

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E**  
**URBANISMO**

**RONNIE ELDER DA CUNHA**

**VERIFICAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DO MÉTODO**  
**BIOTRIZ NA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO ENSINO**  
**DE PROJETO DE ARQUITETURA**

**JOÃO PESSOA**

**2015**

**RONNIE ELDER DA CUNHA**

**VERIFICAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DO MÉTODO  
BIOTRIZ NA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NO ENSINO  
DE PROJETO DE ARQUITETURA**

Dissertação apresentada à  
Comissão de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal da Paraíba  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em  
Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. PhD. Carlos Alejandro Nome

**JOÃO PESSOA**

**2015**

C972v Cunha, Ronnie Elder da.  
Verificação da adequabilidade do método BioTRIZ na  
aplicação da biomimética no ensino de projeto de arquitetura /  
Ronnie Elder da Cunha.- João Pessoa, 2015.  
152f. : il.  
Orientador: Carlos Alejandro Nome  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT  
1. Arquitetura e urbanismo. 2. Biomimética. 3. Ensino de  
projeto. 4. Projeto arquitetônico. 5. Método de projeto.  
6. BioTRIZ.

UFPB/BC

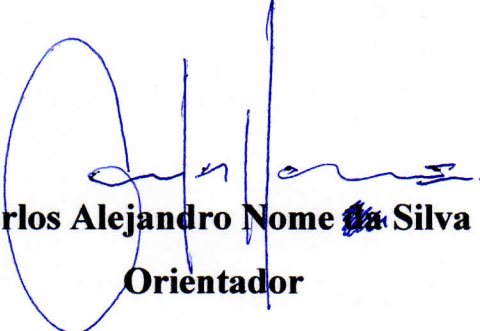
CDU: 72+711(043)

**Biomimética aplicada ao ensino de projeto em arquitetura: o método Biotriz**


Por

**Ronnie Elder da Cunha**

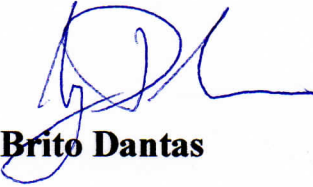
Dissertação aprovada em 15 de Janeiro de 2015



**Carlos Alejandro Nome da Silva**  
**Orientador**



**Marcio Cotrim Cunha**  
Examinador Interno – UFPB



**Ney Brito Dantas**  
Examinador Externo – UFPE

João Pessoa-PB  
2014

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por Sua presença e paciência com minhas falhas.

A minha querida esposa, Gisele, pela valiosa ajuda e apoio em todos os momentos.

A meus filhos, Rafael e Heitor, pela compreensão nos momentos em que não pude estar com eles.

A meus pais, pelo amor incondicional que me nutriu durante essa caminhada.

Ao meu orientador, Carlos Nome, pelo essencial apoio e orientações nos momentos mais difíceis.

Ao amigo Sinval, pelos seus valiosos conselhos e incansável disposição para ajudar.

Ao Prof. Dr. Geovanny Jessé, pelo apoio em sua disciplina.

## RESUMO

Apesar de a biomimética ser bastante utilizada nos campos do design e da engenharia, os seus métodos de aplicação no projeto arquitetônico ainda não são claros, sobretudo no ensino de projeto. A transferência de um conceito ou mecanismo de um organismo vivo para sistemas não vivos não é uma tarefa trivial e requer conhecimento entre dois domínios, o biológico e o de design. O BioTRIZ, método sistemático e especialmente desenvolvido com base em fenômenos biológicos, dispensa conhecimento profundo sobre organismos naturais. O presente trabalho teve como objetivo principal verificar a adequabilidade do método BioTRIZ na aplicação de conceitos biomiméticos no ensino de projeto em ateliês nos períodos iniciais do curso de Arquitetura. Utilizou-se de estudos de caso de caráter exploratório por meio de exercícios de projeto em ateliê de plástica com turmas do 3º período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba. O trabalho foi dividido em oito etapas: definição das variáveis, estudos piloto, treinamento das equipes, coleta de dados em exercícios de projeto com aplicação do método BioTRIZ, aplicação de questionário, execução de grupos focais, análise de dados e discussão dos resultados. Concluiu-se que o método BioTRIZ não se mostrou totalmente adequado ao ensino de projeto em ateliês de plástica, devido ao limitado repertório projetual dos alunos, às dificuldades em evitar fixação em ideias predefinidas e às limitações na capacidade de transformar características específicas em abstratas e vice-versa, requisitos necessários para o eficaz emprego do método.

**Palavras-chave:** Biomimética. Ensino de projeto. Projeto arquitetônico. Método de projeto. BioTRIZ.

## **ABSTRACT**

Despite the fact that biomimicry has been widely used in the fields of design and engineering, its application methods in architectural design are not yet clear, especially in the architectural design education. The transfer of a concept or mechanism of a living organism for non-living systems is not a trivial task and requires knowledge between two domains, the biological and the design. The BioTRIZ, a systematic method and especially developed based on biological phenomena, does not require deep understanding about natural organisms. This study aimed at verifying the adequability of BioTRIZ method in the application of biomimetic concepts in atelier design teaching in the early periods of the architecture program. Exploratory case studies was used through design exercises in models atelier classes with the 3rd semester students of the Architecture and Urban Planning Program of the Federal University of Paraiba. The work proceedings were divided into eight steps: variables definition, pilot studies, teams training, data collection in design exercises with application of BioTRIZ method, questionnaires, focus groups sessions, data analysis and results discussion. It was concluded that BioTRIZ method was not entirely suitable for design education in models atelier, due to the limited design repertoire of students, the difficulties in avoiding fixation on predefined ideas and limitations in the ability to transform specific features in abstract ones and vice versa, all those being requirements for effective use of BioTRIZ method.

**Keywords:** Biomimicry. Design education. Architectural design. Design methods.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Tardígrado, animal microscópico conhecido como “urso d’água” .....	<b>23</b>
<b>FIGURA 2</b>	Terminal TWA, no Aeroporto JFK, em Nova York .....	<b>26</b>
<b>FIGURA 3</b>	Edifício Johnson Wax, em Racine .....	<b>26</b>
<b>FIGURA 4</b>	Museu de Arte de Milwaukee .....	<b>27</b>
<b>FIGURA 5</b>	<i>Stenocara gracilipes</i> coletando água da neblina do deserto .....	<b>28</b>
<b>FIGURA 6</b>	<i>Seawater Greenhouse</i> , em Oman .....	<b>28</b>
<b>FIGURA 7</b>	Esquema de funcionamento do <i>Seawater Greenhouse</i> ..	<b>29</b>
<b>FIGURA 8</b>	<i>Hydrological Center</i> da Universidade da Namíbia .....	<b>30</b>
<b>FIGURA 9</b>	Esquema de funcionamento do <i>Hydrological Center</i> da Universidade da Namíbia .....	<b>30</b>
<b>FIGURA 10</b>	Sistema de resfriamento passivo dos cupinzeiros .....	<b>31</b>
<b>FIGURA 11</b>	<i>Eastgate Centre</i> , no Zimbábue .....	<b>32</b>
<b>FIGURA 12</b>	Esquema de ventilação do <i>Eastgate Centre</i> .....	<b>32</b>
<b>FIGURA 13</b>	Processo de fotossíntese .....	<b>33</b>
<b>FIGURA 14</b>	<i>BIQ House</i> , em Hamburgo .....	<b>34</b>
<b>FIGURA 15</b>	Esquema de funcionamento do <i>BIQ House</i> .....	<b>35</b>
<b>FIGURA 16</b>	Deformação elástica na flor <i>Strelitzia reginae</i> para polinização por pássaros .....	<b>36</b>
<b>FIGURA 17</b>	Pavilhão temático EXPO em Yesou, Coreia .....	<b>36</b>
<b>FIGURA 18</b>	Funcionamento do Flectofin duplo. (A) posição teórica das lâminas; (B) posição real das lâminas pressionadas uma contra a outra; (C-E) abertura das lâminas devido à flexão da haste principal .....	<b>37</b>
<b>FIGURA 19</b>	Mapa mental .....	<b>41</b>
<b>FIGURA 20</b>	Sequências de processos nos dois principais tipos de abordagem biomimética .....	<b>42</b>

<b>FIGURA 21</b>	Cruzamento dos parâmetros “resistência” e “peso do objeto parado” na matriz de contradições .....	<b>44</b>
<b>FIGURA 22</b>	Processo padrão para solução de problemas de TRIZ ...	<b>45</b>
<b>FIGURA 23</b>	Conceito de um telhado frio para países quentes concebido com o auxílio do BioTRIZ .....	<b>51</b>
<b>FIGURA 24</b>	Grupo focal: estudo piloto 2 .....	<b>61</b>
<b>FIGURA 25</b>	Grupo focal com a 1ª turma de Plástica II, período 2013.1 .....	<b>71</b>
<b>FIGURA 26</b>	Processo de escolha de uma unidade de análise constante .....	<b>71</b>
<b>FIGURA 27</b>	Processo de codificação qualitativa .....	<b>72</b>
<b>FIGURA 28</b>	Redução de códigos por meio do processo completo de codificação .....	<b>73</b>
<b>FIGURA 29</b>	Codificação em primeiro nível feita no Excel .....	<b>74</b>
<b>FIGURA 30</b>	Criação de categorias e seus respectivos memos .....	<b>74</b>
<b>FIGURA 31</b>	Codificação em segundo nível feita no Excel .....	<b>75</b>
<b>FIGURA 32</b>	Biblioteca do CAU/CCT: local para implantação da luminária .....	<b>77</b>
<b>FIGURA 33</b>	Declaração dos PIs na geração de ideias para deslocamento do sistema .....	<b>79</b>
<b>FIGURA 34</b>	Declaração dos PIs na geração de ideias para adaptabilidade do sistema .....	<b>79</b>
<b>FIGURA 35</b>	Desenvolvimento da luminária articulada para a BiblioteCAU por equipe do período 2013.1 .....	<b>80</b>
<b>FIGURA 36</b>	Efeito da reflexão da luz pela água em superfícies sólidas .....	<b>80</b>
<b>FIGURA 37</b>	Desenvolvimento da luminária que imita a reflexão da luz pela água por equipe do período 2013.1 .....	<b>82</b>
<b>FIGURA 38</b>	Passarela do CCT/UFPB .....	<b>83</b>
<b>FIGURA 39</b>	Desenvolvimento de intervenção na passarela do CCT por equipe do período 2014.1 .....	<b>84</b>

<b>FIGURA 40</b>	Pátio da cantina do CCT/UFPB .....	<b>85</b>
<b>FIGURA 41</b>	Desenvolvimento de intervenção no pátio da cantina do CCT por equipe do período 2014.1 .....	<b>86</b>
<b>FIGURA 42</b>	Maquete conceitual da equipe com a ideia para o problema utilizando os quatro PIs .....	<b>88</b>
<b>FIGURA 43</b>	Intervenção desenvolvida por equipe do período 2014.1 que explora o uso da luz artificial .....	<b>88</b>
<b>FIGURA 44</b>	Desenvolvimento da intervenção .....	<b>90</b>
<b>FIGURA 45</b>	Nível de compreensão (Q1 – Em que nível você julga a sua compreensão sobre o método BioTRIZ?) .....	<b>92</b>
<b>FIGURA 46</b>	Nível de autonomia (Q2 - Em que nível você julga a sua autonomia na aplicação do método?) .....	<b>92</b>
<b>FIGURA 47</b>	Etapa mais difícil (Q3 – Qual etapa do método achou mais difícil?) .....	<b>93</b>
<b>FIGURA 48</b>	Definição do problema (Q4 – Você conseguiu definir o(s) problema(s) de maneira mais geral e precisa?) .....	<b>93</b>
<b>FIGURA 49</b>	Definição do desejável e indesejável (Q5 – Você conseguiu listar propriedades e funções desejáveis e indesejáveis?) .....	<b>94</b>
<b>FIGURA 50</b>	Identificação de conflitos (Q6 – Você conseguiu transformar as características e funções desejáveis e indesejáveis em pares de conflitos?) .....	<b>95</b>
<b>FIGURA 51</b>	Identificação dos COs (Q7 - Você conseguiu identificar os COs relacionados aos conflitos diretamente?) .....	<b>96</b>
<b>FIGURA 52</b>	Uso do agrupamento de parâmetros (Q8 – Você recorreu à lista de agrupamentos de parâmetros para encontrar os Campos de Operação corretos?) .....	<b>96</b>
<b>FIGURA 53</b>	Identificação dos PIs (Q 9 - Você conseguiu identificar os PIs relacionados ao seu problema na Matriz?) .....	<b>97</b>
<b>FIGURA 54</b>	Número de PIs aproveitados (Q 10 – Quantos PIs você conseguiu aproveitar na geração de soluções?) .....	<b>97</b>
<b>FIGURA 55</b>	Aproveitamento dos PIs (Q 11 – As soluções geradas se apropriam ds PIs indicados pela Matriz?) .....	<b>98</b>

<b>FIGURA 56</b>	Atendimento aos condicionantes (Q 12 – As soluções geradas atendem aos condicionantes de projeto?) .....	<b>99</b>
<b>FIGURA 57</b>	Nível de satisfação (Q 13 – Qual o nível de satisfação com as soluções geradas a partir do método?) .....	<b>99</b>
<b>FIGURA 58</b>	Futura utilização (Q 14 – Você utilizaria o método novamente para projetar?) .....	<b>100</b>
<b>FIGURA 59</b>	Mapa conceitual das relações entre os temas .....	<b>114</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b>	Tabela de classificação dos métodos mais citados na literatura .....	<b>39</b>
<b>TABELA 2</b>	Sistemas animados e inanimados e suas diferentes idealidades (diferenças em cinza) .....	<b>47</b>
<b>TABELA 3</b>	Matriz de contradições BioTRIZ .....	<b>49</b>
<b>TABELA 4</b>	Variáveis separadas por categorias .....	<b>58</b>
<b>TABELA 5</b>	Parte do formulário para registro do processo ilustrando as etapas para completar um ciclo .....	<b>66</b>
<b>TABELA 6</b>	Perguntas que constituíram o questionário em ordem ....	<b>68</b>
<b>TABELA 7</b>	Roteiro utilizado nos grupos focais, com questões separadas por categorias .....	<b>70</b>
<b>TABELA 8</b>	Formulário para registro do processo com exemplo de preenchimento .....	<b>76</b>
<b>TABELA 9</b>	Formulário preenchido por equipe selecionada, no período 2013.1, que utilizou o método conforme recomendado .....	<b>78</b>
<b>TABELA 10</b>	Formulário preenchido por equipe selecionada, no período 2013.1, que utilizou o método de forma não recomendada .....	<b>81</b>
<b>TABELA 11</b>	Formulário preenchido por equipe selecionada, no período 2014.1, que utilizou o método conforme recomendações .....	<b>83</b>
<b>TABELA 12</b>	Formulário preenchido por equipe selecionada, no período 2014.1, que utilizou o método de forma não recomendada .....	<b>85</b>
<b>TABELA 13</b>	Formulário preenchido por equipe selecionada, no período 2014.1 (terceiro ponto de coleta), que utilizou o método conforme recomendações .....	<b>87</b>
<b>TABELA 14</b>	Formulário preenchido por equipe do período 2014.1 com quatro ciclos preenchidos .....	<b>89</b>
<b>TABELA 15</b>	Síntese obtida da sobreposição dos quadros de codificação em segundo nível .....	<b>102</b>

<b>TABELA 16</b>	Tema Dificuldades na assimilação do método e suas categorias .....	<b>103</b>
<b>TABELA 17</b>	Tema Formas de melhorar a assimilação do método e suas categorias .....	<b>104</b>
<b>TABELA 18</b>	Tema Dificuldades na aplicação do método e suas categorias .....	<b>106</b>
<b>TABELA 19</b>	Tema Condicionamentos de projeto e suas categorias ...	<b>107</b>
<b>TABELA 20</b>	Tema Interferências na aplicação do método e suas categorias .....	<b>108</b>
<b>TABELA 21</b>	Tema Formas de aplicação do método e suas categorias .....	<b>109</b>
<b>TABELA 22</b>	Tema Limitações do conhecimento e suas categorias ....	<b>110</b>
<b>TABELA 23</b>	Tema Etapas mais fáceis do método e suas categorias .	<b>111</b>
<b>TABELA 24</b>	Tema Outras constatações sobre o método e suas categorias .....	<b>112</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	Questão da pesquisa	15
1.2	Escopo e contribuição do trabalho	16
1.3	Objetivos	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
2.1	Design da natureza vs. Design humano	18
2.2	A biomimética	21
2.3	A biomimética na arquitetura	25
2.4	Métodos para a geração de ideias	38
2.5	TRIZ	43
2.6	BioTRIZ	48
2.7	Ensino de projeto em ateliê	52
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>57</b>
3.1	Definição das variáveis	57
3.2	Estudos piloto	59
3.3	Treinamento das equipes	63
3.4	Coleta de dados	64
3.4.1	Primeiro estudo de caso (1º ponto de coleta)	65
3.4.2	Segundo estudo de caso (2º ponto de coleta)	66
3.4.3	Terceiro estudo de caso (3º ponto de coleta)	67
3.4.4	Questionário	67
3.4.5	Grupos focais	69
3.4.5.1	Análise dos dados dos grupos focais	71
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>76</b>
4.1	Resultados dos questionários	91
4.2	Resultados dos grupos focais	102
4.3	Discussões finais	115
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>117</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>123</b>
	APÊNDICE A – Formulário para registro do processo	124
	APÊNDICE B – Questionário	125
	APÊNDICE C – Roteiro de tópicos para grupos focais	126
	APÊNDICE D – Códigos, categorias e memos (grupo focal 01/1º Pnt. de coleta)	127

APÊNDICE E – Códigos, categorias e memos (grupo focal 02/1 <sup>o</sup> Pnt. de coleta .....	<b>129</b>
APÊNDICE F – Códigos, categorias e memos (grupo focal 03/1 <sup>o</sup> Pnt. de coleta .....	<b>130</b>
APÊNDICE G – Codificação 2 <sup>o</sup> nível (grupos focais 01, 02 e 03 /1 <sup>o</sup> Pnt. de coleta .....	<b>131</b>
APÊNDICE H – Códigos, categorias e memos (grupo focal 01/2 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>132</b>
APÊNDICE I – Códigos, categorias e memos (grupo focal 02/2 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>134</b>
APÊNDICE J – Códigos, categorias e memos (grupo focal 03/2 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>136</b>
APÊNDICE K – Codificação 2 <sup>o</sup> nível (grupos focais 01, 02 e 03/2 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>137</b>
APÊNDICE L – Códigos, categorias e memos (grupo focal 01/3 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>138</b>
APÊNDICE M – Codificação 2 <sup>o</sup> nível (grupo focal 01/3 <sup>o</sup> Pnt. de coleta) .....	<b>139</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
ANEXO A – Os 39 Parâmetros de Altshuller .....	<b>141</b>
ANEXO B – Os 40 Princípios Inventivos .....	<b>144</b>
ANEXO C – Agrupamento de parâmetros nos Campos de Operação .....	<b>147</b>
ANEXO D – Matriz de contradições de TRIZ .....	<b>148</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Although human ingenuity may devise various inventions which, by the help of various instruments, answer to one and the same purpose, yet will it never discover any inventions more beautiful, more simple or more practical than those of nature, because in her inventions there is nothing lacking and nothing superfluous (DA VINCI, 1906, p.16)<sup>1</sup>.

É inerente às mais diversas áreas de projeto a busca por soluções inovadoras. No design e nas engenharias, são utilizadas várias estratégias para se obter soluções bem sucedidas que sejam qualitativamente superiores às soluções convencionais. Uma dessas estratégias é o projeto inspirado em princípios naturais, pois a natureza guarda uma fonte inesgotável de inspiração para cientistas e projetistas de diferentes áreas. Nesse meio, os arquitetos podem desempenhar papel fundamental na incorporação dessa estratégia no seu processo projetual, a fim de se apropriar de soluções desenvolvidas pela natureza para a resolução de problemas técnicos.

Vincent et al. (2006) afirmam que a humanidade busca inspiração na natureza há mais de 3.000 anos e citam as primeiras tentativas dos chineses para criar a seda artificial. Segundo Kadri (2011), o homem tem buscado soluções na natureza desde os primórdios de sua existência. Um dos documentos mais antigos exemplo de estudos biomiméticos é o estudo do vôo dos pássaros realizado por Abbas Ibn Firnas por volta dos anos 800 e, posteriormente, por volta dos anos 1400, existiram as tentativas de Leonardo Da Vinci que conduziram ao primeiro aeroplano controlado em 1903, desenvolvido pelos irmãos Wright.

Os campos do design e da engenharia há muito tempo já utilizam o biomimetismo como estratégia de projeto e inovação. O uso da biomimética no campo do design, por exemplo, já deu origem a inúmeras invenções e patentes. O Velcro é um produto biomimético relativamente antigo e famoso, sendo utilizado em muitas áreas. Foi patenteado em 1951 pelo belga George

---

<sup>1</sup> Embora a engenhosidade humana possa conceber várias invenções que, com o auxílio de vários instrumentos, atenda a uma única e mesma finalidade, ainda assim não descobrirá quaisquer invenções mais belas, mais simples ou mais práticas do que as da natureza, pois em suas invenções nada falta e nada é supérfluo (DA VINCI, 1906, p.16. Tradução livre do pesquisador).

de Mestrel, que teve inspiração a partir das sementes pegajosas de uma planta retiradas da pele do seu cão (GRUBER, 2011).

A biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e imita ou se inspira nesses projetos ou processos naturais para resolver problemas humanos (BENYUS, 2002). Apesar de a biomimética já ser bastante utilizada nos campos do design e da engenharia, na literatura, estudos sobre a aplicação do biomimetismo na arquitetura são escassos e os métodos de aplicação no projeto arquitetônico não são claros, sobretudo no ensino de projeto. Para Vincent et al. (2006), uma barreira em particular para o emprego do biomimetismo é a falta de uma abordagem claramente definida a ser utilizada inicialmente pelos projetistas de arquitetura.

Os autores acrescentam que a transferência de um conceito ou mecanismo de um organismo vivo para sistemas não vivos não é uma tarefa trivial. Faz-se necessário alguma forma ou procedimento de interpretação ou tradução da biologia para a tecnologia (VINCENT et al., 2006). Além disso, a transferência de um princípio natural para um sistema artificial também requer, inicialmente, conhecimento entre dois domínios, o biológico e o de design, ou seja, o projeto biomimético requer esforço multidisciplinar, o que significa que o projetista necessita de biólogos disponíveis ou acesso a um banco de dados com informações de organismos biológicos.

Após extensa busca em estudos da área, o único método sistemático encontrado na literatura que auxilia na transferência de soluções universais da natureza para sistemas técnicos é o BioTRIZ, método especialmente desenvolvido com base em fenômenos biológicos que destila princípios da natureza para serem empregados em projetos biomiméticos. Sua vantagem em relação aos métodos não estruturados que utilizam a analogia direta é que o BioTRIZ dispensa conhecimento profundo sobre organismos naturais.

### **1.1 Questão da pesquisa**

A premissa norteadora desta pesquisa é a de que o BioTRIZ, sendo um método que traz princípios extraídos da natureza, dispensa a necessidade de conhecimento profundo no domínio biológico e auxilia na aplicação desses princípios em soluções de projetos humanas no ensino de arquitetura. Apesar

de a literatura salientar o potencial do BioTRIZ como ferramenta de projeto baseada em princípios da natureza, a questão que se coloca e que o trabalho se propõe a responder é:

- Até que ponto este método é adequado para a incorporação da biomimética no ensino de projeto em ateliês em cursos de arquitetura?

O presente trabalho estuda a adequabilidade do método BioTRIZ para o ensino de projeto através da aplicação do BioTRIZ em exercícios de projeto em ateliês de plástica no curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba, em João Pessoa, e faz parte da pesquisa de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo - PPGAU/UFPB.

## **1.2 Escopo e contribuição do trabalho**

Esta pesquisa foi realizada na disciplina de Plástica II do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, visto que trata-se de um dos primeiros ateliês voltados ao projeto de arquitetura que utiliza a execução de maquetes para o aprendizado de projeto. Os alunos que cursam essa disciplina são iniciantes na arte de projetar e o repertório projetual é proporcional ao período no qual se encontram no curso. Por isso, os exercícios desenvolvidos nesta fase foram de baixa complexidade e, em alguns casos, limitam-se à escala do objeto. Estudos que os façam exercitar outras possibilidades de métodos de projeto favorecem o aumento de seu repertório metodológico projetual, o que é benéfico para a vida acadêmica.

Os alunos de ateliês de projeto estão habituados ao modelo de ensino baseado no “aprender na ação”, como descreveu Schön (2000), puramente centrado na intuição e priorizando o raciocínio divergente. No entanto, Lawson (2005) afirma que, para arquitetos, engenheiros e designers, tanto o pensamento produtivo convergente quanto o divergente são necessários, uma vez que o projeto claramente envolve ambos. Dessa forma, estudos envolvendo métodos sistemáticos que exigem tanto fases racionais de formulação de problema quanto fases de criatividade, como o BioTRIZ, devem

ser encorajados.

É esperado que o presente estudo contribua para a discussão sobre a utilização de métodos sistemáticos no ensino de projeto arquitetônico que incorpora princípios biomiméticos e faça refletir sobre a importância de métodos que auxiliem no desenvolvimento da problematização, pois, como afirma Malard (2007), é na habilidade de problematizar situações que se estimula o potencial criador do estudante, auxiliando-o a desenvolver habilidades na formulação de conceitos arquitetônicos e urbanísticos.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo da pesquisa é:

- Verificar a adequabilidade do método BioTRIZ na aplicação de conceitos biomiméticos no ensino de projeto em ateliês nos períodos iniciais do curso de arquitetura.

Os objetivos secundários da pesquisa são:

- Propor um protocolo para a aplicação do método BioTRIZ em exercícios de projetos de arquitetura em ateliês.
- Levantar as dificuldades no emprego do BioTRIZ em exercícios de projeto em ateliês.
- Levantar limitações e vantagens do BioTRIZ no processo de aplicação do biomimetismo em exercícios em ateliês de projetos de arquitetura.
- Sugerir formas de atenuar as dificuldades no emprego do BioTRIZ em exercícios de projetos em ateliês.
- Promover a discussão do uso do biomimetismo como estratégia de projeto no ensino de arquitetura.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Muitos estudos têm sido feitos com o intuito de desvendar o potencial de estratégias da natureza para serem aproveitadas em soluções humanas. O modo como transferir corretamente soluções do design da natureza para o design humano ainda permanece um desafio, pois a tecnologia humana é muito diferente da tecnologia natural e os métodos para aplicação da biomimética são empíricos. Entender inicialmente tais diferenças constitui um passo importante para transpor os desafios citados e agregar ao repertório projetual humano recurso valioso na geração de soluções de projetos biomiméticos, sobretudo no projeto de arquitetura e no ensino de projeto em ateliê. A seguir, são apresentados estudos concatenados mostrando um panorama das questões relevantes para os argumentos que fundamentam o presente trabalho e suas relações.

### **2.1 Design da natureza vs. design humano**

Inicialmente, é necessário entender que a engenhosidade utilizada no design feito pelo homem diverge completamente do processo utilizado pela natureza (FORBES, 2006). Compreender tais diferenças é o começo para se apropriar de suas estratégias na busca de soluções para problemas humanos e fazer a tecnologia avançar sem o ônus inerente à complexidade de sistemas humanos. A tecnologia humana pode ter se tornado mais complexa, mas perdeu sua diversidade e congelou em um esteriótipo (VOGUEL, 1998). O autor acrescenta que a tecnologia dos organismos vivos, resultado do processo evolutivo, possui uma diversidade de projetos materiais, mecanismos e recursos mecânicos de vários níveis de complexidade.

Apesar do fato de que a tecnologia humana ocorre e funciona sobre as mesmas limitações físicas, químicas e de materiais existentes, ela está condicionada à tecnologia da natureza, pois ambas ocorrem no mesmo planeta. A natureza lida e inventa de uma forma fundamentalmente diferente da cultura humana (VOGUEL, 1998). Enquanto a tecnologia humana necessita sintetizar novas ligas, cerâmicas e plásticos fabricados a temperaturas muito altas, elevadas pressões e fortes tratamentos químicos, a natureza não pode

seguir essa estratégia.

Os seus truques de fabricação de materiais são realizados na água, sob temperatura ambiente, sem químicos danosos ou altas temperaturas (BENYUS, 2002). A teia de aranha, por exemplo, é muito superior em elasticidade e dureza ao Kevlar que é largamente utilizado como um dos principais materiais em coletes à prova de balas, estruturas espaciais e outras aplicações que demandam fibras fortes e leves. Apesar de ser produzida a temperatura e pressão ambiente a teia de aranha é muito mais forte do que o aço (BAR-COHEN, 2006a).

Equanto a tecnologia humana gasta muita energia construindo coisas do topo para baixo, utilizando materiais em massa e esculpindo suas formas, a natureza cria seus materiais de baixo para cima, não pela construção, mas pela automontagem. A automontagem monta a profusão de forças regidas pela física clássica e quântica (BENYUS, 2002). A autora acrescenta que, enquanto o homem se atrapalha em sua indústria química com produtos finais que são uma miscelânea de polímeros de tamanhos de cadeia, na maioria muito longas ou muito curtas para uso ideal, a natureza produz somente o que quer, onde quer e quando quer, sem desperdícios.

Natural and human technologies differ extensively and pervasively. We build dry and stiff structures; nature mostly makes hers wet and flexible. We build of metals; nature never does. Our hinges mainly slide; hers mostly bend. We do wonders with wheels and rotary motion; nature makes fully competent boats, aircraft, and terrestrial vehicles that lack them entirely. Our engines expand or spin; hers contract or slide. We fabricate large devices directly; nature's large things are cunning proliferations of tiny components (VOGUEL, 1998, p.16)<sup>2</sup>.

Em termos estratégicos de design, o da natureza é um processo de geração de variantes (mutação e recombinação), selecionando, em seguida,

---

<sup>2</sup> Tecnologias naturais e humanas diferem amplamente e de forma generalizada. Nós construímos estruturas secas e rígidas; a natureza principalmente faz as suas molhadas e flexíveis. Nós construímos de metais; a natureza nunca o faz. Nossas articulações deslizam principalmente; as dela curvam principalmente. Nós fazemos maravilhas com rodas e movimento de rotação; sem o uso destas, a natureza faz barcos competentes, aeronaves e veículos terrestres. Nossos mecanismos se expandem ou giram; os dela contraem ou deslizam. Nós fabricamos grandes dispositivos diretamente; as grandes coisas da natureza são astutas proliferações de minúsculos componentes (VOGUEL, 1998, p.16. Tradução livre do pesquisador).

aquelas que são benéficas, o que leva muito tempo. Assim, o processo da natureza é ineficiente, mas inexorável, dada a oferta de erros e algum processo de seleção. Erros aleatórios produzem mudanças não aleatórias; antecipação ou planejamento não precisam ocorrer. O processo de projeto humano, pelo contrário, envolve claramente o planejamento, antecipação e deliberação, o que a seleção natural é incapaz de fazer (VOGUEL, 1998).

Segundo Vincent et al. (2006), o processo para solução de problemas na natureza, em grande parte, é descritivo e cria classificações, enquanto a engenharia é um resultado do processo de tomada de decisão, é prescritiva e gera regras e regularidades. Na natureza, as classificações podem ser hierárquicas (filogenética<sup>3</sup>), paramétricas (como a tabela periódica) ou combinatórias. No entanto, o que impulsiona a mudança tanto no campo biológico quanto na engenharia pode muito bem ser o mesmo: a resolução de conflitos técnicos.

O engenheiro pode começar do zero, projetando no papel algo nunca visto e montando as partes até estar tudo conectado e pronto para funcionar. Na década de 1940, os aviões deram um rápido salto dos propulsores de motor de pistão para os motores a jato. Se a natureza resolvesse evoluir em algo similar, deveria existir uma criatura intermediária que pudesse voar pelo método antigo enquanto a nova estivesse se desenvolvendo. Para que os pássaros, por exemplo, chegassem até o seu sublime nível de design, foram necessários milhões de anos de evolução (FORBES, 2006). O autor acrescenta que o ser humano é afortunado em poder usar as estruturas desenvolvidas pela natureza, que podem ser adaptadas e, ao mesmo tempo, manter o risco radical do projetista, levando vantagem sobre o processo necessariamente conservador da evolução.

Colocado dessa forma, pode-se dizer que trazer o conhecimento do mecanismo de design do domínio biológico para o do design humano é um caminho indispensável para o benefício da própria humanidade, pois quanto mais se conhecem os processos e estratégias da natureza, mais possibilidades de avançar em soluções para antigos desafios da civilização. A abordagem seguinte apresenta a origem da biomimética, seus conceitos e exemplos de

---

<sup>3</sup> Pretendem traduzir a posição de cada organismo em relação aos seus antepassados, bem como as relações genéticas entre os diferentes organismos atuais (Wikipedia).

potencialidades biomiméticas para fomentar o que se pode esperar desta ciência como propulsora de novas ideias para os campos da arquitetura e afins.

## 2.2 A biomimética

A palavra biomimética deriva do Grego “Bios”, que significa *vida*, e “Mimesis”, que significa *imitar* (KADRI, 2012). Derivada da palavra *biônica*, cunhada por Jack Steele, da Força Aérea dos Estados Unidos, em 1960, em uma reunião na Base Aérea de Wright-Patterson, em Dayton, Ohio. Ele a definiu como a ciência dos sistemas que têm alguma função copiada da natureza. Mais tarde, Otto Schmitt utilizou a palavra *biomimética*, como um termo mais apropriado para a ciência que representa o estudo e a imitação dos métodos, mecanismos e processos da natureza (BAR-COHEN, 2006b; VINCENT et al., 2006). Apesar de ser controverso e confuso definir as fronteiras entre os dois termos, alguns estudiosos não fazem distinção e consideram as palavras como sinônimos (KADRI, 2012; VINCENT et al., 2006). No entanto, foi assumido nesta pesquisa o termo *biomimética* por ser mais utilizado na literatura sobre o assunto que trata da resolução de problemas humanos através da inspiração nos princípios da natureza.

Para Benyus (2002), o biomimetismo é a emulação do gênio da natureza; inovação inspirada pela natureza. O biomimetismo exige uma mudança de paradigma, uma revolução. Ao contrário da revolução industrial, a revolução do biomimetismo introduz uma era, não baseada no que se pode extrair da natureza, mas no que se pode aprender com ela.

The biomimics are discovering what works in natural world, and more important, what lasts. After 3.8 billion years of research and development, failures are fossils, and what surround us is the secret to survival. The more our world looks and functions like this natural world, the more likely we are to be accepted on this home that is ours, but not ours alone (BENYUS, 2002, p. 02)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Os pesquisadores em biomimética estão descobrindo o que funciona no mundo natural, e mais importante, o que dura. Depois de 3.8 bilhões de anos de pesquisa e desenvolvimento, as falhas são fósseis e o que nos rodeiam é o segredo para a sobrevivência. Quanto mais o nosso mundo se pareça e funcione como este mundo natural, mais provável que sejamos aceitos nesta casa que é nossa, mas não só nossa (BENYUS, 2002, p. 02. Tradução livre do pesquisador).

Através da evolução, a natureza experimentou várias soluções para os seus desafios e melhorou os bem sucedidos. Tal experimentação envolveu princípios físicos, químicos, mecânicos, de ciência dos materiais, de mobilidade, de sensores e muitos outros campos que são reconhecidos como ciência e engenharia. Os organismos vivos arquivam a informação evoluída e acumulada codificada em genes da espécie e passam para outras gerações através da autorreplacação (BAR-COHEN, 2006b). Os organismos naturais são completamente adaptados ao seu ambiente, resultado da Seleção Natural que levou bilhões de anos.

A Seleção Natural ocorre quando indivíduos de uma espécie dotados de alguma vantagem evolutiva possuem maior probabilidade de sobreviver e se reproduzir, enquanto que indivíduos com variações desfavoráveis são eliminados. Na natureza, a menor diferença de estrutura ou de constituição pode afetar definitivamente o equilíbrio natural da luta pela sobrevivência e favorecer a sua preservação. À medida que proliferam as espécies favorecidas e selecionadas, as formas menos favorecidas vão tornando-se mais raras até atingir o processo de extinção. A Seleção Natural, contudo, é um processo muito lento e ocorre durante períodos geológicos inteiros (DARWIN, 2002). O resultado da Seleção Natural é que cada organismo é único e adaptado ao seu ambiente e seu recurso de sobrevivência é, de fato, parte de um repertório amplo de estratégias naturais úteis para o ser humano.

Estima-se que existam entre cinco a 30 milhões de espécies habitando a Terra, mas apenas temos conhecimento de cerca de 1.4 milhões (SANTOS apud REED, 2009). Embora o conhecimento sobre a biodiversidade ainda seja muito fragmentado, estima-se, nas hipóteses mais otimistas, que somente 30% das espécies existentes no planeta são conhecidas (FAPESP, 2013). Apesar de estes números não serem consenso entre os estudiosos, pode-se dizer, com isto, que tais organismos constituem uma imensa fonte de informações de projetos biológicos bem sucedidos aguardando para serem explorados, sobretudo as espécies que ainda são completamente desconhecidas e podem guardar estratégias valiosas para a resolução de problemas humanos.

Projetos como o Mar-Eco, que conta com a disponibilidade de novos recursos tecnológicos, como equipamentos remotamente controlados e o esforço de cientistas de 16 países em busca de vida submarina nas

profundezas dos oceanos, constituem um grande avanço na descoberta de novas espécies, tais como seres que podem emitir luz, viver a temperaturas abaixo de zero e sob pressões até mil vezes a pressão atmosférica (BBC, 2010). De acordo com o COML (2010), estima-se que somente nos oceanos existam, excluindo os micróbios, mais de 1 milhão de espécies e somente cerca de 250 mil são formalmente descritas na literatura científica.

Dentre os notáveis seres que habitam o planeta, pode-se destacar, entre muitos, o tardígrado, um ser invertebrado que pode viver sob temperaturas negativas, suportar a radiação cósmica e até mesmo sobreviver no espaço sem oxigênio (Figura 1).

Figura 1 - Tardígrado, animal microscópico conhecido como "urso d'água".



Fonte: BBC (2011).

Acredita-se que esta última capacidade se deve ao fato de o referido animal conseguir suspender a vida, resistir ao congelamento e à desidratação. Esta criatura microscópica, comumente conhecida como “urso d'água”, pode ser encontrada desde o Ártico ao Antártico, em altas montanhas, em desertos, em áreas urbanas e até mesmo em jardins. O tardígrado já foi alvo de experimentos conduzidos pela Nasa e pela Agência Espacial Europeia para explorar sua capacidade de sobreviver em condições inóspitas no espaço (BBC, 2011).

