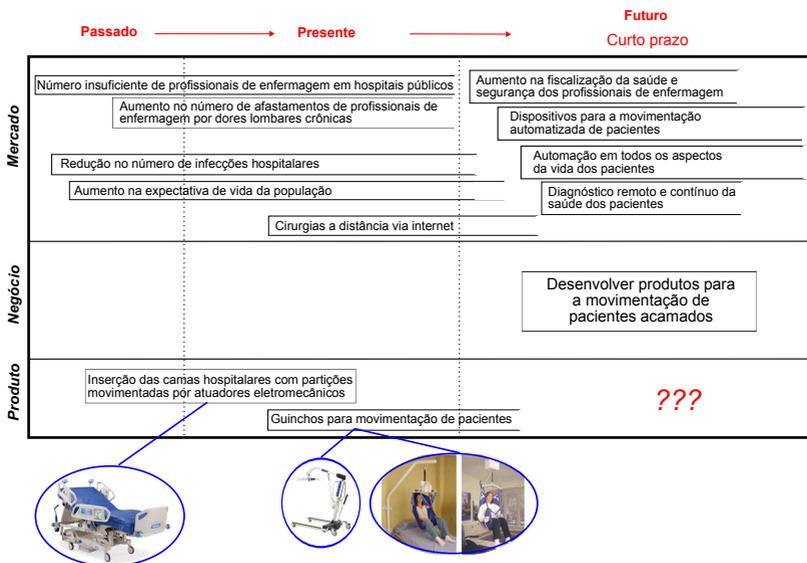


Figura 6.8 – Aplicação 1 - Mapa tecnológico parcial apresentado à equipe

Como se pode visualizar na Figura 6.8, como tendências de mercado influentes no planejamento de novos produtos para movimentação de pacientes acamados identificam-se, além da tendência mundial de envelhecimento da população (aumento da expectativa de vida aliada à redução no número de natalidades), o aumento na fiscalização da saúde e segurança de profissionais de enfermagem, e o aumento da automação de dispositivos de movimentação e monitoramento de pacientes. Como principal estratégia de negócio identifica-se no mapa a necessidade de *Desenvolver produtos para a movimentação de pacientes acamados*. Relativamente aos produtos existentes para tal movimentação foram mapeadas as camas hospitalares com partições movimentadas por atuadores eletromecânicos e os guinchos.

Tendo-se a contextualização da oportunidade de ideação, na seção a seguir é apresentada a aplicação da metodologia por parte dos especialistas.

6.3.3.2 Aplicação 1 - Execução das atividades da metodologia

Como informações de entrada para a aplicação da metodologia os participantes receberam, além do mapa tecnológico parcial previamente apresentado, a oportunidade de ideação que consistiu no *Desenvolver produtos para a movimentação de pacientes acamados* e a modelagem funcional dessa oportunidade, apresentada na Figura 6.9.

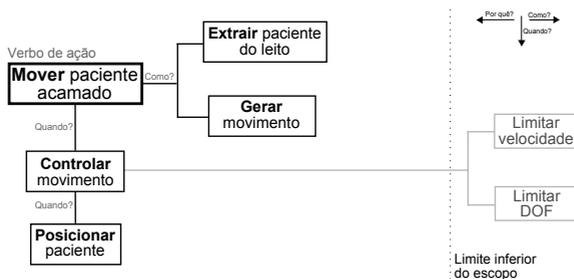


Figura 6.9 – Ilustração do modelo funcional da oportunidade

Como se pode visualizar na Figura 6.9, quatro funções parciais foram desdobradas. Partindo-se da modelagem apresentada, a equipe iniciou a execução da terceira atividade da metodologia, que consiste na priorização dos EBs conforme as tendências de mercado do prazo de planejamento desejado. A matriz de auxílio à priorização preenchida pelos especialistas é apresentada na Figura 6.10.

Após a atribuição dos pesos a equipe obteve como ordem de prioridade de uso dos EBs durante a sessão de ideação os seguintes estimuladores: *Controle, Especialização, Membranas, Adaptabilidade, Estágios, Padrões, Tempo, Ramificação e Fluidos*.

Tendo os EBs priorizados e considerando-se as orientações para utilização dos mesmos a equipe realizou a sessão de ideação (quarta atividade da metodologia). Como apresentado na seção 5.2.4 (ver Figura 5.8, página 135), tendo em vista que o número de participantes é superior ao número de funções parciais consideradas (i.e. seis participantes e quatro funções parciais) e utilizando-se dez minutos para cada rodada de ideação, a sessão de ideação durou 60 minutos. De forma a ilustrar a sessão de BW realizada pelos especialistas, apresenta-se a Figura 6.11.

Matriz elaborada durante a aplicação prática



Transcrição

Estimuladores biológicos	Aumento na expectativa de vida da população						n
	Aumento na expectativa de vida da população	Aumento na fiscalização de saúde e segurados profissionais de enfermagem	Dispositivos para a melhoria de pacientes	Aufomção em todos os aspectos da vida dos pacientes	Capacitar a população a continuar a saúde dos pacientes		
Adaptabilidade	1	1	3	1	1	7	4 ⁶
Controle	1	3	3	3	3	13	1 ⁶
Especialização	0	3	3	3	3	12	2 ⁶
Estágios	0	0	3	1	1	5	5 ⁶
Fluidos	0	0	1	1	0	2	8 ⁶
Padrões	0	1	1	1	1	4	6 ⁶
Ramificação	0	0	1	1	1	3	7 ⁶
Membranas	1	0	3	1	3	8	3 ⁶
Tempo	1	0	1	1	1	4	6 ⁶

Figura 6.10 – Aplicação 1 - Matriz de auxílio à priorização dos EBs



Figura 6.11 – Aplicação 1 - Ilustração da sessão de ideação

De forma a exemplificar algumas das ideias⁶ propostas pela equipe durante a sessão de ideação estimulada pelos EBs, tem-se a Figura 6.12.

A partir do conjunto de ideias registradas nos formulários de ideação, essas foram organizadas pela equipe em uma matriz⁷ de acordo com a função parcial a que correspondem, assim como sugerido pela metodologia, conforme ilustrado na Figura 6.13.

Como se pode visualizar na Figura 6.13, na matriz foram relacionadas as 50 ideias geradas durante a sessão de ideação, organizadas de acordo com

⁶Os formulários de registro das ideias geradas pelos participantes da avaliação se encontram no CD-ROM anexo à tese.

⁷A matriz foi aqui transcrita para facilitar visualização e entendimento do conteúdo.

Nome	Verbo: POSICIONAR	
[Redacted]	ROLOS ESFERAS / ESTRELAS TRANSPARENT.	MONITORAMENTO DE MOVIMENTO / MATERIAL INTELIGENTES
[Redacted]	Atuadores de Sen- sores baseados em coordenadas	Atualmente através de guias
[Redacted]	Rotaciona sob um eixo	Desloca sob ro- linhas
[Redacted]	Robôs por cabos onde cabos vão fixos na roupa do paciente.	Grua acionada com joystick / Grua Robotizada, com controle.

Figura 6.12 – Aplicação 1 - Exemplos de ideias propostas pela equipe

Funções do novo produto

Ideias propostas durante a sessão de ideação

Extrair paciente do leito	Roupa com encaixes	Lencol de alta resistência com ancoragem / alças	Cabos / Fitas	Guincho	Rolletes, rolamentos, esteira transportadora	Colchão pneumático	Cama modular, dobrável	→ A
Gerar movimento	Estrutura móvel / retrátil	Grua com braço telescópico	Juntas com DOF / Encaixes	Rolamentos / Rodas motrizes	Motor em cada DOF	Cama com elevadores	Gravidade / Deslizamento	→ B
Controlar movimento	Acelerômetro / Detecção de movimento	Giroscópio / Orientação / coordenadas	Rigidez / maleabilidade	Extensômetro / dinamômetro / Força / Pressão	Sensores de posição	Encaixes	Microcontrolador / Pulsos elétricos	→ C
Posicionar paciente	Rolos / Esteira transportadora	Esferas / Pequenos elementos que se movem	Manualmente	Guias	Estrutura telescópica / articulada	Grua	Configuração ou mudança das peças / Estágios	→ D

Parte 1

Ideias propostas durante a sessão de ideação

Extrair paciente do leito	Força do enfermeiro	Imã (dispositivo para magnética)	Atuadores eletromecânica pneumáticos, pa	Roupa estruturada moldável	Cama de ar - flutuação pneumática	Sucção ventosas	Robôs reconfiguráveis	Exoesqueleto				
Gerar movimento	Joystick / teclado / botões	Alavanca / contrapeso	Sistema hidráulico	Tecido de baixo atrito	Lubrificação, placas deslizantes (baixo atrito)	Flutuação eletrostática magnética	Impulso elétrico	Exoesqueleto	Esteira, tecido com mudança de rigidez	Materiais de atrito ajustável em camadas		
Controlar movimento	Encaves / Material Moldável											
Posicionar paciente	Ondulação, Movimento peristáltico	Cama de ar flutuação pneumática	Cintas desinfláveis - infláveis									

Parte 2

Legenda:
- Ideias transcritas em vermelho correspondem a ideias indicadas pelos participantes como sendo inspiradas em estímulos biológicos (EBs)

Figura 6.13 – Matriz contendo as ideias propostas para cada uma das funções parciais consideradas

a função parcial a que correspondem. Dessas, 27 ideias foram indicadas pelos participantes como sendo geradas por meio do uso dos Estimuladores Biológicos (ideias destacadas em vermelho).

Tendo-se as ideias para cada função parcial a equipe as combinou para formar ideias de produtos. De acordo com as orientações da metodologia proposta, tal combinação foi realizada conforme a disponibilidade tecnológica para desenvolvimento, favorecendo a proposição de ideias de novos produtos tecnicamente viáveis no curto prazo. A combinação em si foi realizada em conjunto pela equipe, sendo que cada integrante sugeriu quais ideias por função parcial deveriam ser combinadas para formar um produto. De forma a ilustrar as combinações traçadas tem-se a Figura 6.14⁸.

Como se pode visualizar na Figura 6.14, no total foram geradas 17 ideias de produtos para a movimentação de pacientes acamados. De forma a facilitar o entendimento, um breve descritivo das 17 ideias de produtos propostos é apresentado no Apêndice D.

A matriz de ideias resultantes das combinações geradas é apresentada na Figura 6.15.

Tendo as ideias de produtos, a equipe as mapeou na camada *Produto* do mapa tecnológico (quinta atividade da metodologia). Visto que na presente aplicação foi proposta apenas uma estratégia de negócio, a matriz de relação entre ideias de novos produtos e estratégias de negócio não foi aplicada.

Por meio da observação da discussão dos participantes, os mesmos levaram em consideração para a análise de similaridade a presença de ideias repetidas para uma mesma função parcial. Ainda, no que tange à disponibilidade tecnológica, os participantes posicionaram à esquerda do mapa aquelas ideias com maior disponibilidade para implementação. Dessa forma, a camada *Produto* resultante da aplicação é ilustrado na Figura 6.16.

Assim, após o mapeamento das ideias de produtos propostas e de forma a avaliar qualitativamente a metodologia, foram realizadas entrevistas com os participantes, conforme apresentado na seção subsequente.

6.3.3.3 Aplicação 1 - Avaliação dos participantes

A entrevista para avaliação qualitativa da metodologia se deu em caráter individual com cada um dos participantes. Esse procedimento foi realizado de

⁸A matriz de combinações apresentada nessa figura, também presente no CD-ROM anexo à tese, foi traçada pelo pesquisador posteriormente à aplicação prática, com base nas anotações realizadas durante a observação das proposições realizadas pelos participantes durante a aplicação prática. Essa matriz tem por objetivo facilitar o entendimento do leitor em relação às combinações realizadas. No que tange à aplicação prática, com o objetivo de otimizar o tempo, os participantes traçaram diretamente a matriz apresentada na Figura 6.15.

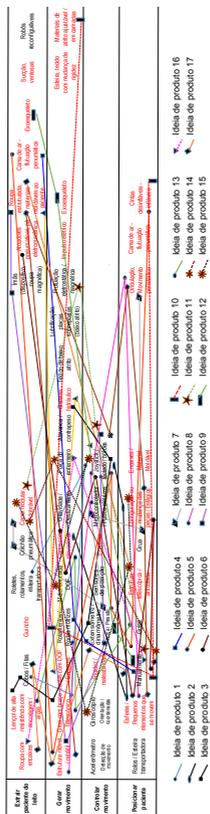


Figura 6.14 – Combinações de ideias por função parcial para a proposição de ideias de novos produtos

forma a permitir a livre expressão da opinião dos mesmos, sem a interferência dos demais, quanto a adequação das atividades, a facilidade de entendimento e de aplicação dos EBs, e quanto ao potencial da metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos.

A avaliação de cada um dos participantes, registrada de forma textual pelo pesquisador durante a entrevista, é apresentada no Quadro 6.6.

Como se pode identificar nas avaliações dos participantes, há um consenso de que a metodologia contribuiu para o processo de ideação, favorecendo a geração de ideias de produtos. Ainda, nota-se nas avaliações diferentes percepções em relação às informações biológicas apresentadas como estímulos. Dois participantes ressaltaram a contribuição dada pelas imagens (participan-

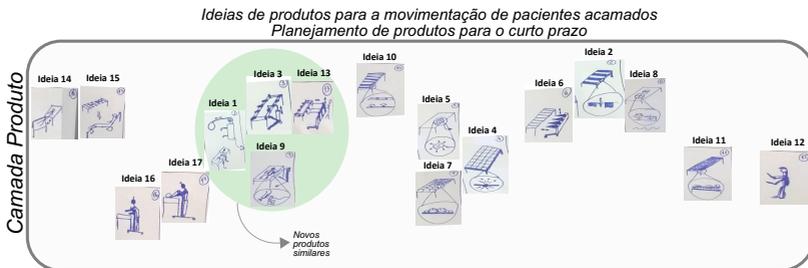


Figura 6.16 – Aplicação 1 - Mapeamento das ideias de produtos resultantes da aplicação da metodologia

das mesmas, ao processo criativo. Essa contatação é suportada principalmente pelos pareceres dos participantes DPS, LB e GBL, que evidenciaram a facilidade na aplicação da metodologia pela simplicidade e lógica de encadeamento das atividades propostas, e pelas orientações de uso dos EBs, que possibilitam a redução de barreiras à criatividade.

Tendo-se os pareceres dos participantes da aplicação da metodologia de apoio ao planejamento conforme a demanda de *melhoria incremental*, foi então realizada a segunda aplicação, destinada à avaliação qualitativa da metodologia proposta conforme a demanda de *novidade*, como apresentada na próxima seção.

6.3.4 Aplicação 2: Planejamento de produtos para a demanda de novidade

A equipe de planejamento formada para a aplicação da metodologia nessa segunda aplicação foi composta por três integrantes, sendo dois especialistas em desenvolvimento de produtos e uma designer de produtos. No Quadro 6.7 são identificados os participantes, bem como seus respectivos perfis.

É importante apontar a participação do membro GBL, que também participou da primeira aplicação. Sua participação foi considerada relevante para possibilitar a avaliação da metodologia para as duas oportunidades de ideação por um mesmo usuário especialista.

Nessa aplicação a oportunidade de ideação proposta foi o planejamento de novos produtos, com a demanda de novidade, destinados ao banho de idosos no leito, conforme a contextualização apresentada na seção subsequente.

