



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Florence Endres Chechi

**METODOLOGIA PARA O DESIGN DE SUPERFÍCIE VISANDO À ESTÉTICA E AO
CONFORTO NO DESIGN DE PRODUTO**

Tese de Doutorado

Porto Alegre

2021

FLORENCE ENDRES CHECHI

Metodologia para o design de superfície visando à estética e ao conforto no design de produto

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Design.

Orientador: Prof. Dr. Joyson Pacheco

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Cechi, Florence

METODOLOGIA PARA O DESIGN DE SUPERFÍCIE VISANDO À
ESTÉTICA E AO CONFORTO NO DESIGN DE PRODUTO / Florence
Cechi. -- 2021.

144 f.

Orientador: Joyson Luiz Pacheco.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Design. 2. Métodos de design. 3. design de
superfícies. I. Pacheco, Joyson Luiz, orient. II.
Título.

Florence Endres Chechi

**METODOLOGIA PARA O DESIGN DE SUPERFÍCIE VISANDO À ESTÉTICA E AO
CONFORTO NO DESIGN DE PRODUTO**

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 28 de maio de 2021.

Prof. Dr. Fábio Pinto da Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco**

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC - UFRGS

Prof. Dr. Heraldo Jose de Amorim

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC - UFRGS

Prof. Dr. Éverton Amaral

Departamento de Design e Expressão Gráfica - DEG - UFRGS

Prof. Dr. Flávio José Lorini

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC - UFRGS

Prof. Dr. Julio Van Der Linden

Departamento de Design e Expressão Gráfica - DEG - UFRGS

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), aos meus amigos, professores e familiares que me ajudaram nesta etapa muito importante.

RESUMO

CHECHI, F. E. **Metodologia para o design de superfície visando à estética e ao conforto no design de produto**. 2021. 150 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Este trabalho objetiva desenvolver uma pesquisa exploratória sobre métodos para o design de produto, orientados principalmente ao design de superfícies, com o intuito de otimizar produtos e direcionar soluções com possibilidades de tratamento superficial que sejam tecnicamente adequadas, foquem o usuário e atendam a necessidades como efeito estético, ergonômico e funcional. Assim, a ênfase consiste em testar metodologias e métodos a fim de obter uma melhora nos produtos por meio de sua topologia superficial, importante interface de contato com o usuário. Para isso, foram analisados diversos produtos presentes no dia a dia dos usuários que, devido ao tamanho e à função, requerem intenso manuseio. A análise também levou em consideração os resultados que a aplicação da configuração de métodos apresentou ao ser empregada por um grupo de projetistas da área do Design durante o projeto de produtos. Além disso, procedeu-se a uma análise do estado da arte dos métodos do design de superfície capazes de tipificar e caracterizar problemas que envolvam falhas e oportunidades na topologia de produtos. Assim, foi possível, sobretudo por meio da teoria da solução inventiva de problemas (TRIZ), identificar, mapear e selecionar atributos relevantes para a configuração de soluções específicas, obtendo uma proposição de configuração tecnicamente adequada. A partir dos resultados desta pesquisa, acredita-se que o uso da combinação híbrida de métodos possa contribuir para o meio acadêmico e profissional, subsidiando o campo de estudos metodológicos do Design, de modo que projetistas, designers e engenheiros possam atuar na configuração de soluções específicas para as necessidades superficiais de produtos, tornando-os mais eficientes, confortáveis e estéticos.

Palavras-chave: Ergonomia. Design de superfícies. Métodos projetuais.

ABSTRACT

CHECHI, F. E. **Methodology for Surface Design aiming at aesthetics and comfort in Product Design**. 2021. 150 f. Dissertation (Doctorate in Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

This work aimed to develop an exploratory research on methods for product design, mainly oriented to surface design in order to optimize products and direct solutions with technically adequate surface treatment possibilities, focused on the user and meeting needs as an aesthetic effect, ergonomic and functional. The emphasis was on testing methodologies and methods in order to improve the products through their surface topology, an important interface for contact with the user. For the research, several products used in the daily lives of users were first analyzed, which due to their size and function provide intense handling. The analysis also occurred through the results that the application of the configuration of methods presented when used by a group of designers from the design area during the product design. This research required an analysis of the state of the art of surface design methods capable of typifying and characterizing problems involving failures and opportunities in product topology. Afterwards to identify, map and select relevant attributes for the configuration of specific solutions, obtaining a proposal of technically adequate configuration, one of the main methodologies used for this deployment was TRIZ. It is expected as a result of this research that the use of the hybrid combination of methods can contribute to the academic and professional environment, subsidizing the field of methodological design studies, designers, designers and engineers in the configuration of specific solutions for the surface needs of products, making -the most efficient, comfortable and aesthetic.

Palavras-chave: Ergonomics. Surface design. Project methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmide de Maslov adaptada	19
Figura 2 – Detalhamento de soluções	21
Figura 3 – Soluções de problemas com princípios inventivos	34
Figura 4 – Sistema clássico da TRIZ de contradição	36
Figura 5 – TRIZ em comparação com a abordagem da solução convencional	39
Figura 6 – Ferramenta buril	41
Figura 7 – Ferramenta caneta mandril	42
Figura 8 – Ferramenta alicate universal	43
Figura 9 – Ferramenta chave de fenda ponta chata	44
Figura 10 – Ferramenta talhadeira	45
Figura 11 – Ferramenta espátula	46
Figura 12 – Utilização de um buril	51
Figura 13 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta buril	51
Figura 14 – Utilização de uma caneta mandril	52
Figura 15 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta caneta mandril	52
Figura 16 – Utilização de um alicate	53
Figura 17 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta alicate	53
Figura 18 – Utilização de uma chave de fenda	54
Figura 19 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta chave de fenda	54
Figura 20 – Utilização de uma talhadeira	55
Figura 21 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta talhadeira	55
Figura 22 – Utilização de uma espátula	56
Figura 23 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta espátula	56
Figura 24 – Fluxograma de etapas	61
Figura 25 – As quatro fases do QFD	69
Figura 26 – Projeto CEROM sobre o redesenho de uma faca de desossa	72
Figura 27 – Ilustração do desenho da lâmina removível com cabo bimaterial	77
Figura 28 – Fluxograma de classificação de pesquisa	78
Figura 29 – Fluxograma funcional comparativo entre os principais métodos	80

Figura 30 – Combinação dos métodos por meio da justaposição de etapas	81
Figura 31 – Fluxograma geral da combinação híbrida de métodos	82
Figura 32 – Etapa: partes do produto	84
Figura 33 – Primeira matriz do QFD estruturada quanto ao contato com o usuário	85
Figura 34 – Etapa: verificação de contato homem-produto	85
Figura 35 – Abstração e aplicação da TRIZ	86
Figura 36 – Etapa: seleção de parte de contato	86
Figura 37 – Formulação do problema em termos de contradições	88
Figura 38 – Etapa: formulação do problema genérico	89
Figura 39 – Processo de desenvolvimento da matriz das contradições do método proposto	92
Figura 40 – Imagem capturada durante a aula online de apresentação do método	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros de engenharia utilizados para construir a matriz de contradições	47
Quadro 2 – Exemplificação de matriz de contradições	48
Quadro 3 – Seção da matriz original da TRIZ	48
Quadro 4 – Lista de princípios inventivos	49
Quadro 5 – Matriz de contradições da ferramenta buril	58
Quadro 6 – Matriz de contradições da ferramenta caneta mandril	58
Quadro 7 – Matriz de contradições da ferramenta alicate	59
Quadro 8 – Matriz de contradições da ferramenta chave de fenda ponta chata	59
Quadro 9 – Matriz de contradições da ferramenta talhadeira	60
Quadro 10 – Matriz de contradições da ferramenta espátula	60
Quadro 11 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta buril	62
Quadro 12 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta caneta mandril	63
Quadro 13 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta alicate	64
Quadro 14 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta chave de fenda ponta chata	65
Quadro 15 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta talhadeira	66
Quadro 16 – <i>Brainstorming</i> da ferramenta espátula	67
Quadro 17 – Matriz “casa de qualidade”	71
Quadro 18 – Experiência do usuário com facas	75
Quadro 19 – Parâmetros que compõem a matriz das contradições	93
Quadro 20 – Descrição de cada parâmetro que compõe a matriz adaptada	94
Quadro 21 – Princípios inventivos que compõem a matriz adaptada	96
Quadro 22 – Descrição de princípios inventivos que compõem a matriz adaptada	97
Quadro 23 – Matriz desenvolvida pelo grupo 1	113
Quadro 24 – Matriz desenvolvida pelo grupo 2	114
Quadro 25 – Matriz desenvolvida pelo grupo 3	114
Quadro 26 – <i>Brainstorming</i> desenvolvido pelo grupo 1	115
Quadro 27 – <i>Brainstorming</i> desenvolvido pelo grupo 2	116
Quadro 28 – <i>Brainstorming</i> desenvolvido pelo grupo 3	117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise de dados do primeiro bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 1	120
Gráfico 2 – Análise de dados do primeiro bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 2	120
Gráfico 3 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 1	121
Gráfico 4 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 2	121
Gráfico 5 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 3	122
Gráfico 6 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 4	122
Gráfico 7 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 5	123
Gráfico 8 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 6	123
Gráfico 9 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 7	124
Gráfico 10 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 8	124
Gráfico 11 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 9	125
Gráfico 12 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 10	125
Gráfico 13 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 11	126
Gráfico 14 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 12	126
Gráfico 15 – Análise de aprovação e rejeição considerando a totalidade de respostas do segundo bloco do questionário de avaliação da combinação de métodos	127

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARIZ	Algoritmo para Resolução de Problemas Inventivos
CBC	Comitê Brasileiro de Certificação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Especificações Geométricas do Produto
GSA	General Services Administration
HoQ	Casa da Qualidade
ICSID	International Council Design of Societies of Industrial Design
INMETRO	Instituto Brasileiro de Normas Técnicas
ISO	International Organization for Standardization
PBD	Programa Brasileiro de Design
PIS	Pensamento Inventivo Sistematizado
QD	Desdobramento da Qualidade
QFD	Desdobramento da Função Qualidade
QFD _r	Desdobramento da Função Qualidade no Sentido Restrito
SEBRAE-RS	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul
SENAI-RS	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul
TRIZ	Teoria da Solução Inventiva de Problemas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
WBCSD	Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA	17
1.2 HIPÓTESE	17
1.3 OBJETIVO GERAL	17
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA	18
1.5 JUSTIFICATIVA	19
1.6 ESTRUTURA DA TESE	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 DESIGN DE SUPERFÍCIES, TEXTURAS E TOPOLOGIA	24
2.2 AS TEXTURAS E A PERCEPÇÃO	26
2.3 ARTE E TECNOLOGIA, VALOR ERGONÔMICO E COMPETITIVIDADE	31
3 A METODOLOGIA DA TRIZ	33
4 ESTUDO DE CASO DA METODOLOGIA TRIZ APLICADA	41
4.1 GRUPOS DE FERRAMENTAS DE ALTA PRECISÃO	41
4.2 GRUPO DE FERRAMENTAS DE MÉDIA PRECISÃO	42
4.3 GRUPO DE FERRAMENTAS DE BAIXA PRECISÃO	44
4.4 COMBINAÇÕES E MATRIZES UTILIZADAS PARA APLICAÇÃO DA TRIZ	46
4.5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ	49
4.6 RESULTADO DAS MATRIZES DE CONTRADIÇÃO NO ESTUDO DE CASO	57
4.7 AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES NO ESTUDO DE CASO	62
5 A FERRAMENTA QFD	69
6 METODOLOGIA	78
7 FLUXOGRAMA DA COMBINAÇÃO HÍBRIDA DE MÉTODOS	82
7.1 A FASE “PARTES DO PRODUTO”	83
7.2 A FASE “VERIFICAÇÃO DE CONTATO HOMEM-PRODUTO”	84
7.3 A FASE “SELEÇÃO DA PARTE DE CONTATO”	86
7.4 A FASE “OUVIR PROBLEMAS CONCRETOS DE PARTE ESPECÍFICA”	87
7.5 A FASE “FORMULAÇÃO DO PROBLEMA GENÉRICO”	88
7.6 A FASE “FORMULAÇÃO DE SOLUÇÃO GENÉRICA”	90
7.7 A FASE DE “UTILIZAÇÃO DA MATRIZ BASE”	91
7.8 A FASE “SOLUÇÕES ESPECÍFICAS”	92

7.9 A FASE “ANÁLISE DE DADOS E EFICIÊNCIA”	100
7.10 A FASE “PLANEJAMENTO DE PROCESSOS”	101
7.11 A FASE “PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO E FABRICAÇÃO”	101
7.12 A FASE “ANÁLISE, DEFINIÇÃO, ADEQUAÇÃO, ELABORAÇÃO, FUNÇÃO, ESTRUTURA E CONFIGURAÇÃO”	102
7.13 A FASE “PROJETO DETALHADO: DESCRIÇÃO E DESENHOS TÉCNICOS”	104
7.14 A FASE “DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS”	105
7.15 A FASE “DESENVOLVIMENTO DE PEÇA DE AMOSTRA”	106
7.16 A FASE “GRADUAÇÃO E CÁLCULO DE INSUMOS”	107
7.17 A FASE “SOLUÇÃO E APRENDIZADO”	108
8 EXPERIMENTAÇÃO DA COMBINAÇÃO HÍBRIDA DE MÉTODOS	110
8.1 DESENVOLVIMENTO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	111
8.1.1 Primeira etapa	111
8.1.2 Segunda etapa	112
8.1.3 Terceira etapa	115
8.1.4 Quarta etapa	117
8.2 ANÁLISE DE DADOS	118
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	131
ANEXO A – MATRIZ INTEGRADA AO MÉTODO TRIZ	140
ANEXO B – MATRIZ INTEGRADA AO MÉTODO ADAPTADO	141
ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS	142

1 INTRODUÇÃO

O design de superfícies pode ser um fator decisivo na melhoria do padrão ergonômico e estético dos mais variados produtos. Contudo, não se tem conhecimento de um método ou metodologia específica que encontre formas de melhorar produtos por meio de suas áreas de contato, isto é, por meio das superfícies.

Além disso, as superfícies das ferramentas impactam diretamente as pessoas que produzem movimentos repetitivos em seu trabalho com o manuseio de ferramentas. O contato direto com a pele, por exemplo, não é questionado por nenhum tipo de metodologia específica que procure encontrar formas de amortecer ou aliviar o impacto desses produtos mediante o estudo de suas superfícies.

O “Design de Superfície” tem, como atividade técnica e criativa, o objetivo de criar texturas visuais e/ou tácteis, projetadas especificamente para a constituição e o tratamento de superfícies, apresentando soluções estéticas e funcionais adequadas aos diferentes materiais e processos de fabricação artesanal e industrial (RÜTHSCHILLING, 2008, p. 32).

As superfícies podem proporcionar efeitos técnicos e estéticos a um produto. Conforme descrito por Halling (1985 *apud* STOKES, 1999), a engenharia de superfície pode ser definida como o ramo da ciência que lida com as formas para atingir os requisitos da superfície desejada e seu comportamento em serviço. Normalmente, enquanto a superfície de qualquer componente não ligado à engenharia pode ser selecionada com base na textura e cor, as superfícies técnicas, ligadas à área da engenharia, devem executar funções complexas e eficazes sob várias condições.

Pelo ponto de vista estético, o processo de projeção de superfícies exige alguns requisitos fundamentais, tais como: a) conhecimento sobre o material a que se destina o projeto; b) método de impressão ou aplicação a ser utilizado; c) domínio no desenvolvimento de módulos do desenho, repetições e encaixes; d) compreensão do processo produtivo que será empregado no desenvolvimento de tal superfície; e) domínio sobre as diferentes superfícies e suas funções; f) noções de ergonomia; e g) conhecimento amplo da população a que o objeto será

destinado. Além desses requisitos, há a necessidade de atualização constante com vistas a atender às questões sociais, políticas, econômicas e ambientais (ARAÚJO, CASTRO, 1984).

Desse modo, o profissional que atua nessa área precisa exercitar seu olhar para as diferentes possibilidades criativas que podem surgir diante dele, sempre observando e registrando (com desenhos, colagens, fotografias e vídeos) o que lhe instiga o ato de criar. É nesse ato de criar que se coloca o profissional designer enquanto sujeito pensante da criação ou do desenvolvimento de uma superfície específica para determinado produto ou serviço. Tal profissional deve ser capaz de prever a funcionalidade dos serviços de ferramentas ou produtos, otimizando o que chamamos de design de superfícies funcionais.

Vistas não apenas como estéticas, as superfícies funcionais otimizam processos e produtos, melhorando funcionalidades e garantindo a integridade física ergonômica dos usuários. Em outras palavras, o design de superfície efetiva-se a partir do mapeamento de todas as características que serão aplicadas a determinado revestimento por intermédio de pesquisa sobre as melhores soluções criativas, estéticas, funcionais, econômicas, empresariais etc. Tendo isso em vista, Araújo e Castro (1984) afirmam que o desenho de superfície não pode ser considerado um simples “embelezamento”, pois coloca os fatores estéticos em conformidade com os fatores econômicos e técnicos que determinam as características finais do produto, tornando-o, assim, adequado ao desempenho das funções que dele se espera.

Com o avanço tecnológico, os produtos necessitam ser cada vez mais eficientes e ergonômicos. Segundo Bessant e Tidd (2009), isso ocorre em decorrência de um cenário onde o custo é fator importante na decisão de investir ou não, considerando que a eficiência de determinado produto é o que pode elucidar ou justificar um investimento. Tendo isso em vista, neste trabalho, objetiva-se desenvolver uma combinação híbrida de métodos de trabalho para o design de superfícies, com o intuito de otimizar produtos e direcionar soluções com possibilidades de tratamento superficial tecnicamente adequadas, atendendo a necessidades como efeito estético, ergonômico e funcional.

Para isso, mediante o mapeamento de problemas e características, busca-se desenvolver uma hierarquização das variáveis e identificar requisitos para

gerar soluções na proposição de diferentes topologias superficiais. Adaptando-se ao fator funcional, estético e ergonômico dos produtos, a ênfase está na análise de produtos e na aplicação de uma combinação de métodos trabalhados, a fim de desenvolver uma inovação metodológica necessária e específica que garanta os requisitos básicos para aceitação de um produto pelo consumidor.

Segundo Yusuke, Mizuno e Umeda (2020), em 2050, por exemplo, acredita-se que a indústria transformadora será confrontada com várias críticas e restrições relativas a questões como crescimento populacional global, crescimento econômico e mudanças climáticas. Essas críticas exigem ainda mais cuidados técnicos a serem incluídos na prototipagem dos produtos que hoje vêm sendo produzidos, principalmente os produtos ligados ao trabalho manual feito pelo empregador.

Ao encontro disso, nesta investigação, procura-se analisar o estado da técnica e da estrutura de métodos já consolidados e complexos para a inventividade do design e para a manutenção da função e do controle de qualidade de produtos. Objetiva-se, portanto, tipificar e caracterizar problemas que envolvam a prototipagem desses produtos e que, por consequência, possam oferecer danos a suas superfícies, selecionando, posteriormente, atributos relevantes para a configuração de soluções específicas.

Para tanto, são utilizados métodos já consolidados pela teoria da solução inventiva de problemas (TRIZ) e pelo desdobramento da função qualidade (QFD), tendo em vista os problemas técnicos de um produto, o fator de qualidade e as necessidades do cliente. A TRIZ, uma metodologia geralmente empregada na resolução de problemas inventivos, consiste em um método estruturado e sistemático de pensamento criativo, fundamentado no mapeamento de conhecimentos técnico-científicos (bancos de patentes/estado da arte) usados na geração de soluções para problemas complexos.

Acredita-se, assim, que o uso da combinação híbrida de métodos possa subsidiar uma configuração de soluções específicas para as necessidades de superfície e de ergonomia de produtos. Na contemporaneidade, a ergonomia como elemento visual estético e funcional, juntamente com a tecnologia, redimensiona o contexto de criação, favorecendo o desenvolvimento de

superfícies e a projeção destas em objetos que têm por função a identificação com as pessoas.

Dessa maneira, este é um trabalho de pesquisa qualitativa em Design e Tecnologia, cujo tema se aproxima também da área da engenharia. Apesar de contar com algumas atividades desenvolvidas normalmente por engenheiros, esta investigação está inserida na área de Ciências Sociais aplicadas, abordando principalmente a caracterização e o desenvolvimento do projeto de produto. Por esse motivo, busca-se tratar o tema com assertividade, sem um aprofundamento técnico na área de engenharia, mas enfatizando sua necessidade para a especificação de um método projetual focado e eficiente para área do design de superfícies.

1.1 PROBLEMA

A procura de melhor ergonomia e efeito estético por meio das superfícies para produtos é uma realidade em expansão em todo o mundo. Diante da inovação de um produto, assim como de tantas possibilidades projetuais, o problema que guia esta investigação é: como a pesquisa científica com base no design de superfícies e na ergonomia pode proporcionar uma combinação híbrida de métodos adaptada que procure solucionar problemas de ergonomia e conforto por meio das superfícies?

1.2 HIPÓTESE

Com o estudo das variáveis investigadas em conjunto com o design, é possível desenvolver uma configuração de métodos que, mediante soluções para cada tipo de produto, promova uma melhora ergonômica e de usabilidade aos produtos por meio de uma mudança em sua topologia superficial.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa consiste em desenvolver uma combinação híbrida de métodos para o design de superfícies, tipificando e caracterizando

problemas que envolvam o tema, bem como identificando, mapeando e hierarquizando atributos relevantes para a configuração de soluções específicas por meio de ferramentas de qualidade como a TRIZ e o QFD e, assim, gerando e relacionando configurações tecnicamente adequadas. Ademais, busca-se mapear o potencial de problemas a fim de envolver o design de superfície e usabilidade, analisando e selecionando produtos e criando um banco de dados com soluções para projetos.

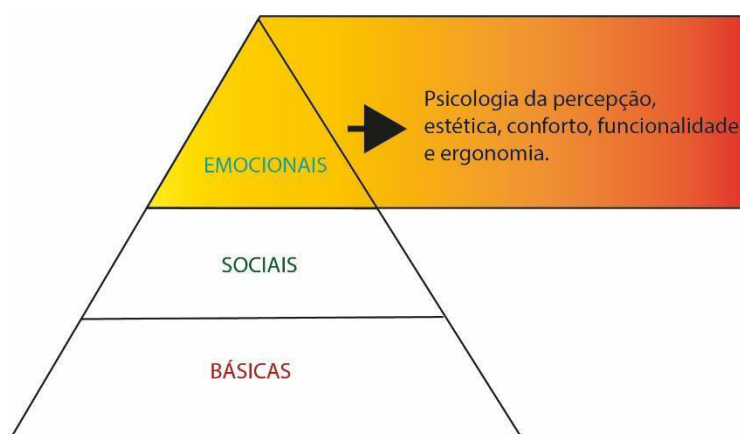
Objetiva-se, assim, promover a adaptação de métodos dentro da metodologia TRIZ, evidenciando as possibilidades tecnológicas de configuração para a aplicação indicada. Igualmente, busca-se adaptar a ferramenta QFD para selecionar, hierarquizar e listar requisitos para casos específicos de design de superfície e ergonomia. A partir disso, almeja-se otimizar produtos via o tratamento de sua forma e superfície, bem como testar a configuração de métodos adaptados junto a um grupo de educandos do curso de graduação em Design de Produto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta pesquisa qualitativa utiliza como métodos de base a TRIZ, o QFD e outros procedimentos consagrados e eficazes no campo do Design, escolhidos para desenvolver uma combinação híbrida de metodologias, visando à análise e seleção de problemas ergonômicos de superfície ou de conforto em produtos. A partir dessa combinação, busca-se encontrar uma forma de melhorar os produtos testados em relação ao uso.

De acordo com Maslov (1943), as necessidades humanas organizam-se em uma hierarquia de pré-potência, de forma que a aparição de uma necessidade depende da satisfação de outra anterior, mais preponderante. Como exemplo, um ser humano privado de alimento, segurança, amor e estima provavelmente sentirá mais fome do que qualquer outra necessidade. A seguir, na Figura 1, é apresentada uma pirâmide de Maslov adaptada, que contém apenas três partes das cinco que a compõem. Essas três partes que se relacionam diretamente com o projeto são: sociais, emocionais e básicas de vida.