As plantas também oferecem ideias que podem ser imitadas e estas evoluíram de várias formas. A *onoclea sensibilis*, por exemplo, flexiona suas folhas quando tocadas. Plantas devoradoras de insetos utilizam o recurso da

armadilha para a captura sua presa e o girassol rastreia a direção do sol durante o dia para maximizar a exposição à luz (BAR-COHEN, 2006b). Entender os mecanismos por trás dessas capacidades oferece a oportunidade do desenvolvimento de mecanismos humanos mais eficazes, como sensores ativadores de mecanismos e sistemas de controle de incidência solar em fachadas de edifícios, por exemplo.

Diante do exposto, pode-se concordar com Kadri (2001), ao afirmar que a natureza apresenta uma fonte inesgotável de inspiração para cientistas e engenheiros de diferentes áreas de interesse. Segundo Benyus (2002), se abirmos os olhos para a natureza que nos rodeia, podemos aprender concepções de projeto realmente passíveis de promover o avanço da tecnologia e, simultaneamente, capazes de auxiliar a minimizar o nosso impacto ambiental. A autora acrescenta que o campo da biomimética, no qual a flora, a fauna ou ecossistemas inteiros são emulados como base para o projeto, tem atraído interesse mundial nas áreas de arquitetura e engenharia. Isto se deve ao fato de que é uma fonte inspiradora de possível inovação, devido ao potencial que oferece para criar ambientes construídos mais sustentáveis.

Para Pawlyn (2011), os organismos biológicos podem ser vistos como tecnologias incorporadas equivalentes àquelas inventadas pelos humanos e, em muitos casos, apresentam soluções para problemas similares com economia muito maior de recursos. Contudo, segundo Craig (2008), imitar o *modus operandi* da engenharia natural continua a ser uma questão empírica. Para que um fenômeno ou mecanismo natural interessante possa ser transferido para o domínio da tecnologia, os princípios gerais por trás de seu funcionamento devem ser elucidados, de forma que uma analogia útil possa ser definida. Bar-Cohen (2006b) afirma que, para aproveitar o máximo de recursos da natureza, é fundamental a ponte entre os campos da biologia e da engenharia, com a cooperação de especialistas em ambas as áreas e, a partir disto, é possível transformar capacidades naturais em ferramentas, mecanismos e aplicações de engenharia.

Assim como as capacidades naturais de organismos como o tardígrado e a *onoclea sensibilis* constituem fonte valiosa de inspiração para solucionar questões desafiadoras nos campos da engenharia, uma infinidade de outras

espécies podem se tornar fontes de inspiração para resolver problemas e desafios em outras áreas de projeto, como o campo da arquitetura. Para tanto, é necessária a maior disposição de arquitetos com a intenção de promover o *link* entre os domínios da natureza e da arquitetura, com vistas a buscar meios de inserir a biomimética em seu repertório de estratégias projetuais. Exemplos de como a biomimética tem sido aproveitada no campo da arquitetura são apresentados a seguir e servem para impulsionar a discussão de como estratégias de organismos naturais podem resultar em projetos considerados inovadores e, em alguns casos, revolucionários para a tecnologia humana atual.

### **2.3 A biomimética na arquitetura**

Arquitetos e construtores têm utilizado a natureza como fonte de inspiração muito antes da introdução do termo biomimética (KNIPPERS; SPECK, 2012). A arquitetura desempenha importante papel na absorção de novas estratégias projetuais que possibilitem melhor economia de recursos e menor impacto ambiental na ocupação do solo, além de agregar várias ferramentas com potencial gerador de inovação. Gruber (2011) ressalta o potencial inovador da biomimética para a arquitetura. Para a autora, a biomimética na arquitetura é uma estratégia para atingir a inovação usando modelos naturais, criando novos *insights* a partir da comparação entre natureza e o ambiente construído. A questão é que a biomimética é derivada da analogia com modelos da natureza para imitar ou inspirar soluções de problemas (KIATAKI, 2004).

Em muitos casos, porém, a biomimética é confundida com o biomorfismo ou a mera analogia formal. De acordo com Pawlyn (2011), do ponto de vista arquitetônico, existe uma importante distinção entre biomimética e biomorfismo. Para Gruber (2011), a biomimética no contexto da arquitetura não implica somente o biomorfismo: a mera transferência de forma é insuficiente para alcançar as qualidades inerentes das construções naturais. Podem-se citar casos de arquitetos renomados, como Calatrava, Gaudí, Wright e Saarinen que, frequentemente, usaram a natureza como fonte de formas não convencionais e para associação simbólica (PAWLYN, 2011; GRUBER, 2011).

No terminal TWA, no Aeroporto John F. Kennedy, em Nova York (Figura 2), por exemplo, Eero Saarinen utilizou formas biomórficas para capturar a poesia do voo dos pássaros (PAWLYN, 2011).

Figura 2 - Terminal TWA, no Aeroporto JFK, em Nova York.



Fonte: <[nyc-architecture.com](http://nyc-architecture.com)>.

Frank Lloyd Wright fez alusão à Vitória Régia (*Victoria amazonica*), uma planta aquática típica da Amazônia, ao projetar o edifício Johnson Wax, em Racine, na década de 1930. Suas colunas monumentais (Figura 3), apesar de apresentarem um espaço espetacular, funcionalmente não têm nada em comum com a planta amazônica original (PAWLYN, 2011).

Figura 3 – Edifício Johnson Wax, em Racine.



Fonte: <[academics.triton.edu](http://academics.triton.edu)>.

As obras de Santiago Calatrava buscam inspiração na natureza. Entretanto, nem sempre correspondem à soluções mínimas de engenharia e o seu trabalho de escultor muitas vezes torna-as pesadas ou muda o equilíbrio das partes. Calatrava, conhecido por suas estruturas esqueléticas e graciosas pontes ao redor do mundo, busca a elegância natural e utiliza a analogia com a morfologia animal e vegetal. Sua exuberante obra biomórfica do Museu de Arte de Milwaukee (Figura 4) teve claramente inspiração em um pássaro em movimento (PAWLYN, 2011; SANTOS, 2009).

Figura 4 – Museu de Arte de Milwaukee.



Fonte: <[archdaily.com](http://archdaily.com)>.

Para Gruber (2011), apesar de a forma ser uma questão importante no projeto arquitetônico, no contexto da biomimética, a tradução formal somente não é muito valorizada. A ligação da forma à função, à construção, ao material, ao processo de desenvolvimento e também a questões de interação com o ambiente é considerada ponto importante. Segundo a autora, ainda que, na arquitetura, a tradução formal tenha seu próprio espaço se esta for a finalidade, é certo que a inter-relação entre forma e função de modelos da natureza é mais promissora para a inovação e progresso neste campo.

A seguir, apresentam-se casos de projetos arquitetônicos biomiméticos em que a inspiração do princípio natural não se restringe meramente ao aspecto formal e cria verdadeiros exemplos de inovação. Um dos princípios naturais que inspirou algumas soluções inovadoras é baseado em um besouro do deserto da Namíbia (*Stenocara gracilipes*) que possui a capacidade de

coletar água da neblina do deserto (PAWLYN, 2011). À noite, o inseto sobe para o topo das dunas e, inclinando a sua carcaça, que possui uma superfície parcialmente hidrofóbica e hidrofílica, consegue captar gotas de água da umidade do ar através da condensação (Figura 5).

Figura 5 - *Stenocara gracilipes* coletando água da neblina do deserto.



Fonte: <[asknature.org](http://asknature.org)>.

O *Seawater Greenhouse*, em Oman (Figura 6), é um exemplo de estrutura arquitetônica que, apesar de não apresentar preocupação alguma com o aspecto estético em sua forma, o seu princípio de funcionamento pode trazer inestimável benefício para populações de regiões desérticas costeiras.

Figura 6 - *Seawater Greenhouse*, em Oman.

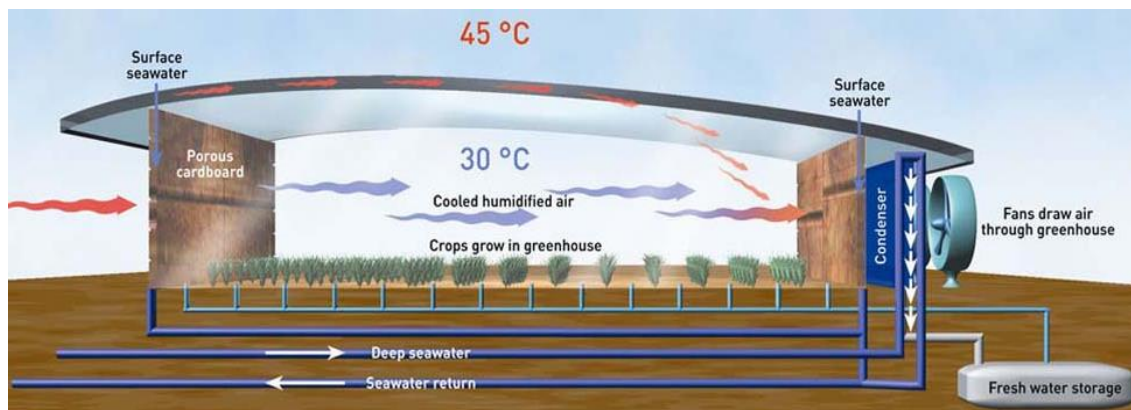


Fonte: <[globalwaterforum.org](http://globalwaterforum.org)>.

O *Seawater Greenhouse* foi projetado por Charlie Paton e utiliza a evaporação da água do mar à frente do recinto para criar um ambiente fresco e úmido, gerando um ambiente interno favorável ao cultivo em regiões áridas.

Uma parte da água do mar é condensada como água doce e pode ser usada para irrigar culturas (Figura 7).

Figura 7 – Esquema de funcionamento do *Seawater Greenhouse*.

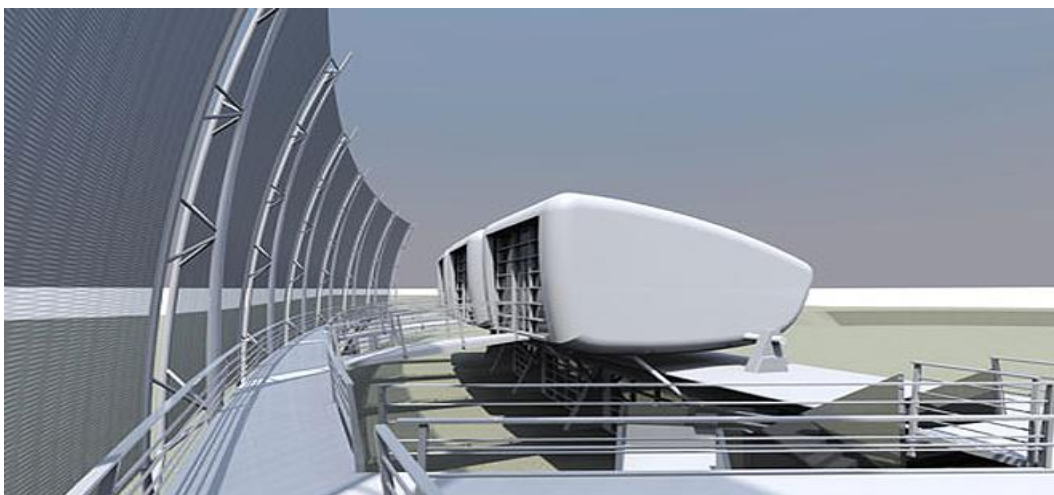


Fonte: <[seawatergreenhouse.com](http://seawatergreenhouse.com)>.

O ar que entra no *Seawater Greenhouse* é resfriado e umidificado pela água do mar, que é condensada e escorre ao longo do primeiro evaporador, proporcionando boas condições climáticas para as lavouras. À medida que o ar sai da área de cultivo e passa através do segundo evaporador sobre o qual flui a água do mar, o ar se torna ainda mais umidificado até a saturação. Ao encontrar uma série de tubos verticais através dos quais a água fria do mar flui, o ar quente e úmido encontra as superfícies frias e é condensado em gotículas de água fresca, que escorrem até a base onde é recolhida no reservatório.

Esse sistema permite o cultivo em ambientes com extrema escassez de recursos e constitui uma relevante estratégia para os desafios que a humanidade enfrentará futuramente. O besouro *Stenocara*, que inspirou este sistema, também foi a fonte de inúmeros projetos que aplicam a mesma estratégia de coleta de água, como o *Sahara Forest Project*, o *Las Palmas Water Theatre*, projeto de Grimshaw (PAWLY, 2011), e o *Hydrological Center*, da Universidade da Namíbia (Figura 8), projeto de Parkes da *KSS Architects* (MAGLIC, 2012).

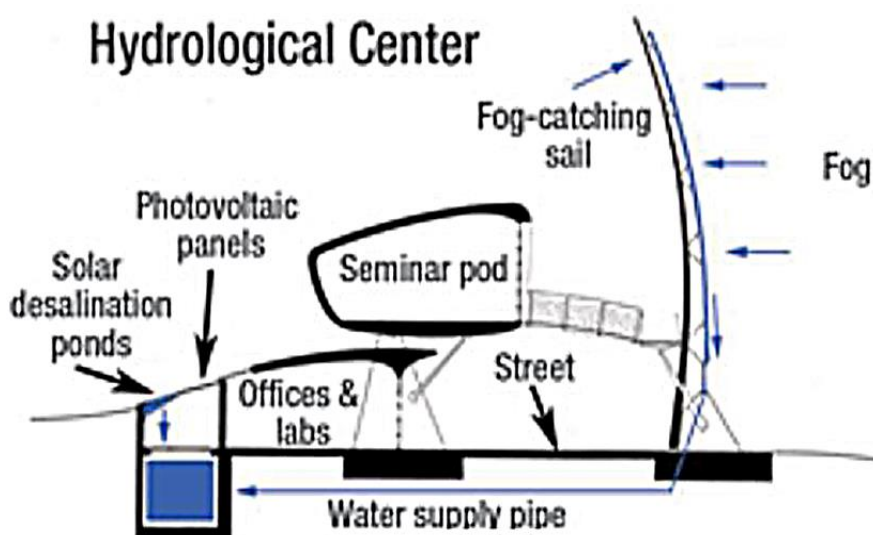
Figura 8 – *Hydrological Center* da Universidade da Namíbia.



Fonte: <[bentley.com](http://bentley.com)>.

Este projeto reproduz em maior escala o sistema de captação de umidade da neblina do deserto por meio de velas de malha de nylon. Quando tornam-se saturadas pela umidade, por gravidade, as velas alimentam com água um tanque subterrâneo e, nesse reservatório, junta-se a água coletada das velas com a água bombeada do mar, dessalinizada por painéis fotovoltaicos (Figura 9).

Figura 9 – Esquema de funcionamento do *Hydrological Center* da Universidade da Namíbia.

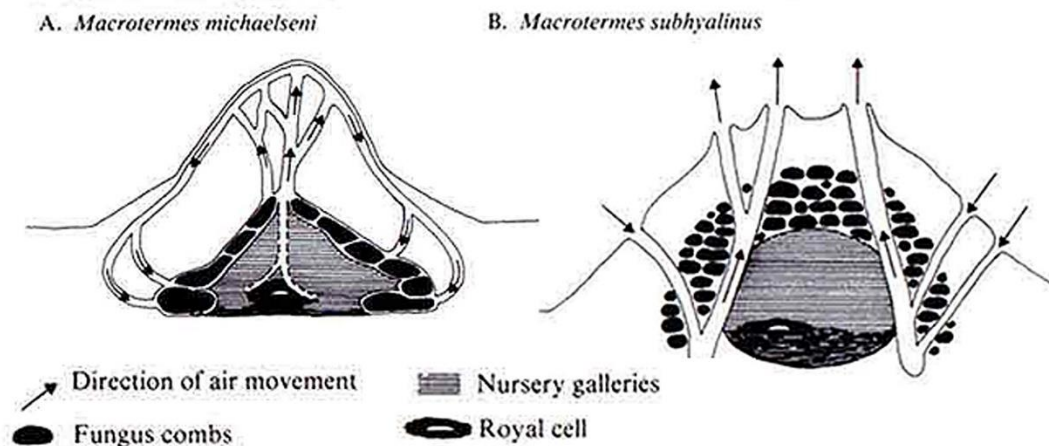


Fonte: Maglic (2012).

O *Eastgate Centre*, em Harare, no Zimbábue, projetado por Mick Pearce, foi inspirado no cupinzeiro, que tem a capacidade de manter o seu interior em condições confortáveis, mesmo próximo da linha do equador, sem resfriamento

artificial. Pearce estudou os cupinzeiros de duas espécies (*M. Michaelseni* e *M. Subhyalinus*) que utilizavam a combinação de temperatura de solo estável e indução da ventilação natural para garantir a termoregulação, estratégia que esses insetos utilizam para proteger as câmaras reais e um tipo de fungo, sua principal fonte de alimento (Figura 10).

Figura 10 - Sistema de resfriamento passivo dos cupinzeiros.



Fonte: MAGLIC (2012).

O fungo deve ser mantido a 31°C dentro do ninho, ao passo que as temperaturas externas oscilam muito. À noite, a temperatura pode cair para próximo de 0°C e durante o dia pode chegar 40°C. Os insetos abrem e fecham túneis específicos precisamente colocados no monte para regular a ventilação interna e, através de correntes de convecção, o ar é sugado pelas cavidades inferiores e sai pelas cavidades superiores.

Mick Pearce, em conjunto com engenheiros da Arup, conseguiu reproduzir essa estratégia no *Eastgate Centre* (Figura 11) – a edificação foi executada em alvenaria pesada com sistema externo de sombreamento a fim de minimizar o ganho solar.

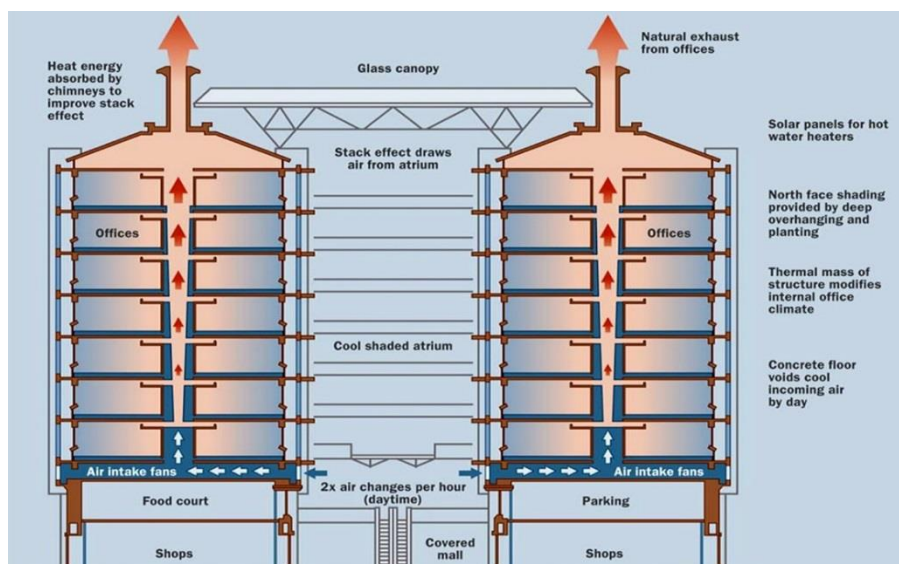
Figura 11 - *Eastgate Centre*, no Zimbábue.



Fonte: <[doomsteaddiner.net](http://doomsteaddiner.net)>.

O ar fresco é arrastado para os andares inferiores através de ventoinhas, circula por grandes vãos entre os pisos - que contêm um labirinto de elementos de concreto premoldado para maximizar a transferência de calor. Durante o dia, esse fluxo de ar é direcionado para dentro dos espaços internos através de grades e o ar quente ao nível do teto é sugado por um conjunto de chaminés de alvenaria (Figura 12). O resultado é que, enquanto as temperaturas locais externas variam entre 5°C e 33°C no interior do edifício, são mantidas entre 21°C e 25°C (PAWLYN, 2011; MAGLIC, 2012).

Figura 12- Esquema de ventilação do *Eastgate Centre*.



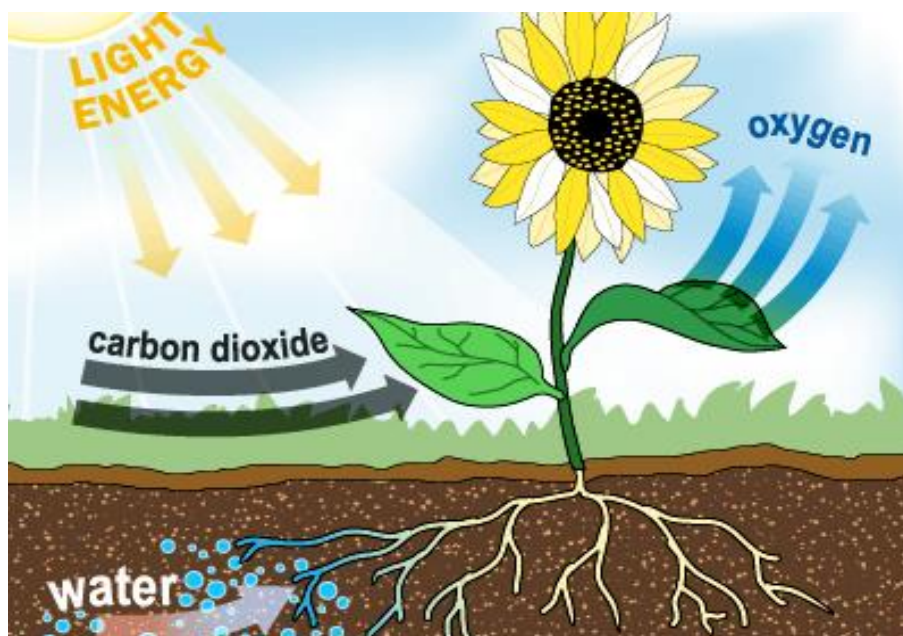
Fonte: <[wp.cienciacemento.com](http://wp.cienciacemento.com)>.

O *Eastgate Centre* utiliza 90% menos energia para ventilação do que

edifícios convencionais do seu porte e já economizou aos seus proprietários mais de \$ 3.5 milhões de dólares em condicionamento de ar (BIOMIMICRY3.8, 2014). Pode-se dizer que o *Eastgate Centre* é um exemplo importante de uso eficiente de energia baseado em estratégia da natureza e que certamente será fonte de inspiração para futuras edificações ecoeficientes.

O projeto da *BIQ House* em Hamburgo é de grande significância pelo pioneirismo e relevância para a futura geração de edifícios que produzem energia limpa. O edifício é capaz de produzir energia através da incidência de raios solares em placas recheadas com algas em sua fachada. Esse sistema imita parte do processo da fotossíntese, através do qual, por meio de reações químicas produzidas pela ação do sol, água e dióxido de carbono, a planta é capaz de produzir alimento para seu sustento (Figura 13).

Figura 13 – Processo de fotossíntese.



Fonte: <[science.howstuffworks.com](http://science.howstuffworks.com)>.

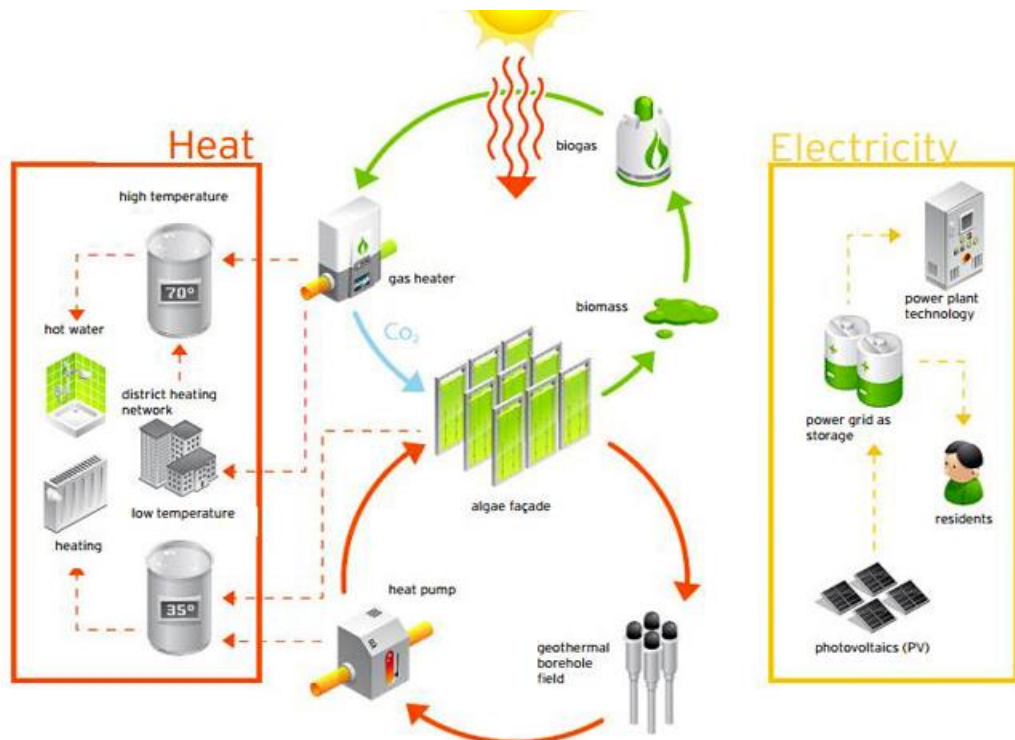
O projeto da *BIQ House* que utiliza esse princípio foi resultado da parceria da firma Arup com a *SSC Strategic Science Consultants* e a austíaca *Splitterwerk Architects* e foi apresentado na Exibição Internacional de Edifícios, em Hamburgo. O sistema adotado no edifício imita o processo de fotossíntese das plantas através de uma fachada que utiliza algas para gerar biocombustível (Figura 14).

Figura 14 – *BIQ House*, em Hamburgo.

Fonte: <[flickr.com](https://www.flickr.com/photos/biq-house/)>.

O edifício foi projetado para que as algas dentro dos bioreatores nas fachadas cresçam mais rapidamente expostas à luz solar para fornecer mais sombreamento interno. Os bioreatores são constituídos por painéis de vidro planos externos que servem como um container para as algas crescerem. As algas nos bioreatores, por meio de reações bioquímicas, produzem tanto biomassa, que é colhida, como também capturam o calor solar e ambas as fontes de energia podem ser utilizadas para alimentar o edifício (Figura 15). Nesse caso, a fotossíntese conduz a uma resposta dinâmica para a quantidade de proteção solar necessária, enquanto as micro-algas que crescem nas grelhas de vidro proporcionam uma fonte de energia limpa renovável. A parte da luz que não é absorvida pelas algas para a fotossíntese é convertida em calor e pode ser utilizada imediatamente para o aquecimento da água ou armazenada no sistema geotérmico subterrâneo do edifício (LOOMANS, 2013; WALLIS, 2013).

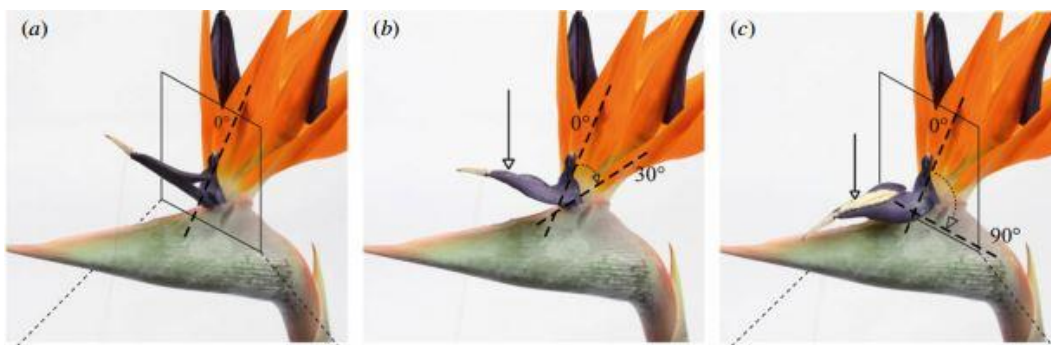
Figura 15 – Esquema de funcionamento da *BIQ House*.



Fonte: <[iba-hamburg.de](http://iba-hamburg.de)>.

Um exemplo de projeto biomimético que visa ao controle de sombreamento de fachada foi utilizado no pavilhão temático EXPO 2012 em Yeosu, na Coreia, projeto da *Soma Architects*. A fachada desta edificação utilizou um sistema cinemático de deformação elástica para o controle de sombreamento baseado no princípio natural utilizado pela flor *Strelitzia reginae*. A flor *Strelitzia* apresenta duas pétalas conjugadas que formam um poleiro para a polinização de pássaros. Ao posarem no poleiro para saborear o néctar, fazem com que a haste se flexione para baixo e, num movimento simultâneo, as lâminas das pétalas expõem as anteras, que normalmente ficam escondidas e em segurança (Figura 16).

Figura 16 - Deformação elástica na flor *Strelitzia reginae* para polinização por pássaros.



Fonte: Lienhard et al. (2011).

O princípio descrito deu origem a um sistema de sombreamento chamado Flectofin, que foi desenvolvido, registrado e patenteado. O sistema em larga escala foi aplicado no pavilhão temático da EXPO 2012 (Figura 17) e apresenta algumas características interessantes, como possibilidade de adaptação em fachadas com geometrias curvas sem a necessidade de manutenção intensiva das partes, pois não possui juntas deslizantes nem dobradiças, o que reduz custos com manutenção e outros cuidados.

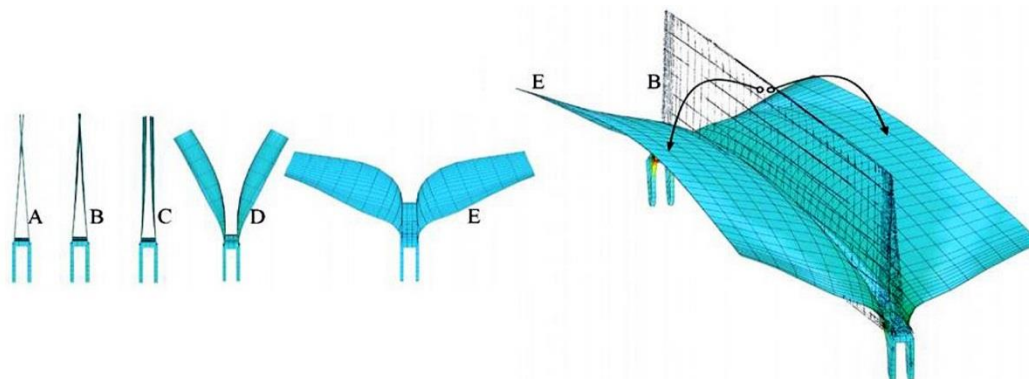
Figura 17 – Pavilhão temático EXPO 2012 em Yesou, Coreia.



Fonte: <[flickr.com](http://flickr.com)>.

O princípio cinemático elástico da *Strelitzia* utilizado no pavilhão temático foi abstraído e transformado em um mecanismo simples que consiste em uma lâmina fina anexada a uma haste. A trajetória de equilíbrio da lâmina é um movimento de flexão não simétrico, acionado por uma deformação de torção induzida pela simples flexão de uma haste conectada (LIENHARD et al., 2011; POPPINGA et al., 2010) (Figura 18).

Figura 18 – Funcionamento do Flectofin duplo. (A) posição teórica das lâminas; (B) posição real das lâminas pressionadas uma contra a outra; (C-E) abertura das lâminas devido à flexão da haste principal.



Fonte: Lienhard et al. (2011).

Da perspectiva da engenharia, o mecanismo de deformação da *Strelitzia* pode ser descrito como um movimento sem articulações e explora o mecanismo de flexão assimétrica como parte integrada de uma estrutura deformável reversível. Esta pode ser abstraída como um modelo que utiliza o fenômeno de flambagem torsional para as lâminas. A ironia é que o fenômeno de flambagem torsional, utilizado neste sistema, é bem conhecido por engenheiros. No entanto, no projeto estrutural, ela é evitada, pois é considerada uma falha (KNIPPERS; SPECK, 2012; LIENHARD et al., 2011). Este exemplo mostra que princípios inadequados para algumas áreas podem produzir soluções promissoras em outros campos. Caso não sejam devidamente explorados, alguns princípios da natureza são descartados por terem o seu potencial ignorado pela tecnologia humana.

A partir do exposto, pode-se afirmar que o projeto inspirado nas soluções da natureza possui enorme potencial para a geração de soluções. Todavia, a adoção dessa nova estratégia não acontece na velocidade necessária. De acordo com Pawlyn (2011), a profissão de arquiteto tem sido lenta para incorporar quaisquer dos princípios básicos e, muito menos, a prática de biomimetismo em seu ensino. Dessa forma, é importante a realização de estudos que abordem a biomimética e sua aplicação no projeto de arquitetura no meio acadêmico para disseminar os avanços desta ciência para o cotidiano dos arquitetos e de nossa cultura.

Apesar de os estudos mostrarem que o projeto biomimético é de grande valor para alcançar soluções inovadoras, este contribui para que arquitetos e

outros projetistas encarem situações desafiadoras pensando “fora da caixa”, o que constitui um grande passo, pois requer profissionais dispostos a trabalhar fora de sua zona de conforto. Ao mesmo tempo que entender e considerar as soluções naturais no momento da concepção arquitetônica é prudente e favorece o repertório de estratégias projetuais.

Não obstante, adotar a biomimética na atividade projetual não é uma tarefa fácil e requer uma abordagem adequada ou método que possibilite a transferência do princípio desejado, o que requer um alto nível de abstração e conhecimento multidisciplinar. Apesar da existência de vários métodos que podem auxiliar nas etapas de projetos convencionais, existe uma lacuna na literatura de métodos que possam ser utilizados adequadamente para o emprego da biomimética em projetos de arquitetura, como será abordado a seguir.

#### **2.4 Métodos para geração de ideias**

Nos últimos anos, a complexidade do projeto e a exigência da qualidade ambiental das construções de grande porte têm aumentado. A evolução rápida da tecnologia; mudança de percepção e de demanda dos proprietários de edificações; aumento da importância do edifício como facilitador da produtividade; aumento da troca de informações e do controle humano, além da necessidade de criação de ambientes sustentáveis são algumas das principais razões que contribuem para este fato (KOWALTOWSKI et al., 2006b). Os autores acrescentam que exigências sobre o trabalho do arquiteto, como aumento da competitividade e da necessidade de colaboração dos envolvidos no projeto para produzir com eficiência e qualidade, demandam o aprimoramento dos procedimentos adotados e a aplicação de metodologias mais sistemáticas de pesquisa e projeto.

O processo de criação utilizado por projetistas não possui métodos rígidos ou universais que resolvam todos os problemas, pois cada caso é único e precisa de soluções específicas. Por isso, tornam-se necessários diferentes métodos, ferramentas e técnicas para dar suporte à fase de concepção do projeto (BIANCHI, 2008). Para Kowaltowsky et al. (2006a), apesar de existirem alguns procedimentos comuns entre projetistas, o processo de criação é

complexo e pouco compartilhado pelos profissionais. Os autores levantam cinco tipos principais de heurísticas aplicadas à solução de projetos: 1) analogias antropométricas, que se baseiam nas dimensões do corpo humano; 2) analogias literais, que utilizam elementos da natureza como inspiração; 3) relações ambientais, que utilizam rigorosos princípios científicos ou empíricos da relação homem e ambiente; 4) tipologias, que aplicam conhecimentos de soluções anteriores a problemas relacionados; 5) linguagens formais, que aplicam estilos adotados por grupos ou escolas de projetistas.

Segundo Bianchi (2008), os métodos disponíveis para estímulo à criatividade são pouco explorados de modo formal no processo projetual e no ensino de projeto. Ademais, há uma tendência à aplicação de métodos visuais que privilegiam o desenho e a maquete para comunicação de soluções. Contudo, ressalta que muitos outros métodos que utilizam processos mentais baseados na escrita e linguagem também são úteis aos projetistas. Kowaltowsky et al. (2006a) afirmam que, em estudos mais recentes, há uma resistência por parte dos profissionais ao enquadramento metodológico, provavelmente consequência de um ensino de projeto incipiente nesta área. Os autores recomendam que seja aplicada uma combinação de várias ferramentas no processo projetual com a intenção de tornar maior as exigências sobre o projeto e, assim, aprofundar a análise durante o desenvolvimento do produto.

A Tabela 1 a seguir, retirada do trabalho de Bianchi (2008), mostra alguns dos métodos mais citados na literatura e classificados como métodos de geração de ideias, separados conforme sua lógica de funcionamento.

Tabela 1 – Tabela de classificação dos métodos mais citados na literatura.

<b>PROCESSO DE GERAÇÃO DE IDEIAS</b>	<b>MÉTODO PARA GERAÇÃO DE IDEIAS</b>
Combinação de Ideias	Lista de Atributos
	TRIZ
Associação de Ideias	Brainstorming
	Mapa Mental
Comparação de Ideias	Analogia
	Biomimetismo

Fonte: Bianchi (2008).

Lista de Atributos – Pode ser utilizado em situações nas quais possa ser

feita a decomposição em atributos e é indicada na criação ou melhoria de um produto, serviço, sistema ou projeto (SIQUEIRA, 2007). As etapas para uso deste método envolvem: identificar o produto ou processo que se deseja melhorar; listar seus atributos, destacando suas partes (material, forma, mercado alvo, cores, texturas); escolher os atributos aparentemente interessantes ou importantes; identificar formas alternativas para alcançar cada atributo, através de técnica geradora de ideia convencional ou qualquer outra; combinar uma ou mais dessas formas alternativas de alcançar os atributos necessários, para atingir novas abordagens para o produto ou processo trabalhado (MYCOTED, 2009).