Quadro 6.6 – Aplicação 1 - Avaliação dos participantes em relação à metodologia proposta

Participante	Avaliação
HAK	<i>“A metodologia funciona e contribui conforme o esperado. Apenas acredito que pessoas que ainda não conheçam o Brainwrinting possam necessitar de mais tempo para se adequar ao conteúdo e à dinâmica de ideação. As informações biológicas ajudaram, pois a Biologia é uma área que não levamos em consideração pois trabalhamos com mecânica, não conhecíamos outros princípios de solução. Gostei da sessão de Brainwrinting estimulada [...] me auxiliou a vencer a saturação de ideias com os estímulos variados [...]”</i>
DPS	<i>“A metodologia agilizou o processo de geração de ideias, pois o tempo que você precisaria [...] o esforço para identificar soluções e para as associações é poupado pelos cartões. Tanto as imagens quando os textos foram muito práticos, mas por serem mais intuitivas as imagens foram mais rápidas [...] as atividades propostas pela metodologia catalisam o processo de raciocínio e associações de ideias, criei conceitos muito rapidamente [...] me auxiliou a vencer a inércia e a fixação funcional principalmente no início do processo”</i>
LB	<i>“A metodologia ajudou bastante na ideação, acho que o que mais me ajudou foram as palavras-chave. Percebi que as informações dos cartões se encaixam bem com a proposta [oportunidade de ideação] definida [...] O mais complicado foram as primeiras ideias, depois flui bem. A sequência de atividade é muito boa e simples, foi isso que mais gostei [...] um guia para o desenvolvimento de ideias, pois o Brainstorming direto, como sempre uso, dispersa muito”</i>
RCL	<i>“Acho que a metodologia ajudou sim [...] percebi realmente o potencial dos Estimuladores Biológicos quando estava esgotado de ideias. Particularmente senti dificuldade em ter tempo para absorver os conteúdos dos cartões e ter ideias criativas dentro do tempo reduzido das rodadas de Brainwrinting, quando eu estava começando a fazer conexões com as dicas que os Estimuladores fornecem e o problema, já tinha que passar a folha adiante [...] Os cartões foram fáceis de entender, me baseei principalmente nas informações escritas”</i>
GBL	<i>“As imagens tornaram os Estimuladores fáceis de usar e comprova-se a eficácia do estímulo visual durante a geração de ideias [...] a metodologia vai além da saturação natural de ideias, notei isso. Acho importante introduzir conhecimentos da biologia na engenharia, o que mais gostei foi isso, ter um conhecimento preciso e aplicável ao projeto na hora necessária, e com um conjunto de atividades bastante simples”</i>
EV	<i>“A metodologia foi fácil de ser aplicada e conduzida, pois as atividades estavam claras e as ferramentas foram muito fáceis de usar. Apenas tive trabalho para ler as ideias, mas após o mapeamento percebi o quando isso foi importante. Acredito que todas as propostas geradas podem muito bem ser aplicadas, o que mostra a eficácia da proposta”</i>

6.3.4.1 Aplicação 2 - Contextualização da oportunidade de ideação

Identifica-se uma tendência mundial no envelhecimento da população devido ao aumento da expectativa de vida e a redução na taxa de natalidade.

Quadro 6.7 – Aplicação 2 - Equipe de planejamento

Participantes	Grau de especialização
GBL	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Manufatura avançada e Projeto de produtos, atuando principalmente nos seguintes temas: manufatura aditiva, simulação numérica e metodologia de projeto
LMM	Possui mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto de Sistemas Mecânicos pela UFSC. Foi cooperante internacional pela CAPES no Programa de Qualificação de Docente no Timor-Leste, realizando atividades principalmente no departamento de Engenharia Mecânica e no departamento de Matemática da Universidade Nacional de Timor-Leste. Tem experiência nas áreas de Projetos mecânicos, Projeto de caldeiraria e Usinagem. Atualmente é professor de Elementos de Máquinas no SENAI-SC
IS	Mestranda em Design para os Fatores Humanos pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Graduada em Design Industrial, tem experiência na área de Design Industrial e Gráfico, em Metodologia de projetos e Projeto de produtos, atuando principalmente nos temas: Interfaces e Interações Físicas.

Essa tendência impacta diretamente o setor público e privado de saúde, visto que o custo de tratamentos per capita de um idoso chega a ser de três a cinco vezes maior do que de um indivíduo na faixa etária economicamente ativa (CARNEIRO et al., 2013).

Além disso, o envelhecimento é caracterizado pela redução progressiva da mobilidade e restrição nos movimentos dos indivíduos, ocasionando na necessidade de realização de certos procedimentos no leito, como o caso do banho no leito (MARTINS, 2009).

O banho no leito se destina não somente à higienização do indivíduo, mas também à estimulação da circulação e ao tratamento da pele. Esse banho requer atenção do profissional de enfermagem ou do cuidador visto as possíveis restrições de movimento dos idosos e a necessidade de higienização e secagem de toda a superfície da pele, em função dos riscos associados à infecções e lesões por contato (sujidades e umidade nas dobras).

Tendo em vista o envelhecimento da população e os custos de saúde envolvidos, que tendem a incorrer na superlotação das instituições de saúde, estima-se que os idosos tenderão a ser atendidos e/ou assistidos em seus próprios domicílios (DAVIS et al., 2005), reduzindo a necessidade de deslocamentos às instituições.

Como fatores sociais influentes no médio e longo prazo, não somente para o setor de saúde, identifica-se a necessidade de redução no consumo de água (i.e. racionalização de processos, redução no desperdício) e a tendência no aumento da conectividade e interatividade de dispositivos e equipamentos,

possibilitando o monitoramento e comunicação contínua de dados (DAVIS et al., 2005).

Levando-se em consideração informações apresentadas, o mapa tecnológico parcial ilustrado na Figura 6.17 foi apresentado à equipe de planejamento.



Figura 6.17 – Aplicação 2 - Mapa tecnológico parcial apresentado à equipe

Como se pode visualizar na Figura 6.17, na camada *Mercado* quatro tendências foram apresentadas à equipe de planejamento. Dentre as tendências identifica-se o envelhecimento da população, a assistência médica e de saúde à domicílio (i.e. idosos deixam de ir aos estabelecimentos de saúde e passam a ser cuidados na própria residência, por cuidadores, por exemplo), a conectividade dos dispositivos e equipamentos de uso diário (i.e. possibilidade de acompanhamento contínuo dos sinais vitais e de parâmetros de saúde por sistemas inteligentes e por médicos) e a tendência de redução no consumo de água (recurso que tende a se tornar escasso na forma potável). Além das tendências de mercado, duas estratégias de negócio podem ser visualizadas na camada *Negócio*, sendo elas a necessidade do *Desenvolvimento de novos produtos para idosos* e do *Desenvolvimento de novos produtos para o banho no leito*.

Na camada *Produto* quatro produtos existentes destinados ao auxílio ou à realização do banho no leito foram apresentados. Um desses produtos

é o colchão impermeável, que apenas impede que o leito fique úmido após a realização do banho. Outro produto é o lençol ou forro impermeável se diferencia do colchão pela possibilidade de se adaptar à forma de uma banheira ou piscina, permitindo o uso de mais água para o banho. Já, o suporte com chuveiro é, normalmente, utilizado em instituições de cuidado aos idosos. O produto mais recente apresentado consiste em uma banheira automatizada que possibilita a regulação da temperatura e da troca de água. Contudo, requer que o idoso se locomova ou seja posicionado dentro da mesma, dificultando o procedimento.

Tendo-se a contextualização da oportunidade de ideação, a seguir é apresentada a aplicação da metodologia por parte dos especialistas.

6.3.4.2 Aplicação 2 - Execução das atividades da metodologia

Nessa aplicação os participantes receberam como informação de entrada o mapa tecnológico parcial previamente apresentado e a função básica ***higienizar idoso acamado*** a ser satisfeita. Aqui, a demanda apresentada aos participantes está relacionada à ideação de novos produtos no longo prazo para o *banho no leito de idosos acamados*. Ou seja, demanda relacionada à *novidade* de produtos.

Considerando-se as informações apresentadas, a equipe iniciou a priorização dos EBs conforme as tendências de mercado do período de planejamento desejado. No caso, as tendências do longo prazo (terceira atividade da metodologia). A matriz de auxílio à priorização resultante é apresentada na Figura 6.18.

Para cada um dos cruzamentos da matriz ilustrada (Figura 6.18), após a realização do questionamento sugerido pela metodologia e considerando-se a oportunidade de ideação, a equipe atribuiu os pesos que correspondem à relação entre os conceitos dos EBs e as tendências de mercado. Como exemplo de relação tem-se: “Qual a relação entre o conceito do EB *Ramificação*⁹ e a *assistência médica e de saúde à domicílio*?”. Nesse caso a equipe atribuiu o peso 3¹⁰, correspondente a uma relação forte.

Após a definição das relações (Figura 6.18) a ordem de prioridade obtida pela equipe para o uso dos EBs durante a sessão de ideação foi: *Flui-*

⁹Sistemas biológicos apresentam ramificações para formar estruturas complexas a partir de partes menores (subunidades) e mais simples, e para propagar material ou informação de forma mais rápida e eficiente. (ver página 93)

¹⁰Conforme a observação da equipe quanto a essa relação, os participantes discutiram a possibilidade de que para ser possível realizar assistências à domicílio, no caso o banho de leito, os novos produtos devem permitir a montagem e o uso em espaços possivelmente restritos. Assim, os produtos poderiam ser compostos por partes (subunidades) que podem ser montadas *in loco*.

Durante a sessão de ideação foi observado que os participantes utilizaram principalmente os cinco EBs de maior prioridade. Aqui, foi observado que durante as rodadas de ideação, após a leitura das ideias presentes nos formulários de registro repassados, os participantes registravam as ideias geradas por meio do estímulo causado pelas outras ideias propostas. Após, os participantes recorreram sistematicamente aos EBs e, por meio da interpretação dos conteúdos biológicos, novas ideias eram registradas nos formulários. Tal comportamento possui relação com a contribuição dos EBs em mitigar barreiras à criatividade. De forma a ilustrar um dos formulário de registro e exemplificar algumas das ideias propostas pela equipe tem-se a Figura 6.20. Os demais formulários se encontram no CD-ROM anexo à tese.

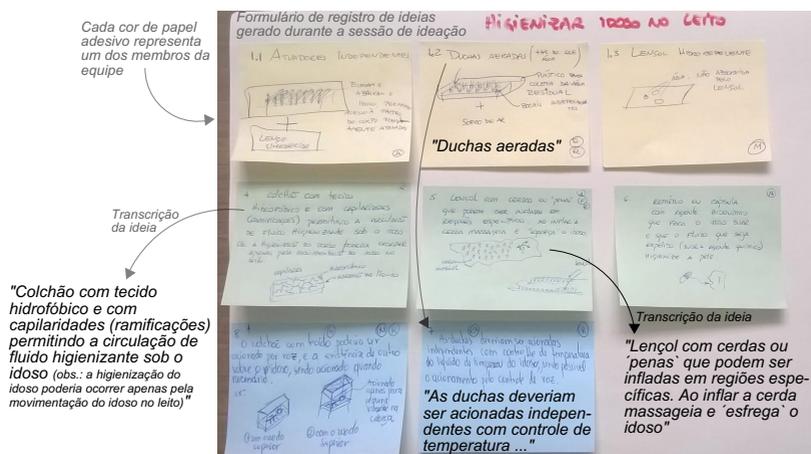


Figura 6.20 – Aplicação 2 - Exemplos de ideias propostas pela equipe

Como se pode visualizar na Figura 6.20, nessa aplicação prática as ideias propostas foram registradas em papéis adesivos, sendo que cada membro da equipe utilizou uma cor diferenciada, assim como sugerido na metodologia. Dos exemplos apresentados uma das ideias foi transcrita com o objetivo de evidenciar a contribuição dos conteúdos dos EBs como fonte de inspiração. De forma a apresentar o *insight* dessa ideia o participante proponente foi questionado posteriormente à sessão de ideação¹¹.

A ideia evidenciada à esquerda da Figura 6.20 foi gerada com o auxílio dos EBs *Ramificação* e *Fluidos*. Por meio da aplicação dos questionamentos

¹¹ Durante a realização da entrevista relativa à avaliação dos participantes sobre a metodologia proposta, solicitou-se ao participante que o mesmo explicasse como os EBs foram utilizados para a proposição da ideia, sendo o relato, registrados de forma textual pelo pesquisador, aqui apresentado

proposto pela metodologia aplicados aos princípios desses EBs (*Como os princípios do EB Fluidos podem ser aplicados para a higienização de idosos acamados?*) foi realizada a associação entre o leito, o princípio *transportar materiais - capilaridade* do EB *Ramificação*¹² e o princípio *estrutura porosa - cavidades* do EBs *Fluidos*¹³. Assim, a ideia de novo produto para higienização proposta, ilustrada na Figura 6.21, foi a de um colchão revestido por um tecido hidrofóbico e com capilaridades (i.e. pequenos canais/cavidades no colchão) que permitem a circulação de fluidos sob o corpo do idoso, reduzindo a necessidade de movimentação do mesmo.

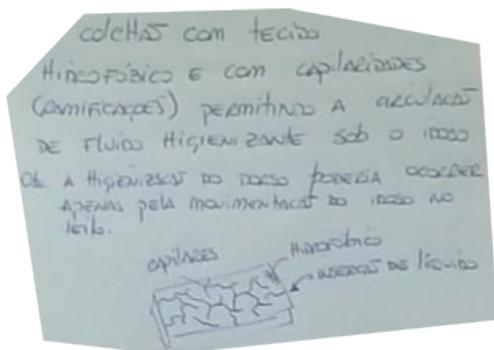


Figura 6.21 – Esboço da ideia do colchão revestido por tecido com capilaridades

Além dessas ideias, na Figura 6.20 foi evidenciada também a proposição de ideias a partir de outras propostas nas rodadas anteriores da sessão de ideação. No caso, na primeira rodada (i.e. primeira linha de ideias do formulário de registro, descritas nos papéis adesivos amarelos) foi proposta a ideias de “*Duchas aeradas*”. Já, na terceira rodada (i.e. terceira linha de ideias do formulário de registro, descritas nos papéis adesivos azuis), baseada na ideia das duchas, foi proposto que “*as duchas deveriam ser acionadas independentes com controle de temperatura*”.

Após a sessão de ideação a equipe iniciou a quinta atividade da metodologia proposta. Para isso, primeiramente, foram identificadas as ideias similares, por meio da leitura das descrições realizadas pelos participantes, de forma a mantê-las agrupadas no mapa tecnológico. Observou-se que tal identificação de similaridade foi realizada em consenso pelos participantes, após dialogarem sobre cada ideia proposta.

¹²ver Figura C.7, página 224.

¹³ver Figura C.8, página 225.

Na sequência, foi utilizada a matriz de relação entre ideias de produtos e estratégias de negócio para definir o posicionamento das ideias no mapa, conforme ilustrada na Figura 6.22¹⁴.

Tendo-se a classificação das ideias em termos de atendimento às estratégias de negócio, as mesmas foram mapeadas na camada *Produto* do mapa tecnológico. A equipe posicionou as ideias na camada *Produto* conforme a estimativa de disponibilidade tecnológica para sua implementação, como apresentado na Figuras 6.23.

Como se pode visualizar na Figura 6.23, foram propostas 22 ideias de novos produtos para a higienização de idosos acamados, sendo que dessas ideias, 14 foram propostas com o auxílio dos EBs (ideias escritas em vermelho).

Após o mapeamento das ideias, com o objetivo de avaliar qualitativamente a aplicação da metodologia proposta, na seção que segue são apresentados os pareceres dos participantes.

¹⁴Em função do número de ideias propostas, a equipe fez uso de uma planilha eletrônica durante a aplicação prática para ponderar as relações entre ideias de produtos e as estratégias de negócio. Essa planilha foi então coletada pelo pesquisador e, após a inclusão das descrições das ideias e das estratégias, é apresentada na presente figura.