Figura 1 – Pirâmide de Maslov adaptada



Fonte: adaptada de Maslov (1943).

Nesta pesquisa, foram focalizadas as partes emocionais por se relacionarem à psicologia da percepção, à estética, ao conforto, à funcionalidade e à ergonomia de elementos que facilitam a nossa vida. Salienta-se, ainda, que, embora objetivar o topo da pirâmide de Maslov não coloque em risco as pessoas diretamente, como no caso da base da pirâmide, todas as partes se relacionam e dependem uma da outra para que haja a satisfação completa.

1.5 JUSTIFICATIVA

A proposta desta pesquisa consiste em desenvolver um método que empregue o design de superfícies e a ergonomia, valorizando sua importância enquanto elemento funcional. Tal proposta parte da valorização da percepção dos produtos, compreendendo as texturas como parte dos processos de fabricação e prototipagem e entendendo a necessidade de melhorar o controle de funcionalidades como rigidez, flexibilidade, semiótica, efeitos ambíguos, percepções e sensações como quente e frio.

Na configuração dos métodos pensada neste estudo, há uma preocupação com o usuário, voltada a uma nova e relevante abordagem na área das superfícies funcionais e estéticas, uma vez que as superfícies devem ser funcionais. Nessa perspectiva, é importante promover simplicidade de uso, eficiência e energia, sem treinamento exigente e sem interrupções por falhas de funcionalidade. Da mesma forma, a ergonomia fina do produto deve atender a questões como conforto físico

e psicológico, pouco esforço e fadiga física ou mental e manutenção de sensibilidade tátil.

Tendo isso em vista, o tema da presente investigação fornece suporte ao design de superfície aliado ao conforto ergonômico. Além disso, colabora para o desenvolvimento de produtos diferenciados, buscando novos recursos de criação em tratamento de formas e superfícies.

É preciso considerar, também, que obras criadas por artistas contemporâneos se utilizam de temas e percepções que, por vezes, visam abordar a tecnologia e os produtos inseridos na linguagem do inconsciente e do simbólico. O intuito da arte contemporânea e tecnológica é, como qualquer arte, causar alguma reação no observador, aproximando-o de experiências e fazendo com que olhe a si mesmo através da arte. Ao encontro disso, acredita-se ser relevante observar o tema da arte e da tecnologia como elemento de mediação das nossas relações com os produtos e com o mundo, motivo pelo qual este estudo propõe uma combinação híbrida de métodos para elaboração de superfícies de produtos com base na criatividade e na percepção. Assim, parte-se de uma percepção ativa referente aos valores estéticos e funcionais, valorizando, modificando e reconstituindo referências visuais em objetos de uso comum e específico.

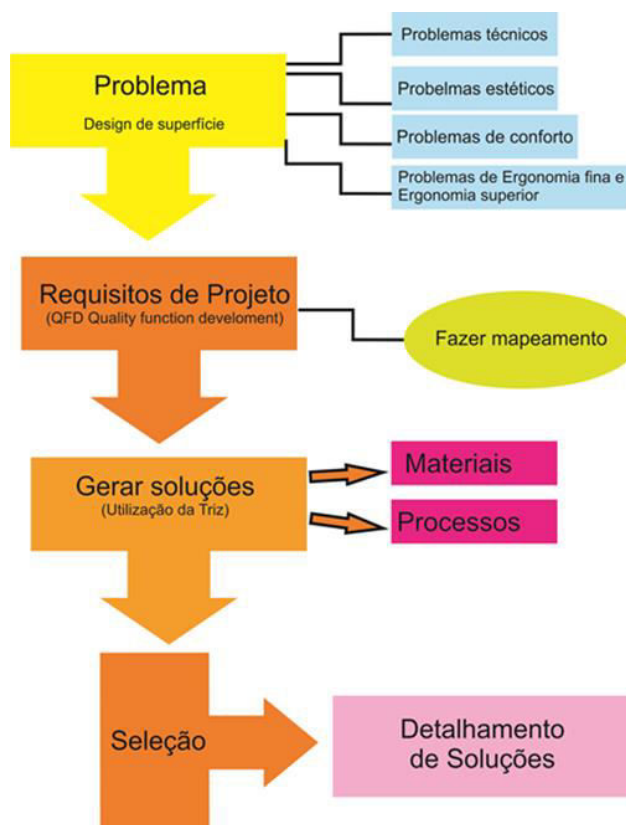
Nesse sentido, esta pesquisa espera contribuir com a instituição formadora e a comunidade acadêmica, bem como possibilitar um maior aprofundamento acerca dos processos de design de superfícies e ergonomia. Para atender aos objetivos em questão, este estudo conta com três etapas iniciais, sendo a primeira de escolha dos produtos, selecionados a partir de uma avaliação metodológica que visa buscar produtos que possam oferecer uma máxima exploração das suas topologias, observando-se aspectos como utilização, precisão, função e, principalmente, contato direto com o usuário.

Na segunda etapa, são realizadas avaliações aplicando a metodologia da TRIZ, com vistas a compreender quais os fatores (rigidez, topografia, textura, atrito ou sensação de frio e quente) poderiam comprometer a qualidade ergonômica e estética dos produtos selecionados. As avaliações preliminares voltam-se a avaliar o desempenho com determinadas texturas e a condição atual dos produtos, bem como aplicar o método QFD a um outro tipo de

produto/processo para avaliar fatores relacionados à contribuição ergonômica e estética e ao comprometimento com a qualidade do produto.

Na terceira etapa, são definidos os conceitos que caracterizam os objetos prejudicados por ausência de superfícies e determinados detalhes em sua forma. A combinação híbrida de métodos é, então, estruturada com base na solução de problemas, conforme exposto na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Detalhamento de soluções



Fonte: elaborada pela autora.

A partir disso, objetiva-se desenvolver uma combinação híbrida de métodos que auxiliem o design de superfície e a ergonomia visando a parâmetros específicos para cada tipo de produto e sua usabilidade em seu contexto de uso.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

A fim de atender aos objetivos propostos, este estudo está estruturado em nove capítulos. Neste primeiro capítulo, destacam-se as considerações iniciais

sobre o tema de superfícies, bem como o problema de pesquisa, a hipótese, o objetivo geral e específico e as justificativas do trabalho.

No segundo capítulo, encontra-se a fundamentação teórica, realizada a partir de uma pesquisa exploratória. São apresentados estudos de produtos que funcionam de forma mais eficiente a partir de suas superfícies. Os produtos escolhidos para essa discussão foram selecionados por constituírem ferramentas que tinham necessidades de melhoria relacionadas ao atrito, à sua pega ou à empunhadura.

Em seguida, no terceiro capítulo, descrevem-se os procedimentos metodológicos iniciais utilizados como base na pesquisa e fundamentados no método TRIZ. Além disso, são apresentados exemplos de processos de avaliação de peças, empunhaduras e superfícies de produtos, assim como métodos de análise para a recriação desses produtos.

No quarto capítulo, são expostos os métodos principais considerados neste estudo como norteadores de uma nova configuração eficaz e específica para superfícies, sendo feito, após, um detalhamento de cada um dos métodos explorados nesta pesquisa. Posteriormente, realiza-se uma discussão dos resultados preliminares, em que se apresenta uma reflexão a respeito das soluções propostas, com a intenção de propiciar a continuidade do trabalho desenvolvido, com novas propostas para uma combinação híbrida de métodos adaptados.

No quinto capítulo, encontram-se os resultados da aplicação do método QFD em um produto/processo. Como exemplo, a fim de identificar e compreender a abrangência desse método, empregou-se a ferramenta QFD como um identificador e solucionador de falhas de superfície e de qualidade, principalmente com referência à satisfação ou insatisfação dos clientes.

No sexto capítulo, inicia-se uma proposta de combinação de métodos baseada nas experiências e fragilidades percebidas nos experimentos feitos com objetos selecionados. Testam-se, assim, as metodologias QFD e TRIZ, que foram escolhidas por constituírem métodos bastante complexos, além de serem conhecidas como eficazes e amplamente difundidas por pesquisadores como melhoradores de produtos e processos industriais.

Posteriormente, no capítulo seguinte, apresenta-se um esboço do que poderia ser a união dos princípios do QFD e da TRIZ no que diz respeito à topologia superficial dos produtos analisados. A partir disso, discorre-se acerca da combinação híbrida desses métodos, com foco no melhoramento e na otimização ergonômica funcional e na análise da estética de ferramentas e objetos de trabalho, considerando superfícies pertencentes a produtos que possuem empunhaduras, pegas ou topologias.

No oitavo capítulo, debate-se a configuração híbrida de métodos, que foi abordada junto aos educandos do curso de graduação em Design de Produto da UFRGS, na disciplina de Projeto de Produto 1, com ênfase em projeto e desenvolvimento de produtos. Ademais, apresenta-se a avaliação do impacto que a configuração de métodos teve no resultado final dos produtos desses estudantes. Além disso, apresenta-se a coleta dos dados do experimento feito com os educandos do curso de Design de Produto da UFRGS, que analisaram como a ferramenta auxiliou o projeto de cada grupo, contribuindo com a pesquisa. Posteriormente, são expostos os resultados da avaliação sobre a experiência e a aplicabilidade da ferramenta por parte dos educandos.

No nono e último capítulo, são discutidas as conclusões a partir dos resultados obtidos, com a finalidade de compreender como a combinação híbrida de métodos pode contribuir para profissionais de design, projetistas e educandos em fase de aprendizagem de projeto. Após, constam as referências bibliográficas e os anexos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DESIGN DE SUPERFÍCIES, TEXTURAS E TOPOLOGIA

De acordo com Silva (2006), a palavra “superfície” vem do latim *super* (superior) + *facies* (face) e etimologicamente significa face ou parte exterior dos corpos. Assim, usualmente, uma superfície pode ser definida como a parte externa de um corpo, também representando a ideia de aparência e aspecto e, geometricamente, a ideia de uma configuração geométrica de duas dimensões (SILVA, 2006). Ressalta-se, ainda, que a expressão “design de superfície”, apesar de etimologicamente interessante para expressar o desenvolvimento de superfícies baseadas na relação produto-usuário, vem sendo empregada para fazer referência, geralmente, à área gráfica artística.

Segundo Rüttschilling (2008), a expressão em inglês “surface design” normalmente é traduzida como “design têxtil” ou “desenho (industrial) de estamperia”, denominações usadas no Brasil que se referem somente ao campo têxtil e de impressão de desenhos sobre tecidos. A autora propõe, assim, uma definição mais abrangente para o termo: “[...] consiste na criação de imagens, projetadas especificamente para a geração de padrões, que desenvolvem-se de maneira contínua sobre superfícies de revestimentos” (RÜTHSCHILLING, 2008, p. 68). Nessa perspectiva, a textura pode ser definida como um aspecto da superfície associado ao toque, ao tato, à forma, à suavidade ou à rugosidade (SILVA, 2006).

A textura refere-se, portanto, às sensações causadas por superfícies externas de objetos por meio do tato, mas pode ser utilizada também para descrever sensações não táteis. Além disso, pode ser considerada como um padrão em pequena escala em que o elemento individual que formará o todo não é distinguível. Para Silva (2006), matematicamente, uma superfície é um espaço bidimensional, e, em um espaço tridimensional, as superfícies podem representar os limites de objetos sólidos tridimensionais.

Na geometria euclidiana, ponto é o elemento básico, que não tem partes e que não tem grandeza alguma; linha é o que tem comprimento e não tem largura (uma dimensão), sendo suas extremidades pontos; superfície é o elemento que

tem comprimento e largura (duas dimensões), sendo suas extremidades linhas; e sólido é o que tem comprimento, largura e espessura (três dimensões), sendo suas extremidades superfícies. Para Pereira e Santos (2016), o desenho de uma superfície refere-se à criação de um mundo bidimensional por meio de esforços conscientes de organização de vários elementos. Essa representação inclui duas dimensões, comprimento e largura, que em conjunto estabelecem uma superfície plana, sem profundidade.

A representação tridimensional mostra as formas e os materiais tangíveis no espaço real, possibilitando informações para percepção humana que levam a uma compreensão completa da realidade do produto. Nesse sentido, Manzini (1989) define a textura superficial como a “pele do objeto”, capaz de transmitir diferentes sensações e percepções aos usuários. A aplicação de texturas, por alterar características superficiais do material, veículo através do qual a textura se manifesta, influencia também o desempenho dos produtos quando em uso.

Contudo, para Silva (2006), antes de discutir as texturas e suas aplicações, tanto no Design quanto na Engenharia de Superfícies, faz-se necessária a apresentação de alguns conceitos importantes, a fim de fornecer subsídios para o melhor entendimento das discussões sobre superfícies. Segundo consta no Programa Brasileiro de Design (PBD), o design de superfície pode ser entendido como um ramo do design gráfico voltado à criação de grafismos, ilustrações ou outros tipos de composições para aplicação em diferentes tipos de superfícies, com destaque às usadas no revestimento de paredes, pisos ou calçadas, como pastilhas, azulejos, lajotas, papéis, tecidos, carpetes e divisórias.

Nesse cenário, discussões em torno da definição do design de superfícies vêm ocorrendo quanto às texturas, que podem ser somente visuais (bidimensionais) ou também táteis, apresentando leve relevo. Assim, no que se refere à geração de padrões em relevo e a composições por meio de elementos tridimensionais, aplicáveis ao design de produtos, o termo “textura” precisa ser melhor compreendido.

2.2 AS TEXTURAS E A PERCEPÇÃO

Considerando as relações entre design e textura nesta pesquisa, é relevante apresentar o conceito de design cunhado pelo International Council Design of Societies of Industrial Design (ICSID) em 2018, que percebe o design como uma atividade criativa que visa estabelecer qualidades multifuncionais para objetos, processos, serviços e seus sistemas durante todo o ciclo de vida. O design de produto tem sido entendido, assim, como uma oportunidade de diferenciar os produtos no mercado, já que a escolha de um produto é influenciada de várias formas e que cada produto desempenha um ou mais impactos na apreciação de consumo (CREUSEN; SCHOORMANS, 2005).

Tecnicamente, a textura de uma superfície costuma ser associada à rugosidade superficial, e pesquisadores de diferentes áreas vêm estudando sua influência no desempenho dos produtos industriais. Para a Universidad de Zaragoza (2003), o acabamento final e a textura de uma superfície são de grande importância e influência para definir a capacidade de desgaste, lubrificação, resistência à fadiga e aspecto externo de uma peça ou material. Por essa razão, a rugosidade constitui um fator que deve ser levado em consideração na apreciação de consumo, exercendo impactos na escolha afetiva do produto.

De acordo com Kunzler (2003), as diferenças na percepção tátil devem considerar as variáveis de rugosidade (aspereza), a dureza e a condutividade térmica do material. Essas três características associadas ao material são percebidas ao tocar um objeto e, juntas, podem identificar por completo um relevo. Para Ruiz (1994), a textura pode ser apreciada mediante o sentido do tato ou da visão ou de ambos ao mesmo tempo. Esses sentidos, aguçados pelo contato com os produtos, funcionam como um veículo de comunicação entre produto e usuário.

Para Evans e Bryan (1999), o uso das texturas pode ser estendido a muitos e distintos produtos. A texturização permite a junção sutil das peças, servindo, por exemplo, para cobrir diversas imperfeições do processo industrial. As texturas influenciam também o comportamento dos produtos quando em uso, posto que as superfícies podem ser projetadas com texturas específicas para prover determinada função a um produto ou sentimento no usuário.

Stout (1999) classifica as superfícies funcionais em superfícies de engenharia (*engineered surfaces*) e superfícies estruturadas (*structured surfaces*). As implicações de cada função para a concepção dos produtos são normalmente gerenciadas no design para otimizar a aparência dos produtos e trazer maior aprovação no mercado. Com base em uma revisão mais abrangente do design, Veryzer (1999) menciona seis formas, não somente funcionais, de impacto diferentes que são essenciais para a aprovação dos consumidores em relação aos produtos: comunicação de estética, comunicação simbólica, comunicação funcional, informações ergonômicas, atração e categorização.

Nesse contexto, é possível compreender que a aparência de um produto pode ter valor estético e simbólico para os consumidores, além dos valores estritamente funcionais. O valor funcional pode estar integrado, ainda, à impressão de qualidade ou de facilidade de uso (valor ergonômico). Assim, o produto deve chamar a atenção também por facilitar a fase de categorização, outro aspecto estético, responsável, em parte, pela satisfação emocional do cliente (VERYZER, 1999).

Portanto, o produto, além de ser funcional, deve ser esteticamente agradável, durável e versátil. Para Veryzer (1990), esses dois aspectos não são excludentes, de modo que os produtos não deveriam ser desenhados apenas para funcionalidade, mas também para refletir um ideal estético e transmitir mensagens, até mesmo porque uma das funcionalidades essenciais do produto é a psicológica.

A forma preferida de um consumidor ou cores brilhantes, por exemplo, podem agregar valor estético e, simultaneamente, diminuir a qualidade (isto é, o valor funcional), o que dificulta a otimização de todas as funções do produto ao mesmo tempo. Ao comprar um tipo específico de produto, deve-se, por isso, ter como ponto de partida as influências de forma, cor e tamanho no valor estético, simbólico, ergonômico e funcional (VERYZER, 1999).

Enquanto uns podem preferir uma forma arredondada, outros preferem uma forma retangular, o que significa que o valor do impacto pode influenciar a percepção e a escolha do produto. No que diz respeito à relação do produto com seu usuário, Bense (2000) compreende que signos são criados e usados para atingir certos aspectos e executar determinadas tarefas em produtos, de forma

que se pretende, por meio deles, dar expressão a algo, representando esse objetivo e o comunicando a outrem.

Sabe-se, ainda, que existem os mais diversos signos, os quais servem para a expressão, ou seja, a formação, a representação, a informação, e para a transmissão/comunicação de algo (BENSE, 2000). Tendo isso em vista, propõe-se nesta pesquisa usar o design de superfície e a ergonomia de produtos como base para uma funcionalidade psicológica que componha peças diferenciadas do ponto de vista estético e funcional e seja capaz de provocar o arrebatamento do público-alvo por meio do conforto visual e ergonômico.

No que se refere à interação do produto com o usuário, as texturas mostram papel estético fundamental, posto que a texturização de superfícies e a forma influenciam a percepção de um usuário. Para Silva (2006), as emoções advindas das texturas não devem ser vistas como uma consequência, mas como algo que o designer precisa constantemente procurar. As emoções devem vir antes mesmo do projeto, o que também não significa que a funcionalidade está em segundo lugar.

Nesse sentido, Norman (2002) indica claramente que um bom projeto ocorre quando beleza e usabilidade estão em balanço. Ao encontro disso, segundo Dischinger, Collet e Kindlein Júnior (2006), a consciência dessa interação do produto com emoções e do efeito produzido no usuário é essencial ao projetar algo. A primeira impressão de um produto é associada, na maior parte das vezes, à superfície do material, que é a interface existente entre o usuário e o produto, bem como o lugar onde acontece materialmente boa parte da passagem de informações, resultando em emoções positivas ou negativas. Sabendo disso, a ligação entre o produto e a emoção pode ser estabelecida e intensificada com o uso da textura na superfície do objeto, a qual, por sua vez, pode ser vista como a ferramenta que sustentará o design emocionalmente dirigido.

Ademais, o relevo pode influenciar ambos os sentidos: o visual e o tátil. O sentido do toque, aquele que a pele reserva para ser percebido sobre todo o corpo, está conectado não somente aos instintos de proteção e segurança, mas também a outros sentimentos primários presentes desde os primeiros momentos de alguém no mundo. Segundo Ackerman (1996), o tato é o sentido prioritário para a interpretação dos objetos, tornando-se essencial à vida humana.

Já Kunzler (2003) esclarece que as diferenças na percepção tátil devem considerar as variáveis de rugosidade (aspereza), dureza e condutividade térmica do material. Ruiz (1994) acrescenta que cada material possui uma textura diferente segundo sua natureza, orgânica ou inorgânica, e segundo sua composição física. Nesse sentido, segundo Linden e Kunzler (2001), a seleção dos materiais a serem utilizados nos produtos industriais é um dos fatores determinantes para sua qualidade e seu sucesso, já que não apenas influencia seu desempenho técnico, mas também afeta o consumidor/usuário na sua decisão, frequentemente subjetiva, de adquirir determinado produto.

A dimensão subjetiva está associada a fatores como cultura, gostos e experiências individuais (muitas vezes não conscientes), valores, preconceitos, entre outros elementos. Esse conjunto de fatores corresponde ao que Löbach (1976) classificou como funções estética e simbólica, complementares à função prática do produto, e ao que Bürdek (1994) considerou como a função de linguagem do produto. Recentemente, a Semântica de Produtos tem se dedicado a investigar os significados que as pessoas atribuem aos produtos, a partir do axioma de que “[...] o ser humano não responde às qualidades físicas das coisas, mas ao que elas significam para ele” (KRIPPENDORFF, 2000, p. 46).

No contexto da arte, as texturas podem representar símbolos em relevo ou sinais gráficos (signos) para comunicação com os espectadores. Segundo Santaella (2002), essa interpretação concebe a Semiótica como uma primeira percepção carregada pela pregnância visual dos objetos ou materiais, provocando uma ligação entre uma indicação racional, à que o signo se refere ou que ele representa, e o efeito que o signo irá provocar em um possível intérprete. Dessa forma, a discussão sobre a utilização de signos nas texturas constitui uma alternativa de explicar como o design, mesmo integrando valores funcionais, pode, por meio da percepção do usuário, transmitir informações da interface material (topologia superficial) ao usuário.

A texturização, seja ela funcional, estética ou estético-funcional, também corresponde ao acabamento superficial, tendo importante papel econômico. O papel econômico da textura pode assumir duas faces, uma de aumentar o custo de fabricação e outra de aumentar o valor agregado ao produto. Para a determinação de parâmetros quantitativos de rugosidade, existem normas que

estabelecem definições e procedimentos para a medição de superfícies. De acordo com Silva (2006), fabricar consiste basicamente em alterar uma matéria-prima com o intuito de obter um produto acabado. Esses os processos de fabricação, segundo Kalpakjian (1985), representam, nos países industrializados, um terço do produto interno bruto. Sendo a rugosidade consequência direta da fabricação, sua aplicação tem importante papel econômico.

Segundo Pessoa (2018), a International Organization for Standardization (ISO) é uma organização, sediada em Genebra (Suíça) e reconhecida e aceita internacionalmente no estabelecimento de normas técnicas desenvolvidas e avaliadas no âmbito de competência de suas delegações nacionais. O Instituto Brasileiro de Normas Técnicas (INMETRO) representa o Comitê Brasileiro de Certificação (CBC) na ISO e, assim, possui, entre as responsabilidades atribuídas a seus membros, a de divulgar, avaliar e preservar a aceitação, o uso e integridade da marca ISO. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o organismo de certificação brasileiro, credenciado pelo INMETRO, para atuação em certificação no país de sistemas de garantia de qualidade e de produtos.

A ISO implementou as Especificações Geométricas do Produto (GPS) e lançou um Relatório Técnico (Technical Report) visando prover informações para orientar o uso dessas normas. Assim, o Relatório Técnico ISO/TR 14638:1995, intitulado Geometrical Product Specification (GPS) – Masterplan, proporciona uma visão geral da normalização internacional de GPS, explicando o conceito de GPS e fornecendo um planejamento que inclui normas existentes e futuras.

Durakbasa, Afjehi-Sadat e Nomak (2001) explicam que as GPS são baseadas em critérios como regras e métodos matemáticos, consideração da macro e micro geometria, possibilidade de mensurar quantidades e especialmente tolerâncias e avaliação da incerteza. Bennich (2003, p. 37), por sua vez, traz a seguinte definição: “[...] as normas no campo das Especificações Geométricas do Produto são referentes a especificações de macro e micro geometria”. Elas abrangem, assim, tolerância dimensional e geométrica, propriedades da superfície, princípios de verificação, equipamentos de medição e requisitos de calibração.