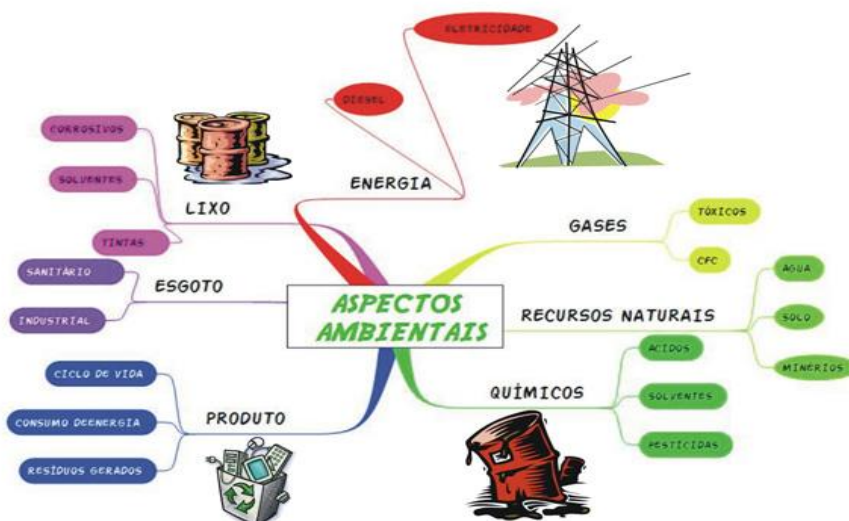
TRIZ – Acrônimo para Teoria da Resolução Inventiva de Problemas desenvolvida na década de 1940, na antiga União Soviética, por Genrich Altshuller. Constitui um conjunto de ferramentas para direcionar o pensamento criativo de forma a não permitir que a concepção de ideias inovadoras fique dependente da inspiração criativa por tentativa e erro (CAMERON, 2010). Em síntese, TRIZ incorpora informações de aproximadamente três milhões de patentes bem sucedidas e vasta quantidade de conhecimento de física, química e matemática. Esta informação foi encapsulada em uma matriz de contradições com 40 princípios inventivos (Anexo A), ideias que podem resolver um problema de projeto. Os Princípios Inventivos (PIs) podem ser acessados através de pares de conflitos técnicos que devem ser enquadrados em um rol de 39 parâmetros (Anexo B), aspectos que um projetista quer minimizar e maximizar. O projetista, então, consulta a matriz de contradição de 39x39 (Anexo C), que lista os princípios inventivos a serem utilizados para resolver aquela contradição em outros projetos (GLIER; LINSEY; MCADAMS, 2011). O método TRIZ será melhor detalhado mais adiante, conforme o seu nível de importância para a compreensão do BioTRIZ. Este último, por sua vez, não apareceu no estudo de Bianchi (2008), provavelmente devido à escassa literatura existente abordando o método. Contudo, sendo este método alvo de estudo do presente trabalho, será também apresentado e detalhado separadamente mais adiante.

*Brainstorming* - Uma das mais antigas técnicas de estímulo à

criatividade, foi criado nos anos 1930 pelo publicitário americano Alex Osborn, tendo como fundamento a geração de ideias em grupo pelo princípio de suspensão do julgamento inicial (BIANCHI, 2008). É uma ferramenta para a geração de novas ideias, conceitos ou soluções relacionadas a um dado tema num ambiente livre de críticas ou restrições à imaginação. Tem a finalidade de reunir uma série de ideias que possam servir de orientação para a solução de um problema. A livre expressão de ideias é condição importante para potencializar a atitude criadora individual e coletiva. Também é conhecido como “Tempestade Cerebral” ou “Tempestade de Ideias” (SIQUEIRA, 2007).

Mapa Mental – Um diagrama de palavras, ideias, tarefas ou outros itens ligados a um conceito central. O diagrama representa conexões entre pedaços de informação sobre um tema ou tarefa. Os elementos são arranjados intuitivamente de acordo com a importância dos conceitos, apresentando as informações e suas conexões graficamente, de forma radial e não linear (Figura 19). Busca estimular a imaginação e o fluxo natural de ideias livre da rigidez (SIQUEIRA, 2007).

Figura 19 – Mapa mental.



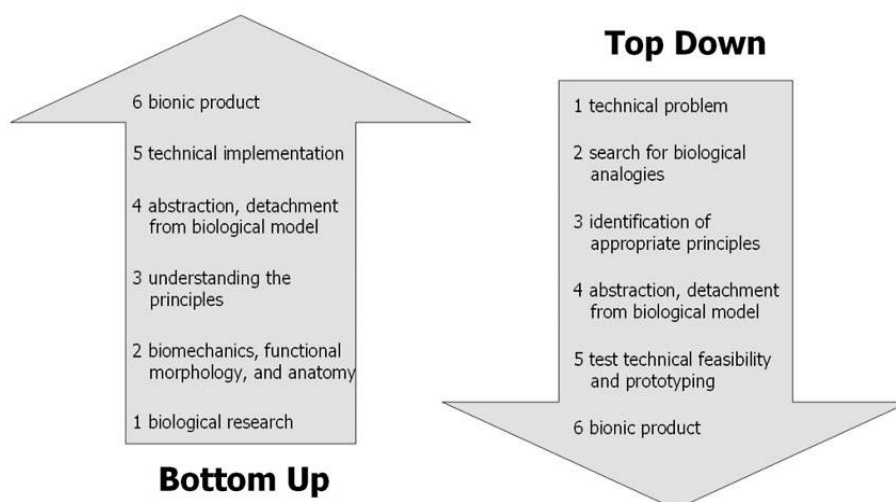
Fonte: Siqueira (2007).

Analogia – Consiste em identificar princípios ou conceitos passíveis de serem aplicados ou transferidos entre sistemas distintos, mas com problemas de natureza semelhante. Analogias são uma característica chave de muitas

abordagens para técnicas de criatividade. Constituem o fundamento para os métodos Sinética e Biônica. As etapas para uso deste método envolvem: identificar qual a ideia desejada e tentar encontrar uma frase verbo núcleo que represente a natureza funcional essencial do que se busca; para cada frase verbo, gerar uma lista de itens (pessoas, situações, objetos, processos, ações, locais etc.) que seja como ou represente de alguma forma a frase verbo; escolher uma dessas analogias que pareça interessante (preferencialmente, a frase verbo e analogia devem ser de domínios diferentes. Por exemplo, uma analogia biológica para um problema mecânico); descrever o analógico, incluindo aspectos ativos (por exemplo, como funciona, para que serve, quais os efeitos que ele tem, como ele é usado), bem como os aspectos passivos (tamanho, posição etc.); utilizar esta descrição para sugerir ideias relevantes para o dado problema (MYCOTED, 2009).

Biomimetismo – Método utilizado no design, engenharia e arquitetura, baseado na analogia de modelos da natureza para imitar ou inspirar soluções de problemas técnicos. Apoia-se na ideia de que a natureza possui soluções já testadas em seu processo evolutivo e que os organismos naturais possuem tecnologias incorporadas que podem ser utilizadas para resolver problemas humanos com maior economia de recursos (BENYUS, 2002; PAWLYN, 2011). Na literatura, são encontrados basicamente dois tipos de abordagens: *bottom up* e *top down* (Figura 20).

Figura 20 – Sequências de processos nos dois principais tipos de abordagem biomimética.



Fonte: Knippers e Speck (2012).

No primeiro, o processo é iniciado a partir do estudo do organismo natural em busca de aplicações em problemas humanos. No segundo, o processo é iniciado a partir do problema em busca do princípio natural que possua a solução (EL-ZEINY, 2012; KNIPPERS; SPECK, 2012; ZARI, 2007). Na maioria das vezes, a abstração técnica só é possível por intermédio de um biólogo que aponta um fenômeno incomum e desvendados os seus princípios de funcionamento. Só então o princípio biológico se torna disponível para uso biomimético (VINCENT et al., 2006). A abstração de um princípio natural não é uma tarefa trivial e o único método encontrado na literatura que oferece ferramentas para lidar com este inconveniente é o BioTRIZ. Este método, além de possuir um banco de dados de princípios universais da natureza, é centrado na definição do problema, o que aparentemente atende aos requisitos da dinâmica de projeto arquitetônico e traz os meios de aplicação de conceitos biomiméticos incorporados. O BioTRIZ será abordado detalhadamente mais adiante, em função da sua importância para o estudo. Por ser um método baseado no TRIZ de Altshuller, este será detalhado logo a seguir, pois a compreensão do seu mecanismo de funcionamento não somente é semelhante, como deu origem ao método BioTRIZ. Por isso, algumas de suas ferramentas são também compartilhadas. Acredita-se que, nessa ordem, será mais fácil a compreensão do próprio BioTRIZ.

## **2.5 TRIZ**

Na década de 1940, Genrich Altshuller, o criador de TRIZ, iniciou sua pesquisa para tentar compreender como as soluções inventivas eram criadas. Altshuller pesquisou, inicialmente, cerca de 200 mil patentes na tentativa de aprender a inventividade por trás da psicologia dos grandes inventores. Estima-se que mais de três milhões de patentes foram revisadas pelos seguidores do TRIZ e os resultados se mostraram essencialmente os mesmos (CAMERON, 2010). TRIZ, acrônimo para Teoria para Resolução Inventiva de Problemas em russo, é uma metodologia que utiliza os princípios mobilizados nas soluções de patentes e serve para organizar e auxiliar o pensamento criativo.

Para Altshuller, a força motriz no coração da mudança tecnológica era a estrutura dialética dos problemas de engenharia. Estas ocorrem quando duas

características de um sistema tecnológico entram em conflito – tese e antítese – e a “invenção” é a remoção dessa contradição. A melhora da resistência de um sistema, por exemplo, é, muitas vezes, associada ao custo do aumento de peso. Para Altshuller, havia um conjunto finito de tais conflitos, contradições ou *trade-off* que servia para todos os sistemas tecnológicos, não importando a disciplina de engenharia, tecnologia, sistema ou dispositivo (CRAIG, 2008). Para Altshuller, um *trade-off* é resolvido não por meio da otimização entre duas características conflitantes, mas mudando ou adaptando o sistema de alguma maneira que ambas as características pudessem melhorar. Por exemplo, um dispositivo pode ser feito mais forte (resistência) e mais leve (peso do objeto parado) através da aplicação do princípio de “materiais compostos”, que é o PI 40 (Figura 21).

Figura 21 - Cruzamento dos parâmetros "resistência" e "peso do objeto parado" na matriz de contradições.

Resultado Indesejado		1	2
		Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado
14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1

Fonte: Kiataki (2004).

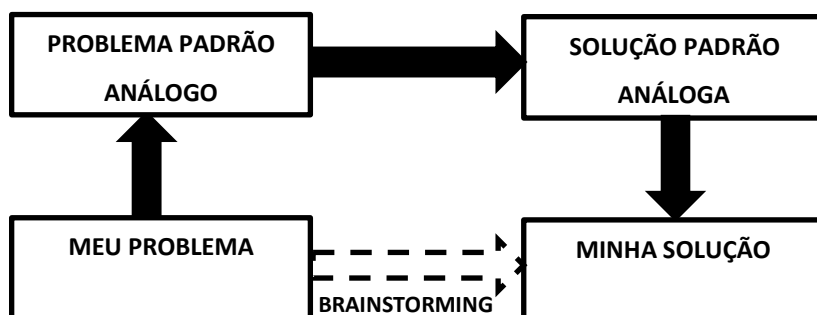
A essência da resolução de conflitos baseia-se no enquadramento das duas características conflitantes entre os 39 parâmetros de Altshuller e no cruzamento dos parâmetros escolhidos na Matriz de Contradições. A matriz apontará a célula com os Princípios Inventivos que podem ser utilizados para resolver o conflito.

De acordo com Cameron (2010), TRIZ possui um conjunto de ferramentas para direcionar o pensamento criativo de forma a não permitir esta tarefa para o método da tentativa e erro. Ao invés disto, pode-se criar ideias inovadoras para problemas técnicos sistematicamente. Kiataki (2004) afirma que TRIZ é uma metodologia voltada à concepção de ideias e possui ferramentas para a estruturação, geração e avaliação das soluções. Deve-se ressaltar que, no presente trabalho, será abordado apenas o processo de

solução de problemas, que utiliza os 39 Parâmetros de Altshuller, os 40 Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições (Anexo A, Anexo B e Anexo C).

O esquema ilustra o processo básico para solução de problemas na TRIZ, no qual um problema específico é transformado em um problema padrão de natureza semelhante ou análoga. O método sugere uma solução padrão conhecida e, a partir disto, origina-se a solução específica do problema inicial (Figura 22). A seta tracejada, que representa o Brainstorming, ilustra os métodos tradicionais de geração de ideias que procuram encurtar o caminho, passando do problema inicial e específico diretamente para a solução específica.

Figura 22 - Processo padrão para solução de problemas de TRIZ.



Fonte: Kiataki (2004).

Kiataki (2004) alerta para algumas desvantagens de métodos que utilizam o princípio da tentativa e erro: o número de tentativas é proporcional à complexidade do problema. Em virtude da limitação de conhecimento em outras áreas, pode ocorrer a inércia psicológica, pois as soluções tendem a surgir dentro da própria experiência pessoal e não existe forma de buscar tecnologias alternativas para novos conceitos. Os métodos tradicionais que utilizam a intuição como mecanismo criativo dificultam a transmissão de conhecimentos e experiência para outras pessoas.

A autora afirma que a TRIZ fornece meios para que o processo de solução de problemas seja possível, facilitando a criação de projetos melhores, em menos tempo. Além disso, o método supera os efeitos limitantes da inércia psicológica, através de um mapa de solução que cobre amplas disciplinas científicas e tecnológicas. De acordo com Vincent et al. (2006), a TRIZ é bem

conhecida pelo seu sucesso na transferência de soluções de um campo da engenharia para outro. Contudo, foi concebida e derivada de um ambiente de coisas artificiais, não vivas, um meio técnico e de engenharia, enquanto a biomimética opera na fronteira entre sistemas vivos e não vivos. Desde que a razão para olhar para a natureza seja a busca de soluções e melhoria das funções técnicas, é importante ressaltar que a TRIZ não contém muitas dessas funções, e provavelmente, não dispõe dos meios de derivação delas.

Para Bogatyrev e Bogatyreva (2009), os sistemas técnicos são criados por humanos (sistemas biológicos) para si mesmos para alguma finalidade. Os sistemas biológicos, no entanto, possuem seu próprio auto valor. O uso de TRIZ no campo da biologia enfrenta sérias restrições, definidas pelas próprias características dos sistemas biológicos que os tornam vivos. Por exemplo, os métodos de engenharia mecânica mais difundidos utilizam temperaturas extremamente altas ou baixas. Porém, métodos semelhantes não podem ser aplicados para a grande maioria dos seres vivos, pois eles não sobreviveriam a tais impactos energéticos, porquanto a eficiência energética da natureza evita extremos.

Segundo Voguel (1998), a natureza utiliza poucas superfícies planas e mais superfícies curvas do a tecnologia humana. A natureza tende a utilizar cantos arredondados, enquanto o homem utiliza arestas abruptas. O projeto da natureza tira vantagem da difusão e tensão superficial, enquanto na tecnologia humana importa mais o fluxo laminar, gravidade, condutividade térmica e turbulência. Para sistemas hidrostáticos e aerostáticos da natureza, o fluido predominante é a água, ao passo que, em estruturas humanas, são utilizados principalmente o ar ou algum outro gás. Muitos dos mecanismos humanos extraem energia mecânica de diferenças de temperatura, enquanto todos os mecanismos naturais são isotérmicos.

A lista de diferenças entre sistemas técnicos e naturais continua, destacando as distintas entre algumas opostas estratégias de um ser biológico (o homem), que é protagonista e cohabita o mesmo universo natural com todos os outros seres vivos.

An ideal technical system and an "ideal" biological system look very different. For example, a living creature typically needs to put a lot of pressure on the environment to survive

(change the environment, which is in fact engineering), but also to be very adaptable (changes itself in response to environment, which is not typical for technology (BOGATYREV; BOGATYREVA, 2009, p.2) <sup>5</sup>.

A tabela a seguir ilustra a forma como sistemas técnicos ideais e sistemas biológicos “ideais” utilizam estratégias completamente diferentes para cumprir suas funções. Na tabela, é possível observar que só existem duas características entre os dois sistemas ideais que são as mesmas (mínima produção de resíduos e confiável). Pode-se entender que, a partir da conjugação de suas características ideais superiores, é possível fazer uma projeção do que seria considerado a tecnologia futura ideal. Tais características podem servir de parâmetros para projetar sistemas mais eficientes e passíveis de serem produzidos pela atual tecnologia humana.

Tabela 2 – Sistemas animados e inanimados e suas diferentes idealidades (diferenças em cinza).

	SISTEMA TÉCNICO “IDEAL”	SISTEMA BIOLÓGICO “IDEAL”	TECNOLOGIA FUTURA IDEAL
1	Estrutura simples	Estrutura complexa	Simple
2	Permanente ou tem o tempo de vida útil necessário	Mortal	Permanente
3	Fácil de operar (determinístico)	De difícil operação externa (estocástico)	Fácil de operar
4	Mínimo uso de recursos	Máximo uso de recursos	Mínimo uso de recursos
5	Mínima produção de resíduos	Mínima produção de resíduos	Mínima produção de resíduos
6	Máxima capacidade de reserva	Disponível em abundância	Máxima capacidade de reserva
7	Fácil de reparar	Sustentável	Autorreparação
8	Possui diferentes modos de operação para ambientes diferentes	Adaptável	Adaptável
9	Automático	Autorregulado	Autorregulado
10	Confiável	Confiável	Confiável

Fonte: Bogatyrev e Bogatyreva (2009).

Segundo Bogatyrev e Bogatyreva (2009), a tecnologia contemporânea não dispõe de muitas das características encontradas na natureza. Mas, dentro

<sup>5</sup> Um sistema técnico ideal e um sistema de biológico “ideal” parecem muito diferentes. Por exemplo, uma criatura normalmente precisa colocar muita pressão sobre o meio ambiente para sobreviver (mudar o ambiente, o que é de fato engenharia), mas também para ser muito adaptável (muda-se em resposta ao ambiente, o que não é típico para a tecnologia) (BOGATYREV; BOGATYREVA, 2009, p.2. Tradução livre do pesquisador).

de algumas disciplinas sintéticas, como a biomimética, por exemplo, é possível fundir os dois domínios harmoniosamente. Os autores sugerem que, no futuro, a tecnologia ideal possuirá todas as vantagens da natureza e dos artefatos tecnológicos tradicionais. A busca por esta harmonia, no entanto, requer a disponibilidade de métodos adequados, capazes de integrar conhecimentos de ambos os domínios e permitir a apropriação dos princípios da natureza em sua plenitude na concepção de projetos. O método BioTRIZ, que será abordado a seguir, por exemplo, foi o único encontrado na literatura concebido para permitir o emprego do conhecimento do domínio biológico em projetos de sistemas humanos.

## **2.6 BioTRIZ**

Dentre os métodos encontrados na literatura, o BioTRIZ é o único que parece atender aos requisitos de interdisciplinaridade entre o campo biológico e o projetual. De acordo com Bogatyrev e Bogatyreva (2009), o BioTRIZ surgiu da fusão do TRIZ com a biologia, visando a atender a necessidades biomiméticas. O intuito foi utilizar o TRIZ como ponte entre a biologia e a engenharia para permitir a implementação de princípios biológicos no design e tecnologia humana.

O BioTRIZ foi desenvolvido pelo Dr. Julian Vincent e sua equipe na Universidade de Bath. É baseado na análise de aproximadamente 500 fenômenos biológicos com mais de 270 funções e cerca de 2.500 conflitos e suas resoluções na biologia classificados em níveis de dificuldade (VINCENT et al., 2006). Para incorporar o conhecimento biológico em TRIZ, foi criado um quadro que organiza os 40 Princípios Inventivos e os 39 Parâmetros de Altshuller em seis meta-categorias, ou Campos de Operação (COs): substância, estrutura, energia, informação, espaço e tempo (Tabela 3).

O “mantra” que guiou o desenvolvimento desse sistema - coisas fazem coisas em algum lugar - parte da ideia de que todas as ações com qualquer objeto estão compreendidas nos seis COs. Ou seja, coisas (que pode ser “substância” ou “estrutura”) fazem coisas (que necessitam de “energia” e “informação”) em algum lugar (no “espaço” e no “tempo”) (BOGATYREV; BOGATYREVA, 2009).

Tabela 3 - Matriz de Contradições BioTRIZ.

CAMPOS DE OPERAÇÃO QUE DEVEM SER MELHORADOS	CAMPOS DE OPERAÇÃO QUE CAUSAM PROBLEMAS					
	Substância	Estrutura	Tempo	Espaço	Energia	Informação
Substância	13, 15, 17, 20, 31, 40	1, 2, 3, 15, 24, 26	15, 19, 27, 29, 30	1, 5, 13, 15, 31	3, 6, 9, 25, 31, 35	3, 25, 26
Estrutura	1, 10, 15, 19	1, 15, 19, 24, 34	1, 2, 4	10	1, 2, 4	1, 3, 4, 15, 19, 24, 25, 35
Tempo	1, 3, 15, 20, 25, 38	1, 2, 3, 4, 6, 15, 17, 19	2, 3, 11, 20, 26	1, 2, 3, 4, 7, 38	3, 9, 15, 20, 22, 25	1, 2, 3, 10, 19, 23
Espaço	3, 14, 15, 25	2, 3, 4, 5, 10, 15, 19	1, 19, 29	4, 5, 14, 17, 36	1, 3, 4, 15, 19	3, 15, 21, 24
Energia	1, 3, 13, 14, 17, 25, 31	1, 3, 5, 6, 25, 35, 36, 40	3, 10, 23, 25, 35	1, 3, 4, 15, 25	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	2, 3, 9, 17, 22	3, 20, 22, 25, 33	1, 3, 6, 22, 32	3, 10, 16, 23, 25

Fonte: Vincent et al. (2006).

Os autores acrescentam que os seis COs reorganizam e condensam a matriz de contradições do TRIZ original de 39x39 em uma versão 6x6. Essa nova matriz BioTRIZ foi utilizada para colocar os Princípios Inventivos em uma nova ordem que reflete melhor a rota biológica para a resolução de conflitos. No estudo de Bogatyrev e Bogatyreva (2009) são apresentadas detalhadamente a reconfiguração da matriz BioTRIZ e uma comparação entre os tipos de soluções para pares de conflitos nos campos tecnológico e biológico.

O BioTRIZ é uma ferramenta de geração de ideias baseada no TRIZ, através do qual os problemas de engenharia podem ser examinados e respostas biomiméticas podem ser concebidas. Um problema é formulado em termos de duas características contraditórias selecionados a partir da lista dos 39 parâmetros de Altshuller (Anexo B), como “força” contra o “peso”. Cada uma dessas características pertence a um dos seis COs que, juntos, formam a base da matriz 6x6 do BioTRIZ (Tabela 3).

Em cada uma das 36 células, reside um conjunto de números. Cada algarismo se refere a um dos 40 PIs para a solução de problemas de engenharia. Os 39 Parâmetros e os PIs são os mesmos do TRIZ. BioTRIZ destina-se a informar ao usuário quais as estratégias que têm sido utilizadas por sistemas biológicos quando a fonte é perdida durante o processo (CRAIG

et al., 2008). Isto implica que o método não permite identificar qual a fonte biológica do princípio. O BioTRIZ aponta os Princípios Inventivos (PIs) que são indicadores de como resolver um conflito de projeto. Esses indicadores constituem princípios naturais que foram abstraídos de forma que possam ser implementados em sistemas humanos em diversos contextos. Para acessar o endereço dos indicadores (PIs) adequados na matriz, é necessário formular o problema a ser resolvido precisamente, identificar os conflitos que surgem da questão de projeto e, então, identificar os COs relacionados a estes conflitos.

Do ponto de vista pedagógico, o BioTRIZ é um método de concepção simples, com um procedimento rígido e um pequeno conjunto de materiais necessários. De posse de uma breve introdução à metodologia e umas poucas tabelas, estudantes projetistas podem aproveitar uma riqueza de informações de projetos biológicos sem a necessidade de traduzir a literatura biológica em termos de engenharia, podendo-se abstrair as informações úteis em algo aplicável ao seu problema de projeto (GLIER; TSENN et al., 2011). Sabe-se que, em arquitetura, existem muitos aspectos conflitantes que necessitam de resolução. A maneira criativa de solucionar esses conflitos é aquela que encontra no próprio conflito impulso para gerar inovações e descobertas (KIATAKI, 2004).

O estudo de Craig (2008) foi o único encontrado na literatura que descreve detalhadamente como o BioTRIZ foi aplicado para o desenvolvimento de um telhado que utiliza o céu como um dissipador de calor natural, para resfriamento radiativo passivo de edificações. O estudo parte do pressuposto de que um edifício ficaria mais frio se sua massa de telhado fosse acoplada ao céu, mas isolada termicamente dos ganhos ambientais e solares. Isto reduziria a necessidade de refrigeração artificial em climas quentes.

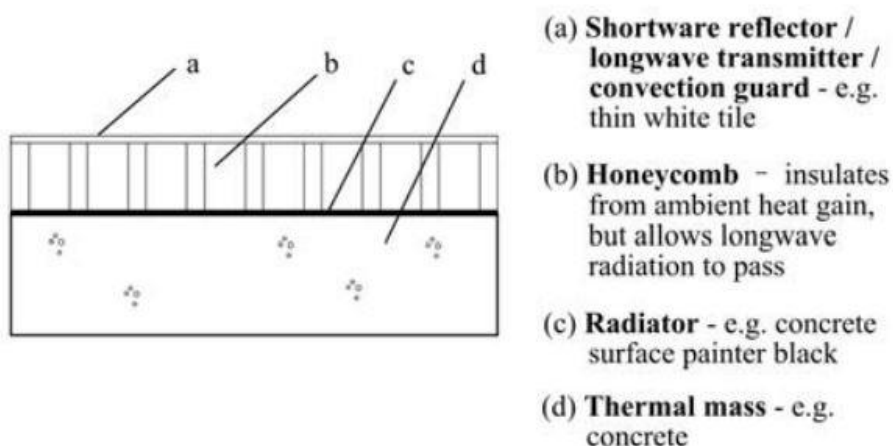
No entanto, este desafio de projeto tem vários conflitos aninhados, os quais ainda não foram superados pela tecnologia existente. O BioTRIZ foi utilizado para explorar possíveis soluções. O problema é formulado em termos do BioTRIZ e foram identificados quatro parâmetros de Altshuller envolvidos no problema: 17 – Temperatura, 18 – Brilho, 20 – Energia gasta por objeto parado e 22 – Perda de energia. Todos caíram no campo de operação Energia, gerando o conflito Energia x Energia.

O problema também foi formulado em termos de TRIZ para efeito de

comparação dos PIs sugeridos. Dentre os princípios sugeridos pelo BioTRIZ e TRIZ para resolver este conflito, foram selecionados o PI 32 – Mudança de cor, indicados por TRIZ e BioTRIZ, e o PI 35 – Mudança de parâmetros, indicado por TRIZ. Enquanto o primeiro PI (32) sugere o ajuste das propriedades espectrais da substância, o segundo PI (35) sugere o ajuste das propriedades físicas.

Ambos foram interpretados como o aumento da transparência do isolamento para a radiação de ondas longas, por meio do uso de um material de isolamento que retarde a transferência convectiva e condutiva, mas não a transferência radiativa. Resumindo, os PIs sugerem trocar o isolamento existente por um transparente para a radiação térmica de ondas longas. Um conceito do telhado pode ser conferido na Figura 23. Este, ao trocar o isolamento convencional por um tipo colmeia (b), permite que a massa de concreto (d) rejeite a radiação térmica para o céu e fique protegida da radiação solar e do ar quente externo.

Figura 23 – Conceito de um telhado frio para países quentes concebido com auxílio do BioTRIZ.



Fonte: Craig (2008)

Sendo o BioTRIZ um método que sugere soluções para características conflitantes e desafiadoras, é razoável afirmar que ele possui grande potencial de inserção no processo de projeto arquitetônico. No entanto, são requisitos para a aplicação efetiva do BioTRIZ a capacidade de racionalização do problema, transitar entre abstrações de conceitos específicos e genéricos e conseguir sintetizar criativamente os princípios indicados pelo método, ou seja,

é necessária a utilização tanto do pensamento convergente quanto divergente. Estes serão abordados logo a seguir.

## **2.7 Ensino de projeto em ateliê**

No ateliê, os alunos são requisitados a realizar duas tarefas ao mesmo tempo: projetar e aprender a projetar. Além de apresentar e defender ideias, relacionar-se com professores e colegas e aprender novas técnicas e habilidades, os alunos enfrentam dilemas e dificuldades. Entre eles, o processo de bloqueio ou estagnação, o que não é privilégio apenas de estudantes; designers experientes também vivenciam essa dificuldade. A forma mais comum de vencer o bloqueio normalmente é buscar ajuda do professor e tentar enxergar o projeto sob uma nova perspectiva (SACHS, 1999).

Nesse momento, os métodos de apoio à geração de ideias desempenham papel fundamental para vencer os momentos de inércia psicológica e conseguir avanços do processo projetual. Para Bianchi (2008), a aplicação de métodos de suporte à criação em arquitetura visa à estruturação do projeto, com o objetivo de melhorar a definição do problema e, conseqüentemente, aumentar o controle do processo e facilitar a emergência de ideias. A autora acrescenta que, através do uso de técnicas de apoio ao processo criativo, pode-se deliberadamente principiar a reflexão sobre um problema e desenvolver grande quantidade de novas ideias em um processo mais rápido e eficaz.

Na arquitetura, o processo de criação não possui métodos rígidos ou universais entre profissionais, muito embora possam ser atestados alguns procedimentos comuns entre projetistas. O processo é complexo e pouco externado pelo profissional (KOWALTOWSKI et al., 2006a). No ateliê, acabam dominando as concepções que tratam a arquitetura, ou o projeto, como atividade intuitiva e que exacerba a noção de que todo o processo pode ser resumido em um momento criador que é, por sua própria natureza, subjetivo e, geralmente, individualista (DEL RIO, 1998).

Esta prática, muito usual entre profissionais da área e disseminada nos ateliês, torna o processo de projeto misterioso e dificulta a replicação e sistematização do processo de concepção em ambiente educacional.

Kowaltowski, Bianchi e Paiva (2009) acrescentam que, com a crescente complexidade do mundo do design, a inovação, a originalidade ou o estímulo do pensamento criativo não devem ser mais confiados ao talento ou apenas à oportunidade.

De acordo com Schön (2000), o ateliê de projeto oferece um acesso privilegiado às reflexões dos designers sobre o processo de projeto. Ele é, ao mesmo tempo, um exemplo vivo e tradicional de ensino prático reflexivo. Para o autor, o ateliê de projeto, com seu padrão característico de aprendizagem através do fazer e da instrução, exemplifica as situações inerentes a qualquer aula prática reflexiva e as condições e processos essenciais para o seu sucesso.

Schön (2000) considera que a reflexão na ação consiste em aprender a fazer algo com a prática. No ato de aprender a fazer algo, existe a aptidão a executar sequências fáceis de atividade, reconhecimento, decisão e ajuste sem ter de “pensar a respeito”, o que conduz comumente a resultados inesperados. Todas as experiências nessa prática, agradáveis ou desagradáveis, contêm um elemento de surpresa.

Em contraste a este modelo de pensamento, existem estudiosos que defendem uma proposta mais racional de ensino de projeto. Del Rio (1998), por exemplo, sugere substituir o processo de projeto do tipo “caixa preta” pela “caixa de vidro”. A primeira representa um processo mental cujo funcionamento é desconhecido e não transmissível, pois depende da intuição e de fatores subjetivos. Na segunda, a transparência representa a existência de processo mental coerente, com método definido; portanto, um processo projetual explícito e transmissível.

Ainda de acordo com Del Rio (1998), no modelo racional de ensino de projeto de arquitetura, a criatividade possui maiores chances de expressar-se do que no método intuitivo tradicional, pois é direcionado através de procedimentos lógicos em um “caminho” de projeto. O autor afirma que, desta maneira, os alunos conquistam o acesso a um método sistematizado de trabalho que permite a compreensão do processo projetual como um todo, estando a criatividade sempre presente. Os alunos passam a sentir-se mais conscientes das decisões tomadas, de suas potencialidades e dos resultados alcançados, vislumbrando a importância da conjugação dos paradigmas

artístico, social e tecnológico. Destarte, os alunos aprendem a aprender, além de como proceder diante de um novo problema.

Pode-se concluir com isto que existem basicamente dois modelos de procedimentos projetuais: o centrado na intuição e outro centrado na racionalização do processo. Para Lawson (2005), em grande parte da literatura sobre o pensamento produtivo, encontram-se divisões binárias intimamente relacionadas. De um lado, os processos racional e lógico e, de outro, os processos intuitivo e criativo. Estas duas categorias principais ficaram conhecidas como produção convergente e divergente.

De acordo com Bianchi (2008), o princípio elementar da solução criativa de problemas é alternar fases convergentes e divergentes de pensamento. Lawson (2005) afirma que tanto o pensamento convergente quanto o divergente são necessários a cientistas e artistas. No entanto, arquitetos, engenheiros e designers, entre outros, provavelmente precisam de ambas as habilidades em proporções mais equilibradas.

Para Lawson (2005), normalmente, a tarefa convergente requer habilidades dedutivas e interpolativas para chegar a uma resposta identificável correta. A tarefa divergente exige uma abordagem aberta, buscando alternativas para as quais não há resposta claramente correta, estando associadas ao pensamento criativo e à habilidade nas artes. O autor acrescenta que, da natureza dos problemas de projeto tomados como um todo, o design é uma tarefa divergente. Contudo, muitos passos em qualquer processo de projeto se colocam como tarefas convergentes.

O projeto claramente envolve tanto o pensamento produtivo convergente quanto o divergente e estudos de bons designers no trabalho têm mostrado que eles são capazes de desenvolver e manter várias linhas de pensamento em paralelo. O autor afirma que, no processo de projeto, no início, o problema raras vezes é claramente definido, podendo tal fase exigir um esforço considerável.

Todavia, é interessante como designers experientes relatam a necessidade da existência de um problema claro para que possam trabalhar criativamente, como é o caso de Calatrava. Dessa forma, torna-se fundamental a adoção de situações problema como ponto de partida no processo projetual em ateliês de projeto. Kowaltowski, Bianchi e Paiva (2009) acrescentam que

estudos sobre designers notáveis de uma ampla gama de campos (projeto de engenharia e produto) têm demonstrado que estes profissionais confiam os “primeiros princípios” na originação de seus conceitos, explorando o problema para enquadrar o espaço do problema e, em muitos casos, as soluções criativas surgem quando há um conflito a ser resolvido.

Segundo Malard (2007), o ensino de projeto é centrado na solução de problemas, sendo o aluno incumbido de encontrar uma solução através da formulação de um problema arquitetônico ou urbanístico. De acordo com a autora, é exatamente no desenvolvimento da habilidade de problematizar situações e solucionar problemas que reside a maior qualidade do ensino de projeto, pois o potencial criador do estudante é estimulado, desenvolvendo suas habilidades na formulação de conceitos arquitetônicos e urbanísticos.

Malard (2007) acrescenta que, nas escolas em que as etapas de formulação do problema são também executadas pelo estudante, o processo de ensino- aprendizagem se enriquece, pois contribui para o desenvolvimento da habilidade de problematizar situações, necessária ao exercício profissional da arquitetura e do urbanismo. Para Lawson (2005), uma das características essenciais de problemas de design é que estes frequentemente não estão aparentes, mas devem ser encontrados. Logo, a expressão inicial de problemas de projeto pode, muitas vezes, ser bastante enganosa. O autor ressalta haver uma relação entre a insatisfação do designer e o problema apresentado se eles estiverem pouco claros. Assim, pode-se dizer que, com problemas mal definidos, as soluções também tendem a ser insatisfatórias.

A ênfase no ateliê de projeto tende a ser no produto, em termos de produção visual e gráfica, e não no processo. O aluno aprende a costurar o projeto, ao invés de adquirir teoria e aplicá-la. Destarte, esforça-se para atingir uma solução de projeto, mas deixa de lado o desenvolvimento de um método pessoal de resolução dos problemas (LAWSON, 2005; VELOSO e ELALI, 2004). Para Biachi (2008), se o projetista compreende seus próprios processos e metodologias, a criatividade e qualidade dos procedimentos e dos resultados são potencializados e esse conhecimento pode ser aplicado em qualquer campo de atuação, abrindo seu leque de oportunidades.

Pode-se dizer com isto que não basta oferecer aos estudantes de projeto de arquitetura somente ferramentas como o desenho, ferramentas CAD

e maquetes, tradicionalmente importantes para a concepção de projetos, mas deve-se promover o uso de métodos de projeto para auxiliar no processo criativo e combater a “inércia psicológica”. O uso de métodos que permitam um maior controle do processo e auxiliem no enquadramento do problema também contribui para tornar o ateliê de projeto mais produtivo e, assim, formar profissionais mais criativos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa qualitativa, na qual foram utilizados estudos de casos de caráter exploratório com o objetivo de verificar a adequabilidade do BioTRIZ na aplicação de conceitos biomiméticos no ensino de projeto em ateliês do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Utilizando-se de exercícios de projeto em ateliês de plástica, foi possível coletar informações a respeito do processo utilizado na aplicação de conceitos biomiméticos com o BioTRIZ, levantar as dificuldades e limitações e sugerir formas de atenuar as dificuldades encontradas na aplicação do método. A pesquisa foi dividida em oito etapas principais: definição das variáveis, estudos piloto, treinamento das equipes, coleta de dados em exercícios de projeto com aplicação do método BioTRIZ, aplicação de questionário, execução de grupos focais, análise de dados e discussão dos resultados. Tais etapas estão descritas detalhadamente nos subitens que seguem.

#### **3.1 Definição das variáveis**

Nesta etapa, foram feitos o planejamento e a definição das variáveis utilizadas para mensurar qualitativamente a adequabilidade do método na geração de soluções de projeto de arquitetura em ateliês. A coleta de dados referente às variáveis foi possível através da aplicação do questionário após os exercícios (Apêndice B). Esses dados foram confrontados posteriormente com as informações obtidas da observação direta e com os resultados da análise de conteúdo dos grupos focais. As variáveis foram classificadas em cinco categorias: assimilação, abstração, extração, coerência e aceitação (Tabela 4).

Tabela 4 - Variáveis separadas por categorias.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>VARIÁVEIS</b>
<b>Assimilação</b>	Compreensão, Prática e Dificuldade
<b>Abstração</b>	Problematização, Identificação de Propriedades e Funções, Identificação de Conflitos, Identificação dos Campos de Operação e Intermediação por Parâmetros
<b>Extração</b>	Identificação dos PIs e Quantificação dos PIs
<b>Coerência</b>	Apropriação dos PIs, Atendimento aos Condicionantes
<b>Aceitação</b>	Satisfação e Reutilização

Fonte: Elaboração própria.

Para a categoria Assimilação, utilizaram-se as seguintes variáveis: a) Compreensão – indica o nível de compreensão na aplicação do método, podendo ser classificada como ruim, regular, indiferente, bom, muito bom, excelente; b) Prática – indica o nível de autonomia na aplicação prática do método, podendo ser enquadrada como ruim, regular, bom, muito bom, excelente e c) Dificuldade – aponta qual etapa na aplicação do método apresentou maior dificuldade, podendo ser relatada como listar propriedades e funções desejáveis e indesejáveis, identificar conflitos, enquadrar os conflitos no rol de parâmetros, identificar os Campos de Operação, identificar os PIs, gerar as soluções específicas.