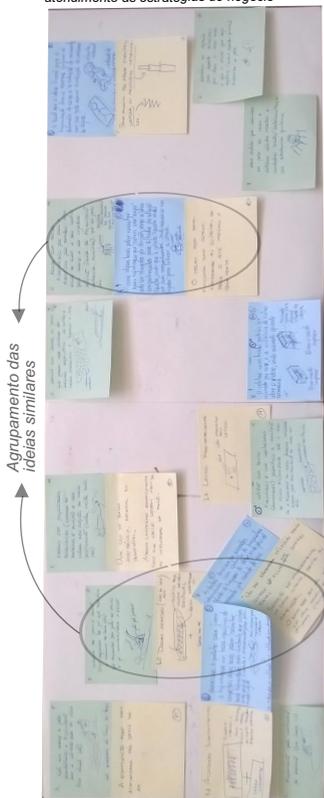
A ideia de novo produto _x_ atende à estratégia de negócio _a_ ? Se sim, qual a intensidade? 0 (não atende) 1 (atende parcialmente) 3 (atende completamente)	Desenvolvimento de novos produtos para idosos	Desenvolvimento de novos produtos para o banho no idoso	Pontuação $\sum_{i=1}^n$	Classificação da ideia	
Gel que adere à pele possibilitando a higienização sem a necessidade de água (tipo álcool gel)	3	3	6	1 ^o	Ideias de novos produtos
A evaporação pode ser acelerada por sopros de ar	1	1	2	4 ^a	
Atuadores independentes + lenço umedecido	0	3	3	3 ^o	
Higienização pela combinação de radiação (luz, laser, uv)	1	3	4	2 ^a	
Sistema de jato + sucção (tipo aspirador de pó que suga água + máquina de lava jato) que higieniza por jato de fluido e já suciona/seca a região	3	3	6	1 ^o	
Ducha aerada	1	1	2	4 ^a	
As duchas deveriam ser acionadas independentes com controle de temperatura do líquido de limpeza (...) acionamento por controle de voz	0	3	3	3 ^a	
Ramificar o produto para fazer a higienização em locais específicos do corpo (...)	0	3	3	3 ^a	
Uso de válvulas para controle de fluxo nos ramais (...) banho mais rápido (...) ramais (...) simultâneos	0	3	3	3 ^o	
Adesivo com propriedades bioquímicas (opressor de bactérias e fungos) a ser colado nas regiões de maior proliferação (axilas, virilha, dorso, pés)	3	0	3	3 ^a	
Usar cola de baixa aderência, material biodegradável (...) nele sejam aderidas as impurezas da pele	1	3	4	2 ^a	
Lençol hidro-repelente	0	1	1	5 ^o	
Colchão com tecido hidrofóbico e com capilaridades (ramificações) permitindo a circulação de fluido higienizante sob o idoso	0	3	3	3 ^a	
outro (colchão) sobre o idoso, sendo acionado quando necessário	0	0	0	6 ^o	
Lençol com cerdas ou 'penas' que podem ser infladas em regiões específicas. Ao inflar a cerda massageia e 'estrega' o idoso	1	3	4	2 ^a	
Roupa com tecido hidrofóbico por fora e hidrofílico por dentro, tipo roupa de surf, a ser vestida pelo idoso e a ser injetada solução líquida de higienização ... que sai pelos pés (própria movimentação da pessoa ajuda a higienizar)	1	1	2	4 ^o	
... essa roupa deve ser comporta por divisões ... compartimentos para a fluidez da solução ... necessário um sugador para retirar a solução	1	1	2	4 ^o	
O tecido pode funcionar como osmose, removendo as sujeiras da pele e ate mesmo pele morta	3	3	6	1 ^o	
O local ... para higienização deve se adaptar conforme dimensões do corpo e restrições de movimento... redução no consumo de água	0	1	1	5 ^o	
Borda móvel por arame flexível, sanfona ou mecanismo telescópico	0	1	1	5 ^o	
Nanorobôs que circulam na pele do idoso e retiram células mortas e combatem lesões com substâncias químicas	3	3	6	1 ^o	
Remédio ou cápsula com agente bio químico que faça o idoso suar e que o fluido que seja expelido ... higienize a pele	3	3	6	1 ^o	

Ideias similares

Figura 6.22 – Aplicação 2 - Matriz de relação entre ideias de produtos e estratégias de negócio

Ideias de novos produtos posicionadas na camada Produto conforme a disponibilidade tecnológica para implementação e a classificação de atendimento às estratégias de negócio

Direção de maior classificação da ideia conforme atendimento às estratégias de negócio



Camada Produto

Transcrição das ideias para facilitar entendimento

Planejamento de novos produtos para o longo prazo

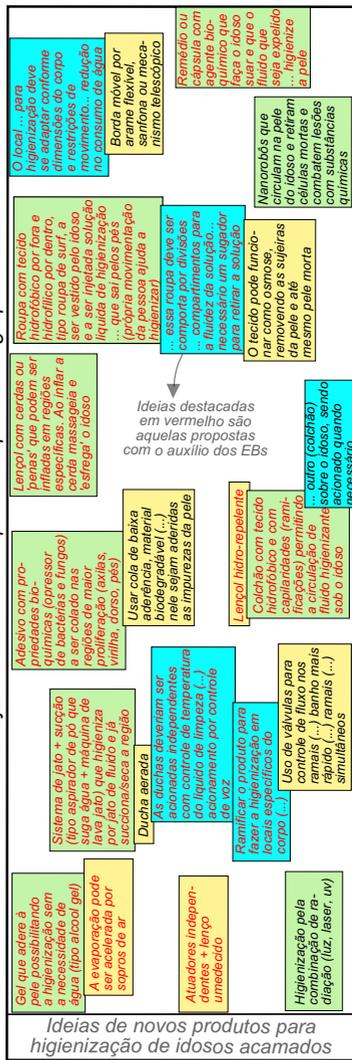


Figura 6.23 – Aplicação 2 - Mapeamento das ideias de novos produtos resultantes da aplicação da metodologia

6.3.4.3 Aplicação 2 - Avaliação dos participantes

Os participantes foram convidados para uma entrevista individual a respeito da aplicação da metodologia proposta. Nessa entrevista, solicitou-se a opinião quanto a adequação das atividades, a facilidade de entendimento e de aplicação dos EBs, e quanto ao potencial da metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos. No Quadro 6.8 são apresentadas as avaliações explicitadas, registradas de forma textual pelo pesquisador durante a entrevista.

Quadro 6.8 – Aplicação 2 - Avaliações dos participantes em relação à aplicação da metodologia

Participante	Avaliação
LMM	<i>“Achei a metodologia muito interessante, principalmente os EBs, gostei muito da forma como eles foram elaborados ... o entendimento dos conceitos foi bastante facilitado pelas ilustrações e as palavras-chave do princípios me inspiraram a gerar ideias, achei muito útil ... Acredito que a priorização dos EBs foi muito assertiva, percebi durante a sessão que os mais prioritários tiveram realmente maior relação com o problema mesmo. Fiquei satisfeito com o mapa gerado!”</i>
GBL	<i>“Comparativamente com o outro caso que participei, achei esse mais simples pois propus ideias de um produto com um todo e não para cada uma das funções parciais que ele pode apresentar ... ao mesmo tempo percebi que as ideias geradas são mesmo para o longo prazo, pois foram mais abstratas ... Como foi a segunda vez que utilizei os EBs já relembrei exemplos e sabia onde procurar e como utilizar ... nesse caso, como as ideias eram para o produto todo, tive ideias que complementaram as outras ... achei muito mais prático e interessante o uso dos post-its, principalmente na hora da leitura e do mapeamento das ideias ... Pretendo usar essa técnica e os EBs novamente”</i>
IS	<i>“Já tinha feito alguns trabalhos no Design que utilizei como inspiração a biologia ... projetei uma luminária com a forma de um fungo, mas dessa forma como apliquei os EBs nunca tinha visto e tentado antes ... gostei dos cartões, principalmente, das figuras e das palavras-chave ... tive várias ideias que nunca teria sem os cartões! ... Acho que as atividades da metodologia são bem simples e lógicas, e gostei do brainwriting com os EBs ... Já tinha feito o mapeamento de produtos antes e gostei da forma como esse foi feito”</i>

Conforme apresentado no Quadro 6.8, há um consenso entre os participantes sobre a facilidade de entendimento e aplicação dos EBs durante a sessão de ideação, e sobre a adequação das atividades e orientações propostas pela metodologia. O participante LMM explicitou a importância da priorização dos EBs para a aplicação e estimulação na sessão de ideação. Da mesma forma, de acordo com a avaliação da participante IS, a metodologia contribuiu para o

processo criativo, favorecendo a proposição de ideias de novos produtos que não teriam sido propostas sem os estímulos biológicos.

No que tange à avaliação do participante GBL, que também participou da primeira aplicação prática, identifica-se que a aplicação da metodologia para a necessidade de novidade (i.e. mapeamento funcional abrangente) foi mais simples, pelo fato de se utilizar apenas a função básica como direcionador da sessão de ideação. Essa constatação está alinhada à proposta da metodologia visto que, para o favorecimento da ideação de novos produtos a sessão de ideação deve ser direcionada de forma a possibilitar a proposição e abranger um maior número e variedade de novas ideias, respectivamente.

Por meio da avaliação do participante GBL é interessante notar que, por ter aplicado a metodologia anteriormente, o mesmo rememorou conteúdos dos EBs já consultados na outra aplicação, corroborando com a revisão onde foi apresentada a importância de experiências prévias dos indivíduos para o processo criativo.

Assim, por meio das avaliações dos participantes, entende-se que a metodologia cumpre seu objetivo de facilitar a aplicação de informações biológicas na ideação de novos produtos.

6.4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo foram apresentadas as análises quantitativas e qualitativas referentes à aplicação da metodologia proposta e dos EBs, por usuários potenciais e especialistas, para a ideação de ideias eo planejamento de novos produtos.

Por meio dos dados obtidos nos experimentos realizados com usuários potenciais e das análises estatísticas é possível afirmar que a utilização dos EBs durante o *brainwriting*, comparativamente ao BS, favorece a obtenção de um maior número de ideias para cada uma das métricas de avaliação de ideias utilizadas. Ou seja, por focar a atenção dos usuários nas funções resultantes da modelagem funcional da oportunidade de ideação (i.e. função básica ou funções parciais a serem satisfeitas pelas ideias de novo produto) e pela disponibilização de conteúdos biológicos, na forma de imagens e palavras-chave, os usuários são estimulados a realizar associações e gerar mais ideias, ideias que abrangem um maior número de funções (i.e. ideias com maior utilidade) e de atributos novos (i.e. ideias com maior novidade).

Já, por meio da comparação entre o BW estimulado pelos EB e o BW sem estímulos, é possível afirmar que os EBs favorecem a proposição de um número significativamente maior de ideias novas e que há uma tendência no auxílio à proposição de um maior número de ideias úteis. Esses fatores são

fundamentais para o planejamento de novos produtos, permitindo à empresa se diferenciar de concorrentes, atualizar seu portfólio de produtos e explorar novas oportunidades de mercado.

No que tange às aplicações da metodologia por especialistas, para as duas oportunidades de ideação propostas, houve um consenso entre os mesmos sobre a adequação e a efetividade das atividades, ferramentas e orientações propostas para facilitar a aplicação de informações biológica e estimular a ideação de novos produtos. Por meio da observação dos participantes durante as aplicações práticas e das entrevistas realizadas, foi constatado o auxílio efetivo dos EBs para a realização de associações e proposição de novas ideias, além da contribuição para a mitigação de barreias à criatividade.

No capítulo a seguir são apresentadas as conclusões da presente pesquisa, relacionado-as aos objetivos estabelecidos no Capítulo 1.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse último capítulo são sintetizados os principais pontos e as conclusões da presente pesquisa, além de serem traçadas algumas recomendações para trabalhos futuros.

7.1 CONSIDERAÇÕES EM RELAÇÃO À PESQUISA

A principal hipótese da presente pesquisa é a de que o uso de informações biológicas generalizadas em sessões de ideação (e.g. sessões de *brain-writing*) auxilia a equipe de planejamento na ideação de um maior número de ideias e de ideias com maior utilidade e novidade.

Para viabilizar o teste dessa hipótese foi desenvolvida a Metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos, que visa guiar a equipe no processo de ideação de ideias de novos produtos. Essa metodologia apresenta como diferencial a aplicação dos Estimuladores Biológicos (EBs), que são cartões com conteúdos biológicos generalizados na forma de conceitos, princípios e exemplos ilustrados de SBs.

Os EBs, por sua vez, foram desenvolvidos conforme a metodologia apresentada no Capítulo 4. Parte do processo de desenvolvimento envolveu uma pesquisa intensiva em livros especializados sobre fisiologia e morfologia animal, vegetal e sobre evolução. As informações extraídas dessas fontes de informação foram organizadas com o auxílio de e validadas por pesquisadores doutores em ciências biológicas. A formalização dos nove EBs propostos é apresentada no Apêndice C.

Os Estimuladores Biológicos, que consistem no cerne da presente pesquisa, compreendem em uma contribuição importante para o processo de ideação e para o planejamento de novos produtos, visto que são uma novidade em relação às demais propostas relacionadas a biônica (revisadas no Capítulo 3).

No que concerne à metodologia proposta, de forma a sistematizar o uso dos Estimuladores Biológicos para auxiliar no processo de ideação para o planejamento de novos produtos, foi conduzida uma revisão sobre o PDP, principalmente, sobre a fase de planejamento de produto. Além dessa, também foi realizada uma revisão sobre criatividade e analogias, sendo essas a base para da biônica.

Por meio das referidas revisões, apresentadas no Capítulo 2, foram identificados os principais fatores influentes e requisitos necessários para o

desenvolvimento de uma metodologia aderente à fase de planejamento que favoreça a obtenção de mais e melhores ideias de produtos.

Baseando-se nos Estimuladores Biológicos, nos requisitos e atividades necessárias para a biônica, e levando-se em consideração os fatores influentes no processo criativo, foi proposta a Metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos, conforme apresentado no Capítulo 5.

A sequência de atividades e as ferramentas de auxílio propostas permitem à equipe formalizar a oportunidade de ideação conforme as estratégias de negócio, modelar funcionalmente a oportunidade conforme a necessidade de planejamento, e priorizar as informações biológicas conforme as tendências de mercado. Ainda, auxiliam os usuários na aplicação de conteúdos biológicos na ideação de novos produtos, favorecendo o preenchimento da camada *Produto* no tempo futuro do mapa tecnológico.

De forma a avaliar quantitativamente e qualitativamente a contribuição da metodologia, no Capítulo 6 foram apresentados, respectivamente, os dados e resultados de dois experimentos realizados com usuários potenciais, e as duas aplicações práticas com a participação de especialistas. Essas avaliações também serviram para exemplificar a aplicação, as atividades e ferramentas da metodologia propostas.

Por meio dos experimentos com usuários potenciais foi possível evidenciar que a configuração da sessão de ideação proposta pela metodologia, ou seja, o BW auxiliado pelos EBs, contribui de forma significativa para a proposição de ideias com maior novidade relativamente às outras configurações de ideação (i.e. *brainstorming* e *brainwriting* sem estímulo), fator fundamental para o planejamento de novos produtos. Já, por meio das aplicações práticas com especialistas, onde foram realizadas observações durante e entrevistas após a aplicação da metodologia, identificou-se que houve consenso dos mesmos no que concerne à adequação das atividades e ferramentas para a aplicação de informações biológica na ideação de ideias de novos produtos.

Relativamente à mitigação de barreiras à criatividade durante o processo de ideação, observou-se que os participantes recorreram sistematicamente aos EBs para realização de associações e geração de novas ideias¹. Assim, considera-se que os EBs contribuem para a mitigação de barreiras à criatividade.

Por meio das avaliações é possível confirmar a hipótese de que estímulos biológicos favorecem a criatividade durante sessões de ideação.

¹ Durante a sessão de ideação, logo após o recebimento do formulário do colega, da leitura das ideias já propostas e do registro daquelas geradas na rodada, os participantes recorreram aos EBs para a geração de mais ideias.

7.2 QUANTO AOS OBJETIVOS

O objetivo geral proposto foi o desenvolvimento de uma metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos que apresente atividades e ferramentas de auxílio à aplicação de informações biológicas generalizadas na ideação de ideias de novos produtos.

Para o cumprimento do objetivo geral deste trabalho, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a. Organizar o conhecimento da literatura necessário para o desenvolvimento de modelos, diretrizes e ferramentas para a aplicação de informações biológicas na ideação de ideias de novos produtos;
- b. Estabelecer diretrizes para a caracterização do escopo de planejamento de produtos em termos de suas funcionalidades, considerando-se as estratégias de negócio (*market pull*);
- c. Propor ferramentas de auxílio a identificação e tratamento de informações biológicas;
- d. Propor um conjunto lógico de atividades para auxiliar o projetista desde a identificação e priorização de informações biológicas, até a aplicação dessas em sessões de ideação de ideias de novos produtos;
- e. Realizar estudos experimentais a fim de avaliar quantitativamente a metodologia e divulgar os resultados obtidos;
- f. Realizar aplicações práticas, junto a especialistas em desenvolvimento de produtos, a fim de avaliar qualitativamente a metodologia e demonstrar seu caráter utilitário e sua contribuição ao planejamento de produtos.

Em relação à caracterização do escopo de planejamento, considerado como sendo a oportunidade de ideação, utilizou-se como base a modelagem funcional por meio da aplicação da técnica FAST. Essa técnica foi selecionada pela possibilidade de estruturação da modelagem funcional por meio de perguntas sequenciais, que direcionam a atenção do usuário à funções parciais, relacionadas a possíveis subsistemas de um produto, e à função básica, que corresponde à função de maior nível de abrangência que resume a finalidade do produto.