2.3 ARTE E TECNOLOGIA, VALOR ERGONÔMICO E COMPETITIVIDADE

A aparência do produto de valor ergonômico (LÖBACH, 1976; SCHURER, 1971; VERYZER 1995) requer ajustamento a qualidades humanas, já que a ergonomia se refere à compreensão e usabilidade de um produto, bem como à adequação para comunicar função utilitária. Funções técnicas podem ser interpretadas em um produto como facilidade de uso ou usabilidade, o que implica aspectos cognitivos de utilização, tais como a forma lógica de operar e uma experiência de utilização confortável.

Ademais, os consumidores podem formar uma opinião sobre determinado produto com base no seu uso e na sua aparência. Tendo isso em vista, os precursores da arte e tecnologia já utilizavam todo tipo de material para criar obras que proporcionassem uma identificação com as pessoas e com suas percepções de mundo por meio da tecnologia empregada como veiculadora da arte.

Atualmente, diversas universidades pesquisam temas relacionados à arte, tecnologia e cibercultura. Há menos de oito anos, a arte e tecnologia passaram a fazer parte da Bienal de São Paulo. Diversos artistas renomados participam desse evento, que atrai cada vez mais público. O que diferencia a arte e tecnologia como uma forma de expressão é a utilização de novos suportes artísticos, bem diferentes dos tradicionais utilizados em pintura e escultura, por exemplo.

Com o passar do tempo, americanos e europeus foram aderindo à nova tendência que hoje está reforçando o ramo artístico no Brasil. É uma manifestação contemporânea, uma “nova arte contemporânea”, que se apropria de tecnologias, muitas vezes cotidianas, agregando a arte aos objetos de desejo. Tal manifestação atende por diversos nomes, como Net art, web art, Internet art, mídia-arte e arte e técnica, e suas obras podem ser encontradas em várias formas e diferentes materiais, a exemplo da Internet para obras disponibilizadas na web, desenvolvidas a partir de algum mecanismo digital, midiático ou interativo. Trata-se, portanto, de mais uma abordagem contemporânea da arte servindo de suporte para a expressão artística.

Sabemos que toda arte, mesmo de forma abstrata, reflete o seu tempo. As artes midiáticas, por exemplo, representam a expressão mais avançada da arte contemporânea e aquela que melhor exprime sensibilidades e saberes do homem

contemporâneo, o que se estende ao campo do design e a todas as suas expressões. Segundo Back *et al.* (2008), com a globalização, a atividade de desenvolvimento de produtos passou a ter sua devida importância, levando sensibilidades e saberes do homem contemporâneo ao resto do mundo, assim como a arte.

Isso também explica o fato de que, com a globalização da economia e a exigência de elevada qualidade pelo mercado, os produtos passaram a ser competitivos. Como se sabe, somente a partir da década de 90, houve uma abertura da economia brasileira, e os profissionais com competências em desenvolvimento de produto passaram a ser requisitados e vistos de forma diferenciada pela sociedade. Antes, a indústria no Brasil pouco inovava em seus produtos, e o que mais funcionava era a adaptação de produtos do exterior, por empresas tanto nacionais quanto internacionais, que usavam para essa prática um nome mais sofisticado, o de engenharia reversa (BACK *et al.*, 2008).

A partir de então, foram dados novos enfoques ao desenvolvimento de produtos, mediante a compreensão de que a qualidade, a competitividade, o custo e a redução do tempo de lançamento podem ser alcançados no projeto. Assim, para desenvolver um produto com eficiência e eficácia, constatou-se que era necessário saber “[...] o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer”, sendo essa organização de conhecimentos, métodos e ferramentas denominada metodologia de projeto (BACK *et al.*, 2008, p. 7).

3 A METODOLOGIA DA TRIZ

A definição etimológica do termo “metodologia”, conforme Prodanov e Freitas (2013 *apud* COLLET, 2016), provém dos vocábulos gregos *meta* (ao largo), *odos* (caminho) e *logos* (estudo), consistindo em uma disciplina que estuda, compreende e avalia os métodos disponíveis para a realização de um projeto ou de uma pesquisa. Já o método, de acordo com Munari (1998, p. 20), é “[...] uma série de operações necessárias, dispostas por ordem lógica, ditada pela experiência. O seu objetivo é o de se atingir o melhor resultado com o menor esforço”.

Desse modo, Collet (2016) compreende que o método constitui um conjunto de procedimentos, adaptável conforme as necessidades do profissional, para obter um melhor aproveitamento em cada etapa, com o mínimo gasto de energia possível. Segundo Bonsiepe *et al.* (1984), as técnicas projetuais têm certa probabilidade de sucesso, mas não garantem a certeza de determinado resultado. Além das variáveis que interferem no projeto, há o trabalho do designer, que estará no comando do processo, gerenciando e controlando as situações geradas durante o processo de design.

Ainda assim, o uso dos métodos projetuais por parte dos profissionais em design é de extrema importância para uma melhor organização das etapas de desenvolvimento de um projeto. Os métodos são imprescindíveis para proporcionar aproveitamento do tempo, auxiliar o projetista na constatação de eventuais problemas ou questões importantes antecipadamente e possibilitar soluções práticas, rápidas e funcionais (WOLFF; KUNZLER, 2010).

Conforme Munari (1998), a existência de um método é importante, pois, graças a ele, o profissional pode realizar o projeto sem perda de tempo ou improvisação na criatividade. Um designer criativo deve utilizar o método a seu favor, empregando essa ferramenta como uma distinção da qualificação profissional e usufruindo da possibilidade de modificações para a melhoria do processo. O processo de design, segundo Löbach (2001, p. 141), “[...] é tanto um processo criativo como um processo de solução de problemas”.

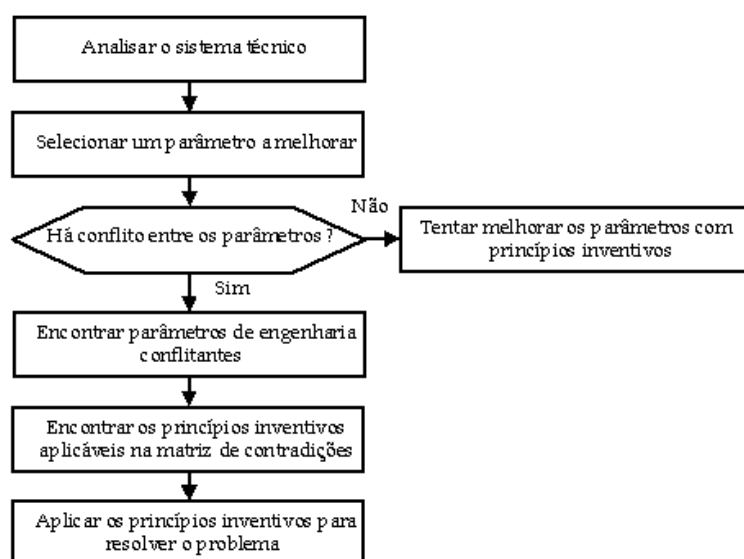
Dessa forma, o trabalho do designer consiste em descobrir uma solução criativa e eficaz para o problema, concretizada em um projeto e dotada de

características que possam satisfazer as necessidades dos usuários. “O objetivo da definição do problema consiste em listar os requisitos funcionais e os parâmetros condicionantes [...], incluindo uma estimativa de tempo para as diversas etapas e dos recursos humanos necessários” (BONSIEPE *et al.*, 1984, p. 43). Assim, no projeto, o uso de algum método possibilita nortear a solução a ser encontrada e agregar valor ao produto em questão, por meio, por exemplo, de uma superfície diferenciada.

Portanto, para desenvolver esta pesquisa, foram utilizados métodos de projeto de produto, aliados às metodologias de engenharia de produtos. Esse conjunto foi obtido a partir da revisão das propostas das metodologias TRIZ e QFD, com a intenção de traçar uma combinação híbrida de métodos para o desenvolvimento de produtos. A consideração dos requisitos do usuário também foi abordada, assim como costuma ocorrer nos métodos de design de produtos mais conhecidos.

A metodologia TRIZ foi criada por Altshuller, entre 1946 e 1985, na Rússia, disseminando-se no Ocidente a partir de 1992, quando passou a ser adotada pelas grandes corporações norte-americanas. Hoje, existem fundações que ensinam e prestam assessoria em desenvolvimento de produto pela TRIZ, cujos princípios podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 – Soluções de problemas com princípios inventivos



Fonte: Altshuller (1999, p. 14).

Segundo Altshuller (1999), com a utilização da TRIZ para solução de problemas inventivos, pode-se encontrar os princípios e as estratégias que, combinados, produzem invenções. Assim, ao observar o conjunto de soluções para determinado problema, as tendências de evolução e de inovação do produto são previsíveis. As soluções transformam problemas (indesejados ou prejudiciais) em grandes inovações.

Inicialmente, Altshuller desenvolveu um conjunto de ferramentas e métodos para incentivar os engenheiros a serem mais criativos com a formulação e resolução de problemas na década de 1970 (ALTSHULLER, 1999). Para melhorar esses métodos, um *corpus* teórico e metodológico foi desenvolvido, de forma que a TRIZ constitui agora também um *corpus* de teorias com fundações e premissas que oferecem uma estrutura para a construção de métodos de resolução de problemas. A TRIZ pode ser usada, assim, como um conjunto de métodos de resolução de problemas que permite avaliar, em qualquer momento, o nível de maturidade de um sistema e suas tendências em evolução.

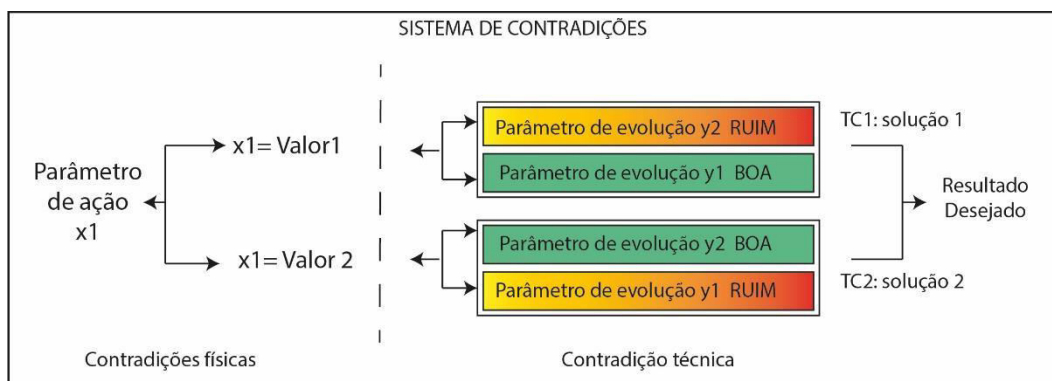
Segundo Altshuller (1999), como as contradições estão em qualquer sistema em evolução, é necessário resolver aquelas que resultam de desejos ou oportunidades evolutivas para o desenvolvimento do sistema. O conceito de contradição aqui exposto baseia-se na dialética (no sentido hegeliano), de maneira que o modelo TRIZ de contradições acrescenta uma visão estruturada que liga caracteres e define contradições aos que atuam no modelo.

Isso é realizado mediante dois níveis de formulação da contradição: a contradição conhecida como “contradição técnica”, que expressa a oposição entre dois parâmetros de avaliação de um sistema, e a “contradição física”, que define dois estados para o parâmetro de ação, satisfazendo cada um dos seus objetivos conflitantes. Esse sistema genérico da declaração de contradição é resumido a seguir, na Figura 4.

Começando com o sistema existente, para obter os resultados desejados para os parâmetros de avaliação 1 e 2, deve-se atribuir simultaneamente o parâmetro de ação aos valores de 1 e 2. Com o sistema existente, os objetivos dos dois parâmetros são mutuamente exclusivos. Nota-se que essas contradições só existem por causa do resultado desejado, que advém de oportunidades, desejos ou restrições do ambiente do sistema. Se as contradições não são

superadas e o sistema não evolui superando a contradição, podendo desaparecer, deve-se simultaneamente atribuir o parâmetro de ação aos valores de 1 e 2.

Figura 4 – Sistema clássico da TRIZ de contradição



Fonte: adaptado de Altshuller (1999).

Os requisitos específicos contextualizam a evolução do sistema e os problemas a serem resolvidos e, portanto, as soluções, dependendo dos recursos com os quais o sistema evolui. A aplicação da metodologia TRIZ depende, em grande parte, da experiência e do conhecimento do usuário, mas a implantação desse conjunto de componentes pode não ser direta se não houver prática e pode ser percebida como difícil se o problema for complexo. Assim, é necessário fornecer metamétodos para orientar os usuários a combinar corretamente as diferentes ferramentas e métodos para resolver determinado problema.

Altshuller e sua equipe trabalharam por mais de 25 anos no desenvolvimento de um algoritmo para ajudar a resolver problemas. Desde o momento em que a versão inicial, baseada em contradições técnicas, apareceu em 1961 até a última versão, desenvolvida em 1985, que usa todas as ferramentas de conhecimento do algoritmo para resolução de problemas inventivos (ARIZ), cada versão do ARIZ foi testada em mil problemas técnicos antes de ser publicada (KHOMENKO *et al.*, 2009). O ARIZ foi baseado na transformação passo a passo de um problema inicial para um estágio no qual ele se torna fácil de resolver, e sua versão mais recente (ARIZ-85-C) contém nove etapas principais, cada qual incluindo muitas subetapas (CHOU, 2014).

Desde então, a aplicação direta de algumas ferramentas e métodos do TRIZ para o design foi estabelecida em vários artigos (CHEN; CHEN, 2007; RAU; FANG, 2009). No entanto, a partir dessas aplicações diretas, que se concentraram principalmente no uso da matriz para a contradição técnica, é possível produzir uma mesma matriz com os mesmos limites que os formulados em relação ao design de superfície.

A matriz é uma análise estatística dos princípios inventivos mais utilizados de cada tipo de contradição técnica no projeto de sistemas técnicos. Ela fornece apenas respostas gerais, e não respostas explícitas no nível de parâmetros de ação. Além disso, se a abordagem for usada sem considerar as leis da evolução e da ideia dos sistemas técnicos, apenas um em cada três parâmetros será levado em conta.

Essa limitação é o motivo pelo qual o uso da matriz foi substituído por outras ferramentas (contradição física e padrões inventivos) em um estudo de Srinivasan e Kraslawski (2006), que propõem a construção de uma matriz específica para projetar processos químicos inerentemente mais seguros, nos quais as contradições específicas do domínio são suscetíveis e associadas aos princípios inventivos da TRIZ. Uma abordagem semelhante pode ser observada em Liu e Chen (2001), em que os sete elementos ecológicos desenvolvidos pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) para design de produtos verdes foram formulados e vinculados aos princípios inventivos para construir uma nova tabela de princípios inventivos.

Uma limitação a respeito desse tipo de “paralelo intuitivo” é que os princípios inventivos foram formulados como uma generalização de soluções aplicadas e reconhecidas como inventivas a partir do projeto de um grande conjunto de sistemas técnicos passados. Ademais, o uso da matriz a partir de uma perspectiva experimental mostrou limites em sua aplicação.

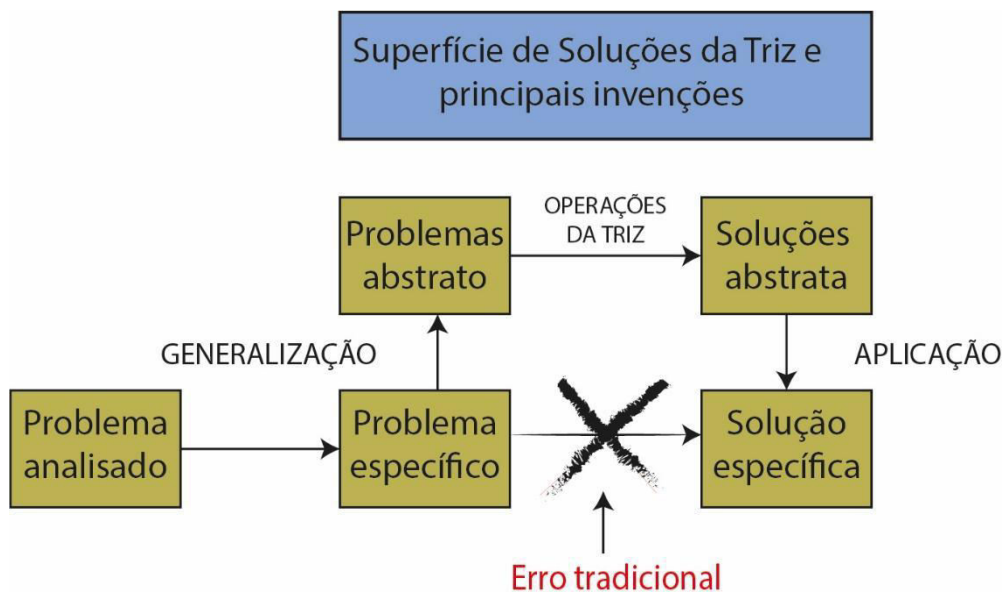
Muitas organizações multinacionais famosas usam a TRIZ em vários estágios para resolver problemas industriais e domésticos e para planejar seus futuros desenvolvimentos tecnológicos. “Esta metodologia é uma base de ferramentas, de conhecimento e tecnologia baseada em modelos para desenvolver ideias conceituais inovadoras e soluções práticas” (SOKOL *et al.*, 2008, p. 46).

A metodologia fornece, assim, ferramentas para análise de falhas, análise de sistemas e padrões de evolução do sistema (“como é” e “como pode ser”), visando construir uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de novos sistemas, bem como para a melhoria dos sistemas existentes. As soluções inovadoras são os avanços para soluções mais eficientes e uma melhor produção (BARRY; DOMB, SLOCUM, 2007; BONNEMA, 2011; JAMES, 1996; MANN, 2002; MANSOOR, 2012; NISANOV, 2004; PETKOVIC *et al.*, 2013; WEBB, 2002).

Com a TRIZ, os pesquisadores de soluções podem gerar conceitos revolucionários mais logicamente e sistematicamente, pois essa metodologia aborda de forma eficiente situações conflitantes, contradições técnicas, necessidade de experiência múltipla, relutância pela criatividade e problemas de inércia psicológica por meio de seus métodos inventivos e ampla coleção de ferramentas (SOKOL *et al.*, 2008). Conhecida por aumentar os limites do conhecimento de um inventor, fornecendo uma base de conhecimento científico verificado, a TRIZ soluciona problemas mediante o procedimento de solução de problemas inovadores (CARVALHO, 2009; COLLINS, 2006; JAMES, 1996; MANN, 2002; MANSOOR, 2012; MING; BEILEI, 2008; PETKOVIĆ *et al.*, 2013; WEBB, 2002).

Vários estudos de caso da TRIZ relataram seu potencial para facilitar a educação de engenharia e desenvolver engenheiros mais habilidosos (KIM, 1993; MANSOOR, 2012). A abordagem da solução TRIZ, em comparação com a abordagem tradicional da solução de teste e erro, pode ser resumida em passos simples mostrados na Figura 5.

Figura 5 – TRIZ em comparação com a abordagem da solução convencional



Fonte: General Services Administration (GSA, 2016, p. 15).

O design de solução/produto usa *expertise* e entendimento multidisciplinar para satisfazer as altas expectativas do cliente e melhorar o desempenho competitivo de um produto (CHARPENTIER, 2007). Na maioria das pesquisas sobre design de produtos, os pesquisadores concentraram-se em otimizar o desempenho do produto (SAKIZLIS; PERKINS; PISTIKOPOULOS, 2004). Essa abordagem ortodoxa para otimizar sistemas é centrada no ajuste e na alteração de parâmetros, o que resulta em troca e comprometimento entre itens principais, como custo (LOZANO; RAMOS; SERRA, 2010). Existem vários estudos que melhoraram o design do produto por otimização; no entanto, poucas pesquisas sobre a melhoria no design do produto utilizaram uma abordagem diferente de troca ou otimização (JIAO *et al.*, 2011).

A metodologia TRIZ enfatiza a ruptura da inércia psicológica do pesquisador de solução, para alcançar seus conhecimentos e suas habilidades existentes e para buscar a solução de problemas criativos (ALTSHULLER, 2000). Nesse sentido, “problema inventivo” é tomado como um problema particular que apresenta uma contradição na resolução de problemas, como, por exemplo, ter resultados desejados e indesejados ao mesmo tempo. Tais problemas são quase sempre relacionados com compromissos ou otimização, de modo que a concentração recai em atingir um bom compromisso para alcançar os níveis de

desempenho mais altos possíveis (ILEVBARE; PROBERT; PHAAL, 2013). Entretanto, é preciso quebrar essa “inércia psicológica” e estender os pensamentos para além do próprio domínio de conhecimento (BECKERMANN, 2014).

A esse respeito, Altshuller (2000) descreve que a evolução do desenvolvimento do produto atinge o seu potencial de inovação de pico quando o sistema existente usa uma abordagem multidisciplinar na criação de patente/produto que recebe um problema de nível de inventividade superior. Às vezes, os engenheiros descobrem novas substâncias (produtos químicos, materiais etc.) que são resultado de suas pesquisas. Geralmente, essas novas substâncias são usadas para uma aplicação conhecida limitada. No entanto, é possível expandir a utilização e a aplicação das substâncias recém-projetadas/encontradas para obter melhores oportunidades. Para tanto, a TRIZ oferece uma ferramenta forte, denominada análise de tendências. Ao usá-la, pode-se descobrir melhores oportunidades e obter maior vantagem no ambiente de competição. Essa ferramenta fornece, assim, uma vantagem para desenvolver um novo produto com base na funcionalidade de sua substância (EDWARDS, 2006; RAHIM; SHENG; BAKAR, 2015; SARAIVA; COSTA, 2004).

A S-Curve Evolution Trends, como é conhecida, proporciona a capacidade de prever a tendência de evolução do produto, ajudando a descobrir as possibilidades e lacunas para desenvolver o produto ainda mais sofisticado (LEE *et al.*, 2007). A TRIZ categoriza a evolução da curva S de um sistema em quatro etapas: estágio infantil; estágio de crescimento; estágio de maturidade; e estágio de declínio.

Para cada estágio, pesquisadores identificaram alguns indicadores para analisar a posição atual do sistema. Além disso, forneceram recomendações diferentes para cada etapa auxiliar a melhorar o sistema e avançar para o estágio seguinte de desenvolvimento desejável. Usando essa ferramenta, o desenvolvimento de equipe/engenheiro/designer não só é capaz de buscar direção de desenvolvimento, mas também de oferecer algo chamado de “salto de conceito”, o que pode resultar no fortalecimento do produto em um mercado competitivo (LEE *et al.*, 2017; RAHIM; SHENG; BAKAR, 2015).

4 ESTUDO DE CASO DA METODOLOGIA TRIZ APLICADA

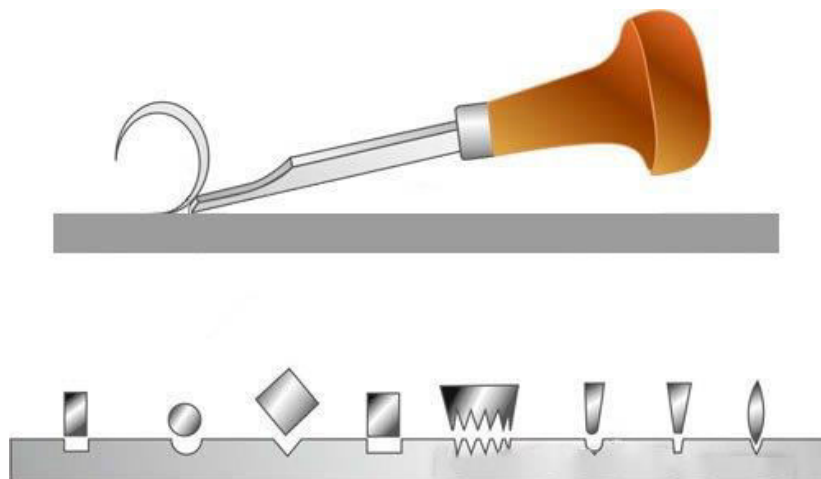
Neste capítulo, discorre-se acerca da aplicação da metodologia da TRIZ em alguns produtos. Os produtos selecionados, ferramentas utilizadas para trabalhos manuais que requerem contato direto com o usuário, foram divididos em grupos de alta, média e pouca precisão. As ferramentas escolhidas apresentam problemas na sua utilização ou poderiam ser melhoradas por intermédio da TRIZ.