Para a categoria Abstração, utilizaram-se as variáveis: a) Problematização – indica se os problemas de projeto foram definidos efetivamente; b) Identificação de Propriedades e Funções - indica se as propriedades e funções desejáveis e indesejáveis foram definidas; c) Identificação de Conflitos – indica se foram identificados pares de conflitos a partir das funções e propriedades desejáveis e indesejáveis; d) Identificação dos Campos de Operação – indica se foram identificados os Campos de Operação relacionados aos conflitos e e) Intermediação por Parâmetros – indica se os conflitos foram enquadrados no rol de parâmetros de Altshuller para encontrar os seus respectivos Campos de Operação. Nesta categoria, o aluno poderia escolher entre as opções não, acho que não, talvez, acho que sim, sim.

Para a categoria Extração, utilizaram-se duas variáveis: a) Identificação dos PIs – aponta se foram identificados os PIs na Matriz através do cruzamento dos Campos de Operação em conflito, podendo ser escolhidas as opções não,

acho que não, talvez, acho que sim, sim e b) Quantificação dos Pls – aponta o número de Pls que foram aproveitados na geração de soluções, em uma escala de 0, 1, 2, 3, 4 e mais que 4.

Para a categoria Coerência, utilizaram-se as seguintes variáveis: a) Apropriação dos Pls – indica se as soluções se apropriaram dos Pls selecionados e b) Atendimento aos condicionantes – indica se as soluções atendem aos condicionantes de projeto. As opções de respostas oferecidas foram não, acho que não, talvez, acho que sim, sim.

Para a última categoria Aceitação, foram utilizadas outras duas variáveis: a) Satisfação – indica o nível de satisfação com as soluções geradas a partir do método, podendo as respostas serem completamente insatisfeito, parcialmente insatisfeito, indiferente, parcialmente satisfeito, completamente satisfeito e b) Reutilização – indica o nível de possibilidade quanto a vir a utilizar o método novamente para projetar. Nesta variável, as respostas poderiam ser escolhidas entre não, não sei, talvez, acho que sim, sim.

As 14 variáveis definidas nesta etapa foram utilizadas posteriormente para a formulação do questionário (Apêndice B).

### **3.2 Estudos piloto**

Antes da realização da etapa de coleta de dados, foram realizados dois estudos piloto para auxiliar e embasar os ajustes dos exercícios definitivos, seguindo a recomendação de Yin (2001), ao afirmar que a condução de um estudo piloto é uma das condições necessárias à preparação para a realização de um estudo de caso.

Os pilotos simularam a aplicação do método BioTRIZ em um exercício de projeto. O primeiro estudo piloto, com duração de 12 horas, foi aplicado em uma turma do 3º período na disciplina de Projeto de Edificações I do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB com a parceria do responsável pela disciplina, o Prof. Dr. Geovany Jessé A. Silva. A turma contou com 16 participantes voluntários agrupados em seis equipes, sendo cinco equipes com três alunos e uma com dois. O exercício de projeto proposto para a aplicação do BioTRIZ foi um acesso para conexão de uma praça à orla da praia de Tambaú, em João Pessoa. Tal proposta integrou um exercício já em

andamento na disciplina de Projeto de Edificações I. Os procedimentos adotados para o primeiro estudo piloto foram os seguintes:

- a) Apresentação teórica com os conceitos da biomimética, do BioTRIZ e do seu processo de aplicação com 50 minutos de duração;
- b) Apresentação do tema e condicionantes de projeto;
- c) Entrega do material de apoio ao BioTRIZ - os 39 Parâmetros de Altshuller (Anexo A), os 40 Princípios Inventivos (Anexo B), o agrupamento de parâmetros (Anexo C), a matriz BioTRIZ (Tabela 3), o protocolo de procedimento baseado nas recomendações de Vincent et al. (2006) e o formulário para registro do processo (Apêndice A);
- d) Disponibilização de dois intervalos de cinco minutos, com cada equipe, para dirimir dúvidas a respeito do uso do BioTRIZ durante o exercício;
- e) Disponibilização de dez horas/aula, para cada equipe, divididas em três semanas, nos horários da disciplina, para desenvolvimento da proposta conceitual utilizando o *Sketchup* como ferramenta de modelagem da maquete virtual;
- f) Apresentação das propostas em slides ilustrando sua evolução, declarando como o BioTRIZ foi utilizado e como aconteceu a apropriação dos PIs identificados na matriz BioTRIZ pela proposta. Para tanto, utilizou-se de Datashow e do software Powerpoint;
- g) Aplicação de questionário para coleta de dados a respeito do processo.

Após a realização do primeiro estudo piloto, verificou-se que os instrumentos de coleta (questionário e formulário para registro do processo) necessitavam de ajustes com vistas a melhor atender às variáveis, como também melhor ordenar e registrar o cumprimento das etapas na aplicação do método (Apêndices A e B). Observou-se também a necessidade de realização de grupos focais para a coleta de informações complementares quanto ao processo de aplicação do BioTRIZ nos exercícios e auxiliar na análise dos resultados obtidos com os outros dois instrumentos de coleta citados.

Nesse caso, optou-se por realizar um segundo estudo piloto em formato de workshop com duração de oito horas, acrescido de mais uma hora para a realização do grupo focal (Figura 24).

Figura 24 - Grupo focal: estudo piloto 2.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Este último estudo piloto contou com a participação de seis alunos, de períodos variados, também do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB agrupados em três equipes de dois alunos. Foi proposto, como exercício de projeto, o desenvolvimento de um mirante urbano itinerante. Os procedimentos seguidos para o segundo estudo piloto foram semelhantes aos do primeiro e contemplaram ajustes na duração, nos instrumentos de coleta, no protocolo e realização adicional de grupo focal. As etapas foram as seguintes:

- a) Apresentação com os conceitos da biomimética, do BioTRIZ e do seu processo de aplicação com 50 minutos de duração;
- b) Apresentação do tema e condicionantes de projeto;
- c) Entrega do material de apoio ao BioTRIZ - os 39 Parâmetros de Altshuller, os 40 Princípios Inventivos, o agrupamento de parâmetros, a matriz BioTRIZ, o protocolo de procedimento baseado nas recomendações de Vincent et al. (2006) e o formulário para registro do processo;
- d) Disponibilização de três intervalos de cinco minutos, com cada equipe, para dirimir dúvidas a respeito do uso do BioTRIZ durante o exercício;
- e) Disponibilização de oito horas/aula, para cada equipe desenvolver a proposta conceitual utilizando o *Sketchup* para modelagem da maquete virtual;

- f) Apresentação das propostas em slides utilizando o Datashow e o Powerpoint para ilustrar a proposta e como ela se apropriou dos PIs identificados na matriz BioTRIZ;
- g) Aplicação de questionário para coletar dados a respeito do processo;
- h) Realização do grupo focal com gravação de áudio para transcrição e análise de conteúdo.

Esse segundo piloto foi de grande valia, pois permitiu verificar se os instrumentos de coleta estavam adequados à utilização nos exercícios definitivos e possibilitou ajustes no protocolo para torná-lo mais informativo às equipes. O protocolo final mostrado a seguir teve como base as recomendações de Vincent et al. (2006) e foi utilizado como guia para a aplicação do método nos exercícios de projeto na etapa de coleta de dados. As etapas que constituíram o protocolo final foram:

- a) Definição do problema de forma geral e precisa, a fim de evitar geração de soluções prematuras para o problema;
- b) Listagem das propriedades e funções desejáveis e não desejáveis do sistema;
- c) Análise e listagem dos principais conflitos, formando pares de características contraditórias (ex.: O que se quer alcançar? Qual o impedimento?);
- d) Identificação dos Campos de Operação (COs) que enquadram as características conflitantes (ex.: Qual o Campo de Operação (CO) que se quer melhorar e qual o Campo em conflito? Em caso de insegurança na identificação dos Campos de Operação, pode-se recorrer ao agrupamento de parâmetros por CO);
- e) Cruzamento dos COs em conflito na Matriz BioTRIZ e listagem dos PIs;
- f) Localização dos PIs adequados e geração de soluções a partir deles.

Os dois estudos piloto foram essenciais para a obtenção de informações iniciais acerca de possíveis dificuldades no uso do método BioTRIZ e para a permissão dos ajustes necessários nos instrumentos de coleta de dados. Após os pilotos, foi possível levantar dados preliminares quanto ao processo de aplicação do BioTRIZ para validar a escolha das variáveis (Tabela 4) utilizadas

para responder à questão do trabalho. Todo o procedimento foi documentado com material gráfico entregue pelas equipes, anotações da observação direta, formulário de registro de processo, aplicação de questionário e registro em áudio da sessão do grupo focal (segundo estudo piloto), posteriormente transcrito para a utilização do método de análise de conteúdo adotado neste trabalho.

O formato dos estudos de caso nos ateliês de plástica durante a etapa de coleta de dados foi similar ao utilizado no segundo estudo piloto e contou com as etapas de treinamento das equipes, com apresentação de conceitos da biomimética, do BioTRIZ e seu funcionamento; de coleta de dados nos exercícios com emprego do BioTRIZ; de aplicação do questionário; de realização de grupo focal e análise dos dados. Os instrumentos de coleta de dados podem ser conferidos nos apêndices do trabalho (Apêndice A, B e C). Todas as etapas realizadas nos estudos de caso estão detalhadas a seguir, conforme ordem de ocorrência.

### **3.3 Treinamento das equipes**

O treinamento das equipes antecedeu o exercício de projeto e teve duração de aproximadamente 60 minutos. Nesta fase, procedeu-se à apresentação dos conceitos gerais de biomimética, mostraram-se exemplos de projetos biomiméticos na área de design e de arquitetura, distinguindo-os dos casos de biomorfismo<sup>6</sup>, e listaram-se as limitações na aplicação da biomimética. Em seguida, o BioTRIZ foi apresentado utilizando-se uma abordagem teórico-processual sobre sua origem, conceitos e processo de utilização. A forma de preenchimento do formulário foi explanada; para tanto, alguns ciclos foram criados de maneira a exemplificar a sequência de passos a ser seguida.

A partir do segundo ponto de coleta, foram expostos os procedimentos passo-a-passo adotados pelas turmas anteriores, a fim de atender a uma solicitação da turma inicial, que lamentou a inexistência de exemplos ilustrativos do processo em sua integralidade. Também procurou-se contemplar o segundo ponto de coleta com treinamento em momento separado, pois

---

<sup>6</sup> Uso da natureza como fonte para formas não convencionais (PAWLYN, 2011).

identificou-se, nos três grupos focais do primeiro ponto de coleta, que as equipes acharam muito cansativa a apresentação seguida do início do exercício no mesmo dia. Dessa forma, optou-se por iniciar o exercício na semana seguinte às apresentações, para que as equipes pudessem absorver melhor seu conteúdo.

Para apresentação e exemplificação do processo e do protocolo a ser utilizado na aplicação do método, utilizou-se de Datashow e slides confeccionados no Powerpoint. Como dito anteriormente, o protocolo foi idêntico ao utilizado no último estudo piloto e houve intervalos para tirar dúvidas quanto aos procedimentos, apesar de a maior parte das dúvidas terem ocorrido no decorrer dos exercícios práticos de projeto dentro do ateliê.

### **3.4 Coleta de dados**

A coleta de dados ocorreu durante a realização dos estudos de caso. Para a sua execução, foram necessárias várias fontes de evidências, ou seja, evidências provenientes de duas ou mais fontes, mas convergentes em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas; um encadeamento de evidências, isto é, ligações explícitas entre as questões feitas, os dados coletados e as conclusões a que se chegou (YIN, 2001). Segundo Yin (2001), a incorporação desses princípios na investigação de estudos de caso aumenta substancialmente sua qualidade.

De acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013), ter várias fontes de informação e métodos para coleta de dados é importante; a triangulação de dados, ou seja, a utilização de diferentes fontes e formas variadas de coletá-las, oferece uma maior riqueza, amplitude e profundidade à investigação.

No presente trabalho, foram utilizados a observação direta, questionário, grupos focais, formulários para registro de processo e registro fotográfico, como fontes de evidências para fundamentar os resultados e conclusões do estudo. Com isto, buscou-se aumentar a validade do constructo através da convergência de descobertas das diferentes fontes de dados.

A coleta de dados do trabalho foi realizada a partir de três estudos de caso, caracterizados por exercícios de projeto em ateliês de plástica, disciplina de Plástica II, no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da

Paraíba, com o apoio do Prof. PhD. Carlos Alejandro Nome, responsável pela disciplina. Os três estudos ocorreram em duas turmas de Plástica II, dos períodos 2013.1 e 2014.1. Nesta última turma, foram realizados dois dos três estudos, com exercícios distintos, que serão detalhados adiante.

### **3.4.1 Primeiro estudo de caso (1º ponto de coleta)**

Na turma referente ao primeiro ponto de coleta, contou-se com 20 alunos voluntários agrupados em sete equipes, seis delas com três participantes e uma com apenas dois. Nesta turma, o exercício de projeto foi o desenvolvimento de uma luminária com a intenção de explorar o uso da luz. O tipo de luminária ficou a critério de cada equipe, que dispôs de quatro semanas (com três horas/aula cada) para declarar a intenção de projeto e desenvolver um protótipo do sistema.

Na primeira semana, logo após a apresentação do BioTRIZ, foi solicitado à cada equipe pensar a respeito do tipo de luminária, local de implantação ou uso e outras características, para que, na aula seguinte, todos tivessem a intenção de projeto bem definida e amadurecida. Cada equipe deveria cumprir com as três etapas principais, exigências da disciplina: a declaração da intenção de projeto, a geração de soluções com execução de maquetes propositiva e executiva e, finalmente, a execução do protótipo.

Foram passadas instruções para o seguimento do protocolo no emprego do BioTRIZ e dos procedimentos para o preenchimento do formulário para registro do processo, instrumento utilizado para subsidiar o acompanhamento das etapas de utilização do método.

Cada equipe recebeu uma pasta com as seguintes ferramentas de apoio: formulário para registro do processo (Apêndice A), lista dos 39 Parâmetros de Altshuller com descrições (Anexo B), lista de 40 PIs com descrições (Anexo C), agrupamento dos Parâmetros por COs (Anexo D) e a Matriz de Contradições BioTRIZ (Tabela 3).

Todas as equipes apresentaram dúvidas quanto ao preenchimento dos ciclos no formulário (Tabela 5) e foi necessário disponibilizar tempo para orientação (cerca de 10 min.) de cada equipe em separado, a fim de detalhar o procedimento considerando cada caso específico. Nesse momento, contou-se

com o auxílio do professor da disciplina.

Tabela 5 – Parte do formulário para registro do processo ilustrando as etapas para completar um ciclo.

CICLO	→	→	→	→	→	→	→	↓
CICLO	Problema	Propriedades e funções desejáveis	Propriedades e funções indesejáveis	Pares de conflito	Parâmetros de Altshuller em conflito	Campos de Operação	PIs	PIs utilizados
1								

Fonte: Elaboração própria.

### 3.4.2 Segundo estudo de caso (2º ponto de coleta)

O segundo ponto de coleta aconteceu na turma de Plástica II, período 2014.1, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Foram formadas sete equipes de dois participantes. Desta vez, o exercício de projeto foi uma intervenção no Centro de Ciência e Tecnologia – CCT/UFPB. Cada equipe teve quatro semanas (com três horas/aula cada) para o desenvolvimento da proposta. Mais uma vez, orientou-se que cada equipe deveria cumprir com as três etapas principais, exigências da disciplina: a declaração da intenção de projeto, a geração de soluções com execução de maquetes propositiva e executiva e, finalmente, a execução do protótipo.

Na formalização do problema, forneceu-se, a cada equipe, um formulário para o registro das etapas do processo relativo ao emprego do BioTRIZ (Apêndice A). Com isto, pretendia-se que cada equipe definisse claramente o problema de projeto e cumprisse com os passos para a efetiva aplicação do método.

Ao final de cada ciclo, com auxílio das ferramentas de apoio que lhes foram entregues (formulário para registro do processo, lista dos 39 Parâmetros de Altshuller com descrições, lista de 40 PIs com descrições, agrupamento dos Parâmetros por COs e a Matriz de Contradições), cada equipe deveria obter o conjunto de diretrizes (PIs) para auxiliar na geração de soluções de projeto e guiar todo o desenvolvimento das propostas.

Durante o exercício, todas as equipes participantes tiveram a possibilidade de orientação para dirimir dúvidas quanto à aplicação do método e desenvolvimento das maquetes e do protótipo. As dúvidas e dificuldades

enfrentadas por elas foram registradas através de observação direta.

### **3.4.3 Terceiro estudo de caso (3º ponto de coleta)**

O último ponto de coleta foi realizado com a mesma turma de Plástica II, período 2014.1, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. Apenas seis alunos foram voluntários a participar novamente de outro exercício aplicando o BioTRIZ como método auxiliar na solução de problemas. Provavelmente, isto ocorreu devido ao conhecimento obtido na experiência anterior de que o BioTRIZ exige certo esforço para a formalização do problema, algo a que esses alunos não foram condicionados em outros ateliês de projeto, ou simplesmente pela preferência por uso de métodos intuitivos. Esta constatação será melhor discutida na etapa Resultados e Discussão.

Para o início do exercício, foram formadas duas equipes com três alunos cada e todo o procedimento já adotado nos dois pontos de coleta anteriores foi reproduzido. Neste ponto de coleta, o exercício de projeto foi uma mescla do primeiro e segundo exercícios, pois observou-se que, no segundo ponto de coleta, a definição de tema abrangente levou à dificuldade de escolha, concorrendo, em alguns casos, para a opção por conceitos abstratos.

As equipes deveriam selecionar uma intervenção no Centro de Ciência e Tecnologia – CCT/UFPB que explorasse a luz natural ou artificial, utilizando o BioTRIZ como método de geração de ideias. Cada equipe teve quatro semanas (com três horas/aula cada) para desenvolver sua proposta.

Novamente, as três etapas exigidas na disciplina deveriam ser cumpridas: a declaração da intenção de projeto, a geração de soluções com execução de maquetes propositiva e executiva e, finalmente, a execução do protótipo. Uma vez que os participantes já tinham experimentado o método na unidade anterior e conheciam qual o procedimento a seguir, esperou-se menor frequência de dúvidas.

### **3.4.4 Questionário**

Em cada ponto de coleta, ao término do exercício e execução do protótipo, foi solicitado a cada participante preencher o questionário com

questões relativas à avaliação do processo de aplicação do método BioTRIZ até os resultados obtidos.

O questionário foi composto por 14 questões objetivas e utilizou-se de escala tipo Likert<sup>7</sup> para as possíveis respostas. Tais questões foram formuladas de maneira a atribuir valores qualitativos às variáveis envolvidas em todo o processo de aplicação do método. Na Tabela 6, são apresentadas, em ordem, as questões que constituíram o questionário.

Os códigos das questões foram utilizados adiante como referência ao longo deste trabalho para auxiliar nas discussões. A versão completa do questionário pode ser encontrada no Apêndice B.

De posse dos questionários devidamente preenchidos, os dados foram tabulados utilizando o Excel e, através de método estatístico simples, foram gerados gráficos do tipo pizza para ilustração dos resultados, os quais estão apresentados mais adiante. Com isto, buscou-se traçar um panorama preliminar do julgamento dos participantes quanto ao processo de aplicação do BioTRIZ durante os referidos exercícios.

Tabela 6 - Perguntas que constituíram o questionário em ordem.

<b>CÓDIGO</b>	<b>QUESTÕES</b>
Q1	Em que nível você julga a sua compreensão sobre o método BioTRIZ?
Q2	Em que nível você julga a sua autonomia na aplicação prática do método?
Q3	Qual etapa do método achou mais difícil?
Q4	Você conseguiu definir os problemas de forma mais geral e precisa?
Q5	Você conseguiu listar propriedades e funções desejáveis e indesejáveis?
Q6	Você conseguiu transformar as características e funções desejáveis e indesejáveis em pares de conflitos?
Q7	Você conseguiu identificar os Campos de Operação relacionados aos conflitos diretamente?
Q8	Você recorreu à lista de agrupamentos de parâmetros para encontrar os campos de operação corretos?
Q9	Você conseguiu identificar os PIs relacionados ao seu problema na Matriz?

<sup>7</sup> A **escala Likert** ou **escala de Likert** é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários; é também a escala mais usada em pesquisas de opinião. Fonte: Wikipedia.

Q10	Quantos PIs você conseguiu aproveitar na geração de soluções?
Q11	As soluções geradas se apropriaram dos PIs indicados pela Matriz?
Q12	As soluções geradas atendem aos condicionantes de projeto?
Q13	Qual o grau de satisfação com as soluções geradas a partir do método?
Q14	Você utilizaria o método novamente para projetar?

Fonte: Elaboração própria.

### 3.4.5 Grupos focais

Nesta etapa, adotou-se a formatação de grupos focais descrita por Sampieri, Collado e Lucio (2013), que consiste em entrevistas coletivas com reuniões de pequenos ou médios grupos, com 3 a 10 pessoas. De acordo com os autores, os grupos focais podem ser utilizados em pesquisas qualitativas em todos os campos do conhecimento.

As sessões de grupos focais foram realizadas após a conclusão da etapa de aplicação dos questionários. Foram formados três grupos de seis alunos, em média, para participação dos grupos focais, que tiveram duração aproximada de 50 minutos cada sessão. Foram necessárias três sessões para cada turma de Plástica II. Estas foram previamente agendadas para dias diferentes, com o propósito de atender à disponibilidade de horário dos alunos, totalizando, ao final, sete sessões de grupo focal. Os participantes foram convidados a falar livremente a respeito das questões colocadas, conforme roteiro previamente planejado (Tabela 7) para extrair informações complementares aos dados provenientes do questionário.

Tabela 7 - Roteiro utilizado nos grupos focais, com questões separadas por categorias.

ASSIMILAÇÃO	
Q1	O que vocês acharam sobre a fase de transmissão de conhecimento sobre o método BioTRIZ?
Q2	De forma geral, o que acham que poderia melhorar a sua compreensão sobre a aplicação do método?
Q3	Quais dificuldades vocês encontraram na aplicação do método?
ABSTRAÇÃO	
Q4	Houve alguma dificuldade para preencher alguma das colunas do formulário de registro? Se houve, qual e por quê?
Q5	Inicialmente, para começar a aplicar o método efetivamente é necessário definir o problema de forma mais geral e precisa. O que vocês têm a dizer em relação a esse momento?
Q6	O que vocês acham que merece destaque no momento de listar as propriedades e funções desejáveis e não desejáveis do projeto?
Q7	Como transcorreu a etapa de identificação dos pares de conflitos? Houve alguma dificuldade? De que tipo?
Q8	Que caminho vocês escolheram para identificar os Campos de Operação e por quê? (lista de agrupamentos ou diretamente?)
EXTRAÇÃO	
Q9	Houve algum tipo de dificuldade na utilização da Matriz e identificação dos PIs?
COERENCIA	
Q10	O que vocês acham que indica que as soluções geradas aproveitaram os PIs?
Q11	Como as soluções geradas se apropriaram dos PI's indicados?
ACEITAÇÃO	
Q12	De forma geral como está a satisfação com as soluções geradas a partir do método?
Q13	O que vocês acham quanto à utilidade do método para projetar?

Fonte: Elaboração própria.

Ao passo que, com o questionário, buscou-se coletar informações quanto ao julgamento que os participantes fizeram de todo o processo utilizado no exercício, com os grupos focais, buscou-se entender o motivo das respostas obtidas nos questionários para fundamentar a análise de dados e permitir conclusões mais confiáveis. Consoante Sampieri, Collado e Lucio (2013), a saturação da informação, o que significa dizer que todos os dados necessários foram extraídos, desempenha papel crucial além dos recursos que se tem em mãos. Como sugerido pelos autores, orientou-se para o respeito à opinião expressada por cada aluno acerca da questão colocada, evitando o monopólio da fala por um dos participantes. Ao final, quando percebeu-se que o grupo nada mais tinha a acrescentar e que os dados já eram suficientes, encerrou-se a sessão pela saturação do tema. As sessões foram gravadas em áudio para transcrição e análise de conteúdo (Figura 25).

Figura 25 – Grupo focal com a 1ª turma de Plástica II, período 2013.1.

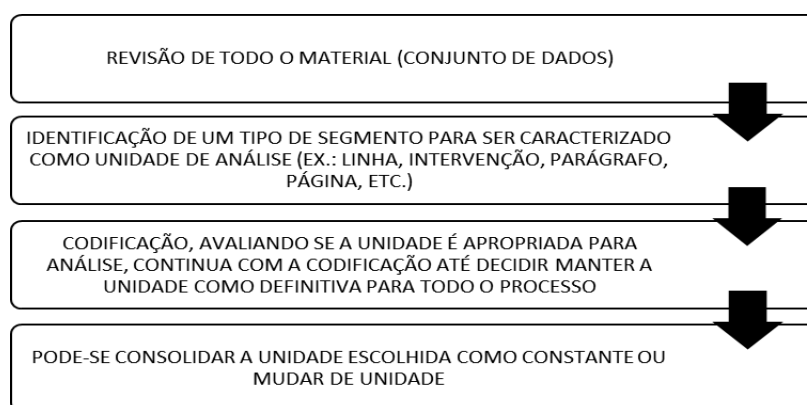


Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

### 3.4.5.1 Análise dos dados dos grupos focais

Nessa etapa, optou-se pelo método proposto por Sampieri, Collado e Lucio (2013) para análise qualitativa de conteúdo das sessões. Baseou-se na extração de significado de dados textuais obtidos das transcrições dos grupos focais a partir da codificação e categorização de unidades de análise. A análise dos dados do grupo focal teve início com o processo de escolha da unidade de análise, ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Processo de escolha de uma unidade de análise constante.



Fonte: Baseado em Sampieri, Collado e Lucio (2013).

Inicialmente, a unidade escolhida foi a intervenção de cada participante. Entretanto, no decorrer da análise, observou-se a inadequação de tal unidade, pois muitas intervenções possuíam mais de um significado e assim podiam pertencer a mais de uma categoria. Optou-se então, pela fragmentação das

intervenções em frases com sentido completo e que, ao final, foi a unidade escolhida para utilização no processo de codificação.

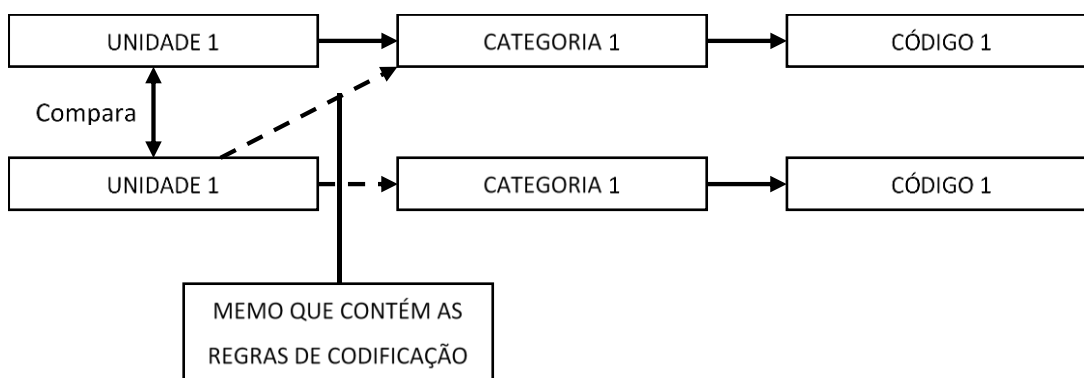
Os dados foram codificados para a obtenção de sua descrição mais completa, resumindo, eliminando a informação irrelevante, realizando análises quantitativas elementares e, finalmente, gerando um maior entendimento do material analisado.

Esta codificação foi realizada em dois planos ou níveis: no primeiro, codificaram-se as unidades em categorias<sup>8</sup> (cada categoria englobando ao menos três unidades de análise para apoiá-la); no segundo, compararam-se as categorias entre si, buscando possíveis ligações, para agrupamentos em temas.

Em primeiro nível, várias ações foram combinadas: identificação das unidades de análise, categorização e atribuição de códigos às categorias. A essência do processo foi que as unidades de análise com natureza, significado e características semelhantes entraram em uma mesma categoria e receberam o mesmo código, enquanto as divergentes foram alocadas em diferentes categorias, recebendo códigos também diferentes.

O processo de codificação qualitativa foi baseado na comparação constante de unidades de análise em que, a cada categoria criada, foi atribuída um memo contendo as regras de codificação. Estas podem ser consultadas, sempre que necessário, para a comparação entre unidades de análise, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27- Processo de codificação qualitativa.



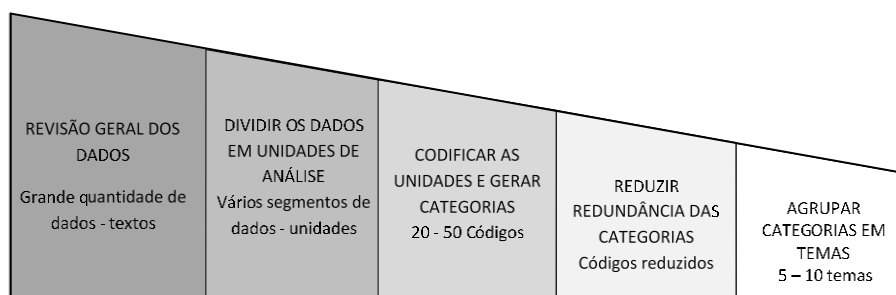
Fonte: Baseado em Sampieri; Collado; Lucio (2013).

<sup>8</sup> A codificação qualitativa são conceitos, experiências, ideias, fatos relevantes e com significado (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Durante o processo de codificação inicial, foram escolhidas unidades mais representativas das categorias para serem utilizadas em citações textuais, procedimento conhecido como recuperação de unidades. Realizou-se também uma redução dos códigos redundantes, fazendo-se comparações entre eles para, a partir de então, realizar a codificação em segundo nível. Conforme Sampieri, Collado e Lucio (2013), o segundo plano é mais abstrato e conceitual, envolvendo descrever e interpretar o significado das categorias.

Através da comparação entre categorias, identificando semelhanças e diferenças entre elas e considerando todos os vínculos possíveis entre as categorias, buscou-se integrá-las em temas e subtemas mais gerais. Sendo assim, descobrir temas implicou a localização dos padrões recorrentes entre categorias. Cada tema, por sua vez, recebeu um código. Os temas foram a base das conclusões tiradas da análise. Dessa forma, pode-se dizer que o processo de codificação completo foi convergente, envolveu raciocínio indutivo e baseou-se na redução dos códigos até a criação dos temas (Figura 28).

Figura 28 – Redução de códigos por meio do processo completo de codificação.



Fonte: Baseado em Sampieri; Collado; Lucio (2003).

Para auxiliar na codificação de primeiro e segundo nível, utilizou-se o programa Excel. As unidades de análise (frases com sentido completo) foram organizadas em uma coluna central com divisões horizontais para separar as unidades das participações (Figura 29). Tais unidades foram recuperadas posteriormente na fase de discussão dos resultados para exemplificar as categorias e compreensão do encadeamento de ideias.

Figura 29- Codificação em primeiro nível feita no Excel.

	A	B	C	D
1				
2	Moderador	O que vocês acharam sobre a fase de transmissão de informação sobre o método BioTRIZ?		
3	P1	De início assim... Achei um pouco complicado.		NCI
4		Eu só passei a entender mais quando você começou a explicar o exemplo da mesa, aí foi quando eu comecei a clarear mais as coisas assim.		CME
5	P2	Acho que quando a gente pratica fica mais fácil de entender como que funciona realmente entendeu?		CMP
6		Mas no início é complicado.		NCI
7	P3	Era assustador porque você olhava as tabelas e você tentava entender e você ficava com um pouco de receio e assim...		NCI
8		Eu fui muito ajudado pelas suas orientações e também pelo grupo.		CMO
9		O meu próprio grupo a gente conseguiu em conjunto fazer funcionar melhor. Porque eu acho que sozinho ia ser bem mais complicado.		CMG
10	P4	O grupo ajudou muito.		CMG
11	P5	Eu também achei bem complicado no início e com a prática é que a gente foi entendendo.		CMP
12		No meu grupo, Clara foi a que primeiro conseguiu entender é... Passou isso pra gente.		CMP
13		A gente não usou ele tanto... A gente usou ele para as duas questões que tinha, que a gente não tava conseguindo responder. A gente foi lá, usou e deu certo.		TIM

Fonte: Elaboração própria.

As participações foram representadas pela letra inicial “P” e, quando longas, foram divididas em várias unidades de análise localizadas na coluna esquerda cinza. A coluna à direita foi reservada para receber os códigos, enquanto as categorias e seus respectivos memos (descrição das categorias) foram organizados em outra planilha (Figura 30), junto com a codificação em segundo nível para facilitar a geração dos temas e agrupamento das categorias (Figura 31).

Figura 30 – Criação de categorias e seus respectivos memos.

	A	B	C
1		GRUPO FOCAL 01 - PNT01	
2	CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO
3	EMA	Empatia com assunto	Implica que se teve empatia inicial com assunto.
4	AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.
5	AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.
6	AMT	Aceitação do funcionamento método	Implica na aceitação do funcionamento do método.
7	CAD	Confusão na adaptação	Implica na confusão para adaptar-se ao uso do método.
8	CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar a partir de ideias predefinidas.
9	CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.
10	CMF	Compreensão melhora com fragmentação	Implica que a compreensão melhora com a fragmentação da apresentação do método e de seu processo.
11	CMT	Compreensão melhora com tempo	Implica que a compreensão tende a melhorar com tempo de experiência.
12	CPR	Condicionamento prático	Existe um condicionamento do aluno a ir direto para a prática.
13	CTE	Condicionamento à tentativa e erro	Implica que há um condicionamento ao uso do método de tentativa e erro.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 31 – Codificação em segundo nível feita no Excel.

CÓDIGO	TEMA																
DASSI	Dificuldades na assimilação	DAE	DCM	IMT	QGC	QIC											
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CME	CMF	CMT	EEE	EPR	NEP	TAM									
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	CAD	DAN	DAP	DCC	DDP	DEI	DGE	DMT	DPA	DPR	DVC	IAM	IPI	REA	TIA	
CONP	Condicionamentos de projeto	CIP	CPR	CTE	IPM	TIP											
IRES	Interferências na aplicação do método	IAP	IIP	IPC	TMR	MRE											
OFAM	Formas de aplicação do método	MAC	MAI	MRE	TIM	UAC											
LICO	Limitações do conhecimento	DSC	FIO														
EMFA	Etapas fáceis	AGP	FPC	MPI													
CISO	Outras constatações	EMA	AMF	AMT	DPL	EFA	EXS	FPR	IUM	MAB	MIN	MNA	SER	SPM	UMF		

Fonte: Elaboração própria.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adiante, são apresentados os resultados da análise dos dados obtidos nos três estudos, a partir dos exercícios de projeto com duas turmas de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, na disciplina de Plástica II, em 2014. Os seis trabalhos apresentados a seguir foram selecionados conforme o critério: dois trabalhos de cada ponto de coleta, um que utilizou o BioTRIZ conforme recomendado e outro que utilizou o método de forma não recomendada.

O primeiro ponto de coleta de dados aconteceu na turma de Plástica II, período 2013.1. Os alunos, voluntários na participação da pesquisa, utilizaram o BioTRIZ para cumprir com o exercício de projeto em ateliê que consistiu no desenvolvimento de uma proposta de luminária, como já mencionado. As equipes, com três alunos cada, apresentaram uma maquete conceitual, uma maquete executiva e, finalmente, um protótipo da proposta. As equipes foram orientadas a utilizar o método BioTRIZ para auxiliar na caracterização do problema da intenção de projeto e na geração de soluções com auxílio de um formulário para registro do processo (Tabela 8).

Tabela 8 - Formulário para registro do processo com exemplo de preenchimento.

Ciclo	Problema	Prop. e funções desejáveis	Prop. e funções não desejáveis	Pares de Conflitos	Parâmetros de Altshuller em conflito	Campos de Operação	PIS	PIS selecionados	PIS utilizados
1	Relacionar o objeto desconexo com a mensagem a ser transmitida	Fragmentação	Confusão	Fragmentação X Confusão	Forma(12) X Complexidade (36)	Espaço X Estrutura	2,3,4,5,10,15,19	4,5,10,15	4,5,10,15
2	Transmitir a ideia leveza a partir de um objeto firme	Firmeza	Suscetibilidade	Firmeza X Suscetibilidade	Estabilidade(13) X Fragilidade (10)	Estrutura X Energia	1,2,4	1,4	1,4

Fonte: Elaboração própria.

O primeiro passo foi preencher o formulário com a definição do problema e, nesse caso, cada ciclo poderia ter um problema a ser resolvido do “sistema” ou compartilhar do problema de outro ciclo. As equipes podiam gerar quantos ciclos fossem necessários para atender toda a problemática. Para isto, pedia-se foco apenas nos problemas da intenção de projeto e, conforme o protocolo entregue às equipes, orientava-se evitar ideias preconcebidas.

Abaixo é apresentada a proposta de uma das equipes que relatou ter conseguido evitar ideias preconcebidas e ter gerado a solução para sua luminária com base nos PIs apontados pelo método. A intenção da equipe foi desenvolver uma luminária para a biblioteca do CAU - Centro de Arquitetura e

Urbanismo da UFPB (Figura 32).

Figura 32 – Biblioteca do CAU/CCT: local para implantação da luminária.



Fonte: Arquivo da equipe.

De acordo com o grupo de alunos,

a biblioteca recentemente instalada no Centro Acadêmico de Arquitetura não possuía luz no interior, o que dificultava a identificação dos livros à noite. Sendo assim, a finalidade da luminária consistiu da iluminação dos títulos presentes na BiblioteCAU e deveria trazer identidade ao mobiliário (informação verbal<sup>9</sup>).

Depois de analisar a intenção de projeto, a equipe preencheu o formulário com cinco ciclos e encontrou, ao final do processo, 19 PIs ao todo, após a eliminação dos redundantes (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 24, 25, 32, 36 e 37). Destes, foram selecionados seis PIs (1, 5, 14, 15, 17 e 32) para serem utilizados na geração de soluções (Tabela 9).

---

<sup>9</sup> Informações colhidas a partir de questionário respondido pelos colaboradores. Como, neste capítulo, todas as informações cedidas pelos colaboradores são de natureza verbal, oriundas do questionário ou da transcrição das reuniões dos grupos focais, para evitar redundância, registraremos a expressão “informação verbal” apenas nesta primeira ocorrência, para seguir a diretriz da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – NBR 6023) para trabalhos acadêmicos.