No Capítulo 4 foi apresentada a pesquisa de informações biológicas e o desenvolvimento dos Estimuladores Biológicos, que consistem em cartões com conceitos-chave e visam auxiliar os usuários na aplicação de informações biológicas durante a ideação de ideias de novos produtos. Para o uso de tais estímulos é proposta uma ordem de leitura dos mesmos, que objetiva focar a atenção do usuário em determinadas informações e conceitos, de forma

a facilitar a realização de associações entre os estímulos e a oportunidade de ideação, por consequência, facilitar a realização de analogias. Além da ordem de leitura, são propostas perguntas para direcionar o raciocínio do usuário quanto à contribuição das informações biológicas para a execução das funções resultantes da modelagem funcional (i.e. função básica ou funções parciais) que a ideia do novo produto deve satisfazer. Por meio do uso dos Estimuladores Biológicos e de sua sistemática de utilização pode-se afirmar que o terceiro objetivo específico foi atingido.

Ao se propor uma metodologia com atividades devidamente caracterizadas, organizadas e apoiadas por ferramentas de auxílio, conforme apresentado no Capítulo 5, pode-se afirmar que o primeiro e quarto objetivos específicos foram atingidos.

Em relação aos experimentos para avaliar quantitativamente a metodologia proposta, quinto objetivo específico, os resultados e conclusões estatísticas foram apresentados no Capítulo 6. Já, a demonstração do uso da metodologia, juntamente com sua avaliação qualitativa realizada por especialistas em desenvolvimento de produtos, foi apresentada no Capítulo 6, podendo-se afirmar que o sexto objetivo específico foi atingido.

7.3 RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

A presente pesquisa apresenta dois resultados principais, sendo eles:

1. A metodologia para o desenvolvimento de Estimuladores Biológicos;
2. A metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos.

Relativamente à metodologia para o desenvolvimento de Estimuladores Biológicos, constatou-se que as atividades, procedimentos, ferramentas e orientações propostas contribuíram para o desenvolvimento de estimuladores capazes de auxiliar de forma efetiva a ideação de ideias de novos produtos, além de contribuir para a mitigação de barreiras à criatividade como a inércia psicológica. Ainda, entende-se que essa metodologia possa ser replicada para o desenvolvimento de estimuladores de outros domínios do conhecimento como, por exemplo, a psicologia ou a química. Assim, esse primeiro resultado consiste em um avanço e contribuição importante para o campo de pesquisas na área de desenvolvimento de produtos, principalmente, no que tange ferramentas de apoio ao processo criativo de ideação de novos produtos.

Já, a metodologia de apoio ao planejamento de novos produtos por meio dos Estimuladores Biológicos resultante da presente pesquisa, por ter sido desenvolvida conforme o mapeamento modular para a camada *Produto* do

mapa tecnológico, permite integração e é complementar a outras metodologia para o planejamento de produtos. Aqui, tem-se ainda como contribuição a junção entre o mapeamento puxado pelo mercado (*market pull*) e a projeção inspirada na natureza e orientada pela oportunidade, favorecendo a utilização de informações biológicas como estímulo para a ideação de novos produtos. Da mesma forma como para o primeiro resultado, esse consiste em um avanço importante para a área de desenvolvimento de produtos, visto que até então não foi identificada sistemática para a utilização de informações biológica no planejamento de produtos.

Aliadas aos resultados, a presente pesquisa apresenta as seguintes contribuições:

1. Uma ampla revisão de literatura e a organização de conhecimento relacionados à criatividade, analogias e biônica;
2. A apresentação do processo, método de desenvolvimento e avaliação, e a proposta dos cartões de estímulo à criatividade;
3. A apresentação do processo de identificação de requisitos e fatores influentes no processo criativo, com o objetivo de sistematizar atividades e identificar ferramentas de auxílio e fomento à criatividade;
4. A integração da técnica FAST ao planejamento de produtos, tendo em vista a relação da referida técnica com o mapa tecnológico;
5. A proposição de uma metodologia suportada por ferramentas que comprovadamente auxiliam no processo de ideação e fomentam o desenvolvimento de ideias com maior novidade;
6. As avaliações quantitativas e qualitativas que permitem concluir que o uso de informações biológicas contribuem para a ideação de novos produtos e, por consequência, para o planejamento de novos produtos.

Por meio das constatações listadas anteriormente, pode-se afirmar que a presente pesquisa contribui com o avanço dos conhecimentos relativos à criatividade no processo de ideação de novos produtos, com a ‘aproximação’ de informações e conhecimento da Biologia para a Engenharia, considerados domínios de conhecimento ‘distantes’, e com novas perspectivas de utilização de informações biológicas para o planejamento de produtos.

7.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Identifica-se como possibilidade o desenvolvimento de um sistema computacional destinado ao auxílio à priorização dos Estimuladores Biológicos conforme as tendências de mercado, e disponibilização desses de forma

digital durante a sessão de ideação. Esse sistema apresenta potencial para ser empregado e disponibilizado junto a outras ferramentas de auxílio ao projeto de produtos, como por exemplo o mapeamento tecnológico.

Da mesma forma como para a camada *Produtos*, considera-se que as informações biológicas (EBs) possam contribuir também para o mapeamento de novas tecnologias. Nesse mesmo sentido, recomenda-se a realização de pesquisas relacionadas a utilização da técnica FAST como ferramenta de auxílio ao preenchimento das camadas do mapa tecnológico, por permitir o relacionamento entre tendências de mercado e estratégias de negócio, com produtos e tecnologias por meio da lógica proposta pela técnica para a modelagem funcional. Nesse sentido, a camada *Tecnologia* do mapa estaria relacionada às funções após o limite inferior da técnica FAST.

Realizando-se um paralelo com outras pesquisas destinadas ao auxílio à ideação de ideias de novos produtos durante a fase de planejamento de produtos, identifica-se a possibilidade de desenvolvimento de tendências de evolução baseadas na biologia, onde estágios de desenvolvimento permitiriam identificar o grau de maturidade de uma dada característica do produto e direcionar o desenvolvimento seguinte.

Ainda, sugere-se a identificação de possíveis relações entre os EBs e as diretrizes para projeção conhecidas como Projeto para X (traduzido do inglês *Design for X*), favorecendo a disponibilização de informações biológicas em sistemáticas de projeto dedicadas a fins como manufatura, sustentabilidade, acessibilidade, entre outros.

No que tange os estimuladores, recomenda-se a replicação da metodologia de desenvolvimento de estimuladores para outros domínios do conhecimento, como a psicologia ou a química, por exemplo. Ainda, no que tange ao domínio biológico, recomenda-se a replicação da pesquisa para uma gama maior de fontes de informação, com o intuito de verificar a existência de estimuladores, i.e. conceitos e princípios biológicos adicionais. Dessa forma, novos estimuladores poderiam contribuir com o processo criativo, permitindo o desenvolvimento de novos produtos e favorecendo a inovação.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, L. N. *Sistematização do processo de desenvolvimento de cenários futuros pelo uso das tendências de evolução da TRIZ com aplicações ao planejamento de produtos*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Março 2013.
- ABREU, A. F. de; OGLIARI, A.; CORAL, E. *Gestão Integrada da Inovação: Estratégia, Organização e Desenvolvimento de Produto*. 1. ed. [S.l.]: Atlas, 2008. 296 p.
- AKAO, Y. *Quality Function Deployment: Integrated Customer Requirements into Product Design*. New York: Tay, 2004. 392 p.
- ALENCAR, E. M. L.; FLEITH, D. d. S. Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade; recent theoretical contributions to the study of creativity. *Psicologia Teoria e Pesquisa*, v. 19, n. 1, p. 1–8, 2003.
- ALENCAR, E. M. L. S. de. *A gerência da criatividade: abrindo as janelas para a criatividade pessoal e nas organizações*. 1. ed. São Paulo: Makron Books, 1996. 124 p.
- ALEXANDRE, N. M. C.; ROGANTE, M. M. Movimentação e transferência de pacientes: aspectos posturais e ergonômicos. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 34, n. 2, p. 165–173, Junho 2000.
- AMABILE, T. M. The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of personality and social psychology*, American Psychological Association, v. 45, n. 2, p. 357, 1983.
- ARANDA, M. H. *A importância da criatividade no Processo de Inovação (PI)*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Porto Alegre, 2009.
- ARSHED, N.; FINCH, J.; RALU. Technology roadmapping and smes: A literature review. In: *DRUID – Industry and Innovation*. Copenhagen, Denmark: Routledge, 2012. p. 37.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. [S.l.]: Manole, 2008.
- BANNASCH, R. Bionics. In: *Technology Guide*. [S.l.]: Springer, 2009. cap. 4, p. 178–183.

BAR-COHEN, Y. *Biomimetics: biologically inspired technologies*. [S.l.]: CRC Press – LLC, 2006.

BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. [S.l.]: Edgard Blucher, 2000.

BEHRENDT, S.; ERDMANN, L.; NOLTE, R.; DIEGNER, B. *Integrated Technology Roadmapping: A practical guide to the search for technological answers to social challenges and trends*. Frankfurt, Germany: ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie, 2007. 28 p.

BEIER, W.; GLASS, K. *Bionik – eine Wissenschaft der Zukunft*. Leipzig, Germany: Urania, 1968. 215 p.

BENYUS, J. M. *Biomimicry – Innovation Inspired by Nature*. New York, USA: Harper Perennial, 1997. 308 p.

BIOMIMICRY INSTITUTE. *Case Studies*. January 2014. Publicado Online. <<http://www.biomimicryinstitute.org/case-studies>>.

BLÜCHEL, K. G. *Bionik: wie wir die geheimen Baupläne der Natur nützen können*. [S.l.]: Goldmann, 2006. 416 p.

BODEN, M. *Dimensões da criatividade*. [S.l.]: ArtMed, 1999. 244 p.

BRACKETT, M. A.; LOPES, P. N.; IVCEVIC, Z.; MAYER, J. D.; SALOVEY, P. Integrating emotion and cognition: The role of emotional intelligence. In: _____. New Jersey. USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2004. (The Educational Psychology), cap. 7, p. 175–194.

BRAGA, N. *Bionics for the Evil Genius*. [S.l.]: McGraw-Hill, Inc., 2005.

CARNEIRO, L.; CAMPINO, A.; LEITE, F.; RODRIGUES, C.; SANTOS, G.; SILVA, A. *Envelhecimento populacional e os desafios para o sistema de saúde brasileiro*. São Paulo, 2013. <<http://www.iess.org.br>>.

CARVALHO, M. A. de. *Metodologia IDEATRIZ para a ideiação de novos produtos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2008.

CASAKIN, H.; GOLDSCHMIDT, G. Expertise and the use of visual analogy: Implications for design education. *Design Studies*, Elsevier, v. 20, n. 2, p. 153–175, 1999.

CASTRO, A. D. de. Universidade e conhecimento: desafios e perspectivas no âmbito da docência, pesquisa e gestão. In: _____. São Paulo: Unitri, 2004. (Coleção Educação e Psicologia em Debate), cap. Capítulo 4 – Construtivismo e ensino superior, p. 49–63.

CHAKRABARTI, A. Product research – the art and science behind successful product launches. In: _____. 1. ed. [S.l.]: Springer, 2009. cap. 2, p. 17–39.

CHAKRABARTI, A.; SARKAR, P.; LEELAVATHAMMA, B.; NATARAJU, B. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Cambridge Univ Press, v. 19, n. 2, p. 113–132, 2005.

CHAKRAVARTY, A. The creative brain–revisiting concepts. *Medical hypotheses*, Elsevier, v. 74, n. 3, p. 606–612, 2010.

CHRISTENSEN, B. T.; SCHUNN, C. D. The relationship of analogical distance to analogical function and preinventive structure: The case of engineering design. *Memory & cognition*, Springer, v. 35, n. 1, p. 29–38, 2007.

CÉLIA, R. de Cassia Rodrigues da S.; ALEXANDRE, N. M. C. Aspectos ergonômicos e sintomas osteomusculares em um setor de transporte de pacientes. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 25, n. 1, p. 33–43, Abril 2004.

CRAIG, S.; HARRISON, D.; CRIPPS, A.; KNOTT, D. Biotriz suggests radiative cooling of buildings can be done passively by changing the structure of roof insulation to let longwave infrared pass. *Journal of Bionic Engineering*, Elsevier, v. 5, n. 1, p. 55–66, 2008.

CRESWELL, J. W. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 3. ed. [S.l.]: Sage, 2009. 260 p.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. 1. ed. New York. NY. USA: HarperCollins, 1996. 456 p.

CSILLAG, J. M. *Análise do Valor. Metodologia do valor: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 370 p.

DAI, D. Y.; STERNBERG, R. J. *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development*. New Jersey. USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2004. 455 p.

DAUGHERTY, J.; MENTZER, N. Analogical reasoning in the engineering design process and technology education applications. *Journal of Technology Education*, Virginia Tech University, v. 19, p. 7–21, 2008.

DAVIS, K.; SCHOENBAUM, S. C.; AUDET, A.-M. A 2020 vision of patient-centered primary care. *Journal of General*, v. 20, p. 953–957, October 2005.

DENNIS, A.; WIXOM, B. H.; ROTH, R. M. *Systems analysis and design*. 4. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008. 576 p.

DIETRICH, A. The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic Bulletin & Review*, Springer, v. 11, n. 6, p. 1011–1026, 2004.

DREU, C. K. W. D.; BAAS, M.; NIJSTAD, B. A. The emotive roots of creativity: Basic and applied issues on affect and motivation. In: _____. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2012. cap. 10, p. 217–240.

EVERSHEIM, W.; BREUER, T.; GRAWATSCH, M.; HILGERS, M.; KNOCHE, M.; ROSIER, C.; SCHONING, S.; SPIELBERG, D. E. Innovation management for technical products. systematic and integrated product development and production planning. In: _____. 1. ed. Berlin. Germany: Springer, 2009. cap. 4, p. 117–210.

FESTO. *Airic's arm*. November 2014 a. Publicado Online. <www.festo.com/cms/en-corp/9785.htm>.

_____. *Bionic Handling Assistant – flexible and compliant movement*. November 2014 b. Publicado Online. <www.festo.com/cms/en-corp/9655.htm>.

FIALHO, F. *Psicologia das Atividades Mentais – Introdução às ciências da cognição*. 1. ed. Florianópolis: Insular, 2011. 344 p.

FIRMINO, S. C. *Sistematização do processo de avaliação do impacto da inovação tecnológica de produtos: um estudo de caso na indústria de linha branca*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Julho 2007.

FONSECA, A. J. H. *Sistematização do processo de obtenção das especificações de projetos de produtos industriais e sua implementação computacional*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Outubro 2000.

FORBES, P. *The Gecko's Foot: Bio–inspiration – Engineered new materials from Nature*. New York, USA: Norton & Company, 2005. 272 p.

FORBUS, K. D.; GENTNER, D.; MARKMAN, A. B.; FERGUSON, R. W. Analogy just looks like high level perception: Why a domain-general approach to analogical mapping is right. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Taylor & Francis, v. 10, n. 2, p. 231–257, 1998.

FREEMAN, S.; HERRON, J. C. *Evolutionary analysis*. 5. ed. [S.l.]: Pearson Education, 2013. 864 p.

FRENAY, R. *Pulse: The coming age of systems and machines inspired by living things*. Lincoln, NE, USA: University of Nebraska, 2006. 545 p.

GALLASCH, C. H.; ALEXANDRE, N. M. C. Avaliação dos riscos ergonômicos durante a movimentação e transporte de pacientes em diferentes unidades hospitalares. *Revista de Enfermagem da UERJ*, v. 11, p. 252–260, Dezembro 2003.

GEISLER, L. *Sistematização do planejamento de produtos orientado pela evolução do mercado*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Julho 2011.

GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, v. 53, p. 45–56, January 1997.

GÉRARDIN, L. *Natur als Vorbild: die Entdeckungen der Bionik*. Frankfurt am Main, Germany: Fischer Taschenbuch Verlag, 1972. 253 p.

GERMAN, T. P.; BARRETT, H. C. Functional fixedness in a technologically sparse culture. *Psychological Science*, SAGE Publications, v. 16, n. 1, p. 1–5, 2005.

GERO, J. S.; KANNENGIESSER, U. The function-behaviour-structure ontology of design. In: CHAKRABARTI, A.; BLESSING, L. (Ed.). *An Anthology of Theories and Models of Design*. Springer, 2014. p. 263–283. <<http://mason.gmu.edu/~jgero/publications/Progress/13GeroKannengiesserDesignTheory>>

GIL, A. C. *Estudo de caso*. São Paulo: Atlas, 2009. 148 p.

_____. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GLAVEANU, V. P. How are we creative together? comparing sociocognitive and sociocultural answers. *Theory & psychology*, v. 21 (4), p. 473–492, 2011.