O objetivo, aqui, consiste em observar quais pontos frágeis a metodologia TRIZ não consegue abordar em relação a essas ferramentas. A partir disso, pretende-se propor uma adaptação que abrange soluções inventivas específicas para a topologia superficial dessas ferramentas que possuem contato direto com o usuário.

4.1 GRUPOS DE FERRAMENTAS DE ALTA PRECISÃO

O buril é uma ferramenta utilizada para entalhe de metais (Figura 6), muito usada por ourives e artesãos no ramo das artes e da ourivesaria.

Figura 6 – Ferramenta buril



Fonte: Tramontina (2020).

Consiste em uma ferramenta de alta precisão que exige profunda concentração do profissional que a utiliza. Essa ferramenta costuma ser usada durante horas pelos profissionais.

Outra ferramenta também utilizada pelo ramo da joalheria é a caneta mandril (Figura 7), que compreende diversas pontas sendo usadas para efeitos diversos. Essa caneta é indicada para usuários mais experientes, pois é mais pesada e grossa e possui fechamento em até zero milímetros, sendo capaz de segurar ferramentas bem finas, independentemente do tamanho.

Figura 7 – Ferramenta caneta mandril



Fonte: Tramontina (2020).

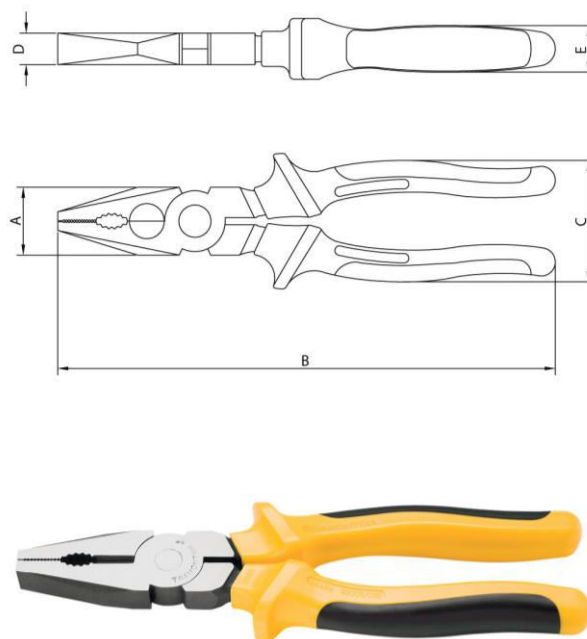
Ela é ideal para gravar nomes em alianças e executar trabalhos delicados, assim como lixar peças. Suas dimensões são: 3 cm de altura, 3 cm de largura e 15 cm de comprimento.

4.2 GRUPO DE FERRAMENTAS DE MÉDIA PRECISÃO

O alicate consiste em uma ferramenta que pode ser considerada de média precisão, mesmo acumulando várias funções. É uma espécie de torquês ou tenaz, própria para segurar, prender ou cortar determinados objetos, composta de duas alavancas de ferro ou aço que giram em torno de um eixo e cujas extremidades, lisas ou serrilhadas, podem ser chatas, recurvadas, cilíndricas ou em ponte. Para este estudo, foi selecionado um alicate de oito polegadas isolado 1.000V, com

corpo forjado em aço especial e temperado (Figura 8). O aço carbono especial empregado na fabricação do produto alia-se à têmpera especial no gume de corte. O alicate possui acabamento fosfatizado, cabeça e articulação lixadas, têmpera especial no gume de corte e mandíbulas. Os cabos apresentam um formato ergonômico para aumentar o conforto.

Figura 8 – Ferramenta alicate universal

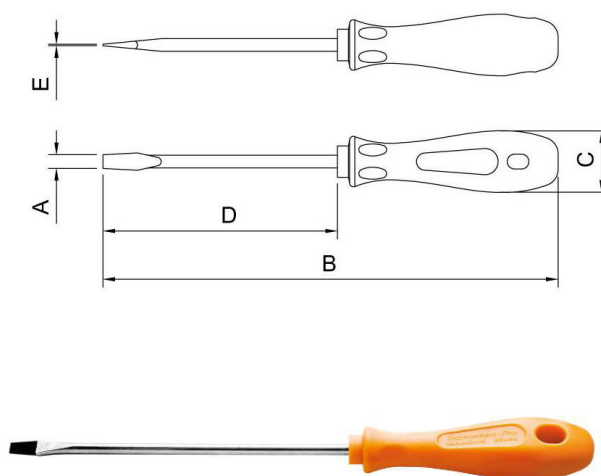


Fonte: Tramontina (2020).

O produto está em conformidade com a NBR 9699 e NR10, apresentando isolamento de 1.000 V para uso em locais com baixas tensões de até 1.000 V em corrente alternada. Além disso, possui peso de 0,40 kg, comprimento de 201 mm, largura de 58 mm e altura de 13 mm.

Outro instrumento de trabalho bastante popular utilizado para análise na presente pesquisa é a chave de fenda ponta chata da marca Tramontina, ilustrada pela Figura 9. Usada para manutenções industriais ou automotivas, em que se faz necessário apertar ou afrouxar parafusos, a chave de fenda é ideal para trabalhos em locais de difícil acesso.

Figura 9 – Ferramenta chave de fenda ponta chata



Fonte: Tramontin (2020).

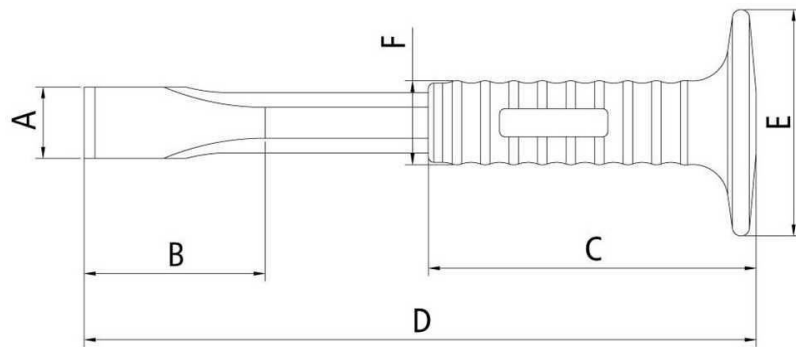
Essa ferramenta tem peso de 0,03 kg, comprimento de 141 mm, largura de 25 mm e altura de 25 mm.

4.3 GRUPO DE FERRAMENTAS DE BAIXA PRECISÃO

A talhadeira consiste em uma ferramenta de corte usada para cortar chapas, retirar excesso de material e abrir rasgos. Ela possui um corpo de aço, de secção circular, retangular, hexagonal ou octogonal, com um extremo forjado, provido de cunha, temperado e afiado convenientemente, e outro extremo chanfrado, denominado de cabeça da ferramenta.

A cabeça da talhadeira ilustrada pela Figura 10 é chanfrada e temperada brandamente para evitar formação de rebarbas ou quebras durante os golpes de uso. A talhadeira de marca Tramontina escolhida para esta análise possui corpo em aço, empunhadura injetada em material flexível e barra sextavada, com têmpera por indução nas duas extremidades.

Figura 10 – Ferramenta talhadeira

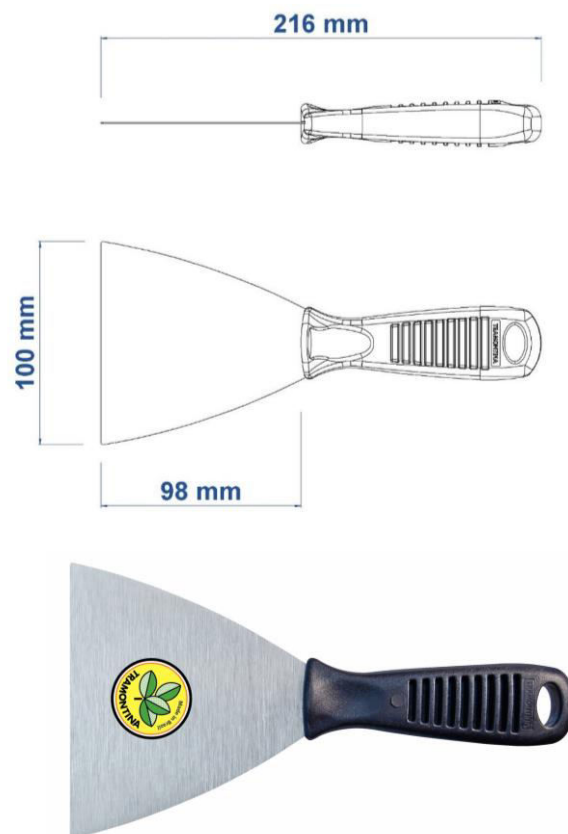


Fonte: Tramontina (2020).

Possui dureza diferenciada no gume de corte e na face de impacto que será golpeada. Essa ferramenta é submetida a testes de aplicação prática para garantir sua resistência mecânica em uso intenso. Possui pintura eletrostática que auxilia a proteção contra a corrosão, peso de 0,54 kg, comprimento de 250 mm, largura de 30 mm e altura de 80 mm.

O segundo objeto que integra este grupo caracterizado como de baixa precisão consiste em uma espátula metálica flexível de 10 cm da marca Tramontina (Figura 11). Essa espátula é amplamente utilizada na construção civil, principalmente para misturar materiais e para fazer a raspagem de tinta, cimento e outros resíduos. Sua utilização é indispensável no manuseio e na aplicação de gesso, rejunte, massa corrida, resinas e produtos similares. Entre suas variadas funções, está a criação de efeitos decorativos em texturas lisas ou granuladas.

Figura 11 – Ferramenta espátula



Fonte: Tramontina (2020).

Fabricada em aço carbono, com cabo produzido em polipropileno com ranhuras e formato ergonômico, o produto deve ser leve e flexível, o que requer menos esforço físico do usuário e proporciona maior produtividade. Possui peso de 0,08 kg, comprimento de 216 mm, largura de 100 mm e altura de 23 mm.

4.4 COMBINAÇÕES E MATRIZES UTILIZADAS PARA APLICAÇÃO DA TRIZ

Para aplicação do método TRIZ, foram utilizadas duas listas de parâmetros e princípios que se relacionam entre si. Tais parâmetros e princípios embasam a matriz de contradições, conferindo posteriormente um significado ao seu resultado. O desenvolvimento dessa matriz faz parte do processo de aplicação da metodologia TRIZ, conforme proposta originalmente.

Após desenvolver uma matriz de contradições, utilizou-se uma combinação de 39 parâmetros de engenharia (Quadro 1), de modo que, tanto na vertical

quanto na horizontal, o cruzamento de informações dessa matriz permitisse construir uma lista de princípios inventivos. A partir da observação desses princípios, buscou-se gerar ideias para solucionar um possível problema.

Quadro 1 – Parâmetros de engenharia utilizados para construir a matriz de contradições

1	Peso do objeto em movimento	2	Peso do objeto parado	3	Comprimento do objeto em movimento	4	Comprimento do objeto parado
5	Área do objeto em movimento	6	Área do objeto parado	7	Volume do objeto em movimento	8	Volume do objeto parado
9	Velocidade	10	Força (intensidade)	11	Tensão ou pressão	12	Forma
13	Estabilidade da composição do objeto	14	Resistência	15	Permanência do objeto em movimento	16	Permanência do objeto parado
17	Temperatura	18	Intensidade de iluminação (brilho)	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	20	Energia gasta pelo objeto parado
21	Potência (energia)	22	Perda de energia	23	Perda de substância	24	Perda de informação
25	Perda de tempo	26	Quantidade de substância/matéria	27	Confiabilidade	28	Precisão de medição
29	Precisão de fabricação	30	Fatores indesejados atuando no objeto	31	Objeto gerando efeitos indesejados	32	Facilidade de manufatura
33	Facilidade de operação	34	Facilidade de manutenção	35	Adaptabilidade ou versatilidade	36	Complexidade do objeto
37	Complexidade de controle	38	Nível de automação	39	Produtividade		

Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul (SENAI-RS) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE-RS) (2010, p. 10).

Para exemplificar a matriz de contradições (Quadro 2) construída com base nos parâmetros de engenharia (Quadro 1), levaram-se em consideração as problemáticas identificadas na forma e no material da empunhadura do equipamento analisado. Essa problemática precisou, então, ser identificada na matriz por meio de um dos parâmetros de engenharia, bem como da característica contraditória (momento em que se transforma um problema específico em um parâmetro genérico).

Após realizada essa identificação, os espaços correspondentes ao cruzamento desses parâmetros foram preenchidos com os 39 princípios inventivos do Quadro 1, objetivando uma solução específica de acordo com o padrão da matriz principal da TRIZ, que serve apenas para consultas (Quadro 3). O fragmento da matriz ilustrada pelo Quadro 3 foi extraído da matriz principal da TRIZ (Anexo A), relacionando os parâmetros escolhidos pelo usuário e resultando em princípios inventivos úteis à contradição escolhida pelo usuário.

Quadro 2 – Exemplificação de matriz de contradições

Característica contraditória → Características a serem melhoradas ↓	12. Forma	3. Comprimento do objeto em movimento	14. Resistência
1. Peso de um objeto móvel	Ex: 12, 14, 20	Ex: 18, 10, 20	Ex: 13, 2, 25
12. Forma da empunhadura	Ex: 8, 16, 29 (Números consultados na Figura 12)	Ex: 11, 15, 27 (Números consultados na Figura 12)	Ex: 4, 40, 34 (Números consultados na Figura 12)
32. Facilidade de manufatura	Ex: 1, 8, 26	Ex: 22, 13, 2	Ex: 12, 24, 10

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 3 – Seção da matriz original da TRIZ

	Resultado indesejado (conflito) Parâmetro a ser melhorado	Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado	Comprimento do objeto em movimento	Comprimento do objeto parado	Área do objeto em movimento
		1	2	3	4	5
1	Peso do objeto em movimento	+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17,
2	Peso do objeto parado	-	+	-	10, 1, 29, 35	-
3	Comprimento do objeto em movimento	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4
4	Comprimento do objeto parado	-	35, 28,	-	+	-

Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul (SENAI-RS) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE-RS) (2010).

Os números visíveis na matriz (Quadro 3) referem-se aos princípios listados no Quadro 4. Os princípios funcionam com fomentadores de soluções que melhorem consideravelmente o produto.

Quadro 4 – Lista de princípios inventivos

1	Segmentação	2	Extração	3	Qualidade local	4	Assimetria
5	Consolidação	6	Universalidade	7	Aninhamento (“matrioshka”)	8	Contrabalançar
9	Compensação prévia	10	Ação prévia	11	Amortecimento prévio	12	Equipotencialidade
13	Inversão	14	Esferoidal	15	Dinamicidade	16	Ação parcial ou excessiva
17	Transição para uma nova dimensão	18	Vibração mecânica	19	Ação periódica	20	Continuidade da ação útil
21	Aceleração	22	Converta dano em benefício	23	Retroinformação	24	Mediador
25	Autosserviço	26	Cópia	27	Descarte	28	Substituição do sistema mecânico
29	Construção pneumática ou hidráulica	30	Membranas flexíveis ou finas	31	Material poroso	32	Mudança de cor
33	Homogeneidade	34	Rejeitando e regenerando partes	35	Transformação de propriedades	36	Mudança de fase
37	Expansão térmica	38	Uso de oxidantes fortes	39	Ambiente inerte	40	Materiais compostos

Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul (SENAI-RS) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE-RS) (2010, p. 12).

Na metodologia TRIZ, fez-se um *brainstorming* com os princípios que aparecem indicados na matriz. Dessa forma, um grupo de pessoas, por exemplo, pode chegar a muitas formas de solucionar o mesmo problema, posto que o processo se repete ao compreender cada princípio inventivo indicado.

4.5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ

Foi aplicada a metodologia TRIZ em relação aos parâmetros considerados problemáticos na modelagem de superfícies e ferramentas, sendo necessária uma matriz de princípios inventivos para cada ferramenta. Escolheu-se a TRIZ por se tratar de uma metodologia eficiente para melhorar estruturas submetidas à utilização repetitiva. Os passos necessários para trabalhar com esse método podem seguir a seguinte ordem: a) escolha da ferramenta a ser analisada ou melhorada; b) detecção de problemáticas em interação com o usuário (neste caso, a superfície e a forma de empunhaduras); c) verificação das contradições que objetivam melhorar o produto; d) elaboração de uma matriz; e) análise dos

resultados da matriz de contradições; e f) modificação, atualização e generalização dos resultados.

Para a criação de um modelo ideal de superfície e forma de empunhadura, foi necessário ter a ideia conceitual objetivando atender aos requisitos de projeto. Assim, associaram-se os conhecimentos sobre design de superfície e ergonomia para que o projeto abrangesse a área do design e da engenharia. Geralmente as superfícies e principalmente a forma das empunhaduras são produzidas orientadas à estética.

No caso deste estudo, as superfícies e formas integraram uma funcionalidade obrigatoriamente benéfica à usabilidade do produto, além de provavelmente tornarem o objeto mais interessante do ponto de vista estético. Com a combinação híbrida de métodos e desenvolvida neste trabalho, objetivou-se apontar ideias que redefiniram o produto e sua superfície por meio de princípios inventivos adaptados e correspondentes a uma matriz diferente.

Durante este estudo, foi possível medir, avaliar e reconfigurar os princípios inventivos já existentes na TRIZ, que sugerem soluções aos problemas detectados. Fez-se a análise com os equipamentos em um sistema comparativo e visual para a coleta inicial de dados. Essas imagens demonstram como os produtos se comportam durante o manuseio comum para suas funções.

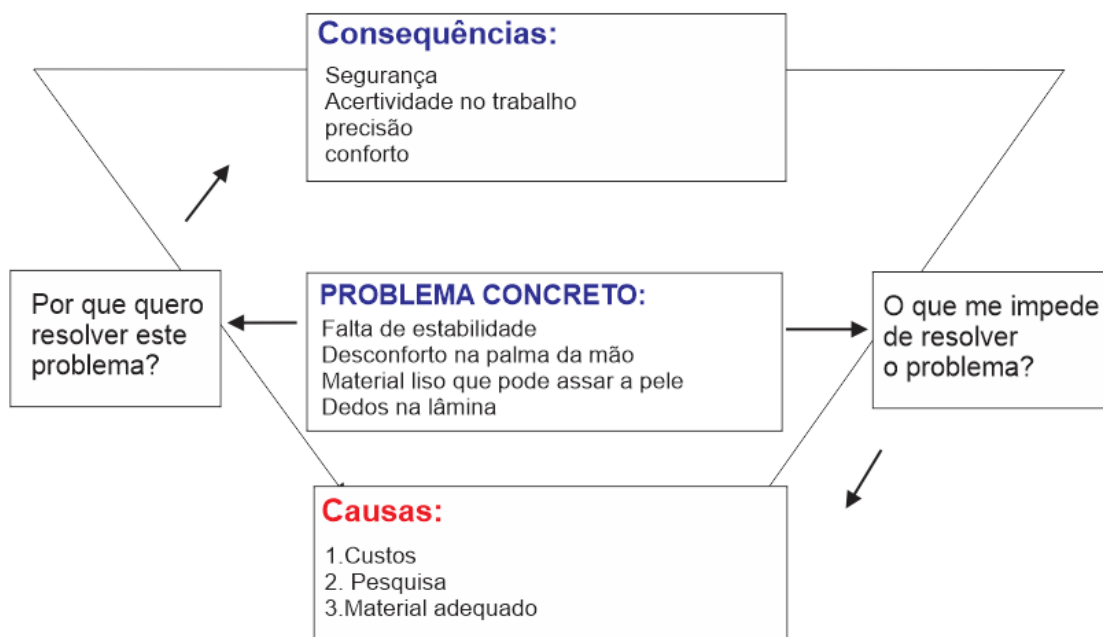
Observaram-se, nas imagens, os problemas apontados e indicativos de possível fadiga e pressão exacerbada no manuseio pelo usuário. Tais apontamentos foram importantes, já que essas tensões demasiadas prejudicam e diminuem o aproveitamento do produto e, conseqüentemente, sua vida útil, desencadeando um descarte precoce. A seguir, demonstra-se a utilização de um buril para o entalhe de uma peça em madeira (Figura 12), seguida dos problemas apontados (Figura 13).

Figura 12 – Utilização de um buril



Fonte: registrada pela autora.

Figura 13 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta buril



Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 14, ilustra-se a utilização de uma caneta mandril em uma das suas posições usuais.

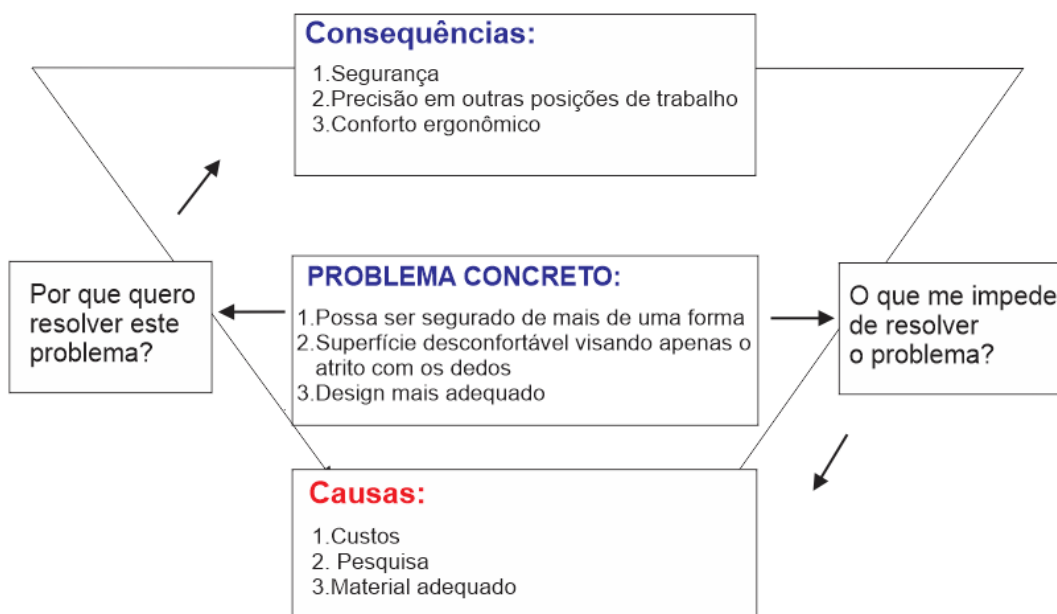
Figura 14 – Utilização de uma caneta mandril



Fonte: registrada pela autora.

Na Figura 15, indicam-se as problemáticas enfrentadas pelo usuário e outras informações acerca da usabilidade do produto.

Figura 15 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta caneta mandril



Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 16, ilustra-se a utilização da pega de um alicate em uma das suas posições usuais.

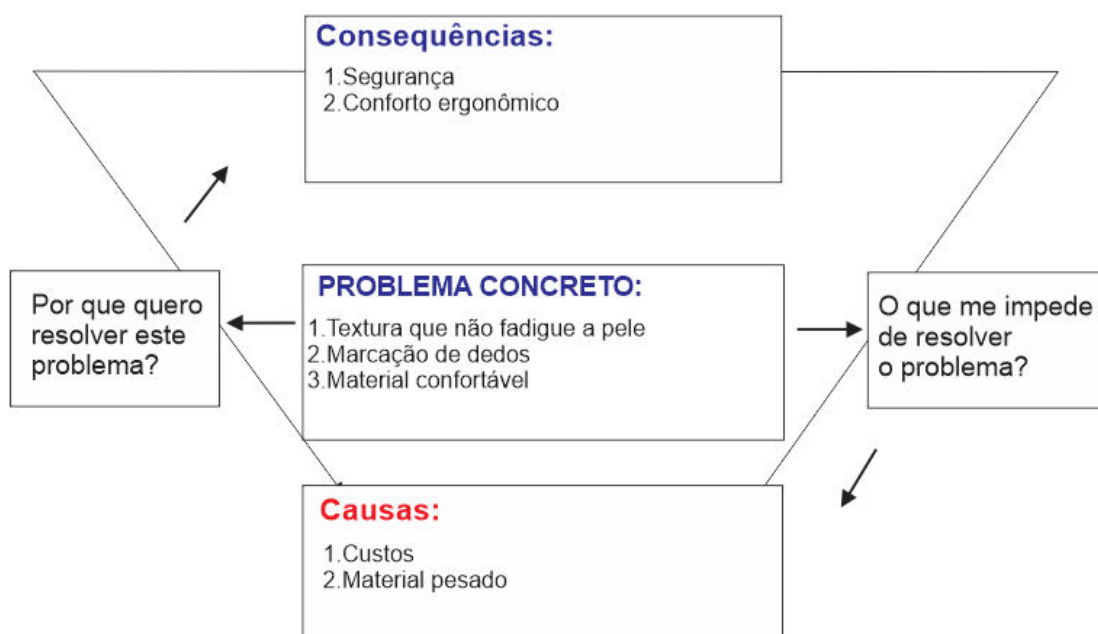
Figura 16 – Utilização de um alicate



Fonte: registrada pela autora.