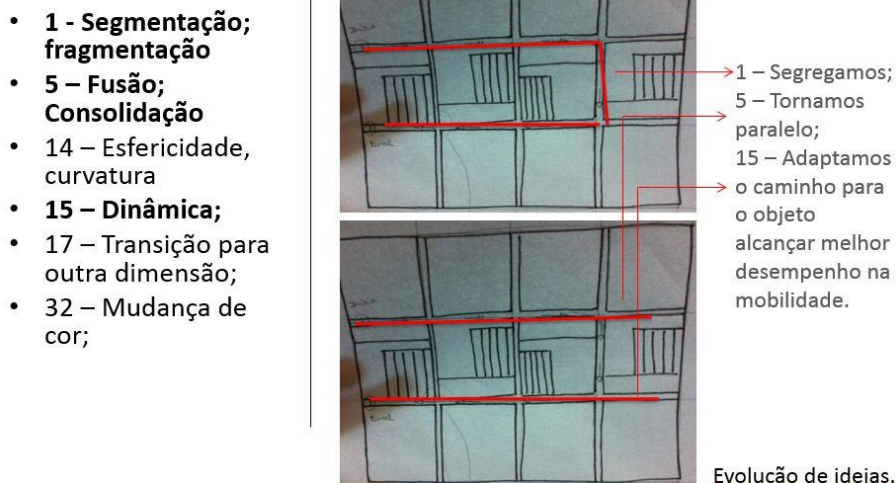
Tabela 9 – Formulário preenchido por equipe selecionada, do período 2013.1, que utilizou o método conforme recomendado.

CICLO	PROBLEMA	PROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COs	PIs	PIs UTILIZADOS
1	DINÂMICO	PORTÁTIL	GRANDE E PESADO	VOLUME X PESO	8 – VOL. DO OBJETO EM MOVIMENTO X 1 – PESO DO OBJETO EM MOVIMENTO	ESPAÇO X SUBSTÂNCIA	3, 14, 15, 25	15
2	ESTÁTICO	REPOUSO	PESADO	ESTÁVEL X PESO	13 – ESTABILIDADE DA COMPOSIÇÃO X PESO DO OBJETO PARADO	ESTRUTURA X SUBSTÂNCIA	1, 10, 15, 19	15
3	DINÂMICO	PORTÁTIL	RIGIDEZ	FLEXÍVEL X RÍGIDO	35 – ADAPTABILIDADE/ VERSATILIDADE X 14 – RESISTÊNCIA	INFORMAÇÃO X ENERGIA	1, 3, 6, 22, 32	1
4	DESLIZA SEM DIFICULDADES OU INTERRUPÇÕES	DOBRÁVEL	FORÇA EXTERNA	DOBRÁVEL X RESISTÊNCIA	10 – FORÇA X 14 – RESISTÊNCIA	ENERGIA X ENERGIA	3, 5, 9, 22, 25, 32, 37	5, 32
5	ADAPTÁVEL; QUE SE COMPORTE DENTRO DO AMBIENTE DESEJADO	COMPACTO	VOLUME	FORMA X VOLUME	12 – FORMA X 7 – VOLUME DO OBJETO PARADO	ESPAÇO X ESPAÇO	4, 5, 14, 17, 36	14, 17

Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

A equipe declarou que os PIs utilizados foram: 1 – Segmentação, 5 – Fusão/Consolidação, 14 – Esfericidade/curvatura, 15 – Dinâmica, 17 – Transição p/ outra dimensão e 32 - Mudança de cor. O PI 1 (Segmentação) foi interpretado como segregação dos caminhos de alcance do sistema; o PI 5 (Fusão/Consolidação) sugeriu a configuração paralela para a movimentação do sistema; o PI 15 (Dinâmica) foi traduzido como meio de adaptação do caminho para que o sistema alcance melhor desempenho na mobilidade (Figura 33).

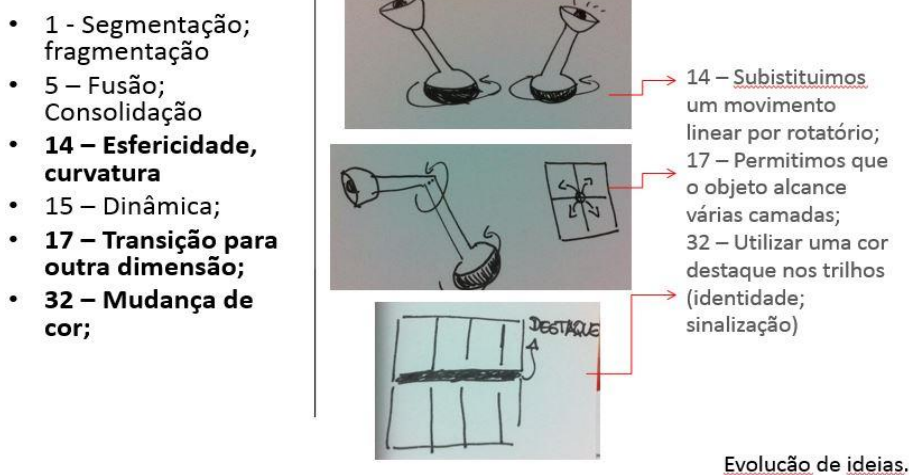
Figura 33 – Declaração dos PIs na geração de ideias para deslocamento do sistema.



Fonte: Arquivo da equipe.

O PI 14 (Esfericidade/Curvatura) sugeriu um mecanismo de movimentação rotatória do sistema; o PI 17 (Transição para uma nova dimensão) permitiu que o sistema alcançasse várias camadas do lugar de implantação; o PI 32 (Mudança de cor) induziu à utilização de cores para destaque nos caminhos da luminária e na sinalização ou identidade do sistema. A Figura 34 ilustra as ideias iniciais de adaptabilidade do sistema a partir dos PIs escolhidos.

Figura 34 – Declaração dos PIs na geração de ideias para adaptabilidade do sistema.



Fonte: Arquivo da equipe.

A partir dos PIs, a proposta foi trabalhada através de modelos físicos (maquete conceitual, executiva e protótipo), requisitos da disciplina, e sofreu várias alterações conforme limitações de custo, materiais, mão-de-obra e ferramentas. A Figura 35 ilustra a evolução no desenvolvimento da proposta para a luminária idealizada para a BiblioteCAU.

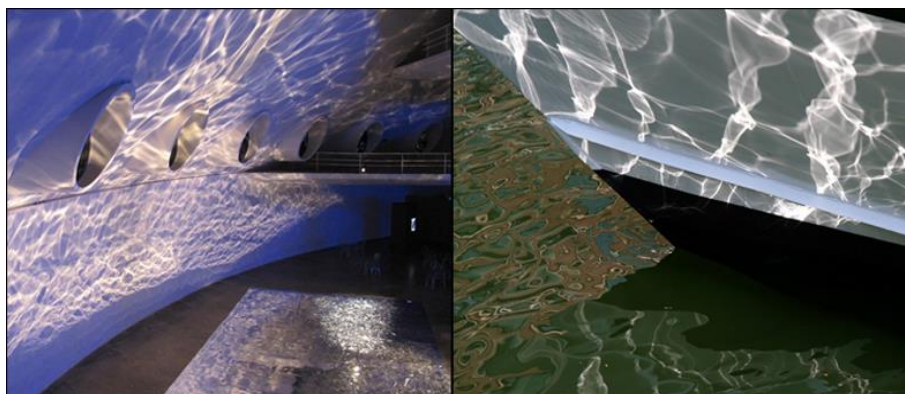
Figura 35 – Desenvolvimento da luminária articulada para a BiblioteCAU por equipe do período 2013.1.



Fonte: Arquivo da equipe.

Outra equipe da mesma turma (2013.1) utilizou o BioTRIZ de outra maneira: a partir de um conceito preconcebido. Mesmo sendo algo não recomendado pelo método e orientado pelo protocolo adotado para sua utilização, a equipe resolveu partir de um conceito inicial a ser trabalhado. Optou por utilizar o conceito do efeito da reflexão da luz pela água em superfícies sólidas (Figura 36). O objetivo da equipe foi desenvolver, com o auxílio do BioTRIZ, uma luminária que pudesse reproduzir um efeito luminoso semelhante.

Figura 36 – Efeito da reflexão da luz pela água em superfícies sólidas.



Fonte: Arquivo da equipe.

Dessa forma, a equipe preencheu o formulário com a definição do

problema decompondo-o em partes, de modo a conseguir os PIs necessários ao desenvolvimento da proposta (Tabela 10).

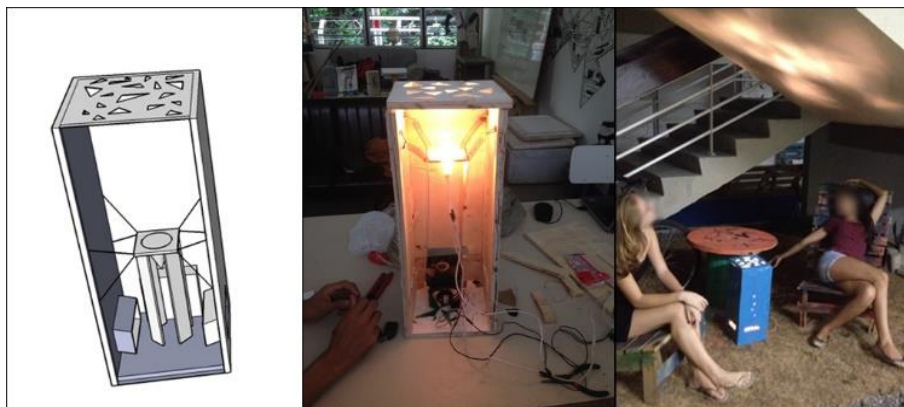
Tabela 10 – Formulário preenchido por equipe selecionada, do período 2013.1, que utilizou o método de forma não recomendada.

CICLO	PROBLEMA	ROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COs	PIs	PIs UTILIZADOS
1	FRAGMENTAÇÃO DA LUZ COM INTENSIDADE E BRILHO VARIÁVEL	FRAGMENTAÇÃO	FRAGMENTAÇÃO X FORMA	6 – ÁREA DO OBJETO PARADO X 12 - FORMA	6 – ÁREA DO OBJETO PARADO X 12 - FORMA	ESPAÇO X ESPAÇO	4, 5, 14, 17, 36	14
2	VARIAÇÃO DE DIMENSÃO ALEATÓRIA DO FOCO	COMPLEXA	COMPLEXA X NÃO ÓBVIA	36 – COMPLEXIDADE DO OBJETO X 12 – FORMA	36 – COMPLEXIDADE DO OBJETO X 12 – FORMA	ESTRUTURA X ESPAÇO	10	10
3	COMPACTO, PORÉM NÃO DEVE INTERFERIR NO EFEITO	COMPACTO	COMPACTO X INTENSIDADE	7 – VOLUME DO OBJETO PARADO X 24 – PERDA DE INFORMAÇÃO	7 – VOLUME DO OBJETO PARADO X 24 – PERDA DE INFORMAÇÃO	ESPAÇO X INFORMAÇÃO	3, 15, 2, 1, 24	3, 15
4	PRECISÃO DA FORMA DO FOCO DE LUZ E QUE SEJA DE FÁCIL EXECUÇÃO	FOCO MARCANTE	FOCO MARCANTE X NÃO SEJA DE DIFÍCIL EXECUÇÃO	12 – FORMA X 32 - MANUFATURABILIDADE	12 – FORMA X 32- MANUFATURABILIDADE	ESPAÇO X ESTRUTURA	2, 3, 4, 5, 10, 15, 19	10, 15, 19

Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Ao final do preenchimento do formulário, a equipe escolheu, do total de 18 PIs, apenas cinco: o PI 14 (Esfericidade/Curvatura) foi interpretado como utilização de força centrífuga, que assumiu a forma de uma ventuinha utilizada para criar deslocamento do ar e promover a vibração do sistema dinâmico; o PI 10 (Ação prévia) foi interpretado como o uso de forma quadrada para facilitar a execução; o PI 3 (Qualidade local) e o PI 15 (Dinâmica) induziram ao ajuste da localização do ponto de luz para o não comprometimento do efeito do foco (foco não concentrado), aumentando seu grau de liberdade com um movimento permanente; o PI 19 (Ação periódica) reforçou o uso de uma ventoinha para produzir o movimento permanente do sistema dinâmico de iluminação. A Figura 37 ilustra a evolução da proposta desenvolvida por esta equipe.

Figura 37 – Desenvolvimento da luminária que imita a reflexão da luz pela água por equipe do período 2013.1.



Fonte: Arquivo da equipe.

O segundo ponto de coleta de dados aconteceu em outra turma de Plástica II, período 2014.1. Desta vez, os alunos convidados que aceitaram participar do estudo foram agrupados em equipes de dois alunos. O exercício consistiu na proposição de uma intervenção para o CCT da UFPB; algo que pudesse ser transformado em problema de projeto e solucionado com o auxílio do BioTRIZ. Da mesma forma, as intervenções foram desenvolvidas através de três níveis de modelos: conceitual, executivo e protótipo. Para exemplificação, selecionaram-se dois trabalhos: o primeiro, de uma equipe que partiu da definição do problema a partir do protocolo para emprego do BioTRIZ e o segundo, de outra equipe que utilizou uma abordagem não recomendada.

A primeira equipe escolheu realizar uma intervenção de caráter crítico à falta de cobertura na passarela do CCT (Centro de Ciências e Tecnologia) a partir da ideia de interrupção do fluxo de pessoas em um segmento não coberto da passarela (Figura 38).

Figura 38 – Passarela do CCT/UFPB.



Fonte: Arquivo da equipe.

A fim de identificar os problemas e encontrar diretrizes para a sua solução, foram preenchidos quatro ciclos e, dos 13 Pls encontrados (1, 2, 3, 4, 6, 7, 15, 17, 19, 27, 29, 30 e 38), eliminando-se os redundantes, foram selecionados os Pls 1, 3, 4, 27 e 30 como norteadores para a geração de ideias (Tabela 11).

Tabela 11 - Formulário preenchido por equipe selecionada, do período 2014.1, que utilizou o método conforme recomendações.

CICLO	PROBLEMA	ROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COs	Pls	Pls UTILIZADOS
1	CHAMAR ATENÇÃO PARA A FALTA DE COBERTURA	INTERRUPÇÃO DO FLUXO DE PESSOAS	CONFORTO E ACESSIBILIDADE	FLUXO X DIMENSÕES DO LOCAL	6 – ÁREA DO OBJETO PARADO X 9 - VELOCIDADE	TEMPO X ESPAÇO	1, 2, 3, 4, 7, 38	1, 3, 4
2	CHAMAR A ATENÇÃO FÍSICAMENTE	CRÍTICA: ATENTAR P/O PROBLEMA	DISCRIÇÃO	INTERVENÇÃO X DESCONFORTO	23 – PERDA DE SUBSTÂNCIA X 15 – DURAÇÃO DO OBJETO PARADO	SUBSTÂNCIA X TEMPO	15, 19, 27, 29, 30	27, 30
3	CHAMAR A ATENÇÃO VISUAL	USO OU AUSÊNCIA DE CORES: CRÍTICA	DISCRIÇÃO	INTERVENÇÃO X DESCONFORTO	23 – PERDA DE SUBSTÂNCIA X 15 – DURAÇÃO DO OBJETO PARADO	SUBSTÂNCIA X TEMPO	15, 19, 27, 29, 30	27, 30
4	CRIAR ELEMENTO ESTÁVEL	RÍGIDO; RESISTENTE	ALTO CUSTO	DURABILIDADE X ALTO CUSTO	15 – DURAÇÃO DO OBJETO PARADO X 32- MANUFATURABILIDADE	TEMPO X ESTRUTURA	1, 2, 3, 4, 6, 15, 17, 19	1, 3, 4

Fonte: Elaboração própria.

A equipe declarou que, para atingir o objetivo de forma mais eficaz, o PI 1 (Segmentação) sugeriu chamar a atenção através da multiplicação de guarda-chuvas; o PI 3 (Qualidade local) foi interpretado como a mudança do sistema para um local mais movimentado para atingir o maior número de pessoas; o PI 4 (Assimetria) sugeriu a utilização de guarda-chuvas desalinhados para causar desconforto visual; o PI 27 (Objetos baratos e de vida curta) sugeriu utilizar guarda-chuvas velhos descartáveis e a fixação por cordas para evitar gastos excessivos; o PI 30 (Cápsulas flexíveis e películas finas) foi interpretado como o emprego de soluções que evitassem preocupações com o peso, como a utilização de guarda-chuvas. A partir dos PIs mencionados, a solução foi desenvolvida através de modelos físicos até a execução do protótipo no local real da intervenção, como ilustra a Figura 39.

Figura 39 - Desenvolvimento de intervenção na passarela do CCT por equipe do período 2014.1.



Fonte: Arquivo da equipe.

A outra equipe do segundo ponto de coleta utilizou uma abordagem diferente e não recomendada para o método: partiu de um problema, que foi a inexistência de apoio no pátio da cantina do CCT (Figura 40). A intenção foi desenvolver um apoio que pudesse ser utilizado de diversas maneiras, tais como para lanches e estudo.

Figura 40 - Pátio da cantina do CCT/UFPB.



Fonte: Arquivo da equipe.

A equipe preencheu o formulário para registro do processo com ciclos a partir do seguinte problema: falta de apoio (mesa) na praça. Foram gerados cinco ciclos e, dos 13 Pls encontrados (1, 2, 3, 4, 10, 16, 19, 20, 22, 23, 25, 29 e 33), eliminando-se os redundantes, quatro Pls foram selecionados (3, 10, 16 e 25) como diretrizes para a geração de ideias (Tabela 12).

Tabela 12 - Formulário preenchido por equipe selecionada, do período 2014.1, que utilizou o método de forma não recomendada.

CICLO	PROBLEMA	ROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COS	Pls	Pls UTILIZADOS
1	FALTA DE APOIO (MESA NA PRAÇA DO CCT)	IMPACTO VISUAL	INDIFERENÇA	POSIÇÃO X TAMANHO	13 – ESTABILIDADE DA COMPOSIÇÃO X 9 – VOLUME DO OBJETO PARADO	ESTRUTURA X ESPAÇO	10	10
2	-	REFLEXÃO	INATENÇÃO	AMBIENTE X OBJETO	30 – FATORES EXTERNOS INDESEJADOS X 15 – FORMA	INFORMAÇÃO X ESPAÇO	3, 20, 22, 25, 33	3, 15
3	-	MUDANÇA FÍSICA	REMOÇÃO	INTERVENÇÃO X DESCONFORTO	6 – ÁREA DO OBJETO PARADO X 16 – DURAÇÃO DA AÇÃO DO OBJETO EM MOVIMENTO	ESPAÇO X TEMPO	1, 19, 29	-
4	-	UTILIZAÇÃO	ERGONOMIA INADEQUADA	ADAPTABILIDADE X CONFORTO	35 – ADAPTABILIDADE/VERSATILIDADE X 34- MANUTENÇÃO	INFORMAÇÃO X INFORMAÇÃO	3, 10, 16, 23, 25	3, 10, 16, 25
5	-	ESTABILIDADE	MATERIAIS FRÁGEIS	ESTABILIDADE X RESISTÊNCIA	13 – ESTABILIDADE DA COMPOSIÇÃO X 14- RESISTÊNCIA	ESTRUTURA X ENERGIA	1, 2, 4	-

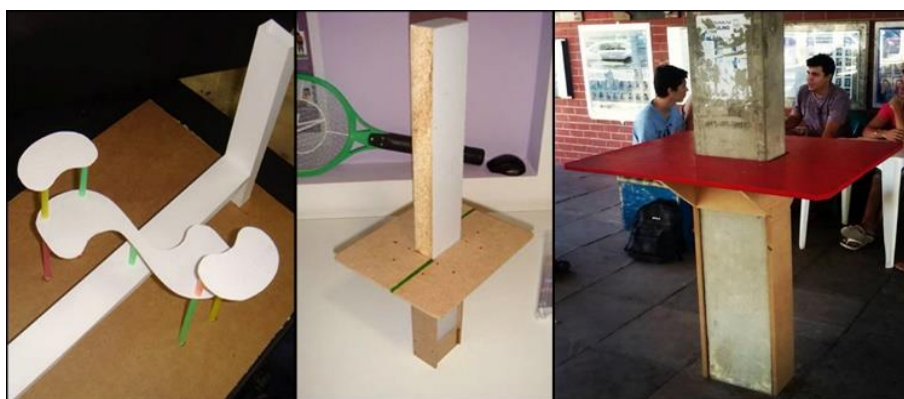
Fonte: Elaboração própria.

A equipe declarou que o PI 3 (Qualidade local) sugeriu o arredondamento do tampo para evitar acidentes; o PI 10 (Ação prévia) sugeriu o uso de mão francesa como meio de permitir o balanço do apoio; o PI 16 (Ação parcial ou excessiva/Abundância), interpretado como maneiras de respeitar a ergonomia, sugeriu ajustes na altura, arestas e fita de união; o PI 25 (Auto serviço) sugeriu que a utilização do sistema fosse definida pelos usuários por sua instalação exposta.

A partir dos PIs mencionados, a solução foi desenvolvida através de modelos físicos até a execução do protótipo no local real da intervenção, como ilustra a Figura 41. Nela, pode-se observar que o conceito inicial, em relação ao protótipo, sofreu grandes transformações em função das limitações de recursos, mão-de-obra e fixação.

Vale salientar que, apesar do cumprimento das etapas para o preenchimento do formulário, a equipe partiu de um problema com um conceito já definido para o apoio, identificado pelo uso da palavra “mesa”. Outra questão que aponta o emprego do método de maneira não recomendada é que os PIs foram empregados de maneira que não refletem a resolução dos conflitos declarados no formulário.

Figura 41- Desenvolvimento de intervenção no pátio da cantina do CCT por equipe do período 2014.1.



Fonte: Arquivo da equipe.

Na tabela 12, apesar de terem sido gerados cinco ciclos com pares de conflitos distintos, somente o conflito do ciclo 4 (adaptabilidade x conforto) foi atendido com iniciativas ergonômicas na solução. No ciclo 1, a forma como o PI 10 (Ação prévia) foi utilizado, conforme declaração da equipe, não está coerente com as propriedades e funções desejáveis e indesejáveis descritas no

ciclo e, por isso, mostra inconsistência na definição do problema.

O terceiro e último ponto de coleta, como já mencionado, foi realizado com seis alunos da mesma turma do período 2014.1. Foram formadas duas equipes com três alunos para aplicar o BioTRIZ em um exercício que, desta vez, consistiu de uma intervenção na qual o uso da luz natural ou artificial fosse explorada, uma mistura dos temas utilizados com as turmas anteriores. A intervenção deveria ser implantada também no CCT/UFPB. As equipes desenvolveram suas ideias através de modelos físicos em três níveis, concluindo com a implantação da intervenção no local escolhido.

Uma das equipes, que utilizou o BioTRZ como recomendado, iniciou o exercício com palavras chaves que definiram a intenção de projeto: chamar a atenção para o uso inadequado da luz. Tal intenção foi registrada no formulário através da decomposição do problema em três ciclos (Tabela 13).

Tabela 13 - Formulário preenchido por equipe selecionada, do período 2014.1 (terceiro ponto de coleta), que utilizou o método conforme recomendações.

CICLO	PROBLEMA	ROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COS	PIs	PIs UTILIZADOS
1	INCOMODAR	CHAMAR A ATENÇÃO	AGRADÁVEL	INTENSIDADE X CLARIDADE	18 – BRILHO X 30 – VFATORES EXTERNOS INDESEJADOS ATUANDO NO OBJETO	ENERGIA X INFORMAÇÃO	1, 3, 4, 15, 16, 25	1, 16
2	INCOMODAR	CHAMAR A ATENÇÃO	AGRADÁVEL	INTENSIDADE X CLARIDADE	18 – BRILHO X 18 – BRILHO	ENERGIA X ENERGIA	3, 5, 9, 22, 25, 32, 37	32
3	INCOMODAR	DESCONFORTO	DISCRETO	SATURACÃO X INTENSIDADE	12 – FORMA X 21 – POTÊNCIA	ESPAÇO X ENERGIA	1, 3, 4, 15, 19	1, 19

Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

Eliminando-se as redundâncias, dos 12 PIs gerados pelos três ciclos no formulário (1, 3, 4, 5, 9, 15, 16, 19, 22, 25, 32 e 37), a equipe selecionou quatro PIs (1, 16, 19 e 32) para serem utilizados na solução da ideia. O PI 1 (Segmentação) sugeriu à equipe a utilização de diferentes pontos de luz para chamar a atenção através do incômodo; o PI 16 (Ação parcial ou excessiva/Abundância) foi interpretado como a intensificação dos pontos de luzes para realçar o incômodo; o PI 19 (Ação periódica) foi traduzido como a utilização de intermitência das luzes para causar desconforto; o PI 32 (Mudança de cor) foi interpretado como a ideia de utilizar luzes coloridas para

chamar a atenção. A Figura 42 ilustra a maquete conceitual da ideia que utiliza os quatro PIs citados.

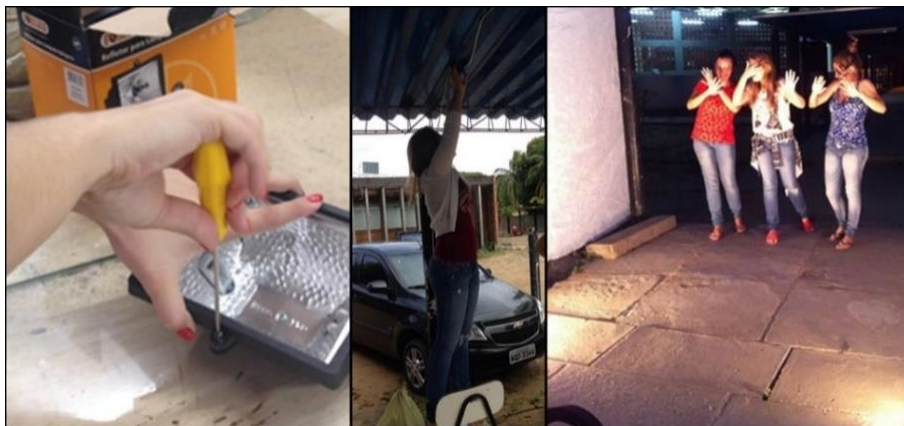
Figura 42 – Maquete conceitual da equipe com a ideia para o problema utilizando os quatro PIs.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

A intervenção da equipe foi idealizada para ser implantada na passarela de acesso ao Bloco de Arquitetura do CT e visava a chamar a atenção dos transeantes através do incômodo e desconforto produzido pela luz artificial, com a finalidade de induzir à reflexão a respeito do uso inadequado da luz (Figura 43).

Figura 43- Intervenção desenvolvida por equipe do período 2014.1 que explora o uso da luz artificial.



Fonte: Arquivo pessoal do pesquisador.

O último trabalho apresentado mostra a proposta de intervenção desenvolvida por outra equipe do terceiro grupo de coleta utilizando a luz

artificial, na qual foi registrado o uso não adequado do método. As intenções de projeto da equipe foram tornar mais lúdico o espaço da pracinha do CTH, área utilizada para socialização dos estudantes de arquitetura, e demonstrar como o ponto de vista influencia a percepção do ambiente. A equipe pretendeu modificar o espaço através da projeção de luzes dinâmicas. Após o preenchimento do formulário com quatro ciclos, foram identificados 11 PIs (1, 3, 4, 14, 15, 16, 20, 22, 24, 25 e 33) dos quais quatro (3, 14, 15 e 16) foram selecionados para serem utilizados na geração de ideias (Tabela 14). A equipe, mesmo tendo preenchido o formulário e selecionado os quatro PIs citados, não declarou como a solução se apropriou dos PIs. Assim, não foi possível saber se a solução atendeu à resolução dos conflitos registrados nos quatro ciclos.

Tabela 14 - Formulário preenchido por equipe do período 2014.1 com quatro ciclos preenchidos.

CICLO	PROBLEMA	ROPR. E FUNÇÕES DESEJÁVEIS	PROPR. E FUNÇÕES NÃO DESEJÁVEIS	CONFLITOS	PARÂMETROS EM CONFLITO	COS	PIs	PIs UTILIZADOS
1	CRIAÇÃO DE AMBIENTE MAIS LÚDICO	BELEZA	AUSTERIDADE	ESTÉTICA X AUSTERIDADE	12 – FORMA X 31 – FATORES INDESEJADOS CAUSADOS PELO OBJETO	ESPAÇO X INFORMAÇÃO	3, 15, 21, 24	15, 3
2	MAIOR IDENTIDADE AO BLOCO DE ARQUITETURA	CLAREZA	ESTATICIDADE	NITIDEZ X ESTATICIDADE	35 – ADAPTABILIDADE X 6 – ÁREA DO OBJETO PARADO	INFORMAÇÃO X ESPAÇO	3, 20, 22, 25, 33	-
3	NITIDEZ DA PROJEÇÃO	NITIDEZ	DISTORÇÃO	NITIDEZ X DEFOCO	18 – BRILHO X 24 – PERDA DE INFORMAÇÃO	ENERGIA X INFORMAÇÃO	1, 3, 4, 15, 16, 25	16
4	CRIAÇÃO DE IMAGENS CURVAS A PARTIR DE PLANOS RETOS	CURVAS	GROSSEIRO	CURVO X RETO	6 – ÁREA DO OBJETO PARADO X 23- PERDA DE SUBSTÂNCIA	ESPAÇO X SUBSTÂNCIA	3, 14, 15, 25	14

Fonte: Elaboração própria.

Com a Figura 44, podem-se observar as grandes mudanças ocorridas do conceito inicial ao protótipo final, ao longo do desenvolvimento da proposta.

Figura 44 - Desenvolvimento da intervenção.



Fonte: Arquivo da equipe.

Limitações de recursos financeiros e de mão-de-obra foram determinantes para a alteração da proposta inicial que, inicialmente, apresentava sistemas de iluminação e de projeção dinâmica com movimento giratório ao invés de estática. Notou-se que tais limitações influenciaram a concepção e execução das propostas de grande parte das equipes.

Pode-se afirmar que, após a análise dos resultados dos exercícios selecionados e que foram desenvolvidos nos três pontos de coleta, são recorrentes as mudanças radicais nas propostas entre as fases de conceito inicial até a execução do protótipo final e, em alguns casos, até na intenção de projeto por limitações de recursos financeiros ou de materiais, de mão-de-obra e de ferramentas. Isto acarretou, muitas vezes, propostas menos interessantes do ponto de vista estético e funcional.

Outro ponto observado é que as soluções propostas melhor atenderam ao problema quando ele foi caracterizado e decomposto corretamente, o que, em parte, depende da capacidade de abstração dos participantes.

Observou-se também que o método possui uma margem de tolerância ao erro quando da identificação dos Campos de Operações. Embora, em algumas situações, uma equipe tenha podido enquadrar os termos conflitantes aos parâmetros errados ou menos adequados conforme seu objetivo, ainda assim o método direcionou aos mesmos PIs. Por exemplo, ao enquadrar o termo conflitante “fragilidade” ao parâmetro 11 (Tensão), quando o parâmetro mais adequado seria o 14 (Resistência), o método conduz o usuário ao mesmo conjunto de PIs, pois, nos dois casos, os parâmetros pertencem ao mesmo CO, neste exemplo, Energia. Assim, as diretrizes para a resolução do problema

continuam sendo as mesmas.

Durante os exercícios, registrou-se grande dificuldade das equipes em evitar formular diretamente a solução. Muitos relataram ter uma ideia de como resolver o problema sem sequer preencher o formulário, demonstrando tendência à ideias preliminares, mesmo face às recomendações de utilização do método, fato registrado nas observações diretas e nos grupos focais.

Foi possível notar também que a maior parte do tempo do exercício foi destinada à execução das maquetes e protótipos e que o método foi relegado aos estágios iniciais de trabalho. Isto favoreceu o esquecimento e insegurança na justificativa das soluções quanto à apropriação dos PIs.

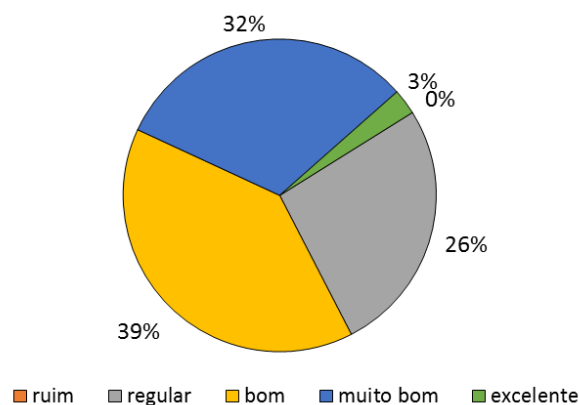
Os participantes que se mostraram inicialmente céticos quanto ao BioTRIZ tiveram muita dificuldade de aplicação do método devido ao comportamento disperso e ao pouco envolvimento. Eles se mostraram mais confiantes no emprego do método da tentativa e erro. Possivelmente, estes participantes fazem parte dos que apresentaram baixo nível de satisfação com as soluções geradas, como foi registrado nos resultados dos questionários que serão apresentados logo a seguir.

#### **4.1 Resultados dos questionários**

Após o tratamento dos dados obtidos dos questionários aplicados após os exercícios de cada ponto de coleta, foi possível traçar um panorama de como os participantes julgaram todo o processo de aplicação do método BioTRIZ nos exercícios de projeto no ateliê. A tabulação dos dados dos questionários, cujo modelo se encontra no Apêndice B, foi feita com auxílio do Excel e os resultados são apresentados a seguir em forma de gráficos para facilitar a compreensão.

Da análise dos 33 questionários respondidos ao término dos exercícios e execução dos modelos finais, foi possível afirmar que a maior parcela dos participantes (39%) julga que o seu nível de compreensão em relação ao método BioTRIZ é “bom”, conforme apresentado no gráfico que resume o resultado da primeira questão (Q1) (Figura 45).

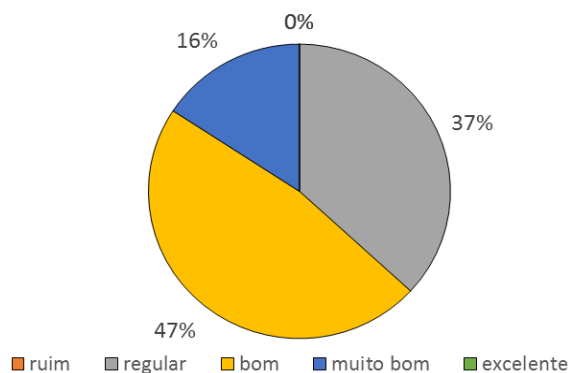
Figura 45 - Nível de compreensão (Q1 - Em que nível você julga a sua compreensão sobre o método BioTRIZ?)



Fonte: Elaboração própria.

Já para a segunda questão (Q2), a qual buscou medir qualitativamente o nível de autonomia de aplicação do método, observou-se que a maior parcela (47%) respondeu que é “bom”, seguido de 37% do montante que respondeu “regular” (Figura 46).

Figura 46- Nível de autonomia (Q2 - Em que nível você julga a sua autonomia na aplicação do método?).



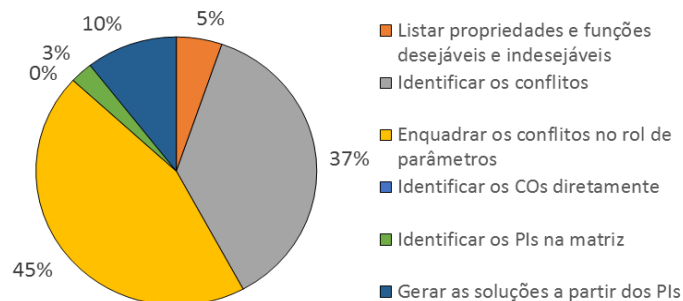
Fonte: Elaboração própria.

Se somadas as parcelas dos participantes que julgam a compreensão e autonomia, respectivamente, entre “bom” e “muito bom”, pode-se afirmar que a assimilação do método pela maioria dos participantes foi considerada satisfatória.

Quando questionados sobre qual a etapa mais difícil na aplicação do BioTRIZ (Q3), a maior parcela dos alunos (45%) respondeu que “enquadrar os conflitos no rol de parâmetros de Altshuller” foi a etapa mais difícil, seguido por “identificar os pares de conflitos”, resposta escolhida por 37% dos participantes

(Figura 47). É importante ressaltar que estas etapas citadas, além de pertecerem à fase de definição do problema, requerem capacidade de transformar conceitos específicos em abstratos.

Figura 47 - Etapa mais difícil (Q3 - Qual etapa do método achou mais difícil?).

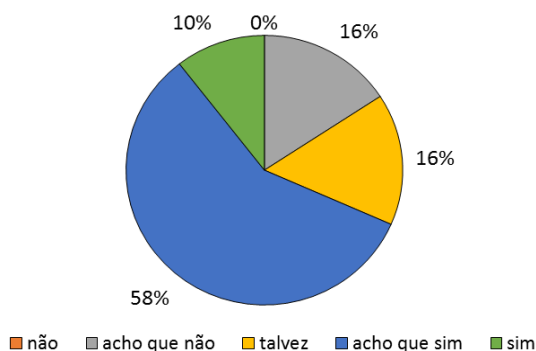


Fonte: Elaboração própria.

As questões Q4 a Q8 estão relacionadas às etapas que envolvem a formalização da problemática e enquadram-se na categoria Abstração, na qual conceitos específicos devem ser transformados em conceitos abrangentes. Quando questionados se conseguiram cumprir tais etapas, houve alternância na maior parte das respostas.

Quando inquiridos se conseguiram definir o problema de maneira mais geral e específica (Q4), a maioria (58%) respondeu “acho que sim” (Figura 48), mostrando discreta insegurança quanto à conclusão da etapa; somente 10% responderam ter conseguido concluir a etapa seguramente.

Figura 48 - Definição do problema (Q4 - Você conseguiu definir o(s) problema(s) de maneira mais geral e precisa?).

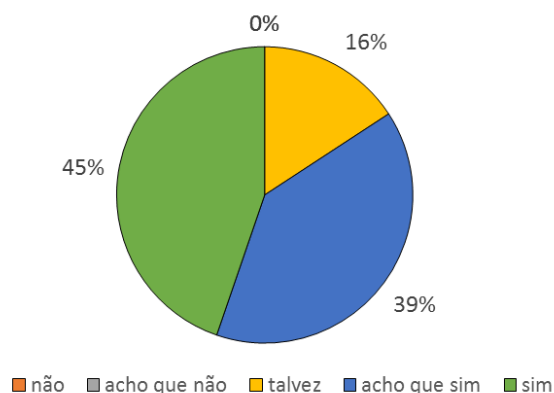


Fonte: Elaboração própria.

Este resultado reforça a questão de que o sentimento de insegurança e a dificuldade enfrentado por grande parte do participantes em lidar com a definição precisa do problema poderia acarretar um inconsistente desenvolvimento da proposta. Tal insegurança foi registrada na observação direta nos exercícios no ateliê e, sobretudo, observada no momento de reflexão acerca do problema de projeto e preenchimento dos ciclos no formulário de registro do processo.

Na questão de definição das funções e propriedades desejáveis e indesejáveis de projeto (Q5), 45% dos participantes responderam “sim”, que conseguiram realizar a etapa; e 39% responderam, com discreta insegurança, que “acham que sim” (Figura 49).