GLEICH, A. von; PADE, C.; PETSCHOW, U.; PISSARSKOI, E. *Potentials and Trends in Biomimetics*. Heidelberg, Germany: Springer, 2009. 202 p.

GRUBER, H. E.; BODEKER, K. *Creativity, psychology and the history of science*. Netherlands: Springer, 2005. 532 p.

HABIB, M. K. *Bioinspiration and robotics: walking and climbing robots*. [S.l.]: I-Tech Education and Publ., 2007.

HENNESSEY, B. A.; AMABILE, T. M. Creativity. *Annual Review of Psychology*, v. 61, p. 569–598, January 2010.

HEYNERT, H. *Grundlagen der Bionik*. Heidelberg, Germany: Dr. Alfred Hüthig Verlages, 1976. 235 p.

HILL, B. *Naturorientierte Lösungsfindung: Entwickeln und Konstruieren nach biologischen Vorbildern*. [S.l.]: Expert-Verlag, 1999. 213 p.

HOWARD, T. J.; DEKONINCK, E. A.; CULLEY, S. J. The use of creative stimuli at early stages of industrial product innovation. *Research in Engineering Design*, Springer, v. 21, n. 4, p. 263–274, 2010.

HUBKA, V.; EDER, W. E. *Principles of engineering design*. Zurich: Heurista, 1987. 118 p.

IBARRA, C. J. G. *Sistematização do processo de mapeamento tecnológico de produtos*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Outubro 2007.

IBARRA, C. J. G. *Metodologia para mapeamento tecnológico de produtos auxiliado pelas tendências de evolução da TRIZ*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Abril 2015.

IBGE. *Censo Demográfico 2010*. Brasil, Novembro 2014. Publicado Online. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>.

INNOSCIENCE. *Kit Innovation Storming*. Julho 2015. Online. <<http://www.innoscience.com.br/kit>>.

KAUFMAN, J.; WOODHEAD, R. *Stimulating innovation in products and services: with function analysis and mapping*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2006. 235 p.

KESEL, A. B. *Bionik: Wie kann Technik von der Natur lernen? Welcher Weg führt von der Evolution zur technischen Konstruktion? Warum ist Spinnenseide reiss fester als Stahl? Wie funktionieren selbstreinigende Blüten und Insektenaugen?* Frankfurt am Main, Germany: Fischer-Taschenbuch-Verlag, 2005. 128 p.

KINDLEIN Jr., W.; CÂNDIDO, L. H. A.; MARQUES, A. C.; DOS SANTOS, S. S.; DA SILVA VIEGAS, M. Development of junction elements from study of the bionics. *Journal of Bionic Engineering*, Elsevier, v. 4, n. 1, p. 41–46, 2007.

KINDLEIN Jr., W.; GUANABARA, A. S. Methodology for product design based on the study of bionics. *Materials & Design*, Elsevier, v. 26, n. 2, p. 149–155, 2005.

KNELLER, G. F. *Arte e ciência da criatividade*. 14. ed. São Paulo: Ibrasa, 1997. 121 p. Traduzido por Reis, José.

KOZBELT, A.; BAGHETTO, R. A.; RUNCO, M. A. Theories of creativity. In: _____. Cambridge. England: Cambridge University, 2010. (The Cambridge Handbook of Creativity), cap. 2, p. 20–47.

KULTIMA, A.; PAAVILAINEN, J.; NIEMELA, J.; SAARENPA, H. *GameSpace*. Tampere, Finland, July 2008. Online. <www.gamelab.uta.fi/>.

LARKEY, L. B.; LOVE, B. C. Cab: Connectionist analogy builder. *Cognitive Science*, Elsevier, v. 27, n. 5, p. 781–794, 2003.

LEECH, R.; MARESCHAL, D.; COOPER, R. P. Analogy as relational priming: a developmental and computational perspective on the origins of a complex cognitive skill. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 31, n. 4, p. 357–377, 2008.

LEONEL, C. E. L. *Sistematização do processo de planejamento da inovação de produtos com enfoque em empresas de pequeno e médio porte*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Outubro 2006.

LI, Y.; WANG, J.; LI, X.; ZHAO, W. Design creativity in product innovation. *The international journal of advanced manufacturing technology*, Springer, v. 33, n. 3-4, p. 213–222, 2007.

LIMA, L. M. B. *Modelagem de informações para a fase de projeto informacional de produtos*. Dissertação (Mestrado) — Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Julho 2002.

LIND, M. Making sense of the abstraction hierarchy. In: *Proc. Proceedings of the seventh European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control*. [S.l.: s.n.], 1999. p. 195–200.

LINSEY, J.; LAUX, J.; CLAUSS, E.; WOOD, K.; MARKMAN, A. Effects of analogous product representation on design-by-analogy. In: *Proc. Int. Conf. Engineering Design, ICED*. [S.l.: s.n.], 2007.

MAK, T.; SHU, L. Using descriptions of biological phenomena for idea generation. *Research in Engineering Design*, Springer, v. 19, n. 1, p. 21–28, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. *Metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 312 p.

MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Structure mapping in the comparison process. *American Journal of Psychology*, v. 113, n. 4, p. 501–538, 2000.

MARKMAN, A. B.; WOOD, K. L. *Tools for Innovation: The Science Behind the Practical Methods That Drive New Ideas: The Science Behind the Practical Methods That Drive New Ideas*. [S.l.]: Oxford University Press, 2009.

MARTINS, S. I. A. *O banho no leito em contexto de internamento hospitalar. Vivências de pessoas idosas*. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Universidade do Porto, Portugal, 2009.

MCGHEE, G. R. *Convergent evolution: limited forms most beautiful*. USA: MIT Press, 2011. 336 p.

MELO, L. M. *Sistematização da configuração da forma de produtos por meio de analogias com a natureza*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Dezembro 2015.

MONTANHA JR., I. R. *Sistematização do processo de engenharia reversa de sistemas técnicos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Março 2011.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 3. ed. [S.l.]: Joh, 2003. 706 p.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. *Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador*. 2. ed. [S.l.]: Lamparina, 2006. 245 p.

MORRIS, P. E. Moving our critically ill patients: mobility barriers and benefits. *Critical Care Clinics*, v. 23, p. 1–20, 2007.

MULLET, K.; SANO, D. *Designing Visual Interfaces - Communication Oriented Techniques*. California, USA: SunSoft, 2006. 273 p.

MUMFORD, M. D. *Handbook of Organizational Creativity*. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2012. 737 p.

NACHTIGALL, W. *Biologisches design: systematischer katalog für bionisches gestalten*. [S.l.]: Springer, 2005.

_____. *Bionik: lernen von der Natur*. M^unchen, Germany: C.H. Beck Verlag, 2008. 106 p.

_____. *Bionik als Wissenschaft: Erkennen-Abstrahieren-Umsetzen*. [S.l.]: Springer DE, 2010.

NAGEL, J. K. *Systematic design of biologically-inspired engineering solutions*. Tese (Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering) — Oregon State University, Oregon, USA, June 2010.

NAGEL, J. K.; NAGEL, R. L.; STONE, R. B.; MCADAMS, D. A. Function-based, biologically inspired concept generation. *AI EDAM (Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing)*, Cambridge Univ Press, v. 24, n. 4, p. 521–535, 2010.

NELSON, B. A.; YEN, J.; WILSON, J. O.; ROSEN, D. Refined metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, v. 30, p. 737–743, 2009.

OGOT, M.; OKUDAN, G. E. Integrating systematic creativity into first-year engineering design curriculum. *International Journal of Engineering Education*, v. 22, n. 1, p. 109–115, 2006.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. *Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos; Métodos e aplicações*. 6. ed. São Paulo.: Edgar Blücher, 2005. 412 p.

PAULUS, P. B.; YANG, H.-C. Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. *Organiza*, v. 82 (1), p. 76–87, 2000.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.; PROBERT, D. R. Technology roadmapping—a planning framework for evolution and revolution. *Technological forecasting and social change*, Elsevier, v. 71, n. 1, p. 5–26, 2004.
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162503000726>>.

PURVES, W. K.; ORIAN, G. H.; HELLER, H. C.; SADAVA, D. *Life – The science of Biology*. 7. ed. [S.l.]: W.H.Freeman & Corporation, 2004. 1121 p.

QUINTAO, F.; TRISKA, R. Design da informação em interfaces digitais: origens, definições e fundamentos. *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, v. 10, n. 2, p. 105–118, 2013.

RAMSCAR, M.; YARLETT, D. Semantic grounding in models of analogy: an environmental approach. *Cognitive Science*, Elsevier, v. 27, n. 1, p. 41–71, 2003.

RASMUSSEN, J. The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions*, v. 15, n. 2, p. 234–243, March–April 1985.

REDIG, J. Não há cidadania sem informação, nem informação sem design. *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, v. 1, p. 58–66, 2004.

REINERT, F. *Planejamento de produtos orientado pela atratividade ao usuário*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Junho 2013.

ROMANO, L. N. *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Agosto 2003.

ROSSI, C. G.; ROCHA, R. M.; ALEXANDRE, N. M. C. Aspectos ergonômicos na transferência de pacientes – um estudo realizado com trabalhadores de uma central de transportes de um hospital universitário. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 35, n. 3, p. 249–256, 2001.

RUNCO, M. A. Creativity. *Annual Review of Psychology*, v. 55, p. 657–687, February 2004.

SARKAR, P.; CHAKRABARTI, A. Assessing design creativity. *Design Studies*, v. 32, p. 348–383, 2011.

SARTORI, J.; PAL, U.; CHAKRABARTI, A. A methodology for supporting "transfer" in biomimetic design. *AI EDAM (Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing)*, Cambridge Univ Press, v. 24, n. 4, p. 483, 2010.

SAVRANSKY, S. D. *Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2000. 408 p.

SCHMIDT-NIELSEN, K. *Animal physiology: adaptation and environment*. 5th. ed. USA: Cambridge University, 1997. 617 p.

SECRETARY OF COMMERCE – USA. Software Standard, Modeling Techniques, *Integration Definition for Information Modeling – IDEF1X*. December 1993.

SHAH, J. J.; HERNANDEZ, N. V.; SMITH, S. M. Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, v. 24, p. 111–134, 2003.

SIFONIS, C.; CHERNOFF, A.; KOLPASKY, K. Analogy as a tool for communicating about innovation. *International Journal of Innovation and Technology Management*, World Scientific, v. 3, n. 01, p. 1–19, 2006.

SILVEIRA, L. F. G. da. *Sistemática de mapeamento de ideias de novos produtos: um estudo de caso na indústria eletroeletrônica*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Dezembro 2010.

STERNBERG, R. J. The nature of creativity. *Creativity Research Journal*, Taylor & Francis, v. 18, n. 1, p. 87–98, June 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. 5th. ed. USA: Sinauer Associates, 2010. 781 p.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. *Gestão do conhecimento*. Porto Alegre: Bookman, 2008. 320 p.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. *Product design and development*. 5. ed. New York. USA: McGraw–Hill, 2011. 415 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). *Cristal Palace*. Novembro 2014. Publicado Online. <<http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/estruturas/cristal.htm>>.

VASCONCELOS, A. C. de. *Máquinas da Natureza – Um estudo da interface entre Biologia e Engenharia*. São Paulo: IBRACON, 2004. 344 p.

VATTAM, S. S.; HELMS, M. E.; GOEL, A. K. A content account of creative analogies in biologically inspired design. *AI EDAM (Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing)*, Cambridge Univ Press, v. 24, n. 4, p. 467, 2010.

VERHAEGEN, P.-A.; D'HONDT, J.; VANDEVENNE, D.; DEWULF, S.; DUFLOU, J. R. Identifying candidates for design-by-analogy. *Computers in Industry*, Elsevier, v. 62, n. 4, p. 446–459, 2011.

VINCENT, J. F.; BOGATYREVA, O. A.; BOGATYREV, N. R.; BOWYER, A.; PAHL, A. K. Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, The Royal Society, v. 3, n. 9, p. 471–482, 2006.

VINCENT, J. F.; MANN, D. L. Systematic technology transfer from biology to engineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, The Royal Society, v. 360, n. 1791, p. 159–173, 2002.

WARE, C. *Information visualization - Perception for Design*. 2. ed. San Francisco, USA: Else, 2004. 486 p.

WILSON, J. O. *A systematic approach to bio-inspired conceptual design*. Tese (Doutorado) — Georgia Institute of Technology - Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, 2008.

YAHYA, H. *Biomimetics: Technology Imitates Nature*. Istambul, Turkey: Global Publishing, 2006. 232 p.

YILMAZ, S.; SEIFERT, C. M. Creativity through design heuristics: A case study of expert product design. *Design Studies*, Elsevier, v. 32, n. 4, p. 384–415, 2011.

YIP, Y. B. A study of work stress, patient handling activities and the risk of low back pain among nurses in hong kong. *Journal of Advanced Nursing*, v. 36, n. 6, p. 794–804, September 2001.

ZANON, E.; MARZIALE, M. H. P. Avaliação da postura corporal dos trabalhadores de enfermagem na movimentação de pacientes acamados. *Revista da Esc*, v. 34, n. 1, p. 26–36, Março 2000.

APÊNDICE A – Atributos para a identificação de conceitos biológicos

O conjunto de atributos selecionados para a identificação de conceitos biológicos abrangentes, juntamente com suas frequências de citação, pode ser visualizado no Quadro A.1.

Quadro A.1 – Conjunto de atributos selecionados (continua)

<i>Atributo</i>	<i>frequência</i>	<i>Atributo</i>	<i>frequência</i>	<i>Atributo</i>	<i>frequência</i>
cell; cellular	251	electric; electrostatic	30	amount	17
plants	186	pathways	30	analog	17
converge; conversion	179	compounds	29	behavior	17
functions	177	ions	29	cause	17
structure	175	photosynthesis	29	close; closed	17
water	114	activity	28	diffusion	17
proteins	110	flows	28	do	17
enzymes	86	movements	28	ethylene	17
leaves	80	substances	28	extend	17
systems	74	chloroplast	27	mammals	17
membranes	73	direction; directional	27	mechanical	17
muscles	68	divide	27	organic	17
increase	67	photo	27	organisms	17
light	65	relative	27	parts	17
walls	62	carbon; carbonate	26	reduction	17
growth	60	act; action	25	soil	17
regulate	60	rate	25	steps	17
energy	59	respiration	25	stomatal	17
use	59	stimulus; stimulates	25	elements	16
blood	57	air	24	frequency	16
roots	56	expression	24	loss	16
body	54	fish	24	lungs	16
tissues	54	fluids	24	make	16
transport	52	food	24	meristems	16
genes	51	importance	24	physiological	16
acid; acid-base	50	store	24	release	16
animal	50	forces	23	thin	16
change	50	rapid	23	bacteria	15
forms	49	requires	23	biosynthesis	15
metabolism	48	complex	22	center; central	15
oxygen	48	depends	22	encoding	15
temperature	48	plasma	22	evolution	15
develop	46	provide	22	exceeds	15
produce; producing; producers	45	decreased; decreasing	21	gases	15
response	44	inhibit	21	give	15
potential	43	absorb; absorption; absorbed	20	resistance	15
process	43	eyes	20	serve	15
differ	42	flying	20	supply	15
insects	42	initiates	20	surrounding	15
molecules	40	open	20	transcription	15
seed	39	time	20	associated	14
specialized; specific	39	area	19	atp	14
synthesis	39	bind	19	cellulose	14
chemical	38	herbivores	19	circular; circulatory	14
organs	38	osmotic	19	external	14
sensitivity; sensors	38	primary	19	hairs	14
surface	38	pump	19	induce	14
pressure	36	receptors	19	materials	14
controls	35	solutes	19	nutrients	14
heat	35	sources	19	reproduction	14
hormones	34	vertebrates	19	secondary	14
reactions	34	volume	19	single	14
active; actively; activation	33	amino	18	size	14
concentrations	33	auxin	18	take	14
effect	33	catalysis; catalyze; catalytic	18	transmission	14
mechanisms	33	conductivity	18	uptake	14
variable; varies; variety	33	consists	18	xylem	14
contract; contraction	32	defense	18	reversibly; reverse; reversible; irreversible	14
hearts	32	digestion	18	artery; arterial	13
involve	32	fact; factors	18	become	13
nerves	32	flowers	18	bird	13
signal	32	layers	18	channel	13
ecological	31	poison	18	day	13
environment	31	prevent	18	exchange	13
contain	30	tubes; tubular	18	impulses	13
cycle; cyclic	30	types	18	include	13

Quadro A1 – Conjunto de atributos selecionados (conclusão)

<i>Atributo</i>	<i>frequência</i>	<i>Atributo</i>	<i>frequência</i>
levels	13	products	11
life	13	properties	11
location	13	sequences	11
niche	13	sink	11
pigments	13	site	11
polarity	13	starch	11
shoot	13	states	11
sieve	13	accumulate; accumulation	10
stress	13	affects; affecting	10
sugars	13	hrain	10
tree	13	characteristic	10
turgor	13	coding	10
arranged; arrangement	12	condition	10
biochemical	12	construction	10
branch	12	covers; covered	10
coat	12	degrees	10
composed; composition	12	detection	10
cytosol	12	fat	10
degradative; degraded	12	germination	10
dna	12	guard	10
drive	12	information	10
electro	12	mass	10
elongation	12	microfibril	10
embryo	12	nitrogen	10
expansion	12	particular	10
fruits	12	pathogens	10
generate	12	periods	10
glider	12	positive	10
humans	12	range	10
influence	12	red	10
internal	12	sea	10
number	12	senescence	10
phloem	12	shape	10
results	12	substitutions	10
salts	12	synapse	10
similar	12	vacuoles	10
skin	12	valve	10
stems	12		
transfer	12		
waxes	12		
acting; actions; activate; activator	11		
apical	11		
beetle	11		
blocks	11		
co2	11		
dioxide	11		
fiber	11		
flight	11		
gradient	11		
green	11		
hemoglobin	11		
lateral	11		
length	11		
limits	11		
living	11		
maintain	11		
mature	11		
minerals	11		
need	11		
negative	11		
oxidation	11		
pores	11		
predators	11		
prey	11		

APÊNDICE B – Questionário para avaliação dos grupos de atributos

Tendo em vista a especificidade das inter-relações entre os atributos identificados nos excertos de informações biológicas, um questionário semi-estruturado foi elaborado para possibilitar a avaliação dos grupos de atributos estabelecidos, como se pode visualizar nas Figuras B.1 e B.2.