Na Figura 17, apontam-se as possíveis problemáticas enfrentadas pelo usuário.

Figura 17 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta alicate



Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 18, ilustra-se a utilização da pega de uma chave de fenda na sua posição mais usual.

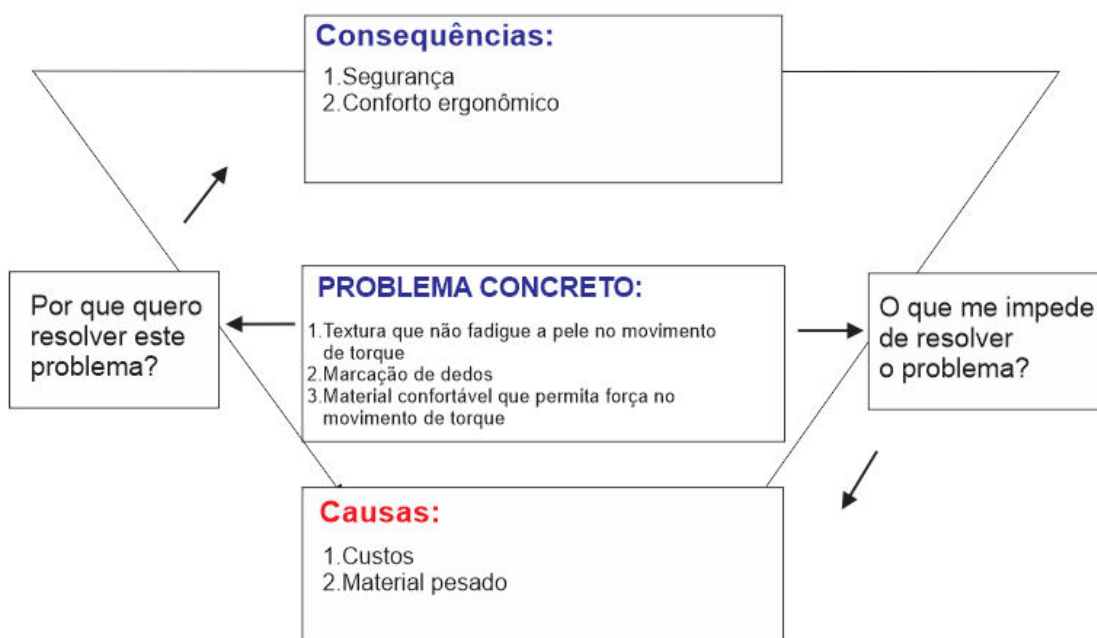
Figura 18 – Utilização de uma chave de fenda



Fonte: registrada pela autora.

Na Figura 19, a seguir, descrevem-se as possíveis problemáticas e fadigas enfrentadas pelo usuário.

Figura 19 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta chave de fenda



Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 20, ilustra-se a utilização da pega de uma talhadeira na sua posição mais usual (neste caso, o fabricante providenciou uma estrutura que facilita a utilização).

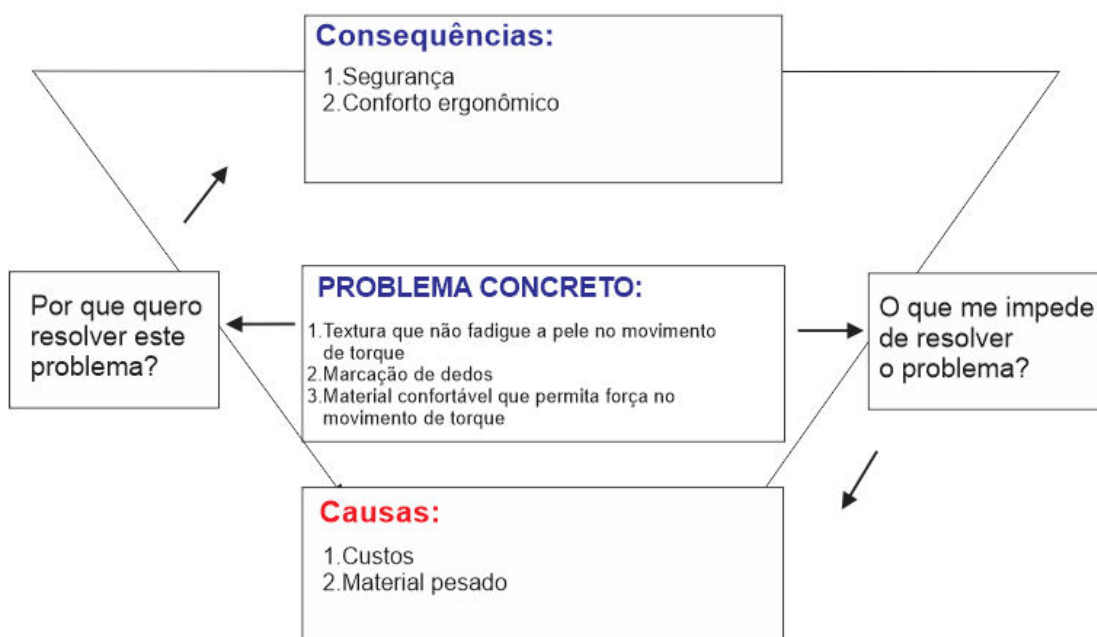
Figura 20 – Utilização de uma talhadeira



Fonte: registrada pela autora.

Na Figura 21, apontam-se as possíveis problemáticas e fadigas enfrentadas pelo usuário.

Figura 21 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta talhadeira



Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 22, ilustra-se a utilização da pega de uma espátula em uma de suas posições mais usuais.

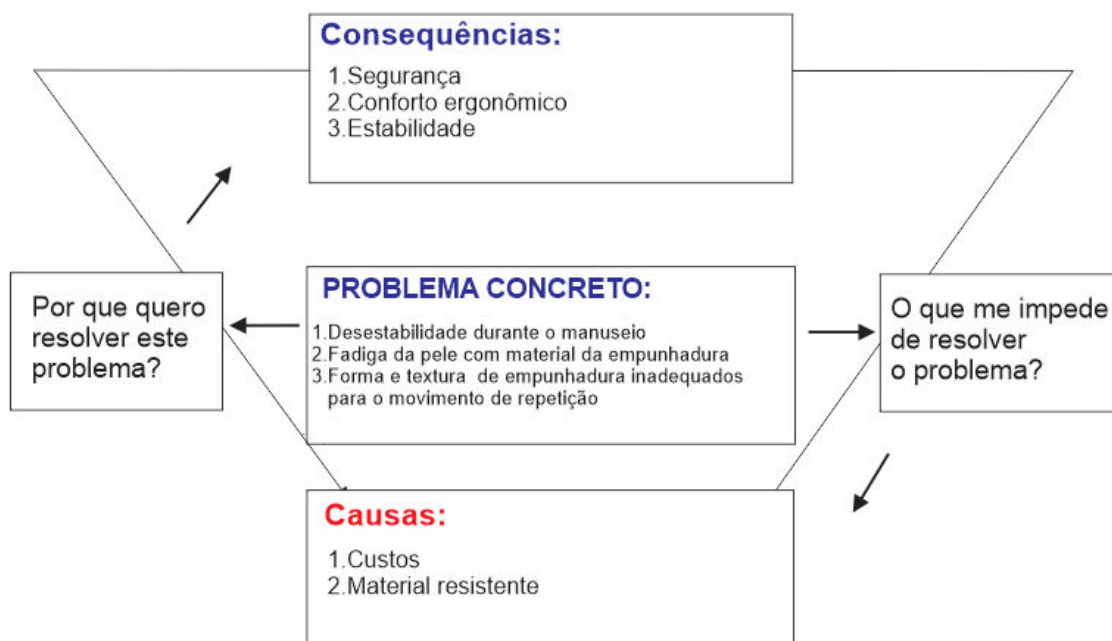
Figura 22 – Utilização de uma espátula



Fonte: registrada pela autora.

Nesse caso, a utilização do apoio dos dedos demonstra a falta de estabilidade na pega do produto, mencionada, entre outras possíveis problemáticas e fadigas enfrentadas pelo usuário, na Figura 23.

Figura 23 – Mapeamento de problemas identificados na ferramenta espátula



Fonte: elaborada pela autora.

4.6 RESULTADO DAS MATRIZES DE CONTRADIÇÃO NO ESTUDO DE CASO



A matriz de contradição, parte pertencente ao desenvolvimento da metodologia TRIZ, serviu de base às pesquisas para solucionar impasses em que duas características são igualmente importantes na incorporação de um objeto, mas também podem ser contraditórias. Assim, no caso dos equipamentos em questão, por exemplo, a empunhadura deve ser leve e resistente ao mesmo tempo para garantir o conforto na sustentação do equipamento pelo usuário.

Cruzando esses dados, foi possível construir uma lista de princípios inventivos que sugeriram a solução para a inovação final necessária a cada um dos produtos. É importante considerar que os testes listados a seguir foram realizados para estruturar uma configuração híbrida de métodos de resolução de problemas inventivos para superfícies e que essa fase possibilitou compreender as contradições e as possíveis soluções, resultando, assim, em um *brainstorming* que funcionou para a atualização e melhoria dos produtos.

Essa fase preparou os equipamentos para que fosse possível avaliá-los com precisão metodológica, entendendo quais deveriam ser os procedimentos executados posteriormente. Pode-se observar, a seguir, que foi sugerida uma série de números, os quais correspondem aos 40 princípios inventivos do método TRIZ.

No Quadro 5, indicam-se os princípios para a resolução de problemas da ferramenta buril.



Quadro 5 – Matriz de contradições da ferramenta buril

Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	12. Forma	3. Comprimento do objeto em movimento	14. Resistência
1. Peso de um objeto móvel	10, 14, 35, 40	15, 8, 29, 34	28, 27, 18, 40
12. Forma da empunhadura	-----	29, 34, 5, 4	30, 14, 10, 40
32. Facilidade de Manufatura	1, 28, 13, 27	1, 29, 13, 17	1, 3, 10, 32

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 6, constam os princípios para a resolução de problemas da ferramenta caneta mandril.



Quadro 6 – Matriz de contradições da ferramenta caneta mandril

Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	2. Peso do objeto parado	33. Facilidade de operação	32. Manufatura
12. Forma	15, 10, 26, 3	32, 15, 26	1, 32, 17, 28
35. Adaptabilidade	19, 15, 29, 16	15, 34, 1, 16	1, 13, 31
27. Confiabilidade	3, 10, 8, 28	27, 17, 40	-----

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 7, estão expostos os princípios para a resolução de problemas da ferramenta alicate.



Quadro 7 – Matriz de contradições da ferramenta alicate

Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	2. Peso do objeto parado	10. Força
12. Forma	15, 10, 26, 3	35, 10, 37, 40
35. Adaptabilidade	19, 15, 29, 16	15, 17, 20
27. manufatura	3, 10, 8, 28	8, 28, 10, 3

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 8, indicam-se os princípios para a resolução de problemas da ferramenta chave de fenda ponta chata.



Quadro 8 – Matriz de contradições da ferramenta chave de fenda ponta chata

Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	2. Peso do objeto parado	10. Força	35. versátil
12. Forma	15, 10, 26, 3	10, 35, 37, 40	1, 15, 29
27. manufatura	3, 10, 8, 28	8, 28, 10, 3	13, 35, 24, 8

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 9, podem ser visualizados os princípios para a resolução de problemas da ferramenta talhadeira.



Quadro 9 – Matriz de contradições da ferramenta talhadeira

Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	2. Peso do objeto parado	10. Força
13. Estabilidade da composição do objeto	26, 39, 40, 1	10, 35, 21, 16
12. Forma	15, 10, 26, 3	35, 10, 37, 40

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 10, constam os princípios para a resolução de problemas da ferramenta espátula.

Quadro 10 – Matriz de contradições da ferramenta espátula

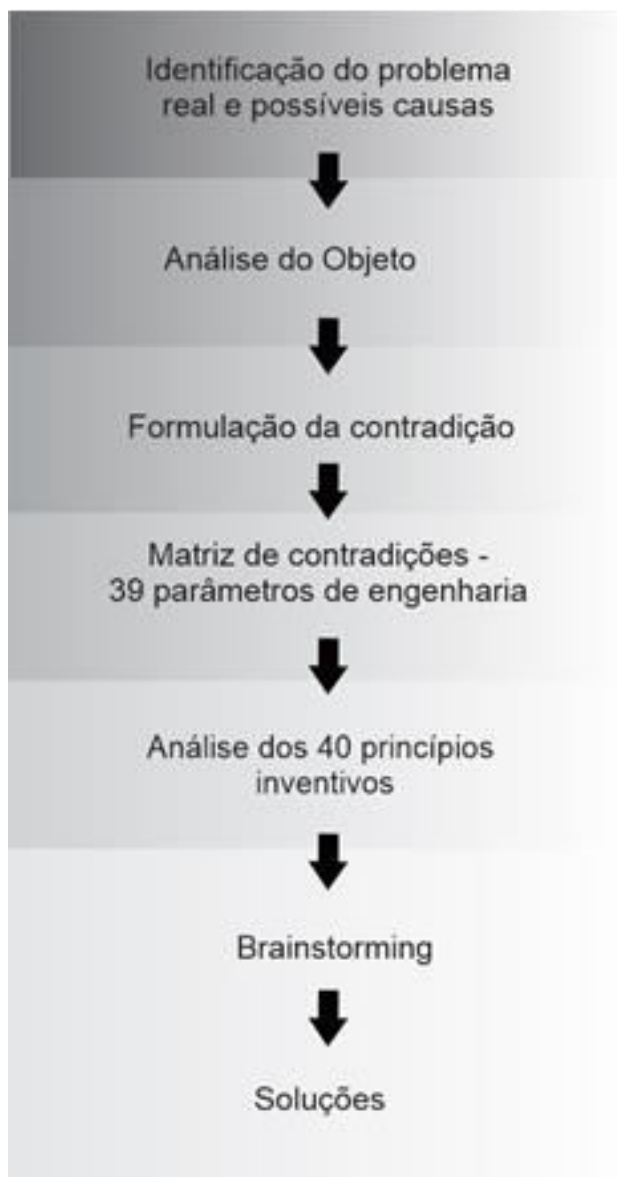
Característica contraditória  Características a serem melhoradas 	2. Peso do objeto parado	10. Força
33. Facilidade de operação	6, 13, 1, 15	28, 13, 35
14. Resistência	40, 26, 27, 1	10, 18, 3, 14
37. Complexidade de controle	6, 13, 28, 1	30, 28, 40, 19

Fonte: elaborado pela autora.

Para Kaminski (2008), a análise dos resultados é a parte mais importante do procedimento. É quando o projetista ou o usuário se depara com os resultados apresentados. Essa análise pode dar indícios sobre soluções para os problemas mais críticos do produto ou para deformações da geometria em decorrência do uso.

Tal processo pode ser repetido inúmeras vezes, com várias modificações nos parâmetros e nas variáveis inerentes ao equipamento que está sendo analisado, desde que seja seguido o fluxograma ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Fluxograma de etapas



Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 24 apresenta um fluxograma para uso das ferramentas da TRIZ. Esse modelo representa o sistema da TRIZ aplicado ao projeto de produto, incluindo desde a análise de pontos frágeis até possíveis soluções para melhorias ilustradas pelo *brainstorming* constante na próxima seção.

4.7 AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES NO ESTUDO DE CASO

Depois de determinar os parâmetros, tornou-se necessário encontrar uma superfície e forma mais eficiente para os modelos. Essa fase, induzida pelo *brainstorming*, consistiu em uma das principais etapas da análise pelo método TRIZ. Reiterando, depois de realizada a análise inicial das ferramentas por meio da situação de uso mais comum, os produtos que apresentaram pontos frágeis nas empunhaduras, desconforto no uso ou falta de estabilidade foram filtrados na matriz de contradição com características a serem melhoradas e transformadas em parâmetros genéricos.

O resultado da matriz de contradições embasou o *brainstorming*, que procurou solucionar de forma específica todos os pontos de fragilidade expostos no início da operação. Nesta fase, avaliaram-se as possíveis soluções encontradas para cada ferramenta. No Quadro 11, constam os princípios para a resolução de problemas da ferramenta buril, assim como ideias que se relacionam com cada problema exposto.

Quadro 11 – *Brainstorming* da ferramenta buril

<p style="text-align: center;">Peso da empunhadura</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>8. Contrabalançar - Não pode pesar muito mais que a lâmina de entalhe</p> <p>14. Esferoidal - Forma mais adequada para contrabalançar</p> <p>15. Dinamicidade - Empunhadura dividida em partes</p> <p>29. Construção pneumática - Empunhadura não sólida /preenchida com ar</p>	<p style="text-align: center;">Forma da empunhadura e forma da superfície</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>29. Construção pneumática - Forma não rígida e superfície não rígida</p> <p>30. Membranas flexíveis - As superfícies serão membranas para diminuir a fadiga com a pele</p> <p>4. Assimetria - A empunhadura se adaptará a forma que o usuário necessita para determinada posição dos dedos</p> <p>34. Rejeitando e Regenerando partes - Após a utilização a empunhadura volta a ter o formato esferoidal de origem</p>	<p style="text-align: center;">Facilidade de Fabricação</p> <p>Princípios Utilizados</p> <p>1. Segmentação - Construção por partes</p> <p>27. Descarte - Substituição de materiais</p> <p>29. Construção Pneumática - Empunhadura inflada com ar</p>
---	---	---

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 12, constam os princípios para a resolução de problemas da ferramenta caneta mandril, bem como as ideias relacionadas a cada problema exposto.

Quadro 12 – *Brainstorming* da ferramenta caneta mandril

<p style="text-align: center;">Forma da empunhadura</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>1. Segmentação -Dividir a empunhadura em partes</p> <p>15.Dinamicidade -Partes móveis circulares</p> <p>32.Mudança de cor -Indicação de cor para apoio de dedos</p> <p>28.Substituição de sistema mecânico - Funções da ferramenta ligadas a empunhadura</p> <p>17.Transição para uma nova dimensão -Empunhadura com multicamadas</p>	<p style="text-align: center;">Adaptabilidade a várias opções de pega</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>19.Ação periódica -Empunhadura com diversas formas de montagem</p> <p>15.Dinamicidade -Empunhadura móvel</p>	<p style="text-align: center;">Confiabilidade</p> <p>Princípios Utilizados</p> <p>1.Segmentação - Empunhadura segmentada</p> <p>13.Inversão -Possuí várias formas de pegas com firmeza</p> <p>31. Material poroso - Aumenta o atrito com a pele e da vasão ao suor</p> <p>32.Mudança de cor -Através das cores saberá se está correta a montagem de adaptações para outros tipos de pega</p>
---	---	--

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 13, podem ser visualizados os princípios para a resolução de problemas da ferramenta alicate e as ideias que se relacionam com cada problema exposto.

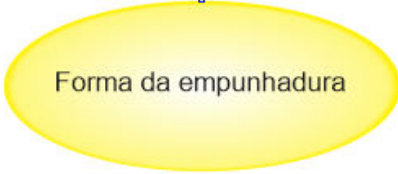

Quadro 13 – *Brainstorming* da ferramenta alicate

<p style="text-align: center;">Forma da empunhadura</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>15. Dinamicidade - Adaptada ao torque</p> <p>3. Qualidade local - Empunhaduras removíveis para diferentes pegas</p> <p>26. Cópia - Textura mimética que possa favorecer a pega</p>	<p style="text-align: center;">Adaptabilidade a várias opções de pega</p> <p>Princípios utilizados:</p> <p>19. Ação periódica - Empunhadura com diversas formas de montagem</p> <p>- Trava na empunhadura</p> <p>15. Dinamicidade - Empunhadura móvel</p> <p>16. Ação parcial ou excessiva - Empunhadura com torque</p>	<p style="text-align: center;">Manufatura</p> <p>Princípios Utilizados</p> <p>28. Substituição do sistema mecânico - Fabricação de partes independentes</p>
---	---	---

Fonte: elaborada pela autora.

No Quadro 14, constam os princípios para a resolução de problemas da ferramenta chave de fenda, bem como as ideias concernentes a cada problema exposto.

Quadro 14 – *Brainstorming* da ferramenta chave de fenda ponta chata

<p style="text-align: center;">  Forma da empunhadura </p> <p style="text-align: center;">Princípios utilizados:</p> <p style="text-align: center;">15.Dinamicidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Textura móvel e maleável -Forma que se adequa a mão <p style="text-align: center;">10.Ação prévia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empunhadura com dispositivo que faça o movimento de torque <p style="text-align: center;">40.Materiais compostos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Textura em forma de escamas 	<p style="text-align: center;">  Forma de fabricação </p> <p style="text-align: center;">Princípios utilizados:</p> <p style="text-align: center;">28.Substituição do sistema mecânico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empunhadura móvel <p style="text-align: center;">24.Mediador</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dentes que prendem a empunhadura <p style="text-align: center;">8.Contrabalançar</p> <ul style="list-style-type: none"> -Empunhadura mais leve que a haste
---	---

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 15, a seguir, expõem-se os princípios para a resolução de problemas da ferramenta talhadeira e as ideias que se relacionam com cada problema exposto.

Quadro 15 – *Brainstorming* da ferramenta talhadeira

<p style="text-align: center;">Estabilidade da ferramenta</p> <p style="text-align: center;">Princípios utilizados:</p> <p>39. Ambiente Inerte - Empunhadura revestida por mais de um material que absorva o impacto</p> <p>40. Materiais compostos - Material que absorva o impacto revestindo a haste antes da empunhadura</p> <p>1. Segmentação - Materiais de diferentes natureza ante empunhadura + empunhadura</p> <p>16. Ação parcial ou excessiva - Conta com mais de uma propriedade para absorver o impacto</p>	<p style="text-align: center;">Forma da empunhadura</p> <p style="text-align: center;">Princípios utilizados:</p> <p>10. Ação prévia - Empunhadura adaptada que recubra área destinada aos golpes</p> <p>3. Qualidade local - Empunhadura com fora adaptada para pega e para o movimento dos golpes</p> <p>40. Materiais compostos - Materiais com resistências diferentes para cada parte da empunhadura</p> <p>15. Dinamicidade - Empunhadura independente da haste</p>
--	--

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 16, indicam-se os princípios para a resolução de problemas da ferramenta espátula, assim como as ideias relacionadas a cada problema exposto.

Quadro 16 – *Brainstorming* da ferramenta espátula

Facilidade de operação	Resistência	Complexidade de controle
<p>Princípios utilizados:</p> <p>6.Universalidade - Facilitador para remoção de textura (dentes na empunhadura)</p> <p>13.Inversão - Utilização dos dois lado: empunhadura e lâmina</p> <p>28.Substituição do sistema mecânico - Sustentação para a lâmina</p> <p>35.Transformação de propriedades - Empunhadura encorpada</p>	<p>Princípios utilizados:</p> <p>40.Materiais compostos - Empunhadura com material reforçado</p> <p>6.Universalidade - Peça que possa apoiar a lâmina</p> <p>1.Segmentação - Empunhadura e peça de apoio a lâmina separadas</p>	<p>Princípios utilizados:</p> <p>35.Transformação de propriedades - Grau de flexibilidade da empunhadura</p> <p>10.Ação prévia - Direcionadores para a lâmina -Empunhadura que englobe/sustente a lâmina</p> <p>30.Membranas flexíveis ou finas - Empunhadura com ranhuras flexíveis</p> <p>40.Materiais Compostos - Materiais diferentes na mesma empunhadura</p> <p>19.Ação periódica - Peça de apoio a lâmina pode ser colocada quando necessário</p>

Fonte: elaborado pela autora.