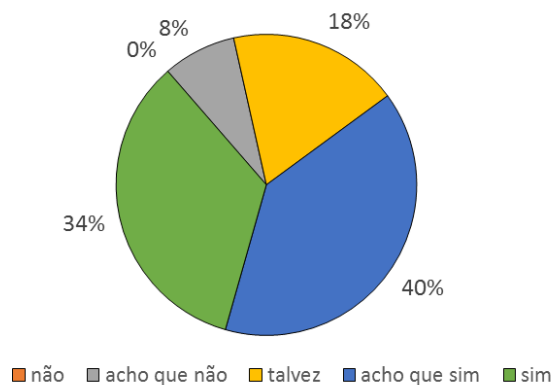
Figura 49 - Definição do desejável e indesejável (Q5 - Você conseguiu listar propriedades e funções desejáveis e indesejáveis?).



Fonte: Elaboração própria.

Na questão seguinte (Q6), através da qual pretendia-se saber se os participantes conseguiram identificar os pares de conflitos, a maior parcela (40%) respondeu “acho que sim”, que concluiu a etapa; apenas 34% dos participantes acreditaram ter identificado os conflitos seguramente (Figura 50).

Figura 50 - Identificação de conflitos (Q6 - Você conseguiu transformar as características e funções desejáveis e indesejáveis em pares de conflitos?).



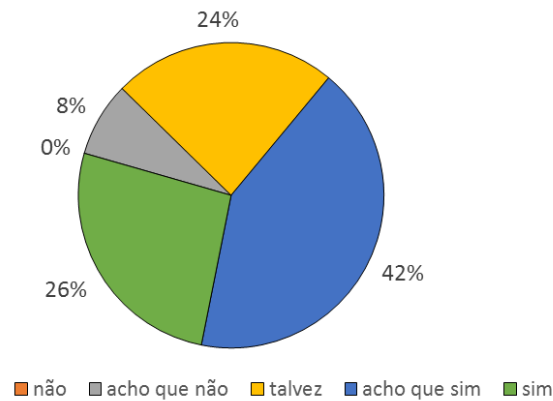
Fonte Elaboração própria.

Deve-se ressaltar que a conclusão da etapa anterior era de suma importância para a identificação das características conflitantes, condição necessária para que o método BioTRIZ funcionasse corretamente. Caso os conflitos fossem identificados equivocadamente, haveria a possibilidade de direcionamento para os PIs inadequados à resolução do problema.

Em seguida, os participantes foram questionados se conseguiram identificar os Campos de Operação relacionados diretamente aos conflitos (Q7).

Apesar de grande parte (42%) ter respondido “acho que sim” e 26% ter respondido seguramente que “sim” (Figura 51), acredita-se que tal resposta não foi dada conscientemente, porquanto as outras fontes de dados não confirmaram este resultado. Infere-se que isto ocorreu em função do curto período de tempo dos ateliês e da pouca prática com o BioTRIZ, haja vista ser necessário, além de alguma experiência e familiaridade com o método, também entender quais parâmetros estão inseridos nesses campos e qual a lógica de enquadramento dos conflitos em seus respectivos COs.

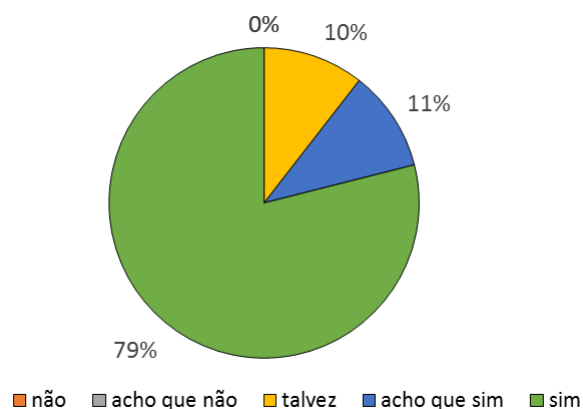
Figura 51 - Identificação dos COs (Q7 - Você conseguiu identificar os COs relacionados aos conflitos diretamente?).



Fonte: Elaboração própria.

Da questão Q8 vem a confirmação da hipótese levantada anteriormente, pois, quando se perguntou se os participantes recorreram ao agrupamento de parâmetros por Campo de Operação, a grande maioria (79%) respondeu seguramente que “sim” (Figura 52), o que era esperado, uma vez que o agrupamento de parâmetros tinha a função de auxiliar aqueles que não tinham experiência ou estavam inseguros quanto à identificação direta dos COs relacionados às características conflitantes.

Figura 52 - Uso do agrupamento de parâmetros (Q8 - Você recorreu à lista de agrupamentos de parâmetros para encontrar os Campos de Operação corretos?).

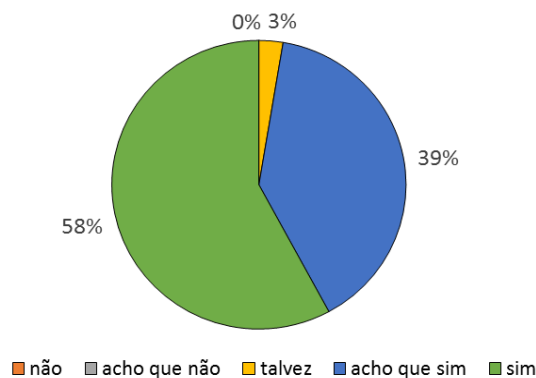


Fonte: Elaboração própria.

Após a análise das respostas às questões Q4 a Q8, pode-se afirmar que o resultado obtido na categoria Abstração não foi satisfatório, devido ao elevado nível de insegurança no cumprimento das tarefas relacionadas à formulação do problema.

Com a próxima questão (Q9), pretendeu-se descobrir se os participantes conseguiram identificar os PIs relacionados ao seu problema na Matriz de Conflitos. A maioria (58%) respondeu que “sim”, que encontraram os PIs utilizados para a geração de soluções, revelando que a maioria afirmou ter cumprido a etapa seguramente (Figura 53).

Figura 53 - Identificação de PIs (Q9 - Você conseguiu identificar os PIs relacionados ao seu problema na Matriz?).

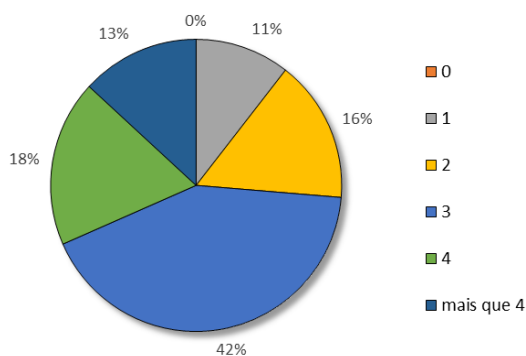


Fonte: Elaboração própria.

A questão Q10 teve a intenção de levantar o número de PIs aproveitados na geração de soluções. As questões Q9 e Q10 foram relacionadas à categoria Extração e compreendiam as tarefas mais fáceis. Seu resultado foi satisfatório, o que ficou evidente no cumprimento das tarefas no ateliê e em depoimentos dos grupos focais.

Três PIs foi o número mais utilizado na geração de soluções e registrado pela maior parcela (42%) dos alunos participantes (Figura 54).

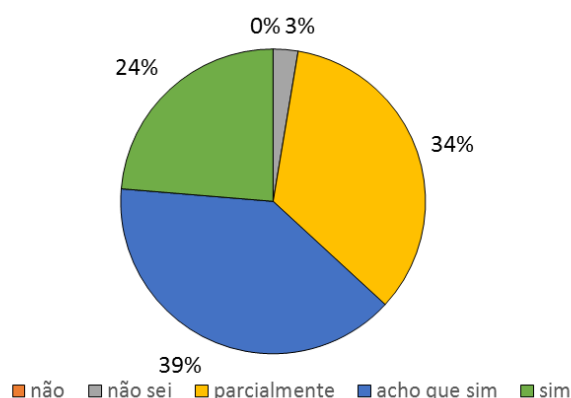
Figura 54 - Número de PIs aproveitados (Q10 - Quantos PIs você conseguiu aproveitar na geração de soluções?).



Fonte: Próprio autor

Com a questão Q11, pretendeu-se descobrir se as soluções geradas se apropriaram dos PIs selecionados e indicados pela Matriz de Conflitos. A maior parcela (39%) respondeu "acho que sim", que as soluções se apropriaram dos PIs, e 34% dos participantes responderam que houve aproveitamento parcial, revelando que somente 24% dos participantes mostrou segurança na apropriação dos PIs nas soluções (Figura 55).

Figura 55 - Aproveitamento dos PIs (Q11 - As soluções geradas se apropriaram dos PIs indicados pela Matriz?).

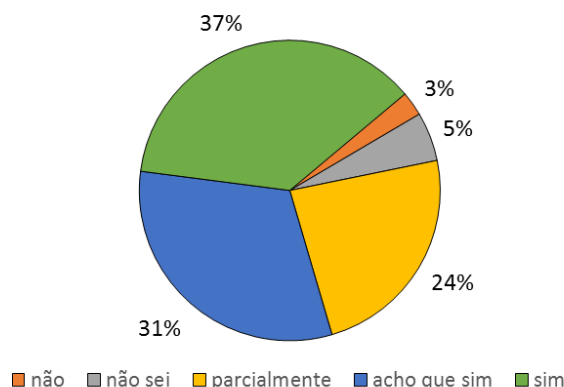


Fonte: Elaboração própria.

Deve-se ressaltar que para que os PIs fossem adequados à resolução do problema de projeto era necessário seguir as orientações para a formalização do problema, condição necessária para aplicação correta do BioTRIZ. Caso o problema não fosse caracterizado adequadamente, os PIs, que são as diretrizes para solucionar os conflitos do problema, também estariam fora do contexto e assim haveria possibilidade maior de soluções que não atenderiam ao problema inicial.

Com a questão seguinte (Q12) intencionava-se descobrir se as soluções geradas atenderam aos condicionantes de projeto. Entenda-se como condicionantes de projeto, aqueles definidos pelos próprios participantes, pois os mesmos tinham liberdade para escolher a intervenção e definir toda a problemática. O resultado revelou que pouco mais que 1/3 dos participantes respondeu seguramente que "sim" e, se somados o percentual de outras respostas, pode-se dizer que a maioria revela insegurança com as soluções geradas relativas ao atendimento aos condicionantes de projeto (Figura 56).

Figura 56 - Atendimento aos condicionantes (Q12- As soluções geradas atendem aos condicionantes de projeto?).

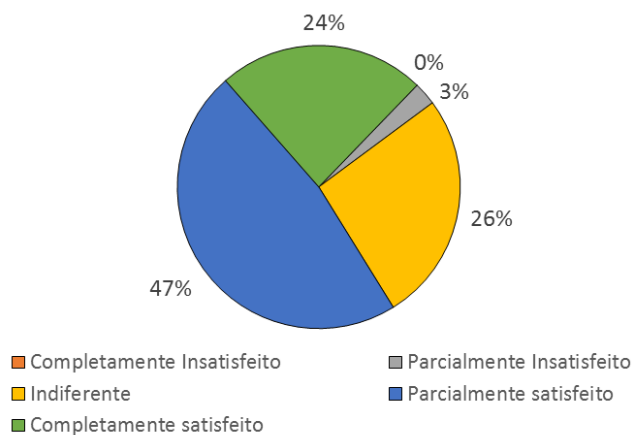


Fonte: Elaboração própria.

Pode-se afirmar com isto que, quanto à categoria Coerência, os resultados não foram totalmente satisfatórios, considerando-se o baixo nível de atendimento aos condicionantes e apropriação segura dos PIs registrados pelos participantes.

Com a questão Q13, buscou-se entender como estava o nível de satisfação dos participantes quanto às soluções geradas. Pode-se destacar que 47% dos participantes revelaram estar “parcialmente satisfeitos”; aproximadamente 24% do montante “completamente satisfeitos”, enquanto 26% revelaram-se “indiferentes” (Figura 57).

Figura 57 - Nível de satisfação (Q13 - Qual o nível de satisfação com as soluções geradas a partir do método?).

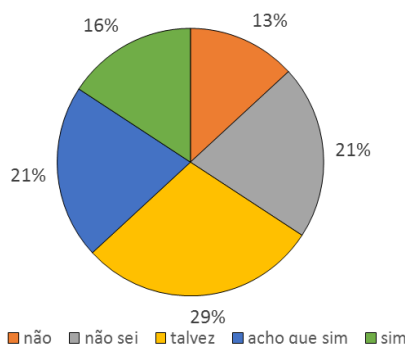


Fonte: Elaboração própria.

É importante lembrar, como afirmou Lawson (2005), que há uma relação

entre a insatisfação do projetista, o problema apresentado e a clareza dele. Além disso, problemas mal definidos acarretam soluções também insatisfatórias. Isto parece estar coerente com os níveis baixos de segurança na definição do problema registrado na questão (Q4) e com os baixos níveis de satisfação com as soluções registrados na questão (Q13).

Figura 58 - Futura utilização (Q14 - Você utilizaria o método novamente para projetar?).



Fonte: Elaboração própria.

Com a última pergunta (Q14) do questionário, buscou-se saber quanto à futura utilização do método pelos participantes. Somente 16% do montante responderam seguramente que voltariam a utilizar o BioTRIZ, enquanto a maioria dos participantes revelou não estar segura se voltaria a utilizar o método para projetar, como ilustra a Figura 58. Quanto à categoria Satisfação, fica registrado que os resultados não foram condizentes com os esperados ao início do presente trabalho. Entretanto, mostram-se coerentes com o desenvolvimento dos exercícios observados no ateliê e com os dados dos grupos focais.

Após a apresentação dos resultados dos questionários, é possível afirmar que o processo de aplicação do método foi bem assimilado pela maioria dos participantes. Se considerados os percentuais de boa compreensão e autonomia, registrados pelos participantes em Q1 e Q2, pode-se dizer que a categoria Assimilação foi considerada satisfatória.

No entanto, as etapas “enquadrar os conflitos no rol de parâmetros de Altshuller” e “identificar os pares de conflitos” foram consideradas as etapas mais difíceis. É importante ressaltar que estas duas etapas, além de pertencerem à fase de definição do problema, requerem capacidade de transformar conceitos específicos em abstratos, algo com o que as equipes

mostraram ter bastante dificuldade. Pode-se afirmar que os resultados obtidos na categoria Abstração não foram de todo satisfatórios, devido ao percentual de participantes que se declararam inseguros no cumprimento das tarefas ter sido maior do que aqueles que se mostraram seguros cumprindo as mesmas tarefas. Tais tarefas envolveram a formulação do problema, o que, em parte, também está relacionado à dificuldade de abstração de conceitos.

Os resultados obtidos na categoria Extração, envolvendo as questões Q9 e Q10, foram considerados satisfatórios, pois compreendiam as etapas mais fáceis. Esta observação foi evidenciada no cumprimento das tarefas no ateliê e pelos depoimentos dos grupos focais. Todavia, deve-se ressaltar que inconsistências nas etapas relacionadas à problematização provavelmente têm reflexo nas etapas de extração, podendo conduzir a equipe à identificação de PIs inadequados à resolução dos conflitos pertencentes ao problema inicial.

Quanto à categoria Coerência, os resultados não foram totalmente satisfatórios, considerando o baixo percentual de participantes que seguramente afirmam ter atendido aos condicionantes de projeto e ter identificado a apropriação dos PIs nas soluções geradas.

Levando-se em conta o baixo percentual de participantes completamente satisfeitos com as soluções geradas e os poucos a afirmar seguramente que voltariam a utilizar o BioTRIZ, pode-se concluir que, em relação à categoria Aceitação, os resultados não foram satisfatórios. É importante lembrar que, segundo Lawson (2005), há uma relação entre a insatisfação do projetista, o problema apresentado e a clareza dele. Ademais, problemas mal definidos acarretam soluções também insatisfatórias. Dessa maneira, percebe-se coerência entre os baixos níveis de segurança na definição do problema registrado na questão Q4 e os baixos níveis de satisfação com as soluções geradas, registrados na questão Q13.

A maior parte das questões constantes do questionário foi também abordada nos grupos focais. A intenção foi complementar e consolidar as informações obtidas com o emprego dos questionários. Os resultados dos grupos focais são apresentados logo a seguir.

## 4.2 Resultados dos grupos focais

A partir dos grupos focais, foi possível extrair dos participantes informações e opiniões complementares e/ou atestatórias relativas ao processo de aplicação do BioTRIZ nos exercícios abordados.

Após a análise de conteúdo dos grupos focais, em sete sessões ao todo, foi possível encontrar as relações entre os temas e categorias utilizadas nas codificações de primeiro e de segundo nível (ver Apêndices D a K). Por serem muito extensos, os arquivos com as codificações em primeiro nível que foram realizadas com auxílio do Excel podem ser baixadas no seguinte endereço: <https://www.dropbox.com/s/ztoelz3t6jyil3k/Codifica%C3%A7%C3%B5es.rar?dl=0>.

O método de análise proposto por Sampieri, Collado e Lucio (2013) define que, para uma categoria ser válida, é necessário ter ao menos três unidades de análise que a suportem. De acordo com este critério, buscou-se a redução dos códigos que atendessem a pelo menos três ocorrências nos grupos focais.

A Tabela 15 ilustra a síntese obtida através da sobreposição dos sete quadros de codificação em segundo nível, agrupando as categorias que atendiam ao referido critério de três ocorrências (Apêndices G, K e M). Por intermédio deste quadro síntese, puderam-se inferir as relações das categorias e temas, o que possibilitou montar um mapa conceitual apresentado mais adiante que ilustra tais relações.

Tabela 15 – Síntese obtida da sobreposição dos quadros de codificação em segundo nível.

CÓDIGO	TEMA	CATEGORIAS															
		IMT	QIC	NCI	CRB												
DASSI	Dificuldades na assimilação																
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CMT	EPR	CEI	CME	CMP	AIC	EIE	ERC	AMP							
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	CAD	DAP	DEI	DMT	DPA	DPR	IPI	DPC	DPF	IAM	DGS	DPR	TIA			
CONP	Condiçõamentos de projeto	CIP	TIP														
IRES	Interferências na aplicação do método	IAP	IPC	MRE	PDL	TMR											
FAPM	Formas de aplicação do método	MAC	TIM	GSM	MMO	MCR	MAE										
LICO	Limitações do conhecimento	DSC	FIO														
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP	FFC														
OCON	Outras constatações	AMT	EFA	SPM	AMF	SER	EMA	PAC	CSE	FNP	IUM	CFR	CAP	IME	IMR	UMF	

Fonte: Elaboração própria.

A partir deste quadro, demonstrou-se que os temas Outras constatações (OCON) e Dificuldades na aplicação do método (DAPM) contêm o maior número de categorias, sendo o tema OCON o agrupamento de categorias que

não pertencem a nenhum outro tema criado, mas que engloba categorias também importantes e representativas de pontos discutidos nos grupos focais. As tabelas 16 a 24 servem para listar e descrever as categorias agrupadas por temas após a síntese dos quadros.

De acordo com a Tabela 16, no tema Dificuldades de assimilação (DASSI), por exemplo, predominou a categoria Confusão com a relação biomimética e BioTRIZ (CRB), que registra dificuldade de entendimento da relação entre BioTRIZ e biomimética. Isto porque o método, em sua essência, traz encapsulados princípios abstraídos da natureza para serem utilizados em soluções técnicas de diversas áreas e a identificação do doador natural não é possível.

Tabela 16 - Tema Dificuldades na assimilação do método e suas categorias.

DASSI - DIFICULDADES NA ASSIMILAÇÃO		
CRB	Confusão com a relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que houve confusão com a relação da biomimética com o método.
IMT	Indiferença com o método	Implica no ceticismo ou indiferença com a abordagem do método.
NCI	Não compreensão inicial	Implica que não houve compreensão inicial sobre a aplicação do método.
QIC	Quantidade de informação é cansativa	Implica que a quantidade de informação sobre a aplicação do método de uma só vez é cansativa.

Fonte: Elaboração própria.

A categoria CRB é ilustrada através de três unidades de análise encontradas em diferentes grupos focais do 1º e 2º pontos de coleta:

Eu assim... Na parte da apresentação... Eu compreendi bem a parte da biomimética, mas na parte do BioTRIZ, eu fiquei um pouco confuso, principalmente, com a relação com a biomimética em si, porque da biomimética a gente tinha que era muito forte a relação da forma e da função com a própria natureza.

Outro colaborador afirma: “Eu acho também que essa parte da biomimética ficou meio confusa quando relacionou com o BioTRIZ”. “A gente achou que ia ter que pegar algo relacionado à natureza e transformar aquilo, ter ideia”. O fato de que estudantes em períodos iniciais não têm familiaridade com exercícios de abstração de conceitos e possuem mais segurança em fazer analogias literais contribuiu para que os participantes se mostrassem surpresos

com a completa omissão dos organismos naturais doadores dos PIs no método utilizado.

Outra categoria que merece destaque no tema DASSI é a Não compreensão inicial sobre a aplicação do método (NCI). Esta sugere que, apesar de não compreenderem o funcionamento do BioTRIZ inicialmente, ao final do exercício, os alunos passaram a entendê-lo melhor, como mostram os resultados das questões Q1 e Q2 do questionário. Isto foi representado pelas seguintes unidades de análise em grupos focais do 1º e 2º pontos de coleta: “Achei importante inicialmente porque ele tá relacionado com algo da natureza, mas depois eu tive muita dificuldade de compreensão, de entender como eu iria aplicar”. “Na primeira explicação... Assim... Foi... Na apresentação dos slides foi meio complicado, eu não entendi quase nada”. “Achei muito interessante o método e tal, mas num primeiro momento, naquele primeiro dia que você mostrou os slides, não ficou claro como a gente ia usar na prática”.

A tabela 17 a seguir apresenta o tema Formas de melhorar a assimilação do método (FMCO).

Tabela 17 – Tema Formas de melhorar a assimilação do método e suas categorias.

FMCO - FORMAS DE MELHORAR A ASSIMILAÇÃO		
AIC	Apresentação integrada de conceitos	Implica que a apresentação da Biomimética e do BioTRIZ integrada no mesmo momento auxilia na compreensão.
CEI	Compreensão melhora com exemplos interativos	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos interativos.
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.
CMP	Compreensão melhora com prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhora com a prática.
CMT	Compreensão melhora com tempo	Implica que a compreensão tende a melhorar com tempo de experiência.
EIE	Evitar ideia predefinida auxilia a prática	Implica que evitar a fixação em ideia predefinida melhora a prática no emprego do método.
EPR	Exemplificação aplicada do processo	Implica que a compreensão melhora através da apresentação de exemplo aplicado do processo.
ERC	Ênfase da relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que deve ficar mais clara a relação entre a biomimética e o método BioTRIZ.
AMP	Autonomia melhora com a prática	Implica que a autonomia tende a aumentar com a prática.

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar, nesta tabela, que boa parte das categorias indica que a compreensão pode melhorar através da exemplificação (CEI, CME e EPR), como ilustram as seguintes unidades de análise separadas por suas respectivas categorias: CEI - “Eu acho que... Assim... Tipo... Se houvesse mais exemplos e se nesses exemplos a gente pudesse participar deles”. “Que nem

as meninas disseram... Se a gente pudesse participar ou você desse outro exemplo mais prático”. “Se a gente pudesse participar seria mais fácil de absorver”; CME - “Eu só passei a entender mais quando você começou a explicar o exemplo da mesa, aí foi quando eu comecei a clarear mais as coisas assim...”. “Eu acho que se tivesse alguma aplicação já feita, como exemplo, ajudaria”. “Eu num sei direito, mas que norteasse a gente um pouco na hora que a gente fosse aplicar. Alguma coisa pra exemplificar esse método”. EPR - “Por exemplo, algum exemplo anterior, de alguma pessoa que utilizou o ciclo e mostrar o resultado final como uma comparação do pensamento inicial e tal”, “Quando você for apresentar no próximo período, aí apresentaria o exemplo de uma das propostas da gente e ver como começou”, “Qual era a ideia inicial e como terminou a partir do método que foi utilizado”.

Como se pode observar, as sugestões de exemplificação preferencialmente deveriam utilizar exemplos aplicados do processo e que fossem interativos, nos quais os alunos pudessem participar ativamente.

Outras categorias predominantes (CMP, CMT e AMP) no tema FMCO sugerem que, além da exemplificação, a melhor compreensão e autonomia do método dependem da prática e tempo de utilização do método, como ilustram as seguintes unidades de análise registradas em grupos focais dos três pontos de coleta: CMP – “Acho que quando a gente pratica fica mais fácil de entender como que funciona realmente. Entendeu?”. “Mas a gente só começou a entender mesmo quando começou a fazer”. “É tanto que eu tinha dito no trabalho passado que talvez se eu fizesse mais uma vez poderia ser melhorado... E acabou acontecendo isso”. CMT – “Só que você precisa se acostumar um pouco com ele antes de utilizar”, “Isso que eu fiquei na dúvida, mas no decorrer é que a gente foi vendo... que ficou claro na verdade”. “Num primeiro momento, o senhor dá só uma introdução mesmo e a gente vai amadurecendo essa ideia”. AMP – “Eu acho que a pessoa só consegue fazer sozinho depois de fazer várias vezes e amadurecer. Entendeu?”, “Com o passar do tempo, se passasse mais vezes, ficaria mais fácil”. “Eu achei que não teve dificuldade, foi bem mais fácil do que no primeiro”.

Vale ressaltar que a categoria AMP foi criada exclusivamente a partir do único grupo focal do 3º ponto de coleta, na turma que já havia tido experiência anterior com o BioTRIZ, indicando que a autonomia na aplicação do método

tendeu a melhorar com a experiência prática com o método.

Na Tabela 18, o tema Dificuldades na aplicação do método (DAPM) agrega grande parte das categorias criadas na codificação, o que induz à reflexão de que, apesar de ser um método que se propõe a auxiliar na solução de problemas, há muitas queixas de dificuldades quanto ao seu uso. Dessa forma, há ressalvas quanto ao seu uso por estudantes em períodos iniciais em ateliês de projeto.

Tabela 18 – Tema Dificuldades na aplicação do método e suas categorias.

DAPM - DIFICULDADES NA APLICAÇÃO DO MÉTODO		
CAD	Confusão na adaptação	Implica a confusão para adaptar-se ao uso do método.
DAP	Dificuldade de transformação da ideia	Dificuldades de transformar a ideia predefinida através dos PIs.
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica a dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.
DGS	Dificuldade em gerar soluções	Implica a dificuldade em gerar soluções a partir dos P/s sugeridos pelo método.
DMT	Descontentamento com o método	Descontentamento ou ceticismo em relação ao método
DPA	Dificuldade em utilizar os parâmetros	Implica a dificuldade em realizar o enquadramento no rol de parâmetros.
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica a dificuldade em identificar os pares de conflitos
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica a dificuldade de definição das propriedades e funções desejáveis e indesejáveis.
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.
IAM	Insegurança na aplicação do método	Implica a insegurança na aplicação do método.
IPI	Incerteza na apropriação dos PIs	Implica a incerteza de que a solução se apropriou dos PIs.
TIA	Tendência a ideia predefinida atrapalha	Implica que a tendência a ter ideia predefinida atrapalha a formalização da problemática.

Fonte: Elaboração própria.

Na tabela acima, destacam-se duas categorias presentes em todos os grupos focais dos pontos de coleta 1 e 2 (DEI e DPR), ilustradas pelas seguintes unidades de análise: DEI – “Se você não tiver uma ideia, o começo é meio impossível”. “Porque eu não consegui desvincular uma coisa da outra... Por mais esforço que eu fizesse, eu não consegui desvincular da ideia inicial” (informação verbal). “Fica difícil você se desvincular de uma ideia pra abordar todo um método, todo um sistema e, no final, chegar a algo parecido talvez”. DPR – “Eu acho que as primeiras colunas ali onde definiria o que você queria mas sem pensar na forma e...”. “Porque o problema não pode vir assim do nada”. “Eu não sei se isso é relacionado ao método, eu acho que não, mas a nossa dificuldade foi de conseguir desmembrar o problema...”.

Tais exemplos de relatos demonstram que grande parte dos participantes enfrentaram dificuldades em evitar a fixação em ideias predefinidas e em formalizar a problemática no início do processo, condição essencial para que o BioTRIZ funcionasse adequadamente.

Na tabela 19, cujo tema é Condicionamentos de projeto (CONP), tem-se ênfase para dois comportamentos que dificultam a utilização adequada do método.

Tabela 19 – Tema Condicionamentos de projeto e suas categorias.

CONP – CONDICIONAMENTOS DE PROJETO		
CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar a partir de ideia predefinida.
TIP	Tendência a Ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.

Fonte: Elaboração própria.

TIP e CIP foram as categorias mais recorrentes: TIP – “E também foi uma experiência diferente a gente ter começado não pensando na forma porque geralmente é assim que a gente fazia”. “No nosso também teve muito isso, tipo... Quando a gente teve a ideia a gente já veio meio que com a solução pra o problema que a gente tinha pensado”. “Porque antes mesmo de utilizar o método, a gente já tinha uma resposta pra isso”. CIP – “Eu gosto de dar ideia e eu vou até o final com ela e não ficar modificando. Isso é um pouco complicado”. “A gente, em outros trabalhos, a gente pensava primeiro na forma pra depois pensar em estrutura e tudo mais...”. “Qualquer coisa que a gente faça, se tiver alguma coisa errada, a gente já pensa numa solução”.

A tendência e o condicionamento a ter uma ideia predefinida representados por TIP e CIP, respectivamente, dificultam a utilização do método de forma mais eficiente, pois não é recomendada esta prática nos estágios iniciais do processo. A geração de ideias só deveria acontecer após a identificação dos PIs que, de acordo com o BioTRIZ, constituem as diretrizes adequadas para solucionar os conflitos técnicos definidos na problemática.

Na Tabela 20, na qual foi abordado o tema Interferências na aplicação do método (IRES), houve resultados não esperados no estudo, como a tentativa de manipular resultados e, em alguns poucos casos, de manipulação consumada de resultado.

Tabela 20 – Tema Interferências na aplicação do método e suas categorias.

IRES – INTERFERÊNCIAS NA APLICAÇÃO DO MÉTODO		
IAP	Ideia predefinida atrapalha problemática	Implica que a tendência a ter ideia predefinida interfere na formalização da problemática
IPC	Interferência no processo criativo	Acredita-se que o método interfere negativamente no processo criativo.
MRE	Manipulação dos resultados	Implica a manipulação dos resultados para que eles validem a ideia preconcebida
PDL	Pis descartados pela execução	Implica que os Pis foram descartados por limitações na execução.
TMR	Tentativa de manipular resultados	Implica que houve tentativa de manipulação dos resultados.

Fonte: Elaboração própria.

Estes resultados foram representados pelas categorias TMR e MRE, como ilustrado pelas seguintes unidades de análise nos grupos focais: TMR – “A gente tentar encaixar pra achar a própria ideia. Foi uma coisa meio que montada...”. “Mas quem já tem uma ideia assim fica meio querendo forjar, querendo... Ah, mas no final eu quero isso”, “Não, a gente tem que seguir esse caminho mas a gente já sabe praticamente qual será o foco”. MRE – “A gente não conseguia se desvincular de nossa ideia pra começar do zero, a gente só ficou adaptando as coisas para aquilo que a gente queria”. “A gente praticamente manipulou para o que a gente queria, porque a gente já sabia qual o problema e sabia qual seria essa solução”. “O próprio método influencia a pessoa a tentar controlar ele pra dar a resposta que eu quero”.

Os registros das categorias TMR e MRE exemplificadas por esses relatos indicam uma interferência prejudicial no processo do método e comprometem a confiabilidade dos resultados.

A questão da ideia predefinida, que atrapalha a formalização da problemática e interfere na aplicação adequada do método BioTRIZ em exercícios de projeto, pode ser registrada pela categoria IAP em grupos focais do 1º ponto de coleta, como ilustram as seguintes unidades de análise: IAP – “Aí é o que o método quer, que você pense a respeito do que você quer e sem saber como vai ser aquilo, sem saber forma nenhuma até você conseguir uma forma que encaixe, aí isso é muito dificultoso...”. “A gente não tava conseguindo pensar no projeto e utilizar o método ao mesmo tempo”. “Porque a gente não tem forma, como é que a gente vai saber qual é o problema?”.

A categoria IPC é outra que merece ser comentada, pois traz à tona uma discussão controversa: a crença de que métodos sistemáticos interferem no

processo criativo, como exemplificam as seguintes unidades de análise registradas em grupos focais no 1º ponto de coleta: IPC – “Eu acho que pra projetar é uma coisa muito subjetiva, o processo criativo é a partir de você mesmo. Não dá pra você fazer um método tipo... Mecanizar o processo criativo”. “Porque pra mim a criatividade era pensar numa coisa livre...”. “Quebra até com o que a gente achava que devia ser a arquitetura, o fato da criatividade sem nenhuma tabela nem métodos...”.

A questão de que a criatividade é comprometida ao se utilizar métodos sistemáticos é refutada por vários estudiosos e, ao contrário do que sugerem os relatos, os métodos de suporte à concepção em arquitetura melhoram a compreensão e controle do processo projetual onde a criatividade está presente e facilita a emergência de ideias (BIANCHI, 2008; DEL RIO, 1998).

Na tabela 21, cujo tema é Formas de aplicação do método (FAPM), foram registradas, além da forma recomendada de Geração de ideias a partir do BioTRIZ (GSM), categorias de outras formas e restrições na aplicação do método sugeridas pelos participantes.

Tabela 21 – Tema Formas de aplicação do método e suas categorias.

FAPM – FORMAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO		
MAC	Método valida ideia	Implica que o método auxilia na validação da ideia predefinida.
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.
GSM	Geração de ideias a partir do método	Implica na resolução do problema através do método.
MMO	Método funciona melhor com objetos	Implica na crença de que o método funciona melhor para solucionar objetos.
MCR	Utilização do método com restrição	Implica na utilização do método quando não há ideia predefinida de início.
MAE	Método ajuda em problema estrutural	Implica que o método auxilia ou pode auxiliar na resolução de problemas estruturais.

Fonte: Elaboração própria.

Merecem destaque as categorias frequentes MAC e TIM, como ilustram as seguintes unidades de análise: MAC – “Sim. Porque assim ... Além da forma que a gente já tinha pensado no passo-a-passo, ele também foi dando as mesmas respostas, mesmo a gente deixando de manipular”. “E quando a gente pegou esse mesmo problema e jogou no método, ele deu um princípio que tinha muito a ver com a nossa solução já”. “Eu acho que no meu também, assim como no das meninas, a gente já tinha aquela solução prévia e o método serviu pra confirmar”. TIM – “Eu acho que pra gente ele se aplica mais nessa

questão de ajudar a solucionar os conflitos que surgem naturalmente quando tu já tá projetando e não começar a projetar com ele”. “Mas também assim, se a gente não tivesse no método, a gente criava algo, pensava em algo aí, a partir da criação dele, começaria a existir os problemas”. “No meu, no começo, a gente teve uma ideia logo, aí foi aplicar no método. Aí o método meio que moldou a ideia final. Foi totalmente diferente”.

Tais relatos representam como boa parte das equipes utilizaram o método de forma alternativa para modificar a ideia predefinida através da solução dos conflitos técnicos que surgiram durante a concepção da ideia pensada e, em outros casos, como o método foi utilizado de maneira a validar uma ideia predefinida.

Na tabela 22, cujo tema é Limitações do conhecimento (LICO), surge a queixa dos participantes quanto à falta de conhecimento do doador dos princípios embutidos no banco de dados do BioTRIZ, representado pela categoria FIO, ilustrada pelas seguintes unidades de análise registradas em grupos focais do 1º e 2º pontos de coleta:

FIO – Talvez, pelo fato de essas questões... Desse componente biológico, talvez se houvesse uma ligação mais clara na aplicação do método, por exemplo, a gente ter conhecimento do doador do princípio talvez se tornasse mais... tivesse essa ligação com o conceito inicial.

“la me ajudar bastante se ele no final dos ciclos ele dissesse assim, no exemplo de como construir um quadro, tal forma, tal forma tirou de uma árvore, tal arvore, aí eu já ia pesquisar o tipo que ele foi aplicado e a árvore que ele...aí eu fazia a analogia”. “Até para, por exemplo, se eu faço um projeto e utilizo um PI, eu acho que fica muito mais interessante eu dizer de onde veio... identificando na natureza, na biologia mesmo, do que falar... pelo método”.

Tabela 22 – Tema Limitações do conhecimento e suas categorias.

LICO – LIMITAÇÕES DO CONHECIMENTO		
DSC	Desconhecimento de salto para COs	Implica o desconhecimento da possibilidade de identificação direta dos COs.
FIO	Falta identidade do organismo biológico	Implica a necessidade de se conhecer quais organismos biológicos originaram os PIs.

Fonte: Elaboração própria.

Mesmo após os exercícios e entendida a natureza abstrata dos Pls utilizados pelo método, os participantes ainda não se sentem confortáveis e registram certa insatisfação em não conhecer os doadores dos Pls nos grupos focais.

O tema LICO contém a categoria DSC, indicativa do desconhecimento pelos alunos da possibilidade de identificação direta dos COs, mas que foi apresentada no treinamento das equipes e explanação do processo. No entanto, a possibilidade de identificação direta dos COs era uma alternativa e, de fato, não interferiu na aplicação eficiente do método.

O tema Etapas mais fáceis do método (EMFA), como ilustra a Tabela 23, infere que os alunos consideraram a consulta no processo de aplicação do método, representada pela categoria FFC, como a fase mais fácil. Destaca-se a consulta ao agrupamento de parâmetros para identificar os COs, representada pela categoria AGP, que apareceu em todos os grupos focais. As duas são exemplificadas pelas seguintes unidades de análise: FFC – “Depois que a gente identificou a problematização de acordo com o que tava lá na apostila, a gente colocou e foi bem direto”. “A parte da consulta foi bem fácil”. “A consulta foi bem direto”. AGP – “Eu coloquei nos parâmetros”. “Consultar os parâmetros tudinho pra saber o que seriam os campos de operação”. “O agrupamento”.

Tabela 23 – Tema Etapas mais fáceis do método e suas categorias.

EMFA - ETAPAS MAIS FÁCEIS		
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.
FFC	Facilidade na fase de consulta	Facilidade no preenchimento das colunas do formulário relacionadas a consulta.

Fonte: Elaboração própria.

Os relatos registrados pelas categorias FFC e AGP no tema EMFA se mostram coerentes com os resultados dos questionários e da observação direta, pois se trataram de etapas mais mecânicas de consulta que não envolveram capacidade de abstração, requisito em etapas anteriores.

Por último, o tema Outras constatações sobre o método (OCON), como ilustra a Tabela 24, engloba categorias óbvias, como a aceitação do método

como recurso (AMF) e do funcionamento do BioTRIZ (AMT), de empatia com o assunto (EMA), de satisfação com o resultado (SER), de aproveitamento consciente dos PIs (PAC), de compreensão satisfatória da explanação (CSE).