Dados do especialista

Grau de especialização*

Graduação Mestrado Doutorado

● ● ●

Atuação profissional†

Docente Pesquisador Docente e Pesquisador Aposentado

● ● ● ●

Agrupamento de atributos conforme similaridade

Após a seleção de informações sobre sistemas biológicos, atributos (palavras-chave) foram identificados e ranqueados conforme a frequência de aparição nos textos fonte.

Do total de atributos, aqueles mais frequentes foram agrupados levando-se em consideração a similaridade e a complementaridade da informação apresentada.

A seguir são dispostas as figuras referentes aos agrupamentos dos atributos em grupos de similaridade (demarcados pelas linhas vermelhas). Cada palavra corresponde a um atributo, seguido de um número que corresponde à frequência de citação do termo nos textos fonte.

Especialização

Padrões

Adaptabilidade

Tempo

Membranas

Controle

Fluidos

Estágios

Ramificação

Você concorda com a distribuição dos atributos nos grupos apresentados?*

Sim, concordo com a distribuição.

Não concordo com a distribuição dos atributos.

Que atributos você trocaria de grupo?
Favor responder caso você não tenha concordado com a distribuição dos atributos.

Figura B.1 – Questionário de avaliação dos grupos de atributos – Parte 1

Você concorda com os nomes dados aos grupos de atributos?*
Cada agrupamento de atributos recebeu um nome que caracteriza o conceito da informações nele contidas.

	Sim, concordo	Não concordo
Especialização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adaptabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Membranas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estágios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ramificação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Padrões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Que nome de você alteraria?
Conforme o tipo de informação agrupada, qual seria um nome mais representativo para o grupo.

Qual o grau de representatividade dos grupos em relação às características/princípios dos sistemas biológicos?*
Em que grau os agrupamentos representam características particulares aos sistemas biológicos.

	não é representativo	pouco representativo	representativo	muito representativo	extremamente representativo
Especialização	<input type="radio"/>				
Adaptabilidade	<input type="radio"/>				
Controle	<input type="radio"/>				
Membranas	<input type="radio"/>				
Tempo	<input type="radio"/>				
Estágios	<input type="radio"/>				
Ramificação	<input type="radio"/>				
Fluidos	<input type="radio"/>				
Padrões	<input type="radio"/>				

Você possui alguma sugestão de modificação?

Figura B.2 – Questionário de avaliação dos grupos de atributos – Parte 2

Esse questionário foi enviado por meio digital para 141 pesquisadores do curso de Biologia de diferentes instituições de ensino (UFSC, UFPR, UEL), sendo obtidas sete respostas de pesquisadores doutores em ciências biológicas, conforme apresentado nos Quadros B.1.

Como se pode visualizar no Quadros B.1, houve variação nas respostas dadas pelos pesquisadores em relação à representatividade dos grupos de atributos propostos. Para o conceito *Fluidos*, por exemplo, nota-se que houve uma avaliação como sendo *extremamente representativo*, quatro como sendo

Quadro B.1 – Avaliação da representatividade dos grupos de atributos biológicos identificados

Especialista	Especialização	Adaptabilidade	Controle	Membranas	Tempo	Estágios	Ramificação	Fluidos	Padrões
1	E	E	E	M	M	R	P	R	E
2	R	R	R	R	R	R	R	R	R
3	P	P	R	P	M	M	N	N	M
4	E	E	E	M	M	E	E	E	E
5	R	R	R	R	R	R	R	R	R
6	R	R	P	R	R	N	R	P	R
7	M	M	M	R	M	M	M	R	M
Aprovação	86%	86%	86%	86%	86%	86%	71%	71%	86%
Legenda									
E – Extremamente representativo M – Muito representativo									
R – Representativo P – Pouco representativo N – Não é representativo									

representativo, uma como *pouco representativo* e uma como *não representativo*.

Essa variação pode ser justificada em função de uma observação realizada pelo terceiro respondente, que evidenciou que alguns dos grupos de atributos propostos não eram de sua familiaridade por estarem relacionados a outras área de especialização, impossibilitando um julgamento adequado. Nesse sentido, tal respondente informou que atribuiu a avaliação de *não representativo* para os conceitos não familiares.

Apesar da variação nas respostas dos especialistas, pode-se identificar no Quadros B.1 que ao menos uma avaliação *muito representativo* foi atribuída para cada um dos grupos de atributos. Considerando-se que todos os respondentes são doutores em ciências biológicas e traçando-se uma média de aprovação qualitativa a partir da atribuição *representativo*, os nove conceitos propostos obtiveram mais de 70% de aprovação.

APÊNDICE C – Estimuladores Biológicos propostos

Conforme apresentado no capítulo 4, os Estimuladores Biológicos consistem em cartões de conceitos biológicos-chave, abstraídos de conteúdos extraídos de referências relevantes da área, que visam estimular e fomentar o processo criativo inspirado na natureza.

Por meio do uso dos EBs nos experimentos realizados (seção 4.2.9), identificou-se um aporte significativo à criatividade, principalmente, no que concerne à utilidade das ideias geradas. Ainda, por meio da análise dos experimentos, os cartões foram aperfeiçoados de forma a ressaltar as informações que apresentaram maior contribuição para o estímulo à criatividade.

Assim, a proposta para os EBs apresenta de um lado do cartão a definição do conceito do EB, juntamente com informações textuais contextualizadas por imagens. Do outro lado, as principais ações realizadas por SBs relacionados ao conceito são dispostas na forma de 'verbos + substantivos' e palavras-chave que remetem aos meios utilizados por SB para a execução das ações. Tais palavras-chave visam permitir maior agilidade na identificação das informações (i.e. reduzir o esforço cognitivo na leitura e interpretação de textos) e, por consequência, na realização de analogias.

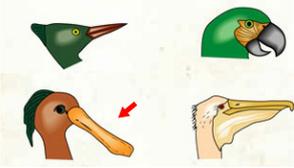
Dessa forma, a proposta para os cartões dos EBs são apresentadas nas Figuras C.1, C.2, C.3, C.4, C.5, C.6, C.7, C.8 e C.9.



Especialização

Sistemas biológicos apresentam materiais, estruturas e funções altamente especializadas, de forma a aumentar sua aptidão em relação aos demais sistemas e ao meio.

Animais apresentam diferentes mecanismos (e.g. bicos, dentes) que variam conforme a função e o tipo de alimento processado



fonte: infovisual.info

Cada tipo de planta produz um tipo diferente de semente, cuja forma influencia o tipo de dispersão (ar, água, ingerida ou aderida ao pêlo de algum animal)





Especialização

- **Especializar função**
 - ↳ multifuncionalidade
 - ↳ subsistemas
 - ↳ módulos
 - ↳ uso de sistemas cooperativos
- **Proteger sistema**
 - ↳ substâncias tóxicas
 - ↳ eletricidade (descargas elétricas)
 - ↳ camuflagem
- **Reuso de materiais**
 - ↳ reprocessamento
 - ↳ reabsorção

- **Especializar estrutura**
 - ↳ encaixes
 - ↳ identificação
 - ↳ especificidade
 - ↳ reforço estrutural
 - ↳ estrutura tubular/ cilíndrica/ circular
 - ↳ alteração conformacional
 - ↳ estrutura telescópica / retrátil
 - ↳ locomoção
 - ↳ planagem
 - ↳ vôo
 - ↳ elasticidade
 - ↳ arranjo
 - ↳ angular
 - ↳ contracorrente
 - ↳ iso / anisotrópico
 - ↳ série / paralelo
- **Armazenar energia**
 - ↳ substâncias
 - ↳ gradiente químico
 - ↳ elasticidade

Figura C.1 – EB – Especialização



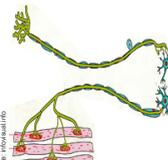
Figura C.2 – EB – Adaptabilidade

T

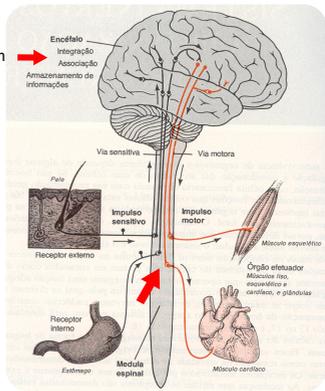
Controle

Na natureza, para que o equilíbrio (vida) seja mantido, as condições do meio e os processos que mantêm os sistemas biológicos variam dentro de certos limites, sendo necessário um controle fino e flexível dos mesmos.

Animais apresentam um sistema de controle centralizado, cujas ações podem se dar por vias químicas ou elétricas



O controle preciso e dinâmico em sistemas biológicos se dá por meio da retroalimentação (*feedback loop*)



Encéfalo
Integração
Associação
Armazenamento de informações

Via sensitiva Via motora

Pele
Receptor externo
Impulso sensitivo

Musculo esquelético
Impulso motor

Órgão efetor
Músculo liso, respiratório e cardíaco, e glândulas

Receptor interno
Estômago
Medula espinhal
Musculo cardíaco

T

Controle

- **Controlar estrutura mecânicamente**
geometria
abrir / fechar
expandir / contrair
orientação / direção
posição
permeabilidade
elasticidade
pressão
vazão
distribuição de fluxos
- **Controlar reações químicas**
substâncias
concentração (síntese / degradação)

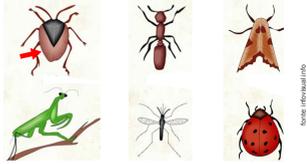
- **Controlar temperatura**
evaporação
trocador de calor / contracorrente
vazão de fluidos
área da troca de calor
isolamento térmico
- **Controlar tempo**
degradação (vida útil)
reações químicas
luminosidade (ritmo circadiano)
sazonalidade
- Utilizar retroalimentação
- Utilizar sensores
- Ser redundante
- Ser modular

Figura C.3 – EB – Controle

 **Membranas**

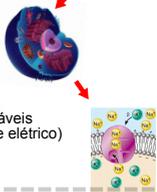
O uso de membranas e revestimentos por sistemas biológicos permite a separação física com o ambiente e podem servir como superfície hidrofóbica (repele água) e filtro de substâncias.

Insetos apresentam revestimento rígido (exoesqueleto) com propriedades estruturais e resistência mecânica





Membranas e revestimentos podem ser permeáveis (filtros) ou impermeáveis a substâncias (isolamento químico e elétrico)



 **Membranas**

- **Controlar estrutura**
 - propriedades físico-químicas
 - polaridade
 - voltagem (ddp)
 - gradiente de pressão
- **Transportar materiais**
 - permeabilidade seletiva
 - filtro químico (composição)
 - filtro físico (dimensão, geometria)
 - rugosidade
- **Proteger estrutura**
 - rigidez estrutural
 - isolamento mecânico
 - ↳ múltiplas camadas
 - ↳ camadas de diferentes materias
 - ↳ espessura
 - ↳ resistência mecânica
 - ↳ rugosidade
 - isolamento químico
 - ↳ substâncias inertes / estáveis
 - ↳ substâncias hidrofóbicas
 - ↳ substâncias tóxicas
 - impermeabilidade
 - reflexão de ondas (luz, radiação)

Figura C.4 – EB – Membranas



Tempo

Sistemas biológicos são temporários, com vida útil de apenas algumas horas a décadas. Processos bioquímicos, funções e ritmos biológicos também variam com o tempo.

A metamorfose é uma alteração morfológica que ocorre durante a vida de alguns animais



fonte: infovisual.info



Ritmo circadiano



A fotossíntese dependem do ritmo circadiano, já o florescimento de algumas plantas depende da duração da luminosidade



Tempo

- **Controlar tempo**
 - mudanças estruturais
 - ↳ abrir / fechar
 - ↳ síntese / degradação
 - ↳ ação / inatividade
 - ↳ contração / relaxamento
 - reações químicas
 - ↳ equilíbrio dinâmico
 - ↳ velocidade - catalizadores
 - ritmicidade
 - ↳ ciclos
 - ↳ frequência
 - ↳ luminosidade (noite / dia)
 - sazonalidade
 - ↳ estações do ano
 - ↳ temperatura

- **Utilizar sincronização**
 - processos sincronizados
 - estágios
- **Ser temporal**
 - vida útil
- **Ser simultâneo**
 - processos simultâneos

Figura C.5 – EB – Tempo

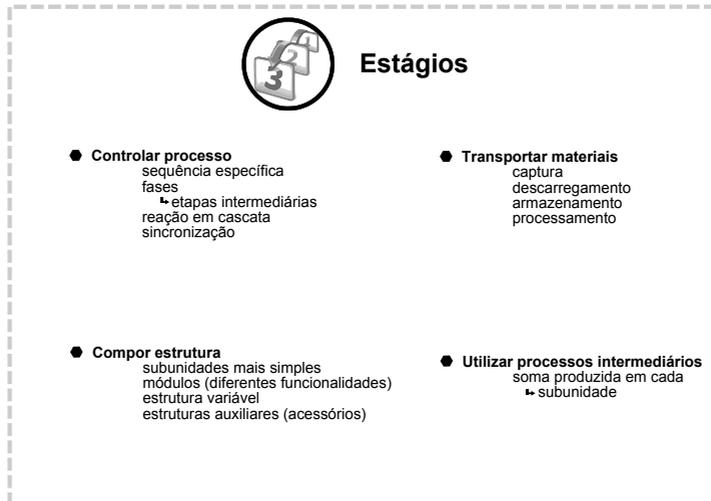
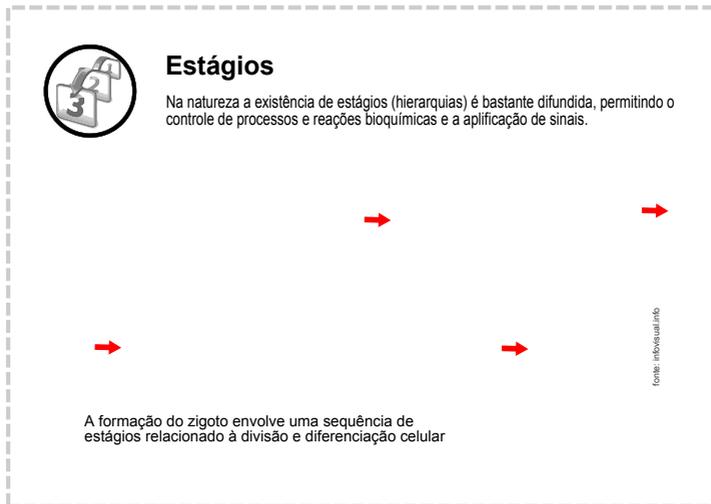


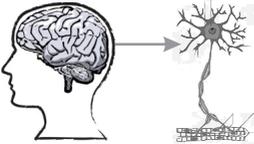
Figura C.6 – EB – Estágios



Ramificação

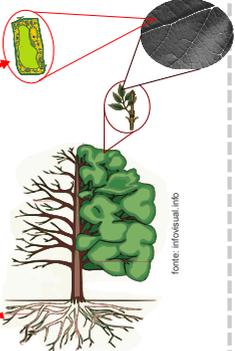
Sistemas biológicos apresentam ramificações para formar estruturas complexas a partir de partes menores (subunidades) e mais simples, e para propagar material ou informação de forma mais rápida e eficiente.

fonte: infovisual.info



Células são as menores unidades funcionais que compõe o sistema





fonte: infovisual.info

A ramificação permite o aumento da razão área/volume e da velocidade de distribuição e absorção de substâncias e sinais - informações



Ramificação

- **Compor estrutura**
 - divisões sucessivas
 - elementos subdivididos
 - ↳ tubos
 - ↳ arcos
 - ↳ filamentos
 - ↳ placas
 - estrutura porosa
 - ↳ cavidades
 - subunidades mais simples
- **Aumentar velocidade**
 - propagação de sinais
 - distribuição de substâncias

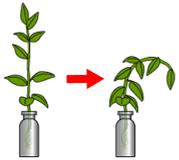
- **Aumentar área superficial**
 - área de contato
- **Transportar materiais e sinais**
 - propagação de impulsos
 - rede de conexões
 - distribuição de esforços

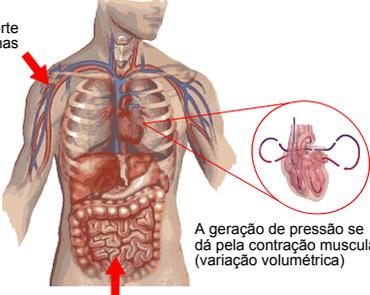
Figura C.7 – EB – Ramificação

 **Fluidos**

Na natureza a utilização de fluidos é bastante difundida, sendo várias funções desempenhadas por fluidos (distribuição e transporte de substâncias, locomoção, enrijecimento estrutural).