Os testes realizados proporcionaram uma interação com a metodologia e um aprofundamento nessa área de conhecimento. O desenvolvimento da configuração de métodos proposta neste trabalho se embasou em questões abordadas na TRIZ e principalmente nos problemas que não foram possíveis avaliar a partir das etapas relatadas.

Alguns aspectos técnicos dessa proposta de combinação híbrida de métodos foram ajustados para desenvolver uma versão abrangente aos fundamentos do design de superfícies. Para as simulações se aproximarem da realidade, foram feitos testes com mais produtos, de forma a tornar possível uma medição com melhor confiabilidade dos pontos frágeis.

A metodologia TRIZ como ferramenta de avaliação mostrou-se bastante eficiente, possibilitando planejar melhorias no design dos produtos. Contudo, no geral, não foi possível abranger as superfícies de forma satisfatória. A partir dos resultados obtidos nesta primeira avaliação, soube-se que, para idealização de

uma proposta de configuração de métodos, seria preciso indicar de forma mais precisa um meio de ponderar os valores ganhos.

Tal experiência possibilitou a avaliação de um dos métodos mais complexos e amplamente difundidos, de extrema importância para o design e a engenharia. Além disso, permitiu identificar que não estão devidamente adaptados, reforçando a importância desta pesquisa, que objetiva beneficiar de forma precisa o campo do design de superfícies.

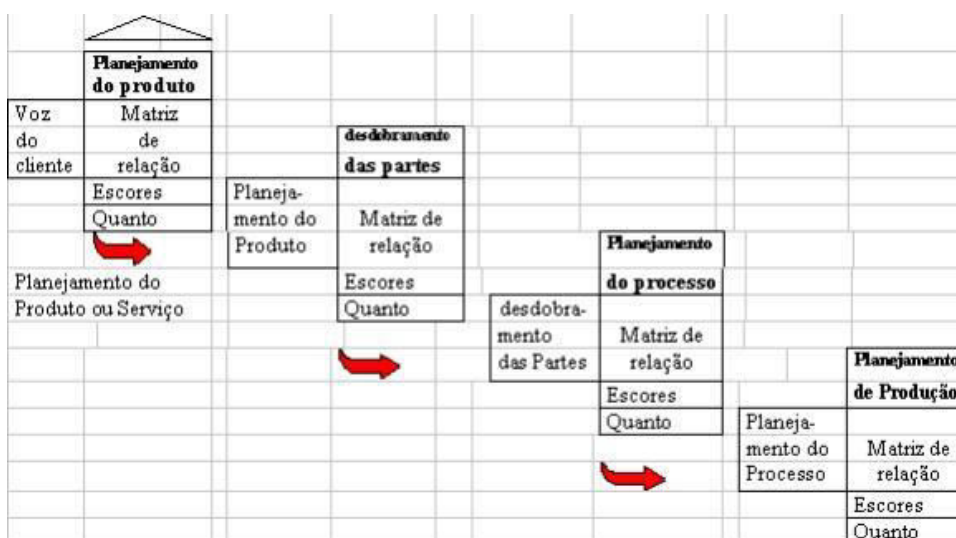
5 A FERRAMENTA QFD

O QFD pode ser aplicado para controlar a qualidade de todo o processo de desenvolvimento do produto, desde seu planejamento até sua fabricação e montagem (nesta metodologia não existe uma etapa ou um método detalhado para superfícies de produtos). A ferramenta QFD, de acordo com Cheng e Melo Filho (2007), pode ser conceituada como uma forma de comunicar sistematicamente informação relacionada com a qualidade.

A metodologia explica ordenadamente um trabalho relacionado com a obtenção da qualidade, tendo como objetivo alcançar o enfoque da garantia de qualidade durante o desenvolvimento do produto. Essa metodologia pode ser subdividida em desdobramento da qualidade (QD), o que inclui a casa da qualidade (HoQ), e desdobramento da função qualidade no sentido restrito (QFDr).

Ainda, pode-se afirmar que a ferramenta visa buscar, traduzir e transmitir as informações necessárias para que o produto desenvolvido atenda às necessidades dos clientes, por intermédio de desdobramentos sistemáticos, que incluem a determinação da voz do cliente e todos os fatores necessários para o desenvolvimento do produto. Assim, a metodologia envolve o desenvolvimento de quatro matrizes, como demonstrado na Figura 25.

Figura 25 – As quatro fases do QFD



Fonte: Kienitz (1995, p. 4).

Observa-se que a saída de uma matriz se converte na entrada da próxima matriz e que a técnica do desdobramento da função qualidade permite a introdução dos desejos dos consumidores nos projetos dos produtos e serviços (KIENITZ, 1995). No QFD, a “voz” dos clientes fundamenta o que se traduz em requisitos técnicos, de modo que os processos internos possam entregar o que os clientes desejam, atendendo às suas necessidades (BÜYÜKÖZKAN; BERKOL, 2011).

Trata-se de uma abordagem orientada para o cliente, que constitui uma ferramenta útil para as empresas planejarem suas melhorias em produtos e serviços. Neste estudo de caso, não foram encontradas outras ferramentas adequadas que incorporassem quantitativamente os requisitos do cliente no design de produtos e serviços. Isso, juntamente ao fato de as aplicações do QFD serem abrangentes, incluindo planejamento de design, engenharia, desenvolvimento de estratégia, avaliação e seleção de fornecedores, explica por que o QFD foi a metodologia escolhida (CARNEVALLI; MIGUEL, 2007; CHAN; WU, 2002). Contudo, as pesquisas que integram as preocupações ambientais no QFD são relativamente recentes (BEREKETLI; GENEVOIS, 2013).

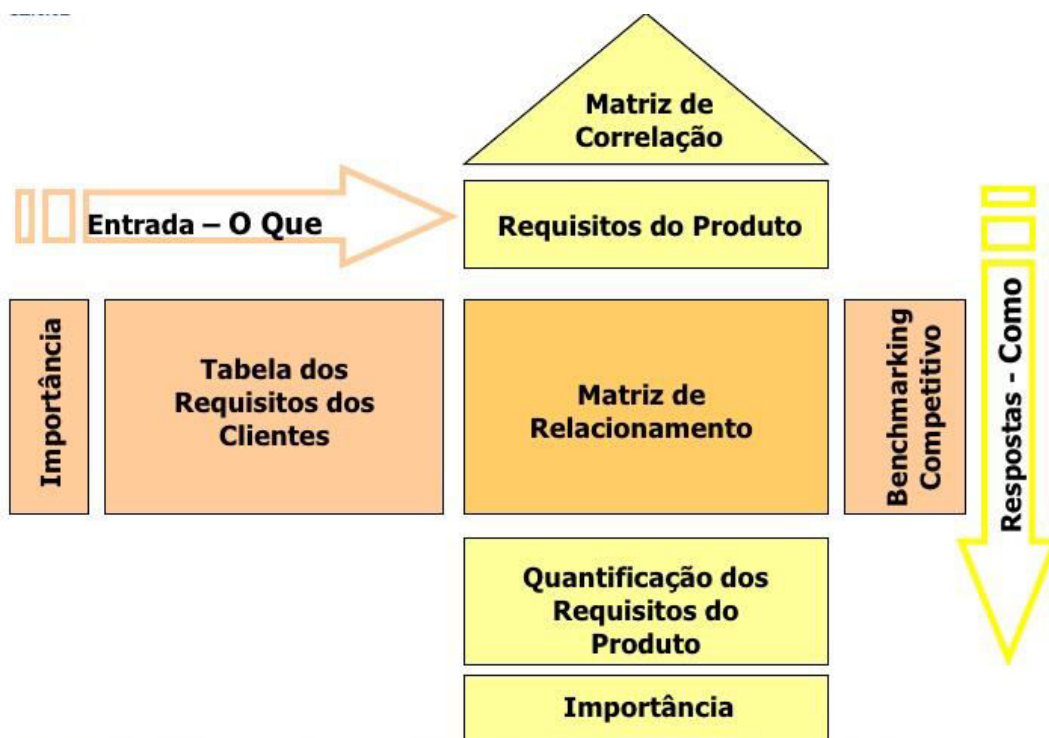
Carnevalli e Miguel (2007) apontaram alguns desafios metodológicos na aplicação do QFD, a exemplo da dificuldade em interpretar os requisitos do cliente. Normalmente, os clientes tendem a ser exigentes e indicam que quase todos os critérios são importantes, o que eleva os custos das melhorias; no entanto, nesses casos as empresas podem fazer compensações se tiverem recursos restritos (CHUANG, 2001).

O QFD pode ser visto como uma ferramenta metodológica voltada para apoiar com maior consideração a ergonomia de um produto, cujos objetivos são priorizar as necessidades do cliente em todo o processo de design, para promover a comunicação entre usuários e designers (engenheiros, ergonomistas, usuários etc.) e para descobrir possíveis contradições entre vários parâmetros de design importantes em um produto. Como o próprio nome sugere, a abordagem QFD baseia-se na implantação das expectativas dos usuários (considerando “o que” e “como” em termos de design e parâmetros relacionados à produção) para o novo produto. Esse processo é representado por uma sucessão de tabelas de entrada dupla, permitindo que as correlações entre as entradas sejam identificadas e

priorizadas. A primeira matriz, também referida como “a casa de qualidade” (HoQ) devido à sua forma (Quadro 17), é a forma mais reconhecida do QFD.

De acordo com Marsot (2002), além das correlações “o que” e “como”, essa matriz possibilita a integração de elementos relacionados à análise da concorrência de produtos e a identificação de sinergias e/ou contradições entre diferentes características do produto. Assim, essa matriz oferece a dupla vantagem de facilitar a transição entre o mundo do usuário e o do designer, combinando no mesmo documento todos os dados efetivos para a tomada de decisões em relação ao desenvolvimento de produtos.

Quadro 17 – Matriz “casa de qualidade”



Fonte: adaptado de Marsot (2002).

Como exemplo de aplicação da ferramenta e estudo de caso para avaliação do método, apresenta-se, a seguir, o trabalho realizado sobre o redesenho de uma faca de desossa (Figura 26).

Figura 26 – Projeto CEROM sobre o redesenho de uma faca de desossa



Fonte: Marsot (2004, p. 3).

O QFD constitui um método multidisciplinar que pode ser implementado dentro de um grupo de trabalho, combinando diferentes estratégias que impactam o design. No caso desse estudo, tal método foi implementado por uma equipe que combina especialistas em engenharia e ergonomia, usuários de facas de desossa (afiadores) e fabricantes.

Observa-se que o design de ferramentas manuais, por vários anos, tem sido um foco de atenção por parte de usuários, fabricantes (ATLAS COPCO, 1998; SANDWICK, 1995) e pesquisadores (EUROPEAN COMMISSION, 1997). Muitos estudos apontam que, desde o início de 1980, houve um aumento nos problemas ergonômicos atrelados a trabalhadores que utilizam ferramentas manuais diariamente em seus ofícios. Mais especificamente, esses problemas foram detectados na indústria de alimentos (ARMSTRONG *et al.*, 1982), na indústria automobilística (VANBERGEIJK, 1996), em eletrônicos (TICHAUER; GAGE, 1977) e na montagem de eletrodomésticos (APTEL, 1993). De acordo com o entendimento da comunidade científica, o design é considerado como a transformação de um conceito em um produto com o objetivo de satisfazer o usuário e suas necessidades (DUCHAMP, 1999).

A HoQ começa com a seguinte pergunta: o que os clientes desejam? Seus requisitos são chamados de necessidades do cliente, frases que são usadas pelos clientes para descrever produtos e características (por exemplo, “ferramentas manuais devem ser leves durante o uso” e “ferramentas manuais devem ser usadas com luvas” (HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000).

Essas necessidades dos clientes são coletadas principalmente por meio de pesquisas de mercado (HAUSER; CLAUSING, 1988).

A pergunta seguinte é: como o produto pode ser alterado para atender às necessidades do cliente? Agora, o produto é descrito na linguagem da engenharia. Ao longo do uso da HoQ, a equipe de design lista as características de engenharia que provavelmente afetarão uma ou mais das necessidades do cliente (HAUSER; CLAUSING, 1988). Alguns exemplos poderiam ser “grande força necessária para o uso” e “aderência adequada” (HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000).

Posteriormente, é preciso indicar até que ponto cada característica de engenharia afeta cada necessidade do cliente. Nas terminologias do QFD, as correlações entre as necessidades do cliente e as características de engenharia são referidas como correlações entre “o que” e “como” (AKAO, 1993; HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000; HAUSER; CLAUSING, 1988;).

A ligação das necessidades do cliente às características de engenharia, ou seja, a estimação das correlações entre “o que” e “como”, geralmente são feitas pela equipe de design. Com base nesse levantamento, a equipe obtém informações sobre quais características devem ser modificadas para melhor atender aos requisitos dos clientes.

Assim, um erro no levantamento das relações entre as necessidades dos clientes e as características de engenharia propaga-se para os estágios sucessivos durante o processo do método. Para uma aplicação bem-sucedida do QFD, é crucial que as informações da equipe de projeto sobre os pontos fortes das correlações sejam precisas. As correlações entre “o que” e “como” são uma etapa difícil, que se caracteriza por altos níveis de incerteza e subjetividade (HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000; MITSUFUJI; UCHIDA, 1993).

Muitas vezes, todos os insumos em que as equipes de design se embasam são suas próprias experiências, intuição e determinação (MITSUFUJI; UCHIDA, 1993). Mesmo que a experiência seja alta e a intuição seja boa, “[...] dificilmente haverá informações estabelecidas de forma confiável sobre todos os fatores de correlação” (HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000, p. 187).

Para alcançar os objetivos no estudo sobre a faca de desossa, segundo Marsot (2002), realizou-se um levantamento ergonômico, composto por entrevistas para saber mais sobre critérios de escolha (preço, eficácia, segurança e higiene) e entrevistas com operadores (um total de 196) para descobrir sua experiência e seu ponto de vista sobre as ferramentas utilizadas. Com relação a essas expectativas, o método QFD permitiu a avaliação de produtos concorrentes existentes, estabelecendo metas a serem alcançadas para os produtos projetados.

A pesquisa de campo revelou que os usuários não consideravam determinada marca significativa, o que foi decidido com base em uma pontuação (mínimo = 1, máximo = 5) atribuída a todos as atuais facas de desossa e à faca a ser projetada futuramente. Por exemplo, para a afirmação de “não causar dor”, a equipe avaliou que as facas de desossa atuais estariam funcionando razoavelmente (pontuação 3), enquanto a futura faca visaria atingir uma pontuação de 5.

Em relação ao caso particular deste estudo, as expectativas de Marsot (2002) que exigiram maior satisfação foram, obviamente, aquelas que envolveram prevenção de riscos ocupacionais. Além disso, a pesquisa de campo revelou a insatisfação do usuário a respeito da funcionalidade de manuseio com a faca e em relação a pontos de pressão fatigados na mão durante o uso. Essas características, que sinalizam aspectos de engenharia e/ou ergonomia (lidar com a forma), foram mensuráveis (Quadro 18).

A apresentação da HoQ permitiu facilmente uma avaliação do impacto da ergonomia e de outras expectativas do usuário, sendo capaz, ainda, de prever consequências ocasionadas por modificações em parâmetros de design. Um dos principais critérios identificados foi relacionado à expectativa de “não causar dor” referindo-se à forma do cabo da faca (forte correlação). A fase do processo HoQ envolveu uma comparação das diferentes características de design. Desde o início até o desenvolvimento do produto, algumas características se integraram ao funcionamento da TRIZ, metodologia embasada em contradições e utilizada na combinação híbrida de métodos proposta neste trabalho.

Quadro 18 – Experiência do usuário com facas

Parte da ferramenta	Ponto de vista sobre	Número de operadores (%)
Lidar com	Forma inadequada	22
	Comprimento inadequado	12
	Diâmetro inadequado	16
	Pegada inadequada	45
	Conforto inadequado	31
	Dureza inadequada	23
Lidar com proteção	Altura inadequada	31
	Proteção insuficiente	25
Lâmina	Comprimento inadequado	33
	Altura inadequada	30
	Espessura inadequada	17
	Rigidez inadequada	20
	Curvatura inadequada	14
	Nitidez ruim	42
	Duração de vida muito curta	51

Fonte: adaptado de Marsot (2004).

Muitas ferramentas manuais mudaram pouco no decurso do século XX (HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000). Durante esse período, o design das ferramentas manuais esteve focado na funcionalidade, a fim de melhorar a eficiência da tarefa e permitir a padronização. A ferramenta deve realizar a tarefa para a qual foi projetada e corresponder às características do maior número possível de usuários (CLAUDON, 2002; MARSOT; CLAUDON, 2004).

Nos últimos dez anos, no entanto, a ênfase mudou para as necessidades ergonômicas do usuário (para fazer o trabalho de forma segura, sem esforço e com comodidade) (CLAUDON, 2002; MARSOT; CLAUDON, 2004). Especialmente o conforto foi um centro de interesse, já que os fabricantes pensam que tal aspecto exerce um papel importante nas decisões de compra de produtos (VINK *et al.*, 2005) e contribui para o desempenho da tarefa de usuários de ferramentas manuais (DEMPSEY *et al.*, 2002; KUIJT-EVERS *et al.*, 2006).

Assim, simultaneamente, foram implementadas várias ferramentas metodológicas para envolver usuários e integrá-los às necessidades de

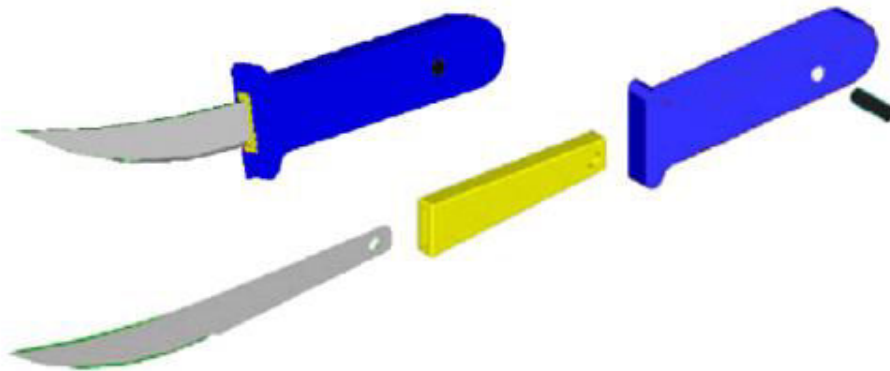
ergonomia no design de ferramentas manuais, a exemplo do “[...] programa de 11 pontos para projetar ferramentas manuais ergonômicas” (BOBJER; JANSSON, 1997, p. 13). Trata-se de um “modelo espiral” de método de design para ferramentas manuais (CLAUDON, 2002) e Quality Function Deployment (AKAO, 1990; HAAPALAINEN; KIVISTO-RAHNASTO; MATTILA, 2000).

O QFD foi aplicado anteriormente às ferramentas manuais por Marsot (2005), que usou essa metodologia para projetar a faca de desossagem, e por Haapalainen, Kivisto-Rahnasto e Mattila (2000), que avaliaram tesouras de poda usando a HoQ. No entanto, ainda se questionam o QFD e, como parte dele, a HoQ enquanto um método realmente completo e apropriado para a concepção de ferramentas manuais em relação ao conforto total de produtos.

Segundo Marsot (2004), o método QFD não apresentou formas de resolução de conflitos: apenas identificou as fragilidades do produto, mas não sugeriu técnicas criativas ou inovações que pudessem evitar a implementação de medidas corretivas posteriormente ao processo de aplicação do método; portanto, não se mostrou totalmente satisfatório no âmbito do estudo do design. Ainda segundo o autor, observando-se o caso da faca de desossar, foi revelada uma interação negativa entre a superfície e dureza do cabo, que não deve ser alta a fim de evitar causar dor no usuário, e a extrema rigidez da conexão lâmina/cabo, que deve ser o mais alta possível para satisfazer as necessidades de usabilidade.

Nesse estudo de caso apresentado, foram gerados diferentes conceitos para uma faca de desossa, avaliando-se como esses conceitos contribuíram com as características do produto e, a partir disso, escolhendo-se o que atenderia melhor às expectativas do usuário. O conceito selecionado pela equipe apresentou uma lâmina removível associada a um cabo bimatéria (Figura 27). As melhorias trouxeram, em partes, a resolução dos conflitos descritos anteriormente, favorecendo, também, a adaptação da forma (sem englobar a topologia superficial) do cabo para as características antropométricas da mão do usuário e facilitando a escolha de pega em relação às tarefas a serem realizadas.

Figura 27 – Ilustração do desenho da lâmina removível com cabo bimaterial



Fonte: Marsot (2004, p. 6).

O QFD apresentou-se como o método já existente mais adequado para assegurar o conforto no processo de design desse caso, pois era a única ferramenta que abordava explicitamente a tradução das necessidades do cliente. Um ponto a ser destacado no processo de aplicação do método é a complexidade de prever conforto no manuseio de uma ferramenta manual, principalmente porque o conforto é uma experiência pessoal e subjetiva (LOOZE *et al.*, 2003). Assim, ao projetar-se ferramentas manuais que proporcionam conforto, é importante envolver o usuário final no processo de design (VINK *et al.*, 2005).

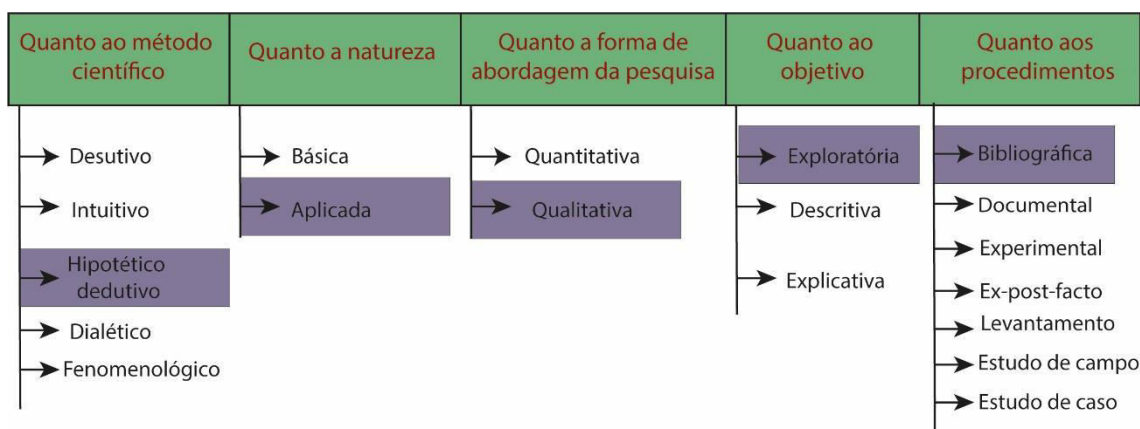
Portanto, o método QFD contribuiu fortemente para os resultados, trazendo a “voz” do cliente quanto às suas necessidades relacionadas ao conforto. Contudo, é importante complementar a ferramenta com outros métodos, que poderiam auxiliar situações de interações contraditórias coletadas na ferramenta QFD. Esta é justamente a abordagem selecionada no presente estudo: propor uma configuração híbrida de métodos.

6 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa. Para o delineamento básico do estudo a partir do problema proposto, estruturou-se o desenvolvimento de um método de design para tratamento superficial de ferramentas, com vistas a atender as necessidades de usabilidade, ergonomia e efeito estético, buscando utilizar uma combinação de métodos. Assim, buscou-se: a) compreender a possibilidade, por meio do levantamento de metodologias já bem difundidas, de desenvolvimento uma nova proposição metodológica no design; e b) desenvolver uma combinação híbrida de métodos focada no tratamento superficial de topologias para atingir satisfatórios níveis de usabilidade, ergonomia e efeito estético em produtos.

Na Figura 28, é apresentado um fluxograma para ilustrar o contexto desta pesquisa.

Figura 28 – Fluxograma de classificação de pesquisa



Fonte: elaborada pela autora.