Tabela 24 – Tema Outras constatações sobre o método e suas categorias.

OCON - OUTRAS CONSTATAÇÕES		
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica a aceitação do método como outro recurso de projeto.
AMT	Aceitação do funcionamento método	Implica a aceitação do funcionamento do método.
CFR	Condicionantes foram respeitados	Condicionantes foram respeitados
CSE	Compreensão satisfatória da explanação	Implica que foi compreendida satisfatoriamente a explanação.
EFA	Experiência favorece pulo para COs	Implica que com a experiência há uma tendência à identificação direta dos COs
EMA	Empatia com assunto	Implica que se teve empatia inicial com assunto.
FNP	Facilidade na definição das propriedades	Implica que houve facilidade na definição das propriedades e funções desejáveis e não desejáveis.
IUM	Incerteza na reutilização do método	Implica que há incerteza na utilização futura do BioTRIZ para projetar.
PAC	PI aproveitado com consciência	Implica que houve consciência no aproveitamento dos PIs.
SER	Satisfação com resultado	Implica que o resultado obtido foi satisfatório.
SPM	Satisfação parcial com resultado	Implica a satisfação parcial com as soluções geradas a partir do método.
IME	Ideia modificada em função da execução	Implica que as soluções foram alteradas em função da execução.
IMR	Ideia modificada pela limitação de recursos	Implica que a limitação de recursos causou a modificação da ideia.
UMF	Utilizaria método para projetar	Implica que utilizaria o método futuramente pra projetar.

Fonte: Elaboração própria.

Os relatos que originaram todas essas categorias, ainda que menos recorrentes, corroboram os resultados do questionário, indicando um pequeno percentual de participantes (24%) completamente satisfeitos com as soluções geradas e apenas 16% desses participantes certos de que voltariam a empregar o método. Isto sugere que mesmo o BioTRIZ tendo o seu potencial reconhecido por parte dos participantes, a maioria deles ainda optaria por utilizar o método intuitivo da tentativa e erro.

A categoria SPM foi exemplificada pelas seguintes unidades de análise: “Eu não tô muito satisfeita com relação à escolha dos materiais do da gente”. “Poderia ser uma coisa melhor, mais bem resolvida e eu acho que não está sendo, mas a gente tá procurando resolver essa questão”. “Foi assim... Não fiquei totalmente satisfeita”.

Pode-se dizer então que a categoria Satisfação parcial com o resultado (SPM) traz consigo relação não somente com as dificuldades registradas pelas categorias no tema DAPM, em grande parte relacionadas às dificuldades com a definição da problemática, mas também com as soluções cujas ideias sofreram modificações por limitações de recursos ou por dificuldade na execução dos modelos físicos.

Estas alterações foram registradas no grupo focal do 3º ponto de coleta e ilustradas pelas seguintes unidades de análise: IME – “E se é pra fazer um trabalho que seja difícil, pra fazer e não ficar tão bom, a gente preferiu voltar e repensar tudo e fazer outro que tenha uma execução prática”. “Porque durante a execução da ideia inicial a gente viu que não ia dar certo, aí teve que modificar tudo”. “A execução que... A gente fez testes e viu que a execução não ficaria tão boa quanto a gente esperava”. IMR – “Porque a gente tinha que adequar o que a gente queria ao orçamento”. “Aí acabou que a gente terminou não gastando e a gente usou lixo e led de celular”. “Porque o pisca-pisca é muito fraco, comparado ao led, mas o led era muito caro”.

Os registros das categorias IME e IMR permitem concluir que as limitações incluíram questões de custo, complexidade na mão-de-obra e, em vários casos, de ferramentas para execução das ideias, como registrado na observação direta. Este foi um fato frequente, apesar do suporte oferecido às tarefas dentro do ateliê, mas também previsto, uma vez que o professor responsável pela disciplina limitou o custo para a execução dos modelos. Some-se a isto a carência do laboratório de plástica, tanto de ferramentas quanto de material auxiliar para a confecção das maquetes.

A análise dos grupos focais e do quadro síntese embasou a construção do mapa conceitual que ilustra as relações entre os temas (Figura 59).

Figura 59 – Mapa conceitual das relações entre os temas.



Fonte: Elaboração própria.

Com a assistência do gráfico acima, foi possível assegurar que os temas Condicionamentos de projeto, Interferências na aplicação do biotriz e Limitações do conhecimento são fatores geradores de dificuldades no emprego do método, tais como: tendência e condicionamento a ter ideia predefinida, tentativa e manipulação de resultados, PIs descartados por limitações na execução, desconhecimento de salto para os COs e incômodo com a não identificação dos doadores naturais. Tais dificuldades foram classificadas em dificuldades na Assimilação e na Aplicação do método. Entende-se que as dificuldades na assimilação favorecem o surgimento de outras tantas durante a aplicação prática do BioTRIZ.

No entanto, a maior parte das dificuldades apresentadas no quadro síntese (Tabela 15) está relacionada à aplicação do método (DAPM). Como forma de minorar as dificuldades e transpor os obstáculos surgidos com elas, surge o tema Formas de melhorar a assimilação, sugestões de exemplificação aplicada e interativa do método aliadas à maior tempo de prática com o BioTRIZ.

O tema Formas de aplicação do BioTRIZ surge como propostas de diferentes maneiras de utilização do método, algumas não usuais, mas que podem tornar o BioTRIZ um recurso válido para disciplinas de projeto de arquitetura. Dentre delas, as mais frequentes nos exercícios aplicados foram a

utilização do BioTRIZ como ferramenta para a validação de ideias predefinidas, para a resolução de questões estruturais, para a solução de sistemas na escala de objetos (indicativo de maior potencial para aplicação na área de design), como saída para a condição de inércia psicológica, entendida como completa ausência de ideias.

O tema Outras constatações contém categorias que, em sua maioria, são consequência da boa assimilação e aplicação do método, tais como: empatia com o assunto, compreensão satisfatória, aceitação do método como recurso, satisfação com o resultado das soluções, aceitação do funcionamento do método, entre outros (Tabela 24).

É importante ressaltar a necessidade de aplicação, mediada pelo BioTRIZ, de maior número de exercícios e em mais turmas (mais repetições) para verificação da existência de outras categorias enquadradas no tema OCON que possibilitassem a decomposição em novos temas ou a absorção pelas categorias existentes no mesmo tema.

### **4.3 Discussões finais**

No início dos exercícios, durante a fase de apresentação dos conceitos de biomimética e de projetos biomiméticos, até enquanto acreditavam que chegariam à analogia direta com organismos naturais, os participantes demonstraram boa receptividade ao método.

Contudo, alguns participantes se mostraram céticos a partir do momento em que o BioTRIZ foi explicado detalhadamente como um processo sistemático e genérico para a busca de soluções de problemas de projeto baseadas em princípios da natureza, ainda que tivessem compreendido a técnica.

Em especial, aqueles participantes que apresentavam grau maior de segurança no emprego de métodos centrados na intuição e na tentativa e erro posicionaram-se muito dispersos e pouco envolvidos.

Observou-se que a prática mais usual em ateliês de arquitetura é o ensino do processo projetual como uma atividade intuitiva e resumida a um momento criador. Como afirma Del Rio (1998), esta é a conduta dominante e parece ser a origem de muitas dificuldades registradas tanto na execução das tarefas quanto nos questionários e nos grupos focais.

Pode-se afirmar que a principal dificuldade foi a caracterização adequada do problema causado, em parte, pelas dificuldades em lidar com a abstração de conceitos e evitar ideias predefinidas, ambas condições essenciais à aplicação eficiente do BioTRIZ.

É importante ressaltar que inconsistências nas fases iniciais de formalização da problemática podem gerar um efeito sequenciado em outras etapas e conduzir o projetista a PIs não adequados para a geração de soluções e/ou à concepção de soluções que não atendem aos conflitos técnicos e ao problema inicial. Nesse caso, pode-se ratificar que problemas mal definidos conduzem a soluções insatisfatórias, como analisado por Lawson (2005) e registrado neste estudo a partir da análise dos resultados dos questionários.

Finalmente, diante do exposto até aqui, pode-se dizer que a imaturidade projetual dos participantes, a baixa capacidade de lidar com abstração de conceitos e os condicionamentos de projeto impostos pelo método tradicional de ensino nos ateliês foram propulsores da maior parte das dificuldades enfrentadas pelas equipes, resultando em baixos níveis de satisfação com as soluções geradas e incertezas dos participantes quanto à utilização do BioTRIZ como ferramenta de projeto em outras oportunidades.

## 5 CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos por meio das diversas ferramentas de coleta de dados utilizadas nesta pesquisa permitiu concluir que:

- A assimilação do processo de aplicação do BioTRIZ foi satisfatória e a etapa que apresentou maior dificuldade para os alunos foi a de enquadramento dos pares de conflitos no rol de parâmetros de Altshuller;
- A limitada capacidade de abstração dos participantes foi determinante para o surgimento da maior parte das dificuldades e inseguranças registradas nas etapas de formalização do problema, o que encontra justificativa na pouca experiência projetual dos participantes e na preferência por métodos mais intuitivos, como a tentativa e erro;
- Houve pouca dificuldade na categoria Extração devido à concentração das etapas de mais fácil cumprimento que compõem a fase de consulta: identificação e quantificação dos PIs, o que está de acordo com os resultados obtidos na análise de dados dos grupos focais;
- Houve elevado nível de insegurança dos participantes na categoria Coerência, visto que apenas uma pequena parcela assegurou ter-se apropriado dos PIs e ter gerado soluções que atendiam plenamente aos condicionantes de projeto;
- O método deixou a desejar na categoria Aceitação, segundo a opinião da maioria dos participantes, pois registrou-se baixa satisfação com os resultados das soluções geradas e uma pequena parcela demonstrou interesse na utilização do método em oportunidades posteriores;
- Em turmas de arquitetura cursando períodos iniciais, o BioTRIZ não se mostrou totalmente adequado ao ensino de projeto em ateliês de plástica, devido ao limitado repertório projetual, às dificuldades em evitar

fixação em ideias predefinidas e às limitações na capacidade de transformar características específicas em abstratas e vice-versa, requisitos necessários para o eficaz emprego do método;

- O ensino e a prática em ateliês de projeto de arquitetura que utilizam apenas o método tradicional, centrado na intuição, é incompatível com o uso eficiente de métodos sistemáticos como o BioTRIZ, que exigem controle na definição do problema e antecipação dos possíveis conflitos técnicos;
- Os condicionamentos impostos aos alunos de projeto de arquitetura e urbanismo em ateliês constituem obstáculo ao emprego eficiente do BioTRIZ;
- Para uma melhor experiência com o BioTRIZ, faz-se necessária a repetição do estudo em turmas mais experientes de projeto, lançando mão de apresentação do método com exemplificação aplicada e interativa e aplicação da técnica somente após sequência de exercícios que estimulem a capacidade de abstração;
- O BioTRIZ é mais adequado para utilização em projetos que possuam problemas técnicos com características conflituosas. Situações nas quais o problema é muito subjetivo, a exemplo de intervenções puramente críticas, exigindo do projetista um esforço muito maior na problematização, além de elevada capacidade de abstração.

## REFERÊNCIAS

BAR-COHEN, Y. **Biomimetics: Biologically Inspired Technologies**. Boca Raton: CRC Press, 2006a.

\_\_\_\_\_. Biomimetics: using nature to inspire human innovation. **Bioinspir Biomim**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 27 abr. 2006b.

BBC. Criaturas das profundezas do mar são destaque em mostra em Londres. 28 de maio de 2010. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/2010/05/100528\\_galeria\\_deep\\_rw.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/2010/05/100528_galeria_deep_rw.shtml)>. Acesso em: 02 dez. 2014.

\_\_\_\_\_. Tardigrades: Water bears in space. **Nature Features**, Inglaterra, 17 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/nature/12855775>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

BENYUS, J. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. New York: William Morrow Paperbacks, 2002.

BIANCHI, G. **Métodos para estímulo à criatividade e sua aplicação em arquitetura**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BIOMIMICRY3.8. **Learning from Termites How to Create Sustainable Buildings**. 2014. Disponível em: <<http://biomimicry.net/about/biomimicry/case-examples/architecture/>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

BOGATYREV, N. R.; BOGATYREVA, O. A. TRIZ Evolution Trends in Biological and Technological Design Strategies. **Proceedings of The 19th CIRP Design Conference**. Cranfield University: 2009.

CAMERON, G. **TRIZICS: Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve "impossible" technical problems systematically**. CreateSpace, 2010.

COML. First Census Shows Life in Planet Ocean is Richer, More Connected, More Altered than Expected. **COML: Census of Marine Life**: 1-5 p. 2010.

CRAIG, S. **Biomimetics design tool used to develop new components for lowerenergy buildings**. 2008. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Tecnologia Ambiental) - Escola de Engenharia e Design, Brunel University, Londres.

\_\_\_\_\_. et al. 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**, v. 5, n. 1, p. 55-66, 2008.  
DA VINCI, L. **Thoughts on art and life**. Boston: The Merrymount Press, 1906.

- DARWIN, C. **Origem das espécies**. 4. ed. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DEL RIO, V. Projeto de arquitetura: entre criatividade e método. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). **Arquitetura: pesquisa e projeto**. Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 1998.
- EL-ZEINY, R. M. A. Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 50, p. 502-512, 2012.
- FAPESP. Ao menos 70% das espécies da Terra são desconhecidas. 25 de Fevereiro de 2013. Disponível em: [http://agencia.fapesp.br/ao\\_menos\\_70\\_das\\_especies\\_da\\_terra\\_sao\\_desconhecidas/16867/](http://agencia.fapesp.br/ao_menos_70_das_especies_da_terra_sao_desconhecidas/16867/). Acesso em: 2 dez. 2014.
- FORBES, P. **Gecko's foot: how scientists are taking a leaf from nature's book**. Londres: Harper Perennial, 2006.
- GLIER, M. W.; LINSEY, J. L.; MCADAMS, D. A. Concepts in Biomimetic Design\_ Methods and Tools to incorporate into a biomimetic design course. **ASME 2011 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference**. Washington: ASME. 7 2011.
- GLIER, M. W. et al. Methods for supporting bioinspired design. **International Mechanical Engineering Congress and Exposition**. Denver: ASME, 2011.
- GRUBER, P. **Biomimetics in Architecture of Life and Buildings**. Alemanha: SpringerWienNewYork, 2011. 275 ISBN 978-3-7091-0331-9.
- KADRI, L. B. **Towards the living envelope: biomimetics for building envelope adaptation**. 2012. 205 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Delft University of Technology, Holanda.
- KIATAKI, M. **Modelo de suporte ao projeto criativo em arquitetura: uma aplicação da TRIZ - Teoria da Solução Inventiva de Problemas**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KNIPPERS, J.; SPECK, T. Design and construction principles in nature and architecture. **Bioinspir Biomim**, v. 7, n. 1, p. 015002, mar. 2012.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006a.
- \_\_\_\_\_. Reflexões sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído** v. 6, n. 2, p. 07-19, abr.-jun. 2006b.
- LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 4. ed. Oxford: Architectural Press, 2005.

LIENHARD, J. et al. Flectofin: a hingeless flapping mechanism inspired by nature. **Bioinspir Biomim**, v. 6, n. 045001, p. 7, 29 de novembro 2011.

LOOMANS, T. The World's First Algae-Powered Building Opens in Hamburg. Inhabitat. 14 de abril de 2013. Disponível em: <<http://inhabitat.com/the-worlds-first-algae-powered-building-opens-in-hamburg/>>. Acesso em: 04 dez. 2014.

MAGLIC, M. J. **Biomimicry**: using nature as model for design. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Departamento de Arte, Arquitetura e História da Arte, Universidade de Massachusetts Amherst, Massachusetts.

MALARD, M. L. A avaliação no ensino do projeto de arquitetura e urbanismo: problemas e dificuldades. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). **O lugar do projeto**: no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contra Capa, 2007.

MYCOTED. Creativity and Innovation. 2009. Disponível em: <[http://www.mycoted.com/Category:Creativity\\_Techniques](http://www.mycoted.com/Category:Creativity_Techniques)>. Acesso em: 10 out. 2014.

PAWLYN, M. **Biomimicry in architecture**. England: Riba, 2011.

SACHS, A. "Stuckness" in the design studio. **Design Studies**, v. 20, n. 2, p. 195-209, 1999.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, J. J. D. P. **Como imitar a natureza na arquitetura**. 2009. 186 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SIQUEIRA, J. Ferramentas de criatividade. 2007. Disponível em: <<http://criatividadeaplicada.com/2007/07/23/ferramentas-de-criatividade/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

VELOSO, M.; ELALI, G. A. Qualificar é preciso: uma reflexão sobre a formação do professor de projeto arquitetônico. **Arquitextos**, v. 045, n. 01, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/605>>. Acesso em: 10 out. 2014.

VINCENT, J. F. et al. Biomimetics: its practice and theory. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 3, n. 9, p. 471-482, ago. 2006.

VOGUEL, S. **Cat's paws and catapults**: mechanical worlds of nature and people. Nova York: W. W. Norton & Company, 1998.

WALLIS, D. When Algae on the exterior is a good thing. **New York Times**, Nova York, 24 de abril de 2013. Disponível em:  
<[http://www.nytimes.com/2013/04/25/business/energy-environment/german-building-uses-algae-for-heating-and-cooling.html?pagewanted=all&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/04/25/business/energy-environment/german-building-uses-algae-for-heating-and-cooling.html?pagewanted=all&_r=0)>.  
Acesso em: 4 dez. 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZARI, M. P. Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. **The SB07 NZ Sustainable building conference**. Auckland: 2007.

## APÊNDICES



## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO

### QUESTIONÁRIO (Aplicação após o exercício)

Assinale com um "X" a opção que melhor represente o seu sentimento ou ideia quanto às etapas de aplicação do método BioTRIZ.

1 – Em que nível você julga a sua compreensão sobre o método BioTRIZ?

ruim	regular	bom	muito bom	excelente

2 – Em que nível você julga a sua autonomia na aplicação prática do método?

ruim	regular	bom	muito bom	excelente

3 – Qual etapa do método achou mais difícil?

Listar Propriedades e Funções Des. e Ind.	Identificar os conflitos	Enquadrar os conflitos no rol de parâmetros	Identificar os COs* diretamente	Identificar os Pls* na Matriz	Gerar as soluções específicas

\*PE – Problema Específico; PG – Problema Genérico; COs – Campos de Operação; Pls – Princípios Inventivos

4 – Você conseguiu definir os problemas de forma mais geral e precisa?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

5 – Você conseguiu listar propriedades e funções desejáveis e indesejáveis?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

6 – Você conseguiu transformar as características e funções desejáveis e indesejáveis em pares de conflitos?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

7 – Você conseguiu identificar os campos de operações relacionados aos conflitos diretamente?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

8 – Você recorreu à lista de agrupamentos de parâmetros para encontrar os campos de operação corretos?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

9 – Você conseguiu identificar os Pls relacionados ao seu problema na Matriz?

não	acho que não	talvez	acho que sim	sim

10 – Quantos Pls você conseguiu aproveitar na geração de soluções?

0	1	2	3	4	mais que 4

11 – As soluções geradas se apropriaram dos Pls indicados pela Matriz?

não	não sei	parcialmente	acho que sim	sim

12 – As soluções geradas atendem aos condicionantes de projeto?

não	não sei	parcialmente	acho que sim	sim

13 – Qual o grau de satisfação com as soluções geradas a partir do método?

Completamente insatisfeito	Parcialmente insatisfeito	Indiferente	Parcialmente satisfeito	Completamente satisfeito

14 – Você utilizaria o método novamente para projetar?

não	não sei	talvez	acho que sim	sim

## APÊNDICE C – ROTEIRO DE TÓPICOS PARA GRUPOS FOCAIS

### Assimilação

1 – O que vocês acharam sobre a fase de transmissão de conhecimento sobre o método BioTRIZ?

(Da apresentação; da explanação sobre o uso das ferramentas; dos exemplos?)

2 – De forma geral, o que acham que poderia melhorar a sua compreensão sobre a aplicação do método?

3 – Quais dificuldades vocês encontraram na aplicação do método?

### Abstração

4 – Houve alguma dificuldade para preencher alguma das colunas do formulário de registro? Se houve, qual e por quê?

5 – Inicialmente, para começar a aplicar o método efetivamente, é necessário definir o problema de forma mais geral e precisa. O que vocês têm a dizer em relação a esse momento?

6 – O que vocês acham que merece destaque no momento de listar as propriedades e funções desejáveis e não desejáveis do projeto?

7 - Como transcorreu a etapa de identificação dos pares de conflitos? (Houve alguma dificuldade? De que tipo?)

8 - Que caminho vocês escolheram para identificar os Campos de Operação e por quê?

### Extração

9 – Houve algum tipo de dificuldade na utilização da Matriz e/ou identificação dos PIs?

### Coerência

10 – O que vocês acham que indica que as soluções geradas aproveitaram os PIs?

11 – Como as soluções geradas se apropriaram dos PI's indicados?

### Aceitação

12 - De forma geral como está a satisfação com as soluções geradas a partir do método? (Justifique)

13– O que vocês acham quanto à utilidade do método para projetar?

## APÊNDICE D – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 01/1º Pnt. de coleta)

GRUPO FOCAL 01 - PNT01			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
EMA	Empatia com assunto	Implica que se teve empatia inicial com assunto.	2
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	3
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.	1
AMT	Aceitação do funcionamento método	Implica na aceitação do funcionamento do método.	3
CAD	Confusão na adaptação	Implica na confusão para adaptar-se ao uso do método.	3
CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar a partir de ideias predefinidas.	3
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.	1
CMF	Compreensão melhora com fragmentação	Implica que a compreensão melhora com a fragmentação da apresentação do método e de seu processo.	1
CMT	Compreensão melhora com tempo	Implica que a compreensão tende a melhorar com tempo de experiência.	3
CPR	Condicionamento prático	Existe um condicionamento do aluno a ir direto para a prática.	1
CTE	Condicionamento à tentativa e erro	Implica que há um condicionamento ao uso do método de tentativa e erro.	1
DAE	Dificuldade pela ausência de exemplos	Implica na dificuldade de compreensão pela ausência de exemplos aplicados.	1
DAN	Dificuldade de adaptação ao novo	Implica que houve dificuldade de adaptação ao novo método.	2
DAP	Dificuldade de transformação da ideia	Dificuldade na transformação da ideia preconcebida através dos PIs.	3
DCC	Dificuldade na criação de ciclos	Implica na dificuldade de criação de ciclos.	1
DCM	Desconhecimento do método	Implica no desconhecimento acerca do método apresentado.	2
DDP	Dificuldade com a definição do problema	Implica na dificuldade de identificação do problema geral e específico.	1
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	3
DGE	Dificuldade na transformação do geral em específico	Dificuldade em transformar conceitos abrangentes em soluções específicas.	1
DMT	Descontentamento com o método	Descontentamento ou ceticismo em relação ao método	3
DPA	Dificuldade em utilizar os parâmetros	Implica que houve dificuldade em realizar o enquadramentos nos parâmetros.	5
DPL	Definição do problema facilita	Implica que a definição do problema inicial facilita a identificação das funções e propriedades desejáveis e não desejáveis.	1
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	10
DSC	Desconhecimento de pulo para COs	implica no desconhecimento da possibilidade de identificação direta dos COs.	1
DVC	Dificuldade em lidar com condicionamento	Implica que houve dificuldade em vencer o condicionamento com foco no resultado.	1
EEE	Exemplos evitam erros	Implica que exemplos aplicados minimizam erros na utilização do método.	1
EFA	Experiência favorece pulo para COs	Implica que com a experiência há uma tendência à identificação direta dos COs.	3
EPR	Exemplificação aplicada do processo	Implica que a compreensão melhora através da apresentação de exemplo aplicado do processo.	3
EXS	Explicação satisfatória	Implica que foi satisfatória a explicação sobre a aplicação do método.	1
FIO	Falta identificação do organismo	Implica no descontentamento diante da não identificação do organismo natural inspirador do PI.	2

FPC	Facilidade na identificação de conflitos	Fluência ou facilidade na identificação dos pares de conflitos.	2
FPR	Formalização da problemática	Método exige que seja formulada a problemática	1
GSM	Geração de ideias a partir do método	Implica que a solução foi gerada a partir do método.	0
IAL	Ideia alterada por limitações	Implica que a ideia foi alterada por limitações de execução	1
IAM	Insegurança na aplicação do método	Implica que houve insegurança na aplicação do método.	1
IAP	Ideia predefinida atrapalha problemática	Implica que a tendência a ter ideia predefinida interfere na formalização da problemática	4
IIP	Interferência de ideia predefinida	Implica que ter a ideia prematura interfere no resultado.	1
IMT	Indiferença com o método	Implica no ceticismo ou indiferença em estágios iniciais com a abordagem do método.	4
IPC	Interferência no processo criativo	Acredita-se que o método interfere negativamente no processo criativo.	5
IPi	Incerteza na apropriação dos PIs	Implica na incerteza de que a solução se apropriou dos PIs.	3
IPM	Insight é preferível ao método	Implica no sentimento de que o insight é melhor que utilizar o método.	1
IUM	Incerteza na utilização do método	Incerteza quanto a futura utilização do método.	2
MAB	Método abrangente	Implica no sentimento de que o método é abrangente.	1
MAC	Método Valida ideia	Implica que o método auxilia na validação da ideia predefinida.	7
MAI	Método combate a inércia	Implica que o método auxiliar a quebrar a inércia psicológica no processo criativo.	2
MIN	Método auxilia iniciantes	Implica que o método pode ajudar o processo criativo de iniciantes que ainda não são condicionados.	2
MNA	Mudança de negação para aceitação	Implica que houve mudança de negação inicial para aceitação no final.	1
MPI	Matriz e PIs são etapas mais fáceis	O uso da Matriz e Id. De PIs constituem etapas mais fáceis.	1
MRE	Manipulação dos resultados	Implica na manipulação dos resultados para que os mesmos validem a ideia preconcebida	3
NEP	Necessidade de melhor especificidade dos parâmetros	Implica que há necessidade de melhor especificidade de parâmetros.	2
PGC	Confusão com montante de informação	Implica que houve confusão com a quantidade de informação nova	2
QIC	Quantidade de informação é cansativa	Implica que a quantidade de informação sobre a aplicação do método de uma só vez é cansativa.	4
REA	Receio de erro na aplicação	Implica que há receio de errar na aplicação do método.	2
SER	Satisfação com o resultado	Implica que o resultado obtido foi satisfatório.	1
SPM	Satisfação parcial	Implica na satisfação parcial com as soluções geradas a partir do método.	3
TAM	Tempo para apropriação do método	Implica em tempo para conseguir entender a lógica e aplicar o método.	2
TIA	Tendência a ideia atrapalha	Implica que a tendência a ter ideia predefinida atrapalha a formalização da problemática.	1
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	10
TIP	Tendência a ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.	7
TMR	Tentativa de manipular resultados	Implica que houve tentativa de manipulação dos resultados.	2
UAC	Uso do antagônico para definição de conflitos	Implica que foi utilizado termos antagônicos para a definição dos pares de conflitos.	2

## APÊNDICE E – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 02/1º Pnt. de coleta)

GRUPO FOCAL 02 - PNT01			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a <u>apresentação de exemplos</u> .	1
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	2
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.	4
CCF	Colunas de consulta são mais fáceis	Implica que a segunda metade do formulário referente às consultas são <u>mais fáceis de preencher</u> .	1
CEI	Compreensão melhora com exemplos interativos	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhorar com a <u>apresentação de exemplos interativos</u> .	4
CEN	Confusão na compreensão da nomenclatura	Implica que houve confusão no entendimento do título da coluna ou <u>função da mesma</u> .	2
CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar a partir de ideias <u>predefinidas</u> .	3
CMP	Compreensão melhora com prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhorar com a <u>prática</u> .	1
CRB	Confusão com relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que houve confusão com a relação da biomimética com o <u>método</u> .	2
DAB	Dificuldade de abstração	Implica que houve dificuldade de abstração no processo.	1
DCM	Desconhecimento do método	Implica no desconhecimento acerca do método apresentado.	1
DCP	Dificuldade de compreensão dos Pis	Implica que houve dificuldade de compreender a definição dos Pis.	2
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	2
DGS	Dificuldade em gerar soluções	Implica na dificuldade em gerar soluções a partir dos Pis sugeridos <u>peelo método</u> .	6
DIP	Dificuldade para identificar os Pis	Implica na dificuldade de identificar os Pis nas soluções geradas.	2
DMD	Desconhecimento do método dificulta compreensão	Implica que o pleno desconhecimento sobre o método favorece a <u>dificuldade de compreensão</u> .	1
DMT	Descontentamento com o método	Descontentamento ou ceticismo em relação ao método	2
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica na dificuldade em identificar os pares de conflitos	4
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica na dificuldade de definição das propriedades e funções <u>desejáveis e indesejáveis</u> .	2
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	2
DSC	Desconhecimento de pulo para COs	Implica no desconhecimento da possibilidade de identificação direta dos <u>COs</u> .	1
ECO	Exemplificação por correlatos	Implica na utilização de correlatos para exemplificação.	2
ERC	Ênfase da relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que deve ficar mais claro a relação da biomimética com o <u>método</u> .	1
GSM	Geração de ideias a partir do método	Implica que a ideia surgiu a partir dos Pis sugeridos pelo método.	1
IAL	Ideia alterada por limitações	Implica que a ideia foi alterada por limitações de execução	1
IAP	Ideia predefinida atrapalha problemática	Implica que a tendência a ter ideia predefinida interfere na formalização <u>da problemática</u>	1
IMT	Indiferença com o método	Implica no ceticismo ou indiferença em estágios iniciais com a <u>abordagem do método</u> .	4
IPC	Interferência no processo criativo	Acredita-se que o método interfere negativamente no processo criativo.	1
MAC	Método valida ideia	Implica que o método auxilia na validação da ideia predefinida.	3
MPI	Matriz e Pis são etapas mais fáceis	O uso da Matriz e Id. De Pis constituem etapas mais fáceis.	2
NCI	Não compreensão inicial	Implica que não houve compreensão inicial sobre a aplicação do <u>método</u> .	3
RPI	Redundância de Pis	Implica que os Pis sugeridos pelo método orientam na mesma direção ou <u>são redundantes</u> .	2
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	7
TIP	Tendência a Ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.	6

## APÊNDICE F – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 03/1º Pnt. de coleta)

GRUPO FOCAL 03 - PNT01			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.	4
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	2
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.	2
CAD	Confusão na adaptação	Implica na confusão para adaptar-se ao uso do método.	1
CFP	Condicionamento com foco no resultado	Implica que existe um condicionamento de trabalho com foco no resultado.	1
CMG	Compreensão melhora com interação	Implica que a compreensão melhora com a integração entre o grupo.	2
CMO	Compreensão melhora com orientações	Implica que a compreensão melhorar com as orientações durante o exercício.	2
CMP	Compreensão melhora com prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhorar com a prática.	3
CMT	Compreensão melhora com tempo	Implica que a compreensão tende a melhorar com tempo de experiência.	1
CTE	Condicionamento à tentativa e erro	Implica que há um condicionamento ao uso do método de tentativa e erro.	1
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	2
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica na dificuldade de definição das propriedades e funções desejáveis e indesejáveis.	6
DPP	Descarte parcial de PIs	Implica que somente parte dos PIs foram utilizados.	2
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	4
EXS	Explanação satisfatória	Implica que foi satisfatória a explanção sobre a aplicação do método.	2
FFC	Facilidade na fase de consulta	Facilidade no preenchimento das colunas relacionada com consultas do formulário.	3
FPC	Facilidade na identificação de conflitos	Fluência ou facilidade na identificação dos pares de conflitos.	2
GSM	Geração de ideias a partir do método	Implica que a solução foi gerada a partir do método.	5
IAP	Ideia predefinida atrapalha problemática	Implica que a tendência a ter ideia predefinida interfere na formalização da problemática	2
IUM	Incerteza na utilização do método	Incerteza quanto à futura utilização do método para projetar.	2
MAI	Método combate a inércia	Implica que o método auxiliar a quebrar a inércia psicológica no processo criativo.	2
MPI	Matriz e PIs são etapas mais fáceis	O uso da Matriz e Id. De PIs constituem etapas mais fáceis.	1
NCI	Não compreensão inicial	Implica que não houve compreensão inicial sobre a aplicação do método.	3
PDL	PIs descartados pela execução	Implica que os PIs foram descartados por limitações na execução.	4
RPI	Redundância de PIs	Implica que os PIs sugeridos pelo método orientam na mesma direção ou são redundantes.	1
SER	Satisfação com resultado	Implica em plena satisfação com resultado	3
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	7
TIP	Tendência a Ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.	2

## APÊNDICE G – CODIFICAÇÃO 2º NÍVEL (Grupos Focais 01, 02 e 03 / 1º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 01 - Pnt01																	
CÓDIGO	TEMA																
DASSI	Dificuldades na assimilação	DAE	DCM	IMT	QGC	QIC	PGC										
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CME	CMF	CMT	EEE	EPR	NEP	TAM									
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	CAD	DAN	DAP	DCC	DDP	DEI	DGE	DMT	DPA	DPR	DVC	IAM	IPI	REA	TIA	
CONP	Condicionamentos de projeto	CIP	CPR	CTE	IPM	TIP											
IRES	Interferências na aplicação do método	IAP	IIP	IPC	TMR	MRE											
FAPM	Formas de aplicação do método	MAC	MAI	TIM	UAC												
LICO	Limitações do conhecimento	DSC	FIO														
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP	FPC	MPI													
OCON	Outras constatações	EMA	AMF	AMT	DPL	EFA	EXS	FPR	IUM	MAB	MIN	MNA	SER	SPM	UMF		

Grupo Focal 02 - Pnt01										
CÓDIGO	TEMA									
DASSI	Dificuldades na assimilação	CEN	CRB	DCM	DMD	IMT	NCI			
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CME	CEI	CMP	ECO	ERC				
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	DAB	DAN	DCP	DEI	DGS	DIP	DMT	DPC	DPF
CONP	Condicionamentos de projeto	CIP	TIP							
IRES	Interferências na aplicação do método	IAP	IPC							
FAPM	Formas de aplicação do método	GSM	MAC	TIM						
LICO	Limitações do conhecimento	DSC								
EMFA	Etapas mais fáceis	MPI	AGP	CCF						
OCON	Outras constatações	AMF	RPI	PCP						

Grupo Focal 02 - Pnt01							
CÓDIGO	TEMA						
DASSI	Dificuldades na assimilação	NCI					
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CME	CMG	CMO	CMP	CMT	
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	CAD	DEI	DPF	DPR		
CONP	Condicionamentos de projeto	CFP	CTE	TIP			
IRES	Interferências na aplicação do método	IAP	PDL				
FAPM	Formas de aplicação do método	GSM	MAI	TIM			
LICO	Limitações do conhecimento						
EMFA	Etapas mais fáceis	FFC	FPC	MPI	AGP		
OCON	Outras constatações	DPP	EXS	IUM	RPI	SER	AMF

**Obs.: os códigos sobreados de cinza atendem ao critério de pelo menos três ocorrências.**

## APÊNDICE H – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 01/2º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 01 - Pnt02			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
EMA	Empatia com assunto	Implica que se teve empatia inicial com assunto.	3
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	2
AIC	Apresentação integrada de conceitos	Implica que a apresentação integrada da Biomimética e do BioTRIZ no mesmo momento auxilia na compreensão.	5
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.	7
AMT	Aceitação do funcionamento método	Implica na aceitação do funcionamento do método.	3
ASC	Aplicação do método sem consciência	Implica que o método foi empregado sem consciência das etapas.	2
CFE	Condicionantes foram eliminados	Implica que houve mudança na proposta inicial quanto aos condicionantes ou intenções.	1
CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar com ideias predefinidas.	6
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.	1
CMO	Compreensão melhora com orientações	Implica que a compreensão melhorar com as orientações durante o exercício.	1
CMP	Compreensão melhora com prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhorar com a prática.	4
CPR	Condicionamento prático	Existe um condicionamento do aluno a ir direto para a prática.	1
CRB	Confusão na Relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que houve confusão com a relação da Biomimética e o método.	5
DCC	Dificuldade de compressão dos conceitos	Implica que houve dificuldade de compreensão dos conceitos utilizados no método.	1
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	1
DGE	Dificuldade na transformação do geral em específico	Dificuldade em transformar conceitos abrangentes em soluções específicas.	2
DGS	Dificuldade em gerar soluções	Implica na dificuldade em gerar soluções a partir dos P/s sugeridos pelo método.	1
DMT	Descontentamento com o método	Descontentamento ou ceticismo em relação ao método	1
DPA	Dificuldade em utilizar os parâmetros	Implica que houve dificuldade em realizar o enquadramentos nos parâmetros.	4
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica na dificuldade em identificar os pares de conflitos	6
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica na dificuldade de definição das propriedades e funções desejáveis e indesejáveis.	5
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	3
DSC	Desconhecimento de salto para COs	implica no desconhecimento da possibilidade de identificação direta dos COs.	3
EIE	Evitar ideia predefinida otimiza método	Implica que evitar a fixação em ideia predefinida torna o emprego do método mais eficiente	4
EMF	Etapa mais fácil foi a DP	Implica que definição do problema foi a etapa mais simples ou fácil.	1
FIP	Facilidade na Definição do Problema	Implica que houve facilidade pra definir o problema inicial de projeto.	2
IAA	Ideia predefinida atrapalha aplicação do método	Implica que a tendência a ideia predefinida dificulta a aplicação do método.	1
IAM	Insegurança na aplicação do método	Implica que houve insegurança na aplicação do método.	3

IDC	Inexperiência dificulta compreensão	Implica que a falta de experiência com o método dificulta a compreensão de utilização do mesmo.	1
IPD	Inexistência de Ideia predefinida dificulta aplicação do método	Implica na crença de que a falta de ideia predefinida torna a aplicação do método mais difícil.	1
IPI	Incerteza na apropriação dos PIs	Implica na incerteza de que a solução se apropriou dos PIs.	1
MAC	Método valida ideia	Implica que o método auxilia na validação da ideia predefinida.	1
MAI	Método combate a inércia	Implica que o método auxiliar a quebrar a inércia psicológica no processo criativo.	1
MAP	Método Ajudou Parcialmente	Implica que o método foi utilizado em parte.	2
MMO	Método funciona melhor com objetos	Implica na crença de que o método funciona melhor para solucionar objetos.	3
MPI	Matriz e PIs são etapas mais fáceis	O uso da Matriz e Id. De PIs constituem etapas mais fáceis.	2
MRE	Manipulação dos resultados	Implica na manipulação dos resultados para que os mesmos validem a ideia preconcebida	3
MSG	Método gera soluções genéricas	Implica que o método gerar soluções muito genéricas.	1
NCI	Não compreensão inicial	Implica que não houve compreensão inicial sobre a aplicação do método.	4
PAC	PI aproveitado com consciência	Implica que houve consciência no aproveitamento dos PIs.	4
PAP	PIs aproveitados parcialmente.	Implica que os PIs foram aproveitados parcialmente.	1
SER	Satisfação com resultado	Implica que o resultado obtido foi satisfatório.	4
SMS	Satisfação melhora com melhor compreensão	Implica que a satisfação seria melhor caso a compreensão fosse melhor.	1
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	5
TIP	Tendência a Ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.	12
UCC	Utilizaria o método com condições	Utilizaria o método na condição de compreendê-lo melhor	1
MCR	Utilizaria o método com restrição	Implica que utilizaria o método somente se não houvesse ideia predefinida já solucionada.	1
UMF	Utilizaria método para projetar	Implica que utilizaria o método futuramente pra projetar.	1