Os fluidos são responsáveis pelo transporte de substâncias (gases, hormônios, enzimas e nutrientes)

 Diferença estrutural devido à variação da pressão hidráulica

 A geração de pressão se dá pela contração muscular (variação volumétrica)

Fluidos separados por compartimentos

 **Fluidos**

- **Transportar materiais / sinais**
 - gradiente de pressão
 - gradiente químico
 - tensão - coesão
 - condutes
 - capilaridade
 - sistema circulatório
- **Controlar fluxo**
 - válvulas
 - sinais
 - ↳ elétricos (impulsos)
 - ↳ mecânicos (deformação)
- **Variar estrutura**
 - pressão hidráulica
 - atuadores hidráulico
 - compartimentos
 - elasticidade
- **Realizar trabalho**
 - bomba peristáltica
 - bomba volumétrica
 - bomba de cavidade
 - gradiente de pressão
 - ↳ concentração química
 - ↳ evaporação
 - ↳ variação volumétrica
 - ↳ variação estrutural

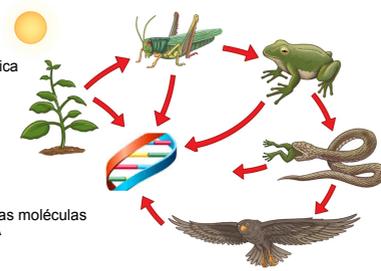
Figura C.8 – EB – Fluidos



Padrões

Sistemas biológicos apresentam alguns padrões de composição, estrutura e funcionamento em relação a processos bioquímicos e a configurações estruturais.

Toda a vida na Terra depende de energia solar e é regida pelas leis da termodinâmica



Sistemas biológicos apresentam as mesmas moléculas de codificação em suas estruturas de DNA

fonte: infovisual.info



Padrões

- **Armazenar energia**
gradiente eletroquímico
substâncias

- **Transmitir força**
utilização de fluidos
estrutura rígida
elementos flexíveis
elementos elásticos

- **Transportar materiais e sinais**
concentração química
pressão hidrostática
gravidade
campo elétrico

- **Uso de sensores**

- **Movimentar sistema**
voo
planagem
forças viscosas
forças inerciais

- **Potencial mínimo de ação**
tudo ou nada

- **Ser proporcional**

Figura C.9 – EB – Padrões

APÊNDICE D – Ideias de novos produtos geradas pela equipe de especialistas

De forma a apresentar um breve descritivo das ideias de novos produtos geradas pela equipe de especialistas durante a primeira aplicação prática realizada para a avaliação qualitativa da metodologia proposta, têm-se os Quadros D.1 e D.2¹.

Quadro D.1 – Breve descrição das ideias de novos produtos

Ideia	Descrição
1	Haste telescópica que pode ser acoplada na lateral da cama. Nessa ideia, um cinto conectado à haste é utilizado para envolver algum membro ou o tronco do paciente e, ao ser acionado por um botão ou pedal, traciona o paciente em direção à lateral da cama, funcionando como uma esteira transportadora para o posicionamento.
2	A ideia consiste em uma cama com vários pequenos elevadores embutidos na espuma. Ao selecionar a posição desejada em um display, os elevadores/ atuadores iniciam a movimentação vertical necessária para posicionar o paciente.
3	Em sendo considerado que o lençol no qual o paciente está deitado seja resistente e possua alças para engate de ganchos, a ideia consiste em um sistema hidráulico, um pistão (telescópico), com um gancho na extremidade para engate no lençol. Ao ser acionado o dispositivo controla a força exercida, evitando movimentos bruscos, e ergue o lençol/ paciente na posição desejada (vertical ou lateral).
4	A ideia consiste em uma cama com saídas de ar comprimido (“ <i>airhockey</i> ”). Ao pressionar o sistema, o ar exercerá uma força sobre o paciente, facilitando sua movimentação horizontal (redução do atrito) por parte do enfermeiro.
5	A solução consistem em uma bolsa inflável, que pode ser posicionada sob membros ou tronco do paciente acamado. Ao ser inflada, a bolsa erguerá o paciente, conforme a pressão injetada na bolsa.
6	Braços mecânicos que podem ser inseridos sob o paciente acamado. Cada braço possui uma atuação independente, possibilitando diferentes configurações de posicionamento horizontal e vertical, conforme o comando do enfermeiro por um painel de controle.
7	Cama constituída por várias bolsas infláveis independentes, que podem ser infladas conforme a necessidade do paciente ou do enfermeiro. Por serem controladas independentemente, as bolsas permitem a formação de diferentes configurações da cama (e.g. concha, poltrona).
8	A ideia consiste em uma cama com várias pequenas rodas motrizes com pás embutidas. Ao selecionar a posição desejada em um display, o microcontrolador acionará os motores e as pás, formando ondulações na superfície do colchão, movimento o paciente horizontalmente.

¹A descrição das ideias foi realizada de forma verbal por um dos participantes da equipe, posteriormente à realização da prática.

Quadro D.2 – Breve descrição das ideias de novos produtos (Continuação)

Ideia	Descrição
9	A ideia consiste em vestir o paciente com uma roupa estruturada por elementos magnéticos. Ao engatar magneticamente um sistema de tração retrátil nessas estruturas, pode-se suspender e movimentar as partes desejadas do paciente. O controle da força de tração pode ser feito pela 'potência' do ímã.
10	Cama com faixas infláveis e rotativas de tecido com diferentes propriedades superficiais (atrato). Ao inflar tais faixas o paciente entra em contato com partes de maior ou menor atrito, facilitando sua movimentação horizontal. Após o reposicionamento, basta desinflar o sistema, repousando o paciente na nova posição.
11	Colcha com propriedades eletromagnéticas posicionada entre o paciente e um sistema similar instalado na cama. Para movimentar o paciente aciona-se a energia e a repulsão eletromagnética entre as superfícies reduzirá o atrito e facilitará o reposicionamento manualmente.
12	Exoesqueleto vestido pelo enfermeiro, potencializando sua força e facilitando o reposicionamento do paciente. Previne o esforço físico do enfermeiro e o protege de posições ergonomicamente desfavoráveis.
13	Solução conceitual próxima à 3. Considera-se que o lençol no qual o paciente está deitado seja resistente e possua alças para engate de ganchos. O dispositivo consiste em um sistema móvel com braços telescópicos independentes, com ganchos nas extremidade para engate no lençol. Ao ser acionado o dispositivo traciona o lençol e o paciente, conforme o direcionamento dos braços, que servem como guias para o posicionamento.
14	Cama modular que permite sua abertura ao meio, facilitando o posicionamento do enfermeiro próximo ao paciente, para sua movimentação. Essa solução conceitual não reduz o esforço a ser exercido pelo profissional de enfermagem.
15	Cama modular e multi segmentada, que apresenta um motor em cada junta (DOF) para permitir a configuração de diferentes posicionamentos da estrutura articulada. Ao selecionar o perfil superficial desejado em um display, o sistema controla a inclinação/ coordenada de cada junta, alterando o perfil em estágios.
16	Sistema em que enfermeiro se encaixa, como uma plataforma, permitindo-o se apoiar sobre uma estrutura rígida para exercer força na movimentação do paciente. Evita a concentração de força na região lombar.
17	Plataforma rígida que permite o apoio do enfermeiro e apresenta cintos retráteis para realizar a tração do paciente. O enfermeiro se apoia na plataforma e, com o auxílio do sistema de tração em suas mãos, puxa o paciente para a lateral ou cabeceira da cama.

Com o objetivo de ilustrar e mais bem detalhar algumas dessas ideias de novos produtos, geradas pela equipe de especialistas e com o auxílio dos EBs, na sequência são apresentados as ideias 6 e 7 (ver Quadro D.1).

A ideia de produto 7 consiste em um colchão pneumático que pode ser posicionado sobre qualquer tipo de maca ou cama hospitalar, ou ainda sobre leitos domiciliares. Esse colchão é formado por pequenos módulos infláveis, independentes uns dos outros, permitindo assim o controle da altura de cada módulo ou área do colchão. De forma a ilustrar essa ideia de produto proposta pela equipe de especialistas, segue a Figura D.1.



Figura D.1 – Ilustração da ideia de produto 7 - Colchão inflável com módulos independentes

Como se pode visualizar na Figura D.1, esse colchão com módulos infláveis permite a formação de diferentes configurações da cama (e.g. os enfermeiros poderiam desinflar determinados módulos sob o paciente, facilitando a inserção de seus braços sob o paciente para facilitar a movimentação). Ainda, essa ideia de produto permite que os módulos centrais do colchão sejam desinflados, formando uma espécie de banheira, favorecendo o banho no leito. Caso metade dos módulos do colchão fosse desinflado no sentido longitudinal, o paciente ficaria inclinado, facilitando a rolagem do mesmo pelo enfermeiro, reduzindo esforço físico e facilitando a troca de lençóis ou a aplicação de medicamentos no dorso do paciente.

A ideia de módulos infláveis independentes está relacionada ao EB *Especialização* (ver Figura C.1, página 218). Nesse estimulador um dos princípios apresentados para a especialização de funções são os subsistemas e sistemas cooperativos. Além desses é apresentado o princípio de especialização estrutural relacionado à elasticidade. Pela combinação desses princípios um dos membros da equipe idealizou o uso de bolsas de ar que atuariam como atuadores cooperativos (infláveis e desinfláveis) para a movimentação de pacientes posicionados sobre tais estruturas.

No que concerne à ideia de produto 6, os especialistas idealizaram a utilização de um conjunto de efetadores que poderiam ser posicionados sob o paciente e ao longo de seu comprimento (i.e. possibilidade de adequação ao

tamanho do paciente), e erguê-lo como um todo, como se pode visualizar na Figura D.2.

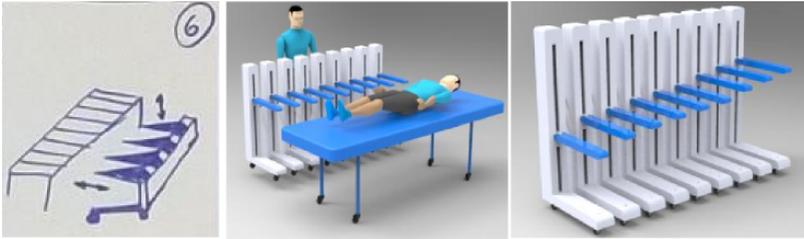


Figura D.2 – Ilustração da ideia de produto 6 - Conjunto de atuadores segmentados e independentes com possibilidade de ação diferenciada

Como ilustrado na Figura D.2, por serem atuadores independentes, poder-se-ia ainda erguer o paciente de forma diferenciada, facilitando a retirada do paciente do leito e deixando-o na posição sentada, ou ainda, facilitando a higienização do paciente e do leito.

Essa ideia de produto composta por atuadores independentes foi gerada pela equipe também com auxílio do EB *Especialização*, que apresenta como estímulos: subsistemas cooperativos, encaixes e justas com graus de liberdade e estruturas telescópicas.

No que concerne a possibilidade de controle independente dos módulos de cada uma as ideias de produtos ilustradas (i.e. bolsas infláveis e atuadores independentes), tal característica foi vislumbrada por meio do auxílio do EB *Controle* (ver Figura C.3, página 220), que apresenta como princípios a redundância (i.e. mais de um sistema de ação/controlê) e a modularidade (controle diferenciado e independente).

Por meio dessas duas ideias de produtos é possível identificar ainda que os EBs mais utilizados como inspiração foram o *Especialização* e o *Controle*, que foram, de fato, alguns dos estimuladores com maior prioridade de uso durante a sessão de ideação (ver Figura 6.10). Essa constatação, também observada pelo pesquisador durante a prática, evidencia a adequação da matriz de auxílio à priorização de EBs no auxílio à ideação de ideias de novos produtos.

ANEXO A – Métodos para a modelagem da estrutura de funções

Identifica-se na literatura diferentes formas de se caracterizar e modelar produtos para facilitar a ideação e proposição de novos conceitos. Dentre os métodos existentes pode-se citar: a definição ou síntese da estrutura de funções (BACK et al., 2008; PAHL et al., 2005; ULRICH; EPPINGER, 2011), a modelagem FBS (Função-Comportamento-Estrutura, do inglês *Function-Behavior-Structure*) e suas variantes (e.g. FSB, FEBS) (GERO; KANNENGIESSER, 2014; WILSON, 2008), e a técnica FAST (KAUFMAN; WOODHEAD, 2006).

A síntese de funções de um produto corresponde à determinação de sua função global (i.e. objetivo principal do sistema), que pode ser desdobrada em funções de menor complexidade (PAHL et al., 2005), denominadas sub-funções, para facilitar seu entendimento e resolução. A soma das ações correspondentes a cada uma das sub-função deve resultar no cumprimento do objetivo principal do sistema (Figura A.1).

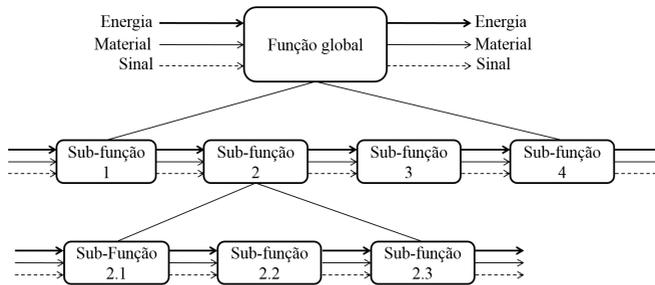


Figura A.1 – Ilustração de uma estrutura de funções genérica

Fonte: adaptado de Back et al. (2008, p.303) e Pahl et al. (2005, p.24)

A definição tanto da função global quanto das sub-funções se dá pela formulação concisa de um verbo e um substantivo (BACK et al., 2008). Juntamente às funções, são definidas as interfaces do produto. Ou seja, as formas de interação desse com o exterior (i.e. interface com o usuário e com o meio que o envolve, na forma de materiais, energias e sinais de entrada e saída).

No caso de produtos existentes o desdobramento em sub-funções é facilitado, bastando-se para isso seguir os fluxos de material, energia e sinal ao longo do produto. Esse processo é conhecido também como análise funcional.

Contudo, no caso de produtos ainda não existentes a definição das sub-funções não é uma atividade trivial (BACK et al., 2008). Empiricamente, as equipes de projeto se apoiam em sua experiência para identificar e definir as sub-funções de produtos ainda inexistentes. Além da experiência, pode-se partir para a realização de analogias com produtos existentes, cujas funções são similares (e.g. engenharia reversa, analogias com sistemas biológicos).