Assim, este trabalho assume como metodologia científica o método hipotético-dedutivo, pois tenta explicar as dificuldades expressas no problema por meio de hipóteses. A partir das hipóteses formuladas, deduzem-se as consequências que devem ser testadas. Dessa forma, o método hipotético-dedutivo inicia com um problema, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva. Quanto à natureza, este estudo se enquadra

na aplicada, pois visa suscitar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A partir da identificação de um problema, pode-se estabelecer uma nova forma de atuação se comprovada a hipótese de pesquisa elencada neste trabalho, testada durante o desenvolvimento prático. Já quanto ao objetivo do estudo, este é do tipo exploratório, posto que visa proporcionar uma visão geral acerca do problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele. A pesquisa exploratória possui planejamento flexível, o que permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Sobre os procedimentos técnicos, a presente pesquisa contou com revisão bibliográfica para contextualização do assunto. Além disso, possui abordagem qualitativa, pois há a preocupação com a satisfação do usuário em relação ao produto, avaliando as dificuldades e os problemas enfrentados durante seu uso. Nessa abordagem, a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados foram básicas no processo, sendo uma maneira de interpretação dinâmica e totalizante da realidade (PRODANOV; FREITAS, 2013).

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira voltada à pesquisa bibliográfica, para embasamento teórico dos conteúdos sobre as superfícies e sua importância nos métodos projetuais de design de produtos; e a segunda centrada no desenvolvimento de uma combinação híbrida de métodos e sua experimentação. De acordo com as constatações obtidas a partir do desenvolvimento da pesquisa, realizaram-se buscas sobre metodologias projetuais. Tal busca indicou uma lacuna, pois há poucas ferramentas adaptadas à avaliação topológica superficial de produtos e simultaneamente focadas no usuário. Constatou-se, assim, ser necessário o levantamento bibliográfico dos métodos de alguns renomados autores do design e da engenharia. A solução encontrada foi primeiramente o cruzamento e a hibridização dos métodos TRIZ e QFD na busca da adaptação de informações de ambos os métodos.

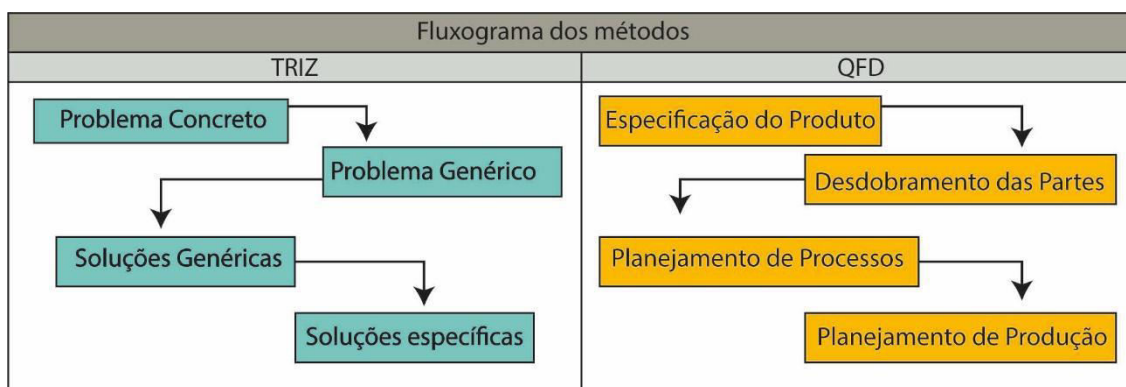
Como anteriormente descrito, a ideia de uma combinação híbrida de métodos para a realização do presente trabalho é decorrente da averiguação da carência de métodos específicos. Essa carência impacta a avaliação e construção de uma topologia superficial adequada às necessidades reais do usuário. Ainda, constatou-se que esta pesquisa necessitava de um método para guiar a

justaposição das etapas propostas nessa metodologia adaptada, abrangendo a necessidade real do usuário, como acontece nos projetos de design. Esse resultado seria dado sob a forma de uma superfície capaz de solucionar os problemas.

Por intermédio do referencial levantado, notou-se que os métodos utilizados no design comumente iniciam o processo com a definição do problema geral e a análise da necessidade. Então, em hipótese, o cruzamento dos métodos levantados anteriormente pode guiar o desenvolvimento dos produtos desta pesquisa de maneira mais eficaz que a utilização de apenas um deles. Para isso, a formulação foi concebida mediante o estudo dos métodos complexos da TRIZ e do QFD.

Para a formulação, primeiramente, foram confeccionados fluxogramas individuais dos métodos (Figura 29), seguindo fidedignamente a obra dos autores. Essa fase foi fundamental para a visualização conjunta dos dois métodos. Todos os fluxogramas foram cuidadosamente analisados para que pudessem ser relacionados, e todas as etapas foram pensadas separadamente (respeitando a origem de cada uma) para facilitar o processo de cruzamento. Assim, foram sendo observadas etapas coincidentes entre os métodos e etapas inéditas.

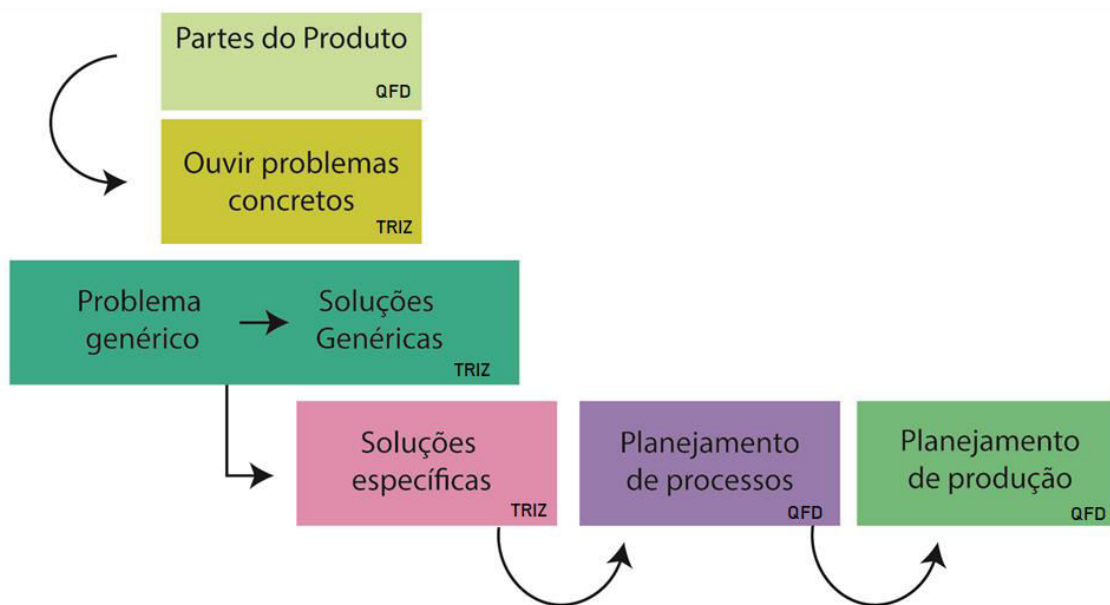
Figura 29 – Fluxograma funcional comparativo entre os principais métodos



Fonte: elaborada pela autora.

Todas as etapas similares foram justapostas, conforme pode ser observado no exemplo apresentado na Figura 30.

Figura 30 – Combinação dos métodos por meio da justaposição de etapas



Fonte: elaborada pela autora.

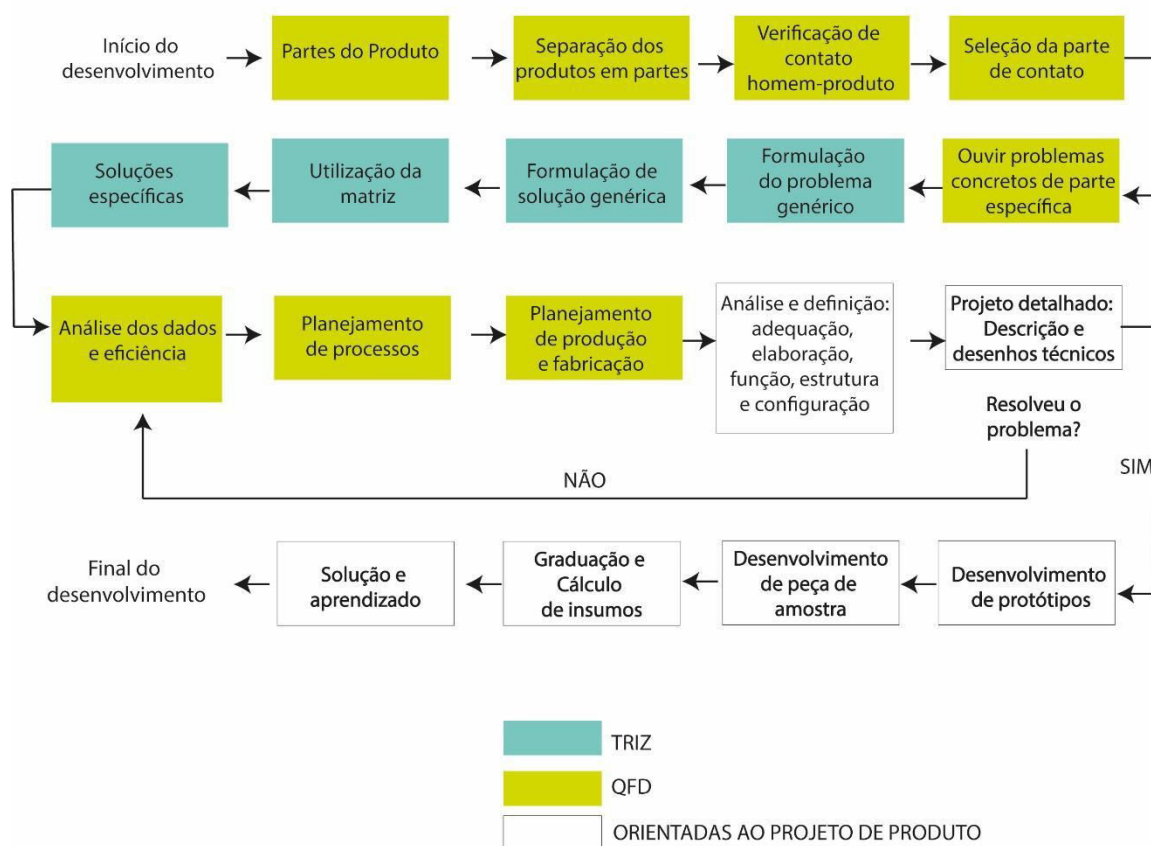
A necessidade de reposicionar as etapas apoiou-se no estudo do referencial teórico já levantado e, também, nas conclusões obtidas a partir da aplicação da TRIZ e do QFD em distintos grupos de produtos, como apresentado neste trabalho.

7 FLUXOGRAMA DA COMBINAÇÃO HÍBRIDA DE MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 31 representa o resultado final do cruzamento das metodologias principais TRIZ e QFD, contando também com outras etapas que se mostraram fundamentais em métodos orientados ao projeto de produto. No fluxograma, podem ser observadas, de maneira geral, as etapas propostas por esta pesquisa para um desenvolvimento de produto com foco no usuário e em sua topologia superficial.

Essa decisão de apresentar o fluxograma antes da descrição do desenvolvimento de cada etapa foi idealizada a partir da observação dos métodos ou das metodologias estudadas. Essa escolha partiu do princípio de que isso facilita o entendimento do leitor quanto ao processo integral da combinação híbrida de métodos proposta.

Figura 31 – Fluxograma geral da combinação híbrida de métodos



Fonte: elaborada pela autora.

Para o desenvolvimento dessa configuração de métodos, como anteriormente exposto, foram alinhados os fluxogramas individuais de cada metodologia e, então, cruzadas as informações. As etapas coincidentes não foram inicialmente descartadas, mas justapostas, como mostrado no decorrer deste capítulo.

Para que esse embasamento fosse visualmente percebido no resultado final (fluxograma representado pela Figura 32), adicionaram-se cores sobre os retângulos. As cores representam as etapas, de forma que cada cor simula uma metodologia distinta. Assim, quando uma mesma etapa contemplou diferentes obras, ela recebeu as cores específicas, conforme estipulado na legenda do fluxograma.

Para representar a interação do processo no fluxograma, que possui a limitação da linearidade, as etapas foram interligadas por meio de linhas. As linhas representam as idas e vindas que ocorreram durante o desenvolvimento. A fim de propiciar uma compreensão mais aprofundada sobre cada etapa, contemplando suas características e as decisões acerca de seus usos e suas posições, cada uma é abordada separadamente, nas subseções a seguir.

7.1 A FASE “PARTES DO PRODUTO”

A fase “partes do produto” surgiu a partir de uma das matrizes da metodologia QFD, que foi identificada respectivamente como “planejamento das partes”. Segundo Cheng e Melo Filho (2007), essa fase tem como objetivo determinar as características técnicas das matérias-primas utilizadas que apresentem a melhor adequação à meta de atingir uma nova especificidade ao produto. A etapa para identificar essas características técnicas é a base do método, pois orienta a pesquisa e o desenvolvimento das soluções posteriormente.

Idealmente, devem ser identificadas todas as partes do produto que possam estar falhando ou apresentando algum atraso de funcionamento. Conforme Cheng e Melo Filho (2007), no desenvolvimento de uma nova geração de produtos ou de uma nova plataforma, busca-se, com base nos dados históricos

do produto, reduzir falhas no novo produto. Além disso, os autores propõem que a solução para o problema não deve ser imediatamente idealizada.

Quando um produto já foi definido, após o estabelecimento da qualidade projetada, procede-se ao desdobramento dos componentes. Para componentes mais críticos, faz-se o estudo do efeito e modo de falha. De forma resumida, essa etapa de projeto filtra quais partes do produto realmente apresentam características críticas, considerando as necessidades e os desejos do usuário (Figura 32).



Fonte: elaborada pela autora.

Foi também a fase “partes do produto” que deu origem ao nome da etapa correspondente no método proposto. Então, na combinação híbrida de métodos proposta pela presente pesquisa, a etapa inicial indica que o designer identifique e reconheça a importância e a função de cada parte do produto. Além disso, esse profissional deve caracterizar e avaliar tais partes nessa etapa considerada como fase inicial do método e primordial para que a solução seja alcançada.

7.2 A FASE “VERIFICAÇÃO DE CONTATO HOMEM-PRODUTO”

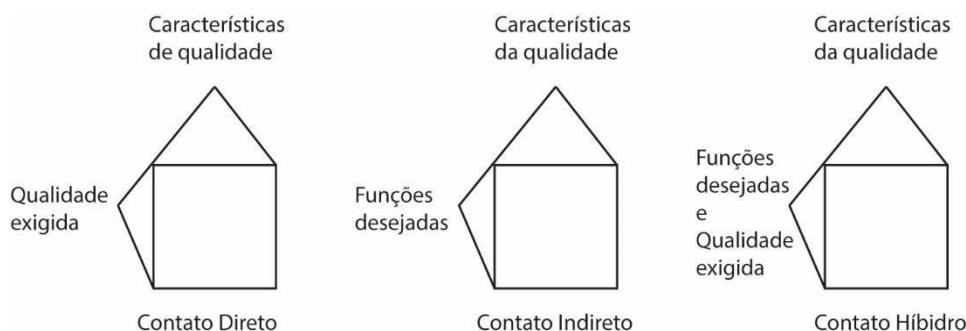
A fase “verificação de contato homem-produto” surgiu a partir das etapas de QFD (ABREU, 1997) e TRIZ (SHURER, 1971), que se relacionaram durante o desenvolvimento do método proposto. Tais etapas são: “mapeamento de problemas identificados” (SHURER, 1971), “matriz de funções desejadas” (ABREU, 1997), “desenvolvimento da matriz de contradições” (TRIZ, 1971) e “matriz características da qualidade” (CHENG; MELO FILHO, 2007).

Conforme Cheng e Melo Filho (2007), a “matriz características da qualidade” refere-se aos possíveis contatos entre o componente e o usuário, podendo ser chamada de contato direto. Nesse caso, os usuários podem ver o componente e, por isso, podem medir como ele satisfaz os seus desejos. Para

esse fim, a tabela de qualidade exigida é obtida para assegurar os requisitos dos usuários.

Nessa situação, é fácil extrair dados da fala de usuários e, então, determinar que características de qualidade estão relacionadas a cada requisito dos usuários. A Figura 33, a seguir, ilustra a primeira matriz da aplicação QFD, estruturada quanto ao contato com usuários na metodologia.

Figura 33 – Primeira matriz do QFD estruturada quanto ao contato com o usuário



Fonte: Cheng e Melo Filho (2007, p. 173).

Essa operação de divisão facilita o projeto, pois tende a isolar os pequenos problemas que se ocultam nas várias partes que compõem um produto, desenvolvendo uma função. Senai-RS e Sebrae-RS (2010) definem a “matriz de contradições” como tendo o objetivo de gerar mais ideias para comparar com as que já foram geradas, buscando, assim, ampliar oportunidades de solução (Figura 34). Essa matriz historicamente é mais utilizada para a solução de determinada contradição entre parâmetros de engenharia.

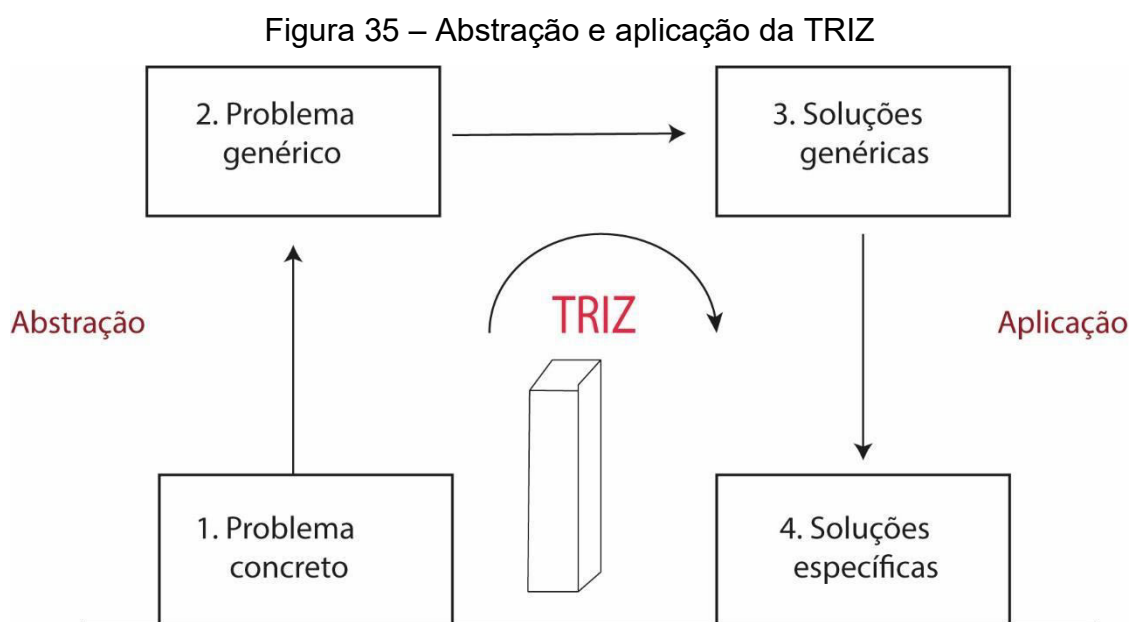
Figura 34 – Etapa: verificação de contato homem-produto



Fonte: elaborada pela autora.

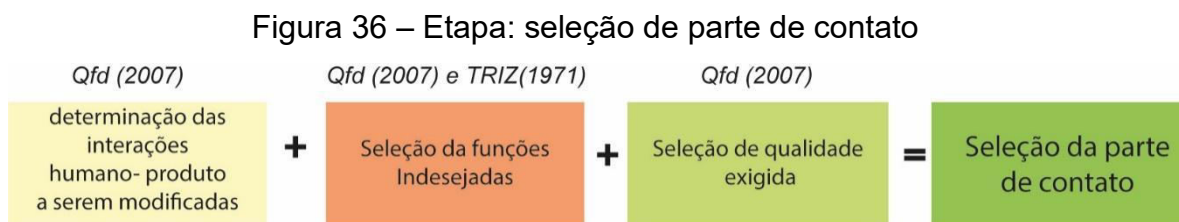
7.3 A FASE “SELEÇÃO DA PARTE DE CONTATO”

A fase “seleção da parte de contato” surgiu a partir da etapa da TRIZ (SHURER, 1971), intitulada “selecionar um parâmetro a melhorar”. Conforme a Figura 35, nessa etapa, a metodologia TRIZ observa os problemas específicos do produto, em que são escolhidas as partes a serem melhoradas e em que, de acordo com a etapa anterior, se tem um considerável contato com o usuário.



Fonte: elaborada pela autora.

Além disso, essa fase ajuda na formulação de hipóteses sobre o tema. Ideo (2011) propõe nessa fase que o grupo de projeto se reúna e individualmente tome nota sobre os seus conhecimentos. Então as notas são juntamente posicionadas, e os integrantes podem observar quais os aspectos que carecem de uma pesquisa mais aprofundada (Figura 36).



Fonte: elaborada pela autora.

Essa fase foi importante durante o desenvolvimento da combinação de métodos, mesmo sendo citada apenas por um autor – Ideo (2011). Sua importância se justifica pelo fato de ser uma etapa para a “identificação do conhecimento preexistente” – nome que deu origem à etapa – e para a formulação de hipóteses sobre tais conhecimentos.

Para a configuração de métodos, essa etapa auxilia a estabelecer as noções de cada aspecto decomposto na fase anterior, utilizando a formulação de hipóteses para a posterior confirmação. É importante salientar, ainda, que a identificação desses conhecimentos, existentes ou inexistentes, não deve descartar a etapa de pesquisa dos dados. Também se considera que essa fase pode ter maior ou menor importância dependendo do conhecimento que a equipe já tiver acerca do produto que está sendo estudado.

7.4 A FASE “OUVIR PROBLEMAS CONCRETOS DE PARTE ESPECÍFICA”

A fase “ouvir problemas concretos de parte específica” assemelha-se bastante à metodologia QFD, que tem por objetivo escutar e se ater a todos os detalhes presentes na opinião de clientes, para desenvolver uma melhora considerável em seus produtos. Segundo Cheng e Melo Filho (2007), a partir dessa etapa, iniciam-se as atividades focadas na engenharia do produto e processo.

Essa fase focou principalmente o estabelecimento das especificações técnicas do produto, de modo que atenda às necessidades dos clientes. Alguns projetos, ao invés de iniciarem pelas etapas citadas anteriormente, iniciam por essa, pois podem existir clientes que estabelecem indiretamente especificações técnicas do novo produto. Isso ocorre principalmente em empresas que produzem produtos utilizados como matérias-primas em produtos intermediários (componentes ou subconjuntos) e como sistemas por outras indústrias.

Geralmente, empresas produtoras de matérias e montadoras de produtos intermediários possuem clientes que desenvolvem produtos para clientes ou consumidor final. Quando um projeto inicia nesta etapa, cabe ao grupo responsável pelo desenvolvimento definir a importância da execução das atividades contidas nas etapas anteriores. Muitas vezes, além de analisar a

viabilidade técnica e econômica do produto antes de desenvolvê-lo, é necessário conhecer as verdadeiras necessidades dos clientes.