## APÊNDICE I– CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 02/2º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 02 - Pnt02			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
CSE	Compreensão satisfatória da explanação	Implica que foi compreendido satisfatoriamente a explanação.	4
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	4
CIP	Condicionamento em ideia predefinida	Implica que existe um condicionamento em trabalhar a partir de ideia predefinida.	2
CLM	Compreensão limitada do método	Implica que houve compreensão limitada do método ou de seus conceitos.	2
CMP	Compreensão melhora com a prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhora com a frequência de uso.	1
CRB	Confusão na Relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que houve confusão com a relação da Biomimética e o método.	11
DAI	Dificuldade em aplicar método à ideia preconcebida	Implica que houve dificuldade em tentar aplicar método à ideia preconcebida.	1
DDP	Dificuldade com definição do problema	Implica na dificuldade de identificação do problema geral e específico.	1
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	4
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica na dificuldade em identificar os pares de conflitos	4
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	13
EFA	Experiência favorece pulo para Cos	Implica que com a experiência há uma tendência a identificação direta dos COs	3
EIP	Esforço para evitar ideias predefinidas	Implica que houve um esforço para evitar ideias predefinidas para a correta aplicação do método.	1
EMA	Empatia com assunto	Implica que se teve empatia inicial com assunto.	1
ERC	Ênfase na relação dos conceitos	Implica que se deve dar ênfase na relação Biomimética e BioTRIZ	3
FNC	Facilidade na definição dos conflitos	Implica que houve facilidade na definição dos conflitos.	2
FNP	Facilidade na definição das propriedades	Implica que houve facilidade na definição das propriedades e funções desejáveis e não desejáveis.	4
IAM	Inexperiência conduz a insegurança	Implica que a inexperiência conduz à insegurança na aplicação do método.	2
IEP	Inversão de etapas da problemática	Implica que a inversão entre as etapas na definição da problemática na aplicação do método dificulta o processo.	1
IGP	Inexperiência conduz ao agrupamento	Implica que a inexperiência com o método conduz a sua aplicação através do agrupamento de parâmetros.	1
IUM	Incerteza na utilização do método	Implica que há incerteza na utilização futura do BioTRIZ para projetar.	5
IPI	Incerteza na apropriação dos PIs	Implica na incerteza de que a solução se apropriou dos PIs.	1
MAC	Método valida ideia	Implica que o método auxilia na validação da ideia predefinida.	3
MAD	Método aumenta dificuldade	Implica na crença de que o método aumenta ou adiciona dificuldade na resolução do problema de projeto.	1
MCR	Utilizaria o método com restrição	Implica que utilizaria o método somente se não houvesse ideia predefinida já solucionada.	3
NUM	Não utilizaria o método	Implica que não utilizaria o BioTRIZ futuramente para projetar	1
PAC	PI aproveitado com consciência	Implica que houve consciência no aproveitamento dos PIs.	7
PNE	PIs não foram empregados na estrutura	Implica que os PIs não foram utilizados na estruturação da solução.	2

SDP	Dificuldade na subdivisão do problema	Implica que houve dificuldade na subdivisão do problema em partes.	1
SPI	Seleção de Pls sem seguir o método	implica que houve a seleção ou apropriação de Pois sem seguir os passos do método.	1
SPM	Satisfação parcial com resultado	Implica na satisfação parcial com as soluções geradas a partir do método.	3
TAM	Tentativa de aplicar o método à ideia predefinida	Implica que houve a tentativa de aplicar o método em ideia predefinida.	1
TIA	Tendência a ideia predefinida atrapalha	Implica que a tendência a ter ideia predefinida atrapalha a formalização da problemática.	5
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	5
TMR	Tentativa de manipulação de resultados	Implica que houve a tentativa de manipulação dos resultados.	3
UMF	Utilizaria método para projetar	Implica que utilizaria o método futuramente pra projetar.	2
UPM	Utilização parcial do método	Implica que é a favorável a utilização parcial do método.	1

## APÊNDICE J – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 03/2º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 03 - Pnt02			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Cont
CLM	Compreensão limitada do método	Implica que houve compreensão limitada do método ou de seus conceitos.	1
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	3
AMT	Aceitação do funcionamento método	Implica na aceitação do funcionamento do método.	8
CAF	Crença de que PI é aparente na forma	Implica que na crença de que o PI é aparente na forma da solução.	2
FIO	Conhecimento do Doador Biológico	Implica na necessidade de se conhecer a quais organismos biológicos pertencem os PIs.	5
CFR	Condicionantes foram respeitados	Condicionantes foram respeitados	4
CMT	Compreensão melhora com tempo	Implica que a compreensão tende a melhorar com tempo de experiência.	1
CNR	Condicionantes não respeitados	Implica que as soluções não atenderam aos condicionantes completamente.	2
CRB	Confusão na Relação Biomimética e BioTRIZ	Implica que houve confusão com a relação da Biomimética e o método.	5
DAA	Dificuldade em intenções abstratas	Implica que houve dificuldade de aplicar o BioTRIZ em um problema de projeto abstrato.	2
DAP	Dificuldade de transformação da ideia	Dificuldades de transformar a ideia predefinida através dos PIs.	1
DEI	Dificuldade em evitar fixação	Implica na dificuldade em evitar a fixação em ideia predefinida.	3
DGS	Dificuldade em gerar soluções	Implica na dificuldade em gerar soluções a partir dos PIs sugeridos pelo método.	1
DMT	Descontentamento com o método	Descontentamento ou ceticismo em relação ao método	2
DNC	Dificuldade nas consultas	Implica que houve dificuldade na seleção dos termos das ferramentas de consulta do método.	2
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica na dificuldade em identificar os pares de conflitos	2
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica na dificuldade de definição das propriedades e funções desejáveis e indesejáveis.	5
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	2
DSP	Dificuldade na seleção dos PIs	Implica que houve dificuldade na seleção dos PIs para a geração de ideias.	2
IGP	Inexperiência conduz ao agrupamento	Implica que a inexperiência com o método conduz a sua aplicação através do agrupamento de parâmetros.	1
IPG	Insatisfação com PIs genéricos	Implica que há uma insatisfação com a natureza genérica dos PIs	2
IUM	Incerteza na utilização do método	Incerteza quanto à futura utilização do método para projetar.	3
MAE	Método ajuda em problema estrutural	Implica que o método auxilia ou pode auxiliar na resolução de problemas estruturais.	4
MMT	Método muito trabalhoso	Implica que o método é muito trabalhoso.	1
NHD	Não houve dificuldade na Matriz e PIs	Implica que não houve dificuldade no uso da Matrix e identificação dos PIs	2
PAC	PI aproveitado com consciência	Implica que houve consciência no aproveitamento dos PIs.	5
PDA	Houve pouca dificuldade na aplicação	Implica que houve poucas dificuldades na aplicação do método.	1
SEA	Sequencia errada de aplicação	Implica que o método foi empregado em sequencia não adequada.	2
SER	Satisfação com resultado	Implica que o resultado obtido foi satisfatório.	1
TIM	Transformação da ideia predefinida	Transformação da ideia predefinida a partir do método.	3
TIP	Tendência a Ideia predefinida	Tendência a ter ideia prematura antes da aplicação do método.	3

## APÊNDICE K – CODIFICAÇÃO 2º NÍVEL (Grupos Focais 01, 02 e 03 / 2º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 01 - Pnt02															
CÓDIGO	TEMA														
DASSI	Dificuldades na assimilação	CRB	DCC	DCM	IDC	NCI									
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	AIC	CME	CMO	CMP	EIE									
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	ASC	CAD	DEI	DGE	DGS	DMT	DPA	DPC	DPF	DPR	IAM	IPD	IPI	MSG
CONP	Condicionamentos de projeto	CIP	CPR	TIP											
IRES	Interferências na aplicação do método	IAA	MRE	NCI											
FAPM	Formas de aplicação do método	MAC	MAI	MAP	MMO	TIM	MCR								
LICO	Limitações do conhecimento	DSC													
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP	EMF	MPI											
OCON	Outras constatações	EMA	AMF	AMT	CFE	FIP	PAC	PAP	RSA	SER	SMS	UMF			
Grupo Focal 02 - Pnt02															
CÓDIGO	TEMA														
DASSI	Dificuldades na assimilação	CLM	CRB	NCI											
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CMP	ERC												
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	DAI	DDP	DEI	DPC	DPR	EIP	IAM	IPI	MAD	SDP	TAM	TIA		
CONP	Condicionamentos de projeto	CIP													
IRES	Interferências na aplicação do método	IEP	TMR												
FAPM	Formas de aplicação do método	MAC	MCR	SPI	TIM										
LICO	Limitações do conhecimento														
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP													
OCON	Outras constatações	CSE	EFA	EMA	FNC	FNP	IGP	IUM	NUM	PAC	PNE	SPM	UMF	UPM	
Grupo Focal 03 - Pnt02															
CÓDIGO	TEMA														
DASSI	Dificuldades na assimilação	CLM	CRB												
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	CDB	CMT												
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	DAA	DAP	DEI	DGS	DNC	DPC	DPF	DPR	DSP					
CONP	Condicionamentos de projeto	TIP													
IRES	Interferências na aplicação do método	SEA													
FAPM	Formas de aplicação do método	MAE	TIM												
LICO	Limitações do conhecimento	FIO													
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP													
OCON	Outras constatações	AMT	CAF	CFR	CNR	DMT	IPG	IUM	MMT	NHD	PAC	PDA	SER	IGP	

**Obs.: os códigos sombreados de cinza atendem ao critério de pelo menos três ocorrências.**

## APÊNDICE L – CÓDIGOS, CATEGORIAS E MEMOS (Grupo Focal 01/3º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 01 - Pnt03			
CÓDIGO	CATEGORIA	MEMO	Nº
AGP	Agrupamento de parâmetros	Foi escolhido o agrupamento de parâmetros como caminho para atingir os Campos de Operação.	3
AMF	Aceitação do método como recurso	Implica na aceitação do método como outro recurso de projeto.	2
AMP	Autonomia melhora com a prática	Implica que a autonomia tende a aumentar com a prática.	3
CAP	Consciência do aproveitamentos de PIs	Implica que houve consciência do aproveitamento de PIs	7
CME	Compreensão melhora com exemplificação	Implica que a compreensão sobre aplicação do método melhora com a apresentação de exemplos.	1
CMO	Compreensão melhora com orientações	Implica que a compreensão melhorar com as orientações durante o exercício.	0
CMP	Compreensão melhora com prática	Implica que a compreensão sobre a aplicação do método melhorar com a prática.	8
DFP	Dificuldades são favorecidas pela falta de prática	Implica que as dificuldades são favorecidas pela falta de prática com o método	1
DGE	Dificuldade na transformação do geral em específico	Dificuldade em transformar conceitos abrangentes em soluções específicas.	2
DPC	Dificuldade nos pares de conflitos	Implica na dificuldade em identificar os pares de conflitos	4
DPF	Dificuldade nas funções e propriedades	Implica na dificuldade de definição das propriedades e funções desejáveis e indesejáveis.	2
DPR	Dificuldade com a problemática	Dificuldade em formalizar a problemática projetual.	7
EFU	Experiência favorece utilização do método	Implica na ideia de que a experiência projetual favorece no uso do método.	1
EXP	Experiência favorece pulo de etapas	Implica na crença de que a experiência favorece o pulo de etapas.	1
FIC	Facilidade na identificação de COs	Implica que não houve dificuldade na identificação dos COs	1
GSM	Geração de ideias a partir do método	Implica que a ideia surgiu a partir dos PIs sugeridos pelo método.	2
IDA	Inexperiência dificulta apropriação	Implica na ideia de que a inexperiência projetual dificulta na completa aplicação do método.	1
IME	Idéia modificada em função da execução	Implica que as soluções foram alteradas em função da execução.	10
IMR	Ideia modificada pela limitação de recursos	Implica que a limitação de recursos causou a modificação da ideia.	7
MAE	Método ajuda em problema estrutural	Implica que o método auxilia ou pode auxiliar na resolução de problemas estruturais.	1
PEA	Propriedades e Funções exigem atenção	Propriedades e Funções exigem atenção	1
SAP	Solução atendeu a proposição inicial	Implica que houve o entendimento de que a solução atendeu aos condicionantes da proposição inicial.	2
SER	Satisfação com resultado	Implica que o resultado obtido foi satisfatório.	4
SPM	Satisfação parcial	Implica na satisfação parcial com as soluções geradas a partir do método.	1
TAD	Temas abrangentes trás dificuldades	Implica que há dificuldade na formulação de problemas de temas abrangentes	2
TEF	Temas específico facilita a definição do problema	Implica que temas mais específicos facilitam a formulação do problema	1
UMF	Utilizaria método para projetar	Implica que utilizaria o método futuramente pra projetar.	3

## APÊNDICE M – CODIFICAÇÃO 2º NÍVEL (Grupo Focal 01 / 3º Pnt. de coleta)

Grupo Focal 01 - Pnt03																
CÓDIGO	TEMA															
DASSI	Dificuldades na assimilação															
FMCO	Formas de melhorar a assimilação	AMP	CME	CMO	CMP											
DAPM	Dificuldades na aplicação do método	DFE	DGE	DPC	DPF	DPR	IDA	TAD								
CONP	Condicionamentos de projeto															
IRES	Interferências na aplicação do método															
FAPM	Formas de aplicação do método	GSM	MAE													
LICO	Limitações do conhecimento															
EMFA	Etapas mais fáceis	AGP														
OCON	Outras constatações	AMF	CAP	EFU	EXP	FIC	IME	IMR	PEA	SAP	SER	SPM	TEF	UMF		

**Obs.: os códigos sombreados de cinza atendem ao critério de pelo menos três ocorrências.**

**ANEXOS**

## ANEXO A - OS 39 PARÂMETROS DE ALTSHULLER<sup>10</sup>

- 1 – PESO DO OBJETO EM MOVIMENTO** - A massa do objeto em um campo gravitacional. A força que o corpo exerce sobre o seu suporte, suspensão ou sobre a superfície que se apoia.
- 2 – PESO DO OBJETO PARADO** – Idem.
- 3 – COMPRIMENTO DO OBJETO EM MOVIMENTO** – qualquer dimensão linear, não necessariamente a maior.
- 4 - COMPRIMENTO DO OBJETO ESTACIONÁRIO** – Idem.
- 5 – ÁREA DO OBJETO EM MOVIMENTO** – Uma característica geométrica descrita pela parte de um plano fechado por linhas. A parte de uma superfície ocupada por um objeto. Ou a medida quadrada da superfície, tanto interna como externa de um objeto.
- 6 – ÁREA DO OBJETO PARADO** – Idem.
- 7 – VOLUME DO OBJETO PARADO** – A medida cubica do espaço ocupado por um objeto.
- 8 – VOLUME DO OBJETO EM MOVIMENTO** – Idem.
- 9 – VELOCIDADE** – velocidade de um objeto; taxa de um processo ou ação.
- 10 – FORÇA OU INTENSIDADE** – Inclui qualquer interação que se destina a alterar uma condição do objeto.
- 11 - TENSÃO OU PRESSÃO** - força por unidade de área.
- 12 – FORMA** – o contorno externo ou aparência de um sistema.
- 13 - ESTABILIDADE DA COMPOSIÇÃO DO OBJETO** - a totalidade ou integridade do sistema; a relação entre os elementos constituintes do sistema. Desgaste, decomposição química e a desmontagem são todas diminuições em termos de estabilidade. Aumento da entropia<sup>11</sup> implica na diminuição da estabilidade.
- 14 – RESISTÊNCIA** - a resistência à mudança em resposta à força; resistência à falha ou fratura.
- 16 - DURAÇÃO DA AÇÃO DO OBJETO EM MOVIMENTO** - o tempo para que o objeto possa executar a ação. O tempo médio entre falhas é uma medida de duração de uma ação. A vida útil. A durabilidade.
- 15 – DURAÇÃO DA AÇÃO DO OBJETO PARADO** - Idem
- 17 – TEMPERATURA** - a condição térmica do objeto ou sistema. Vagamente inclui outros parâmetros térmicos, como a capacidade de calor, que afetam a taxa ou mudança de temperatura.
- 18 – BRILHO** - fluxo de luz por unidade de área, brilho, qualidade da luz, etc.
- 19 – ENERGIA GASTA PELO OBJETO EM MOVIMENTO** – a medida da capacidade do objeto para fazer o trabalho; a energia necessária para fazer um trabalho - inclui o uso de energia fornecida pelo supersistema (por exemplo, térmica ou elétrica).
- 20 - ENERGIA GASTA PELO OBJETO PARADO** – Idem.
- 21 – POTÊNCIA** – a taxa de uso de energia ou trabalho. A taxa de tempo no qual o trabalho é realizado.
- 22- PERDA DE ENERGIA** - energia que não contribui para o trabalho que está sendo feito (ver 19 - redução da perda de energia as vezes, requer diferentes técnicas de melhorar o uso da energia, razão pela qual esta é uma categoria separada).

---

<sup>10</sup> Fonte: Craig (2008).

**23 – PERDA DE SUBSTANCIA** - parcial ou total, permanente ou temporária de alguns dos materiais de um sistema, substâncias, partes ou subsistemas.

**24 – PERDA DE INFORMAÇÃO** - parcial ou completa, permanente ou temporária, perda de dados ou o acesso a dados ou por um sistema. Inclui dados sensoriais, tais como aroma, textura, etc.

**25 – PERDA DE TEMPO** - a melhoria da perda de tempo significa reduzir o tempo necessário para a atividade.

**26 – QUANTIDADE DE SUBSTÂNCIA** - o número ou quantidade de materiais de um sistema, substâncias, peças ou subsistemas que pode ser alterado, total ou parcialmente, de forma permanente ou temporária.

**27 – CONFIABILIDADE** – a capacidade de um sistema para realizar suas funções pretendidas em formas e condições previstas.

**28 – PRECISÃO DE MEDIÇÃO** - a proximidade do valor medido com o valor real de uma propriedade de um sistema. Reduzir o erro na medição aumenta a precisão da medição.

**29 – PRECISÃO DE FABRICAÇÃO** – na medida em que as características reais do sistema ou objeto combinam com as características necessárias ou especificadas.

**30 – FATORES EXTERNOS INDESEJADOS ATUANDO NO OBJETO** – Quando danos externos afetam o objeto. Suscetibilidade de um sistema para efeitos externos prejudiciais.

**31 – FATORES INDESEJADOS CAUSADOS PELO OBJETO** – um efeito prejudicial é aquele que reduz a eficiência ou qualidade do funcionamento do objeto ou sistema. Esses efeitos são gerados pelo objeto ou sistema, como parte de sua operação.

**32 – MANUFATURABILIDADE** - o grau de facilidade, conforto ou de esforço na produção ou fabricação do objeto ou sistema.

**33 – CONVENIENCIA DE USO** - Simplicidade: um processo é difícil, se ele precisa de muitas operações, muitas pessoas, ferramentas especiais, tem baixo rendimento, ou é difícil de executar corretamente.

**34 – MANUTENÇÃO** - características de qualidade, como a conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar as falhas ou defeitos em um sistema.

**35 – ADAPTABILIDADE / VERSATILIDADE** - a medida em que um sistema ou um objeto responde positivamente às alterações externas. Além disso, um sistema que pode ser usado de várias maneiras em várias circunstâncias.

**36 – COMPLEXIDADE DO OBJETO** - O número e diversidade de elementos e inter-relações de elementos dentro de um sistema. O utilizador pode ser um elemento do sistema, que aumenta a complexidade. A dificuldade em dominar o sistema é uma medida de complexidade.

**37 – COMPLEXIDADE DE CONTROLE** – sistemas de medição ou monitoramento que são complexos, caros, requerem muito tempo e trabalho para configurar e usar, ou que têm relações complexas entre os componentes ou componentes que interferem uns com os outros, todos demonstram "dificuldade de detectar ou medir". Aumento do custo de medição a um erro satisfatório é também um sinal do aumento da dificuldade de medição.

**38 – NÍVEL DE AUTOMAÇÃO** - a medida em que um sistema ou objeto executa suas funções sem relação interface humana. O menor grau de automatização é o uso de uma ferramenta acionada manualmente. Para níveis intermediários, os seres humanos programam a ferramenta, observam seu funcionamento e interrompem ou reprogramam, conforme necessário. Para o nível mais

elevado, a máquina entende a operação necessária, se auto programa e monitora suas próprias operações.

**39 – CAPACIDADE / PRODUTIVIDADE** - o número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. O tempo para uma unidade de função ou operação. A saída por unidade de tempo, ou custo por unidade de produção. Fonte: Craig (2008); Kiataki (2004).

## ANEXO B – OS 40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS<sup>12</sup>

1. **Segmentação; fragmentação** - divida um objeto em partes independentes; torne-a seccionada ou possível de desmontar; Aumente o grau de fragmentação ou segmentação.
2. **Extração** - extraia do objeto a parte ou propriedade perturbadora; extraia do objeto somente a parte (ou propriedade) necessária.
3. **Qualidade local** – mude a estrutura, ação, ambiente, ou influência/impacto externo de um objeto de uniforme para não uniforme; faça diferentes partes do objeto realizarem diferentes funções; faça com que cada parte do objeto funcione nas condições mais adequadas à sua operação.
4. **Assimetria** – mude a forma ou propriedades do objeto de simétrica para assimétrica; mude sua forma para atender assimetrias externas (ex. propriedades ergonômicas); ou se é assimétrico aumente sua assimetria.
5. **Fusão; Consolidação** – aproxime objetos ou operações espaciais idênticas ou similares; torne-as contíguas ou paralelas.
6. **Universalidade** – faça com que o objeto exerça múltiplas funções; elimine a necessidade por outras partes; elimine movimentos intermitentes ou ociosos.
7. **Aninhamento** – coloque um objeto dentro do outro; coloque múltiplos objetos dentro de outros (ou funda-os); faça com que um passe (dinamicamente) através da cavidade do outro.
8. **Contrapeso** – compense o peso de um objeto associando-o a objetos que ofereçam levante (esforços contrários), ou faça-o interagir com o meio (aerodinâmica, flutuação, hidrodinâmica, etc.).
9. **Anti ação prévia; pré tensão** – promover ações preventivas para anteceder esforços daninhos conhecidos; pré tensão como mecanismo de resposta a esforços indesejáveis; Se um objeto estiver sob tensão, produza a antitensão antecipadamente.
10. **Ação prévia** – efetuar antecipadamente as mudanças necessárias a um objeto (total ou parcialmente); organize os objetos de maneira que possa agir da forma mais conveniente e sem perder tempo para sua prontidão.
11. **Amortecimento prévio** – prepare meios emergenciais para compensar baixa confiabilidade de objetos.
12. **Equipotência** – se um objeto deve ser elevado ou baixado, redesenhe o meio para eliminar essa necessidade, ou faça com que o meio efetue a tarefa.
13. **O outro caminho; Inversão** – inverta a ação usada para resolver o problema (em vez de resfriar um objeto aqueça-o); transforme partes móveis em partes fixas e vice versa (ou o ambiente externo); inverta o objeto ou processo.
14. **Esfericidade; curvatura** – substitua as partes retas de um objeto por partes curvas, de superfícies planas para esféricas, e de partes em forma de cubos (paralelepípedos) para estruturas arredondadas; Substitua um movimento linear por um movimento rotatório; utilize força centrífuga.

---

<sup>12</sup> Fonte: Craig (2008).

15. **Dinâmica** – mude o objeto para alcançar desempenho ótimo a cada estágio, faça-o adaptável; divida o objeto em partes capazes de movimentação uma em relação as outras; mude de imóvel para móvel; aumente os graus de liberdade de movimento.
16. **Ação parcial ou excessiva; abundancia** – se não pode alcançar 100% do efeito desejado, então busque mais ou menos.
17. **Transição para outra dimensão** – adicione dimensões, de 1D para 2D de 2D para 3D; vá de uma camada para múltiplas camadas; incline o objeto coloque-o de lado; use o outro lado do objeto; use a luz incidente sobre o quadro vizinho ou na lateral do quadro dado.
18. **Vibração mecânica** – oscile ou vibre o objeto; aumente a frequência; use vibração piezoelétrica em vez de vibração mecânica; combine osciladores eletromagnéticos e ultrassônicos.
19. **Ação periódica** – use ações periódicas ou pulsantes em vez de ações contínuas, se uma ação já é periódica mude a magnitude ou frequência do período; use pausas entre ações para realizar outras ações.
20. **Continuidade de ação útil** - dê continuidade aos trabalhos sem pausa; todas as partes do objeto devem operar a capacidade plena; elimine ociosidade e ações intermediárias.
21. **Aceleração** – conduza o processo ou estágios a velocidades elevadas (ex. ações destrutivas, prejudiciais, ou perigosas).
22. **Benção disfarçada; prejuízo em lucro** – usar fatores prejudiciais (inclusive do meio ambiente) para alcançar efeitos positivos; elimine a ação prejudicial adicionando-a a outra ação prejudicial para solucionar o problema; amplifique a ação prejudicial até que não seja mais útil.
23. **Retroalimentação** – introduza comentários que permitam retroação para melhorar a ação ou processo; se feedback já é utilizado altere sua magnitude, signo (vetor + ou -), ou influência em acordo com as condições operacionais.
24. **Intermediário; mediador** – use um artigo/objeto entregador intermediário ou processos intermediários; funda temporariamente objetos.
25. **Autosserviço** – um objeto deve auto servir-se, modificar-se, controlar-se, ou consertar-se. Use recursos de descarte (energia ou substância).
26. **Cópia; substituição** – substitua objetos complexos, indisponíveis, estranhos, fragmentados ou frágeis por cópias simplificadas e de baixo custo; substitua um objeto ou processo por cópias óticas ou imagens; no curso desta mudança aplique mudanças de escala (ampliação ou redução), se cópias óticas visíveis são utilizadas, mude para cópias infravermelhas ou ultravioletas.
27. **Objetos baratos e de vida curta** – substitua objetos caros por um múltiplo de objetos baratos ou descartáveis, que compensem certas qualidades como, vida útil.
28. **Substituição mecânica** – substituam sistemas mecânicos por sistemas sensoriais; substitua mecânica por ótica, acústica ou olfativo; aplique campos elétricos, eletromagnéticos e magnéticos para interação com o objeto. Parta de objetos estáticos para objetos dinâmicos; de objetos estáveis para objetos que mudam ao longo do tempo; de campos não estruturados para não estruturados; aplique campos em combinação com partículas ferromagnéticas.
29. **Pneumática e hidráulica** – use gases ou líquidos em substituição de partes sólidas; essas partes podem usar ar ou água para inflar ou usar ar ou amortecimentos hidrostáticos

- 30. Capsulas flexíveis e películas finas** – use envoltórias flexíveis em vez de estruturas tridimensionais; isole o objeto do seu ambiente usando membranas flexíveis.
- 31. Materiais porosos** – torne um objeto poroso ou adicione elementos porosos; se um objeto já é poroso, use os poros para introduzir substâncias ou funções úteis (impregne os poros com alguma substância).
- 32. Mudança de cor** – mude a cor ou transparência do objeto ou de seu ambiente; para melhorar a visibilidade de objetos de difícil visualização; adicione cores ou luminescências; mude as propriedades emissivas de um objeto sujeito a radiação térmica.
- 33. Homogeneidade** – objetos interagindo com o objeto principal devem ser do mesmo material (ou materiais com propriedades idênticas).
- 34. Descarte e recuperação** – após completarem suas funções (ou tornarem-se inúteis) rejeite o objeto, descarte-o, (dissolvendo ou evaporando) ou modificando durante o processo; restaure partes de objetos que sejam consumíveis ou consumidas durante o processo.
- 35. Mudança de parâmetros** – altere: estado físico (sólido, líquido, gasoso), concentração, densidade, grau de flexibilidade, temperatura, pressão ou outro parâmetro relevante.
- 36. Transição de fase** – use fenômenos de transição de fase (mudança de volume, liberação ou absorção e calor, ponto Curie, etc.)
- 37. Expansão térmica** – use a expansão ou contração térmica dos materiais; use materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica.
- 38. Oxidantes fortes; oxidação acelerada** – substitua o ar normal por ar enriquecido com oxigênio ou oxigênio puro; exponha o ar ou oxigênio à radiação ionizante; use oxigênio ionizado; substitua oxigênio ozonizado por ozônio; substitua ozônio por oxigênio não atômico.
- 39. Meios inertes; vácuo** – substitua o ambiente normal por ambientes inertes; adicione partes neutras ou aditivos inertes a um objeto; efetue o processo no vácuo.
- 40. Materiais compósitos** – mude de materiais uniformes e homogêneos para materiais compósitos (múltiplos)

## ANEXO C – AGRUPAMENTO DE PARÂMETROS NOS CAMPOS DE OPERAÇÃO<sup>13</sup>

<b>COISAS</b>	
<p><b>SUBSTÂNCIA</b> Adiciona, remove, muda propriedades de um material</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Peso do objeto em movimento &amp; do objeto parado (1, 2) Perda de substância (23) Quantidade de substância (26)</p>	<p><b>ESTRUTURA</b> Adiciona, remove, reagrupa partes estruturais</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Estabilidade da composição de um objeto (13) Precisão de fabricação (29) Manufaturabilidade (32) Complexidade do objeto (36)</p>
<b>FAZEM COISAS</b>	
<p><b>ENERGIA</b> Muda campo ou fonte de energia</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Força (10) Tensão ou pressão (11) Resistência (14) Temperatura (17) Brilho (18) Energia gasta pelo objeto em movimento &amp; objeto parado (19,20) Potência (21) Perda de energia (22)</p>	<p><b>INFORMAÇÃO</b> Muda interações ou ajuste de um sistema ou seus elementos</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Perda de informação (24) Confiabilidade (27) Precisão de medição (28) Fatores externos indesejados atuando no objeto (30) Fatores indesejados causados pelo objeto (31) Conveniência de uso &amp; manutenção (33, 34) Adaptabilidade (35) Complexidade de controle (37) Nível de automação (38)</p>
<b>EM ALGUM LUGAR</b>	
<p><b>ESPAÇO</b> Muda posição ou forma de sistemas ou partes destes</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Comprimento do objeto em movimento e do objeto parado (3,4) Área do objeto em movimento e do objeto parado (5,6) Volume do objeto em movimento e do objeto parado (7,8) Forma (12)</p>	<p><b>TEMPO</b> Muda a velocidade do processo ou ordem das ações</p> <p><b>PARÂMETROS</b> Velocidade (9) Duração da ação do obj. em movimento &amp; do obj. parado (15,16) Perda de tempo (25) Produtividade (39)</p>

<sup>13</sup> Fonte: Craig (2008).

ANEXO D – MATRIZ DE CONTRADIÇÕES DE TRIZ<sup>14</sup>

Resultado Indesejado	Característica a alterar												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado	Comprimento do objeto em movimento	Comprimento do objeto parado	Área do objeto em movimento	Área do objeto parado	Volume do objeto em movimento	Volume do objeto parado	Velocidade	Força	Tensão ou Pressão	Forma	Estabilidade da composição
1	Peso do objeto em movimento		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39
2	Peso do objeto parado			10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40
3	Comprimento do objeto em movimento	8, 15, 29, 34			15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34
4	Comprimento do objeto parado		35, 28, 40, 29			17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35
5	Área do objeto em movimento	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4			7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39
6	Área do objeto parado		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39					1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37		2, 38
7	Volume do objeto em movimento	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17			29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39
8	Volume do objeto parado		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14					2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40
9	Velocidade	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18
10	Força	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 35, 40, 34
11	Tensão ou Pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 25	10, 15, 35, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21		35, 33, 2, 40
12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	33, 1, 18, 4
13	Estabilidade da composição	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4
14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40
15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30		3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25
16	Duração da ação do objeto parado		6, 27, 19, 16		1, 10, 35				35, 34, 38				39, 3, 35, 23
17	Temperatura	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32
18	Brilho	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 3, 27
19	Energia gasta pelo objeto em movimento	12, 18, 28, 31		12, 28		15, 19, 25		35, 13, 18		8, 15, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29
20	Energia gasta pelo objeto parado		19, 9, 6, 27							36, 37			27, 4, 29, 18
21	Potência	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40
22	Perda de energia	15, 16, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38		14, 2, 39, 6
23	Perda de substância	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5
24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32			
25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17
26	Quantidade de substância	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14

<sup>14</sup> Fonte: Kiataki (2004).

Característica a alterar	Resultado Indesejado													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	Resistência	Duração da ação do objeto em movimento	Duração da ação do objeto parado	Temperatura	Brilho	Energia gasta pelo objeto em movimento	Energia gasta pelo objeto parado	Potência	Perda de energia	Perda de substância	Perda de informação	Perda de tempo	Quantidade de substância	
1	Peso do objeto em movimento	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35		6, 20, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31		12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31
2	Peso do objeto parado	28, 2, 10, 27		2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35		18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26
3	Comprimento do objeto em movimento	8, 35, 29, 34	19		10, 15, 19	32	8, 35, 24		1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4	Comprimento do objeto parado	15, 14, 28, 26		1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25			12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	
5	Área do objeto em movimento	3, 15, 40, 14	6, 3		2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32		19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13
6	Área do objeto parado	40		2, 10, 19, 30	35, 39, 38				17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4
7	Volume do objeto em movimento	9, 14, 15, 7	6, 35, 4		34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35		35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7
8	Volume do objeto parado	9, 14, 17, 15		35, 34, 38	35, 6, 4				30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3
9	Velocidade	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5		28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38		19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		18, 19, 29, 38
10	Força	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21		19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36
11	Tensão ou Pressão	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2		14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36
12	Forma	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22
13	Estabilidade da composição	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35
14	Resistência		27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27
15	Duração da ação do objeto em movimento	27, 3, 10			19, 35, 4, 35	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40
16	Duração da ação do objeto parado				19, 18, 36, 40				16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31
17	Temperatura	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39
18	Brilho	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19		32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19
19	Energia gasta pelo objeto em movimento	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18		19, 24, 3, 14	2, 15, 19			6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18
20	Energia gasta pelo objeto parado	35				19, 2, 35, 32					28, 27, 18, 31			3, 35, 31
21	Potência	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37			10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19
22	Perda de energia	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15			3, 38		35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25
23	Perda de substância	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31			15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24
24	Perda de informação		10	10		19			10, 19	19, 10			24, 26, 28, 32	24, 28, 35
25	Perda de tempo	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32		35, 38, 18, 16
26	Quantidade de substância	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	

Resultado Indesejado	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
	Confiabilidade	Preciso de medição	Preciso de fabricação	Fatores ext. indesejados atuando no objeto	Fatores indesejados causados pelo objeto	Manuturabilidade	Conveniência de uso	Manutenção	Adaptabilidade	Complexidade do objeto	Complexidade de controle	Nível de automação	Capacidade ou produtividade	
1	Peso do objeto em movimento	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Peso do objeto parado	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	Comprimento do objeto em movimento	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	Comprimento do objeto parado	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	Área do objeto em movimento	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	Área do objeto parado	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	Volume do objeto em movimento	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	Volume do objeto parado	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	Velocidade	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	Força	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 1, 28, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	Tensão ou Pressão	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37, 1	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12	Forma	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	Estabilidade da composição		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	Resistência	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15	Duração da ação do objeto em movimento	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	Duração da ação do objeto parado	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	10, 20, 16, 38
17	Temperatura	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	Brilho		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	Energia gasta pelo objeto parado	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6
21	Potência	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	Perda de energia	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 22, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	Perda de substância	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	Perda de informação	10, 28, 23			22, 10, 1	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15
25	Perda de tempo	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	Quantidade de substância	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27

Resultado Indesejado		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado	Comprimento do objeto em movimento	Comprimento do objeto parado	Área do objeto em movimento	Área do objeto parado	Volume do objeto em movimento	Volume do objeto parado	Velocidade	Força	Tensão ou Pressão	Forma	Estabilidade da composição
27	Confiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	
28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13
29	Precisão de fabricação	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18
30	Fatores ext. indesejados atuando no objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39
32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27, 1	11, 13, 1
33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30
34	Manutenção	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35
35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14
36	Complexidade do objeto	26, 30, 34, 36	2, 36, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 25, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19
37	Complexidade de controle	27, 26, 28, 13	6, 13, 16, 17, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 15, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30
38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1
39	Capacidade ou produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	17, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39

Resultado Indesejado		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Resistência	Duração da ação do objeto em movimento	Duração da ação do objeto parado	Temperatura	Brilho	Energia gasta pelo objeto em movimento	Energia gasta pelo objeto parado	Potência	Perda de energia	Perda de substância	Perda de informação	Perda de tempo	Quantidade de substância
27	Confiabilidade	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3
28	Precisão de medição	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32
29	Precisão de fabricação	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2		32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30
30	Fatores ext. indesejados atuando no objeto	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1
32	Manufaturabilidade	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24
33	Conveniência de uso	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35
34	Manutenção	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16		15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25
35	Adaptabilidade	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15
36	Complexidade do objeto	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10
37	Complexidade de controle	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 24, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 13, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18
38	Nível de automação	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13		28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13
39	Capacidade ou produtividade	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38

Resultado Indesejado		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		Confiabilidade	Precisão de medição	Precisão de fabricação	Fatores ext. indesejados atuando no objeto	Fatores indesejados causados pelo objeto	Manufaturabilidade	Conveniência de uso	Manutenção	Adaptabilidade	Complexidade do objeto	Complexidade de controle	Nível de automação	Capacidade ou produtividade
27	Confiabilidade		32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Precisão de medição	5, 11, 1, 23			28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	Precisão de fabricação	11, 32, 1			26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	Fatores ext. indesejados atuando no objeto	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18			24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Fatores indesejados causados pelo objeto	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26							19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Manufaturabilidade		1, 35, 12, 18		24, 2			2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Conveniência de uso	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12		12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Manutenção	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15		7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptabilidade	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4		15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Complexidade do objeto	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37		15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Complexidade de controle	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28		34, 21	35, 18
38	Nível de automação	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25		5, 12, 35, 26
39	Capacidade ou produtividade	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	