Já, a modelagem FBS consiste em uma estrutura de caracterização de produtos em termos de classes de propriedades, sendo elas: funções, comportamentos e estruturas. As funções representam as finalidades e objetivos do produto (i.e. ações a serem realizadas - o produto serve para quê?). Os comportamentos descrevem a forma como as funções são realizadas (i.e. O que o produto faz?). Por fim, as estruturas são os componentes físicos do produto (e.g. subsistemas e interligação entre os mesmos - O que compõe o produto?) (GERO; KANNENGIESSER, 2014; WILSON, 2008).

Segundo Gero e Kannengiesser (2014), as funções estão intrinsecamente relacionadas aos comportamentos, tendo em vista o objetivo e a possibilidade de mensurar as ações realizadas (comportamentos). Já, os comportamentos estão relacionados às estruturas, devido à dependência do dessas para realização de mudanças de estado (i.e. comportamentos derivam das mudanças de estado das estruturas em função das leis física (GERO; KANNENGIESSER, 2014)).

Apesar da modelagem FBS restringir os campos de descrição do produto, de forma a facilitar o processo de identificação de problemas e oportunidades de desenvolvimento por meio da inter-relação das classes de propriedades, dificilmente ter-se-ão características comportamentais e estruturais no que concerne ao planejamento e desenvolvimento de novos produtos. Assim, estima-se que a modelagem FBS seja mais adequada para a modelagem e/ou projeto de produtos já existentes.

A técnica FAST ou Técnica de análise do sistema de funções (do inglês *Function Analysis System Technique*, tradução livre) se propõe a facilitar o processo de comunicação entre equipes multidisciplinares, por meio de representação gráfica das dependências funcionais do sistema a ser projetado, e a identificar a causa-raíz do problema de projeto, favorecendo o desenvolvimento de soluções efetivas e eficientes (exploração da oportunidade).

Assim como na estrutura funcional, a técnica FAST faz uso de verbos aliados à substantivos para, respectivamente, descrever as funcionalidades a serem executadas e identificar os objetos ou sistemas sobre os quais as ações serão aplicadas. Conforme Kaufman e Woodhead (2006), na estrutura funcional gerada por meio da técnica FAST faz-se uso de verbos ativos e substantivos mensuráveis, de forma a particularizar as modelagens e evitar ambiguidades de descrição e entendimento.

Para Kaufman e Woodhead (2006), previamente à técnica FAST, três questões devem ser respondidas, sendo elas:

- 1.Qual o problema ou oportunidade a ser resolvida?
- 2.Por que é considerado um problema ou oportunidade?
- 3.Por que uma solução é necessária?

A partir das respostas desses três questionamentos chega-se a um entendimento comum entre os membros da equipe de desenvolvimento, sobre o problema ou oportunidade a ser explorada. Na sequência, a técnica FAST faz uso de três perguntas-chave, sendo elas ‘como?’, ‘por quê?’ e ‘quando?’. Cada uma dessas perguntas visa particularizar, justificar e relacionar, respectivamente, as funcionalidades que o sistema deverá apresentar (KAUFMAN; WOODHEAD, 2006). Por meio das duas primeiras perguntas torna-se possível explicitar a lógica e a relação de dependências entre as funções, permitindo a identificação da causa-raiz do problema de projeto (oportunidade de desenvolvimento).

A pergunta ‘como?’ auxilia na delimitação do escopo de desenvolvimento, por meio da restrição e afunilamento da abrangência de análise. Já, a pergunta ‘por quê?’ auxilia na contextualização do problema no sentido macro, ou seja, em sua abrangência. Assim, para a definição do escopo do problema, cessa-se o processo de questionamento sequencial no momento em que as respostas para as perguntas ‘como?’ apresentarem especulações de soluções específicas para o problema, e as respostas da pergunta ‘por quê?’ forem de abrangência tal que descaracterize o contexto do problema (KAUFMAN; WOODHEAD, 2006).

Há ainda a pergunta ‘quando?’, cujo objetivo é facilitar a identificação de funções independentes de suporte, sendo representadas no modelo na direção vertical. Essa pergunta relaciona, no sentido descendente, funções à atividades operacionais (i.e. funções processuais) ou, no sentido ascendente, à funções independentes que podem ser executadas em paralelo sem influência às demais.

Conforme os autores Kaufman e Woodhead (2006), a finalização da modelagem de um sistema e a definição do escopo de desenvolvimento ocorre apenas quando a equipe participante atinge um consenso quanto à abrangência e às funções listadas.

De forma a ilustrar a lógica da técnica FAST apresenta-se a Figura A.2.

Como se pode visualizar na Figura A.2, ao se questionar ‘Como executar a Função X?’, identifica-se uma função de um nível mais específico (Função B). No sentido oposto, ao se questionar ‘Por que executar a Função B?’, tem-se como motivo a execução da Função X e, ao se realizar o mesmo questionamento para essa última função, tem-se como motivo a necessidade de execução da Função A, de maior abrangência.

No que concerne à pergunta ‘Quando?’, essa pode também ser entendida como um operador lógico ‘se - então’ entre funções independentes (e.g. Quando a Função X ocorre, que outra função é realizada? A resposta deve consistir em uma ‘Função Independente’ ou uma ‘Atividade’). Caso a relação

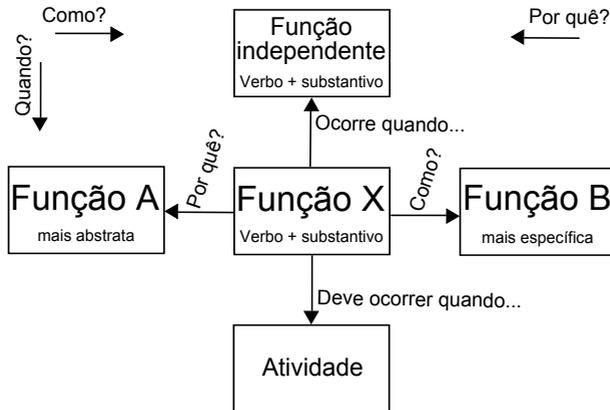


Figura A.2 – Lógica de técnica FAST

Fonte: adaptado de Kaufman e Woodhead (2006, p.72)

entre essas funções fosse de dependência, as mesmas deveriam estar no fluxo horizontal.

Na estrutura funcional gerada por meio da FAST a função de maior abrangência a ser considerada no escopo é denominada função básica, e corresponde à função global da estrutura funcional. Já, as funções dependentes subsequentes são denominadas funções secundárias ou funções parciais. No caso das funções parciais, essas são candidatas à eliminação, modificação ou consolidação conforme seu grau de contribuição para o aumento da eficiência do sistema a ser desenvolvido (KAUFMAN; WOODHEAD, 2006). Ao se combinar soluções ou ideias para cada uma das funções parciais de maior nível de desdobramento (i.e. última função considerada na estrutura antes de se traçar o limite inferior de escopo), juntamente com as funções desdobradas por meio da pergunta ‘quando?’, tem-se a satisfação da função básica, da mesma forma como ocorre na síntese de funções (i.e. satisfação das subfunções corresponde à satisfação da função global).

Ao se modelar um sistema pela técnica FAST para o processo criativo, pode-se gerar ideias para cada uma das funções identificadas as funções parciais.

De forma a facilitar a compreensão da técnica FAST, na Figura A.3 é apresentado o modelo simplificado de um isqueiro.

Como ilustrado na Figura A.3, admitindo-se que a função básica de um isqueiro é produzir uma chama, pela lógica da técnica FAST, a primeira pergunta seria ‘como produzir chama?’. Como resposta possível tem-se fun-

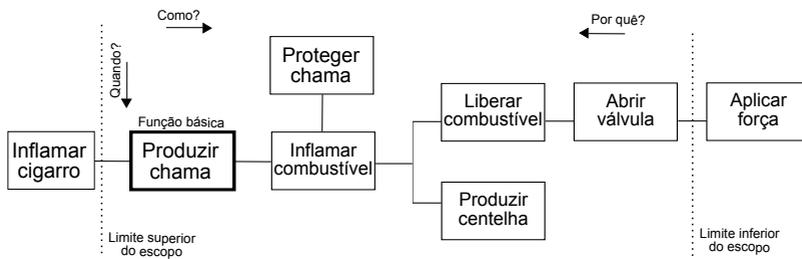


Figura A.3 – Exemplo de um isqueiro modelado conforme a lógica de técnica FAST

Fonte: adaptado de Kaufman e Woodhead (2006, p.82)

ção secundária ‘inflamar combustível’. Após os sucessivos questionamentos ‘como?’, chega-se a funções específicas que fogem do escopo do projeto, como o caso da função ‘aplicar força’, que é uma função executada pelo usuário. Assim, limita-se o campo de desenvolvimento até a instância da função ‘abrir válvula’.

Agora, partindo-se da pergunta ‘por que abrir válvula?’ tem-se como justificativa a necessidade de ‘liberar combustível’. Por meio das perguntas ‘por que?’, tem-se a justificativa e constatação da correta determinação das funções dependentes do sistema. No caso das funções independentes, ao questionar ‘quando se produz chama, que outra função é realizada?’, tem-se como função independente ‘proteger chama’, conforme a Figura A.3.

Segundo Kaufman e Woodhead (2006), por apresentar uma estrutura flexível e simples, a técnica FAST pode ser aplicada em diferentes níveis de abstração (e.g. problemas macro - organizacionais e gerenciais, problemas micro - técnicos e de alta particularidade), além de permitir e favorecer a comunicação e agregação de equipes multidisciplinares para a resolução de problemas.

ANEXO B – Exemplos de camadas preenchidas do mapa tecnológico

Já, as metas estratégicas são ressaltadas na camada Negócio, como se pode visualizar na Figura B.2.

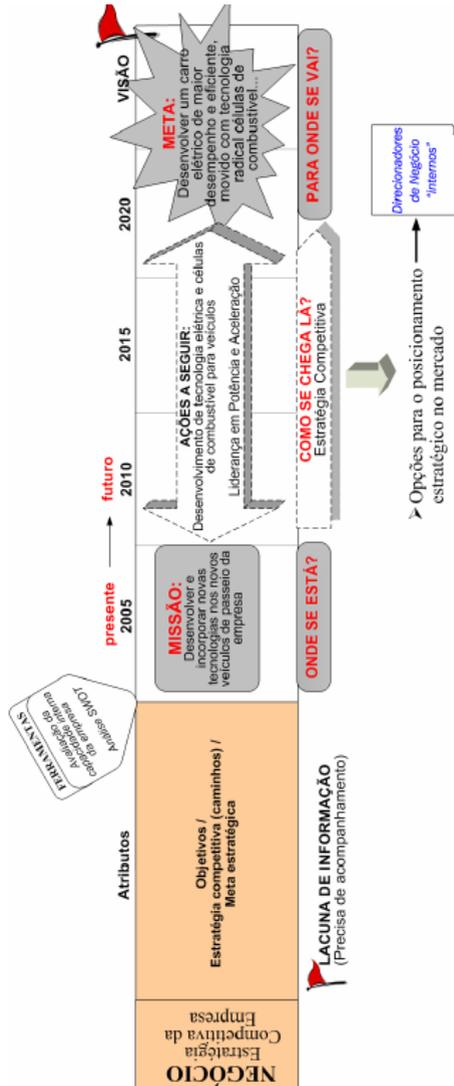


Figura B.2 – Exemplo da camada Negócio de um mapa tecnológico
 Fonte: Ibarra (2007, p.88)

Por fim, na Figura B.4 é apresentado um exemplo de plano de desenvolvimento de tecnologias ao longo do tempo. Tecnologias essas que serão necessárias para compor os automóveis idealizados na camada Produto.

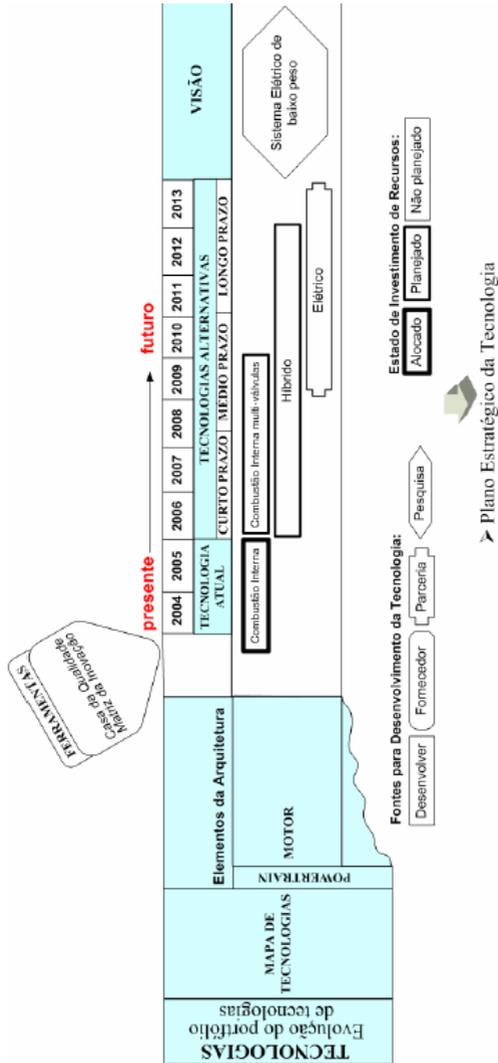


Figura B.4 – Exemplo da camada Produto de um mapa tecnológico
 Fonte: Ibarra (2007, p.108)

**ANEXO C – Definição integrada para a modelagem de informações -
IDEF1X**

O IDEF1X, do inglês *Integration Definition for Information Modeling*, consiste em uma norma norte americana formalizada pela FIPS (do inglês *Federal Information Processing Standard*) e publicada pelo NIST (do inglês *National Institute for Standards and Technology*), que possui como intuito regulamentar a linguagem (sintática e semântica) utilizada para a modelagem de bancos de dados.

Assim como apontado por Lima (2002), o IDEF1X tem por objetivo atender aos seguintes requisitos:

- a. Suportar o desenvolvimento de esquemas conceituais consistentes, extensíveis e transformáveis;
- b. Apresentar uma estrutura de modelagem simples e coerente, que promova agilidade na aprendizagem da mesma e na construção de esquemas conceituais;
- c. Possibilitar a automatização tendo em vista a inserção, cruzamento e consulta de informações em bancos de dados.

De forma a viabilizar a atribuição de significado a dados inter-relacionados conforme um determinado contexto e, de forma contrária, para favorecer a identificação de conceitos generalizados a partir dos agrupamentos de dados, o IDEF1X parte da utilização de técnicas de modelagem semântica.

Para a modelagem de dados o IDEF1X compreende quatro fases, sendo elas:

1. Estabelecimento do objetivo de modelagem;
2. Definição das entidades;
3. Definição dos relacionamentos;
4. Definição das chaves.

Na primeira fase é declarado o objetivo geral da modelagem, bem como é traçado um plano de modelagem de dados. Os dados podem ser coletados de planilhas, entrevistas, observações ou mesmo de outras fontes de informação (e.g. livros, pesquisas). Já, o relacionamento entre os dados pode ser de categorização, por exemplo, onde os dados são relacionados uns aos outros conforme os níveis de abrangência e/ou o significado dos mesmos.

Na segunda fase são definidas as entidades, sendo que uma entidade consiste em conjunto de itens (e.g. pessoas, lugares, ideias) com atributos comuns. Aqui, segundo Lima (2002), cabe ao modelador identificar no conjunto de dados coletados na primeira fase os conjuntos de itens que apresentam atributos em comum e podem, potencialmente, ser definidos como entidades.

Tendo-se as entidades, na terceira fase são definidas as relações ou conexões entre as mesmas, similarmente a uma rede semântica. Essas relações

entre entidades podem ser específicas de categorização (entidade pai e filha, em função da dominância), específicas de conexão (entidades inter-relacionadas mas sem dominância) ou não específicas (sem restrição ou dependência de uma entidade em outra).

A quarta fase de modelagem se destina ao refinamento da atividade de relacionamento e à definição dos atributos-chave de cada entidade. Aqui, os atributos-chave são características particulares à cada entidade e permitem sua identificação de maneira única e inequívoca.

Tendo-se um conjunto de dados conciso e confiável, entidades devidamente identificadas, inter-relacionadas e com atributos-chave que endereçam buscas de forma inequívoca, tem-se um banco de dados estruturado e de qualidade, capaz de fornecer resultados de busca confiáveis.

Para mais informações e detalhamento da modelagem de dados conforme o IDEF1X, recomenda-se a consulta à norma (SECRETARY OF COMMERCE – USA, 1993) e ao trabalho de Lima (2002).