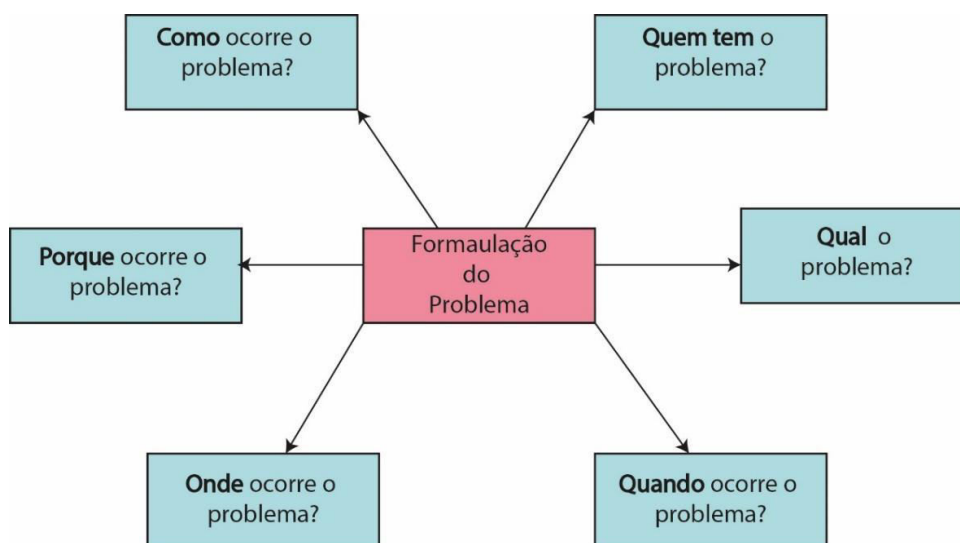
7.5 A FASE “FORMULAÇÃO DO PROBLEMA GENÉRICO”

Conforme anteriormente descrito, a fase “formulação do problema genérico” corresponde à identificação e à caracterização de um problema genérico. Para tanto, o problema identificado equivale à demanda relacionada a problemas de topologia do produto. Após testar ou prever o produto em funcionamento, deve-se verificar quais os incômodos possíveis provocados durante o contato com o usuário após determinado tempo de trabalho.

Esse incômodo pode ser o atrito com a pele, bem como a sensibilização ou pressão exacerbada em um ponto de apoio específico do corpo. Também pode caracterizar-se como problema ergonômico de pega, algo que impeça a precisão necessária da tarefa devido a pegadas escorregadias, por exemplo. Segundo Pires (2009), a solução genérica escolhida é trabalhada para obter uma solução específica para o problema real.

Demonstrando a decisiva contribuição da metodologia TRIZ, o problema precisa ser formulado como uma contradição e, ao mesmo tempo, responder às seis questões indicadas a seguir, na Figura 37.

Figura 37 – Formulação do problema em termos de contradições



Fonte: Chai, Zhang e Tan (2005, p. 7).

Segundo Pires (2009), entretanto, os resultados da aplicação do método podem variar, dependendo do grau de vivência, conhecimento e experiência dos membros das equipes que estiverem envolvidos na solução dos problemas, conforme observado na Figura 38.

Figura 38 – Etapa: formulação do problema genérico



Fonte: elaborada pela autora.

Quanto mais experientes forem os membros da equipe, mais condições terão de fazer analogias entre os conceitos genéricos do modelo e as situações práticas, enriquecendo-as com suas experiências acumuladas. Por outro lado, a experiência não pode ser confundida com engessamento criativo, até porque a busca das soluções passa, necessariamente, pelo mapeamento de novas alternativas. Não obstante, os resultados seriam melhores do que os resultados de equipes com pouca experiência profissional.

De acordo com Mann (2002), com a TRIZ é possível padronizar a inovação no campo tecnológico. A inovação sob medida, no momento certo, já foi realidade para aqueles que vêm praticando a TRIZ em muitos países, inclusive no Brasil. Apesar da pouca literatura existente, algumas dissertações e teses já foram defendidas acerca do tema, evidenciando a facilidade da aplicabilidade do método e seus resultados.

No nível da solução de problemas, a TRIZ oferece uma riqueza de ferramentas ímpar em relação a outras metodologias, assegurando o conhecimento e a propriedade do inventor. Em seu estudo, Mann (2002) relata que a TRIZ é uma filosofia, um processo e uma série de ferramentas baseada na fundamentação do conhecimento em design e em uma grande quantidade de pesquisas.

7.6 A FASE “FORMULAÇÃO DE SOLUÇÃO GENÉRICA”

Para Altshuller (1999), uma vez determinada a posição atual de um produto a ser projetado, há três possíveis implicações:

- a) se produto está na fase inicial, verificar se existe a oportunidade de tentar viabilizá-lo por meio do incentivo a invenções e averiguar se o caminho para o estágio seguinte, comumente de rápido crescimento, é bloqueado pela existência de outro produto já implementado anteriormente;
- b) se o produto está no estágio de crescimento rápido, verificar se é preciso determinar o limite físico com base em fatores objetivos e decidir se há espaço para desenvolvimentos no produto atual ou se seria melhor investir em um novo, com maior limite físico;
- c) se o produto está maduro ou em declínio, verificar se a melhor decisão é investir em um novo, com maior limite físico.

Assim, a finalidade fase “formulação de solução genérica” consiste em conduzir o usuário a considerar a situação problemática como um sistema de problemas e, portanto, a criar uma visão ampliada do problema original. Recursos são elementos da própria situação problemática ou do seu entorno, que podem ser mobilizados para solucionar ou contribuir para a solução de um problema. Podem ser definidos como quaisquer elementos do sistema sob análise.

O pensamento inventivo sistematizado (PIS) apoia-se em técnicas que utilizam a base de conhecimentos derivada das experiências inovadoras em diversos campos da atividade humana. Seus fundamentos são os princípios inventivos identificados pelo engenheiro russo Genrich Altshuller, mediante o exame de mais de duzentas mil patentes de inventos. Por intermédio desses princípios, o pensamento criativo pode seguir as trilhas já percorridas por milhares de inventores e solucionadores de problemas e se inspirar nas suas ideias para a solução de problemas similares.

A estratégia básica desse modelo é utilizar os princípios inventivos para adaptar soluções genéricas existentes a um problema específico. Na metodologia do PIS, mediante o uso de princípios e algoritmos apropriados, são ainda agregados conhecimentos e ideias aplicadas na solução de problemas análogos.

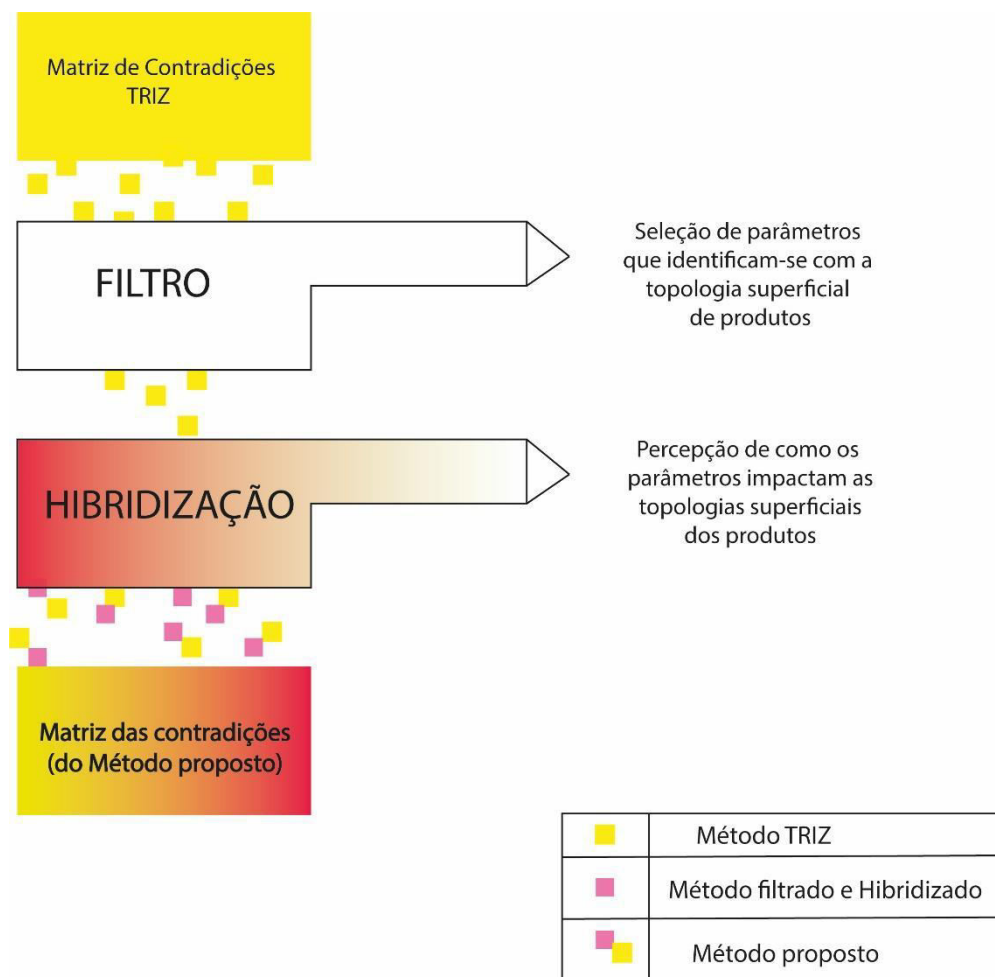
De certa forma, é como trazer para a mesa de trabalho outras pessoas que já enfrentaram desafios semelhantes.

Essa fase de formulação de solução genérica foi inspirada também pela metodologia PIS. Pires (2009) explica que o método PIS é constituído de três estágios (definição do problema, solução do problema e implementação da solução), divididos em seis passos: reconhecimento do problema; obtenção de dados; formulação do problema; geração de ideias; desenvolvimento da solução; e implementação da solução. Cada passo é formado de duas fases: pensamento divergente (em que se tem liberdade para imaginar e o julgamento é suspenso); e pensamento convergente (em que se faz a seleção dos dados mais relevantes, das ideias mais promissoras e dos critérios e das estratégias mais adequadas e viáveis).

7.7 A FASE DE “UTILIZAÇÃO DA MATRIZ BASE”

A matriz das contradições ilustrada na Figura 39 foi desenvolvida para integrar este novo e adaptado método, sendo oriunda de uma adaptação feita sobre os parâmetros já existentes na matriz de contradições da TRIZ, desenvolvida via um levantamento de problemas e resoluções possíveis em uma série de produtos já inventados. Tendo o objetivo de integrar a matriz original da TRIZ a um novo método orientado a abranger também as superfícies dos produtos, a matriz original foi hibridizada e revisada, mantendo apenas alguns parâmetros que pudessem interagir de forma eficiente com a resolução de problemas da topologia superficial de produtos.

Figura 39 – Processo de desenvolvimento da matriz das contradições do método proposto



Fonte: elaborada pela autora.

A matriz adaptada (Anexo B), desenvolvida para utilização juntamente com a combinação híbrida de métodos, serve para consultar e cruzar parâmetros genéricos que se identificam com os problemas específicos da topologia de produtos. As soluções sugeridas são representadas pelos números na matriz e ajudam com os problemas ou ainda conduzem os produtos a terem um melhor desempenho e utilização.

7.8 A FASE “SOLUÇÕES ESPECÍFICAS”

Considera-se que há um número limitado de princípios inventivos, de modo que, conseqüentemente, o foco da solução do problema é formular corretamente

o problema e usar um ou mais dos parâmetros catalogados para resolvê-lo. Assim, na fase “soluções específicas”, um problema específico é expresso de forma genérica, e, em seguida, procuram-se problemas genéricos entre os 20 parâmetros indicados no Quadro 19, que se identifiquem com a contradição ou o problema já expresso anteriormente.

Quadro 19 – Parâmetros que compõem a matriz das contradições

PARÂMETROS DE DESIGN DE SUPERFÍCIE	
1	Peso superficial acrescido no objeto parado
2	Comprimento superficial do objeto parado
3	Área superficial do objeto parado
4	Volume da superfície do objeto parado
5	Força (intensidade)
6	Tensão ou pressão na superfície
7	Forma superficial
8	Estabilidade da composição do objeto/ superfície
9	Permanência do objeto em movimento até a fadiga
10	Temperatura superficial
11	Intensidade de iluminação da superfície (brilho)
12	Energia gasta pelo objeto em movimento
13	Confiabilidade superficial
14	Precisão da fabricação
15	Fatores indesejados atuando na superfície
16	Superfície gerando efeitos indesejados
17	Facilidade de fabricação da superfície
18	Facilidade de manuseio
19	Adaptabilidade ou versatilidade superficial
20	Complexidade de controle superficial

Fonte: elaborado pela autora.

Esse processo é feito objetivando a criação de uma matriz própria do produto, consultando a matriz desenvolvida e adaptada (Anexo B) como padrão e preenchendo a matriz própria do produto. Inspirada na TRIZ, essa etapa compreende que a solução genérica é escolhida entre as 20 opções, mesmo que posteriormente haja a criação de uma solução específica para o problema real de um produto. Acredita-se, portanto, que o problema precisa ser formulado como uma contradição, a fim de compreender melhor o significado de cada parâmetro (Quadro 20).

Quadro 20 – Descrição de cada parâmetro que compõe a matriz adaptada

DETALHAMENTO DO SIGNIFICADO DE CADA PARÂMETRO	
1	Peso superficial acrescido no objeto parado: a massa da superfície acrescida no objeto dentro de um campo gravitacional.
2	Comprimento superficial do objeto parado: qualquer dimensão linear que cubra a superfície total do objeto; não necessariamente a mais longa é considerada o comprimento superficial.
3	Área superficial do objeto parado: uma característica geométrica descrita pela parte de um plano circundado por uma linha. A parte de uma superfície ocupada pelo objeto ou a medida de qualquer dimensão linear, não necessariamente mais longa, é considerada um comprimento de superfícies tanto interna quanto externa de um objeto.
4	Volume da superfície do objeto parado: a medida de volume de espaço ocupado pela superfície do objeto.
5	Força (intensidade): a força que mede a interação entre sistemas; nessa matriz a força é qualquer interação com intenção de modificar a condição do objeto.
6	Tensão ou pressão na superfície: força ou tensão por área unitária exercida na superfície.
7	Forma superficial: os contornos da superfície ou a aparência da superfície.
8	Estabilidade da composição do objeto/superfície: a totalidade ou integridade do sistema ou o relacionamento dos elementos constituintes do sistema; desgaste, decomposição química ou desmontagem são todos decréscimos na estabilidade, de modo que aumentar a entropia é diminuir a estabilidade.
9	Permanência do objeto em movimento até a fadiga: o tempo que o objeto pode executar a ação ou a vida de serviço até a fadiga; o tempo transcorrido é a medida de duração da ação, ou seja, a durabilidade.
10	Temperatura superficial: a condição térmica da superfície de um objeto ou sistema, que livremente inclui outros parâmetros térmicos, tais como capacidade de calor, que afeta o índice de mudança de temperatura.
11	Intensidade de iluminação da superfície (brilho): o fluxo de luz por área unitária ou qualquer outra iluminação característica do sistema, tal como brilho, qualidade de luz e sinalização.
12	Energia gasta pelo objeto em movimento: a medida da capacidade do objeto para realizar um trabalho ou a energia exigida para fazer um trabalho específico; na mecânica clássica, energia é o produto da força vezes a distância, que pode depender do coeficiente de atrito do objeto.
13	Confiabilidade superficial: a habilidade de um sistema executar suas funções pretendidas em maneiras e condições prognosticáveis.
14	Precisão da fabricação: a extensão em que as características do sistema ou objeto se igualam às características exigidas ou especificadas.
15	Fatores indesejados atuando na superfície: a suscetibilidade de um sistema para gerar externamente efeitos (prejudiciais).
16	Superfície gerando efeitos indesejados: um efeito prejudicial que reduz a eficiência ou qualidade do funcionamento do objeto ou sistema como parte da sua operação.
17	Facilidade de fabricação da superfície: o grau de facilidade, conforto e falta de esforço em manufaturar ou fabricar o objeto/sistema.
18	Facilidade de manuseio: as características de qualidade, tais como conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas, faltas ou defeitos em um sistema.
19	Adaptabilidade ou versatilidade superficial: a extensão em que uma superfície positivamente responde a mudanças externas; um sistema pode ser usado de múltiplas maneiras sob uma variedade de circunstâncias.
20	Complexidade de controle superficial: a capacidade de medir ou monitorar superfícies complexas e difíceis de manusear, que exigem muito tempo e trabalho para serem usadas ou que apresenta, relacionamentos complexos entre componentes; tudo demonstra “dificuldade de controle”.

Fonte: elaborado pela autora.

Os pesquisadores buscaram por princípios que oferecessem uma solução inventiva para os problemas e, para isso, analisaram uma grande quantidade de patentes russas (aproximadamente 2,5 milhões), como as de design mecânico, a fim de observar princípios genéricos e a forma como as soluções patenteadas foram alcançadas (BACK *et al.*, 2008; FRESNER *et al.*, 2010; HUANG; LI, 2009). Assim, conseguiram identificar condições que os princípios elaborados para o método deveriam atender, na forma das seguintes leis da evolução para sistemas técnicos: a) evolução inteligente dos sistemas – os sistemas evoluem em passos discretos; b) aumento da idealidade – os sistemas evoluem em direção à idealidade, caracterizada pelo fornecimento da função técnica, sem causar efeitos nocivos (em termos de esforço ou consumo excessivo de recursos, por exemplo); c) evolução diferente dos elementos do sistema – os elementos do sistema evoluem em diferentes níveis; d) aumento na dinâmica e no controle – os sistemas são dinamizados, e o controle sobre a evolução aumenta; e) aumento da complexidade e posterior diminuição – a complexidade de um sistema aumenta e diminui novamente depois de atingir certo nível de complexidade; f) aumento da coordenação – o ritmo dos diferentes elementos de um sistema técnico se torna cada vez mais coordenado; g) miniaturização – o sistema e seus elementos tendem a se tornar miniaturizados; h) diminuição na interação humana – a interação humana com o sistema diminui à medida que este evolui.

Zhang e Shang (2010) afirmam que a TRIZ é considerada um tipo de teoria inovadora, que funciona principalmente resolvendo contradições. Além disso, os autores mencionam que essa metodologia se baseou na evolução de sistemas técnicos, sendo composta de vários tipos de métodos, cálculos para resolver problemas técnicos e explorações inovadoras. As aplicações da TRIZ para os problemas relacionados ao design de produtos, visando à sustentabilidade cooperativa e ecoeficiência, embora documentadas na literatura, são raras (KOBAYASHI, 2006; LIU; CHEN, 2001).

Na combinação híbrida de métodos proposta nesta pesquisa, posteriormente ao uso e à escolha dos parâmetros, procede-se à construção da matriz do produto. A matriz do produto é construída por meio do cruzamento dos parâmetros escolhidos com base em problemas apresentados pelo produto, sendo, em seguida, preenchida com números que se referem a cada um dos 29

princípios inventivos citados no Quadro 21. Para cada contradição, a matriz proposta indica os números que podem ser usados como princípios inventivos para formular a matriz do produto.

Quadro 21 – Princípios inventivos que compõem a matriz adaptada

PRINCÍPIOS INVENTIVOS	
1	Segmentação
2	Extração
3	Assimetria
4	Consolidação
5	Universalidade
6	Aninhamento
7	Contrabalanceamento
8	Compensação prévia
9	Ação prévia
10	Amortecimento prévio
11	Equipotencialidade
12	Inversão
13	Esferoidal
14	Dinamicidade
15	Ação prévia ou excessiva
16	Transição para uma nova dimensão
17	Alteração mecânica
18	Conversão de dano em benefício
19	Mediador
20	Autosserviço
21	Cópia
22	Descarte
23	Construção pneumática ou hidráulica
24	Membranas flexíveis ou finas
25	Material poroso
26	Mudança de cor
27	Homogeneidade
28	Transformação de propriedades
29	Materiais compostos

Fonte: elaborada pela autora.

Esses princípios são indicados por meio de seus respectivos números em qualquer uma das matrizes, aparecendo inclusive no interior da matriz de contradições adaptada (Anexo B) como resultado do cruzamento de cada parâmetro. Os princípios inventivos são descritos detalhadamente no Quadro 22.

Quadro 22 – Descrição de princípios inventivos que compõem a matriz adaptada

(continua)

PRINCÍPIOS INVENTIVOS	
1	<p>Segmentação: dividir o objeto entre superfície e produto.</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pega disponibilizada separadamente do produto e encaixada perfeitamente nele. - Mais de uma pega com texturas diferentes podendo ser encaixadas no corpo do produto.
2	<p>Extração: sinalizar, por meio de superfícies diferentes, o local da pega, extraindo a chance de erro no manuseio do produto.</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pega ou superfície que induza ou restrinja o funcionamento certo do produto. - Cabo anatômico que posicione a mão do usuário no local correto.
3	<p>Assimetria: substituir formas simétricas por formas assimétricas.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Texturizações diferentes no mesmo objeto para objetivos diferentes.
4	<p>Consolidação: fazer com que a textura ajude a cumprir o potencializar a função do objeto.</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Textura antiderrapante de um chinelo. - Textura de uma esponja. - Textura de uma lixa.
5	<p>Universalidade: Fazer com que a textura possa desempenhar diversas funções, de modo que os outros elementos possam ser removidos.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uma malha de ferro sendo usada como tapete.
6	<p>Aninhamento*: colocar um objeto dentro de outro, havendo uma textura removível, que pode ser usada quando necessário e que fique oculta quando não tem função.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jaqueta reversível, com um dos lados impermeável.
7	<p>Contrabalanceamento: propiciar equilíbrio para o peso de um objeto, combinando com um outro (superfície) que fornece uma força de suspensão.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pincel com cabo de textura flutuante.
8	<p>Compensação prévia: pensar a textura de forma a compensar o estresse do manuseio.</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Palmilha para pisada torta. - Texturização com material extra em pontas propensas a choques.
9	<p>Ação prévia: permitir que, quando a superfície já prevê uma necessidade, esteja pronta para entrar em ação a partir do momento conveniente.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escova de dentes com textura para higienização da língua no verso do local das cerdas.
10	<p>Amortecimento prévio: prover texturas especiais, compensando a confiabilidade baixa nas medidas de emergência preparadas com antecedência.</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capa antiderrapante para o manuseio de aparelho celular.
11	<p>Equipotencialidade: modificar as condições de trabalho de tal maneira que não será preciso erguer ou arrastar um objeto.</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superfície lisa que elimina o atrito. - Membranas flutuantes.

Quadro 22 – Descrição de princípios inventivos que compõem a matriz adaptada
(continuação)

PRINCÍPIOS INVENTIVOS	
13	<p>Esferoidal: substituir partes lineares por partes curvas, superfícies planas por esféricas e formas de cubo por bolas.</p> <p>Exemplo: - Alteração da forma da textura de uma superfície plana para esferoidal analisando as diferenças.</p>
14	<p>Dinamicidade: usar textura com características que possam ser alteradas para proporcionar performance ideal em cada estágio da operação.</p> <p>Exemplo: - Capa ou pega removível que possibilite mobilidade ao objeto.</p>
15	<p>Ação prévia ou excessiva: alcançar o efeito desejado de forma aproximada nos casos em que é difícil obter 100% de um efeito; e pensar além do material e da superfície.</p> <p>Exemplos: - Tapete com textura antiderrapante. - Botões texturizados e sinalizados no produto.</p>
16	<p>Transição para uma nova dimensão: altere um movimento dimensional ou a disposição de objetos para bidimensional, bidimensional para tridimensional, e assim por diante.</p> <p>Exemplo: - Revestimento plano utilizado em uma forma tridimensional.</p>
17	<p>Alteração mecânica: usar torção, compactação ou disposição dimensional de um objeto conforme sua superfície.</p> <p>Exemplo: - Montagem e desmontagem de barracas de acampamento.</p>
18	<p>Conversão de dano em benefício: eliminar um fator prejudicial combinando com outro fator igualmente prejudicial.</p> <p>Exemplo: - Uma estaca de obras com uma pega própria para receber os choques no lugar do próprio objeto, de modo que a vibração é minimizada para o usuário e as mãos possam ficar menos expostas.</p>
19	<p>Mediação: utilizar uma superfície intermediária para transferir ou executar uma ação.</p> <p>Exemplo: - Luvas de isolamento térmico.</p>
20	<p>Autosserviço: fazer com que um objeto sirva a si próprio e realize operações suplementares e de reparo, aproveitando o material e a energia utilizados.</p> <p>Exemplo: - Textura autolimpante em janelas e para-brisas.</p>
21	<p>Cópia: empregar uma cópia simplificada e barata no lugar de uma superfície original e frágil que seja inconveniente de operar.</p> <p>Exemplos: - Uma foto da textura sendo utilizada em vez da textura em si. - Um objeto sendo substituído pela sua imagem visual, a qual pode ser reduzida ou ampliada.</p>
22	<p>Descarte: substituir uma superfície de contato cara por uma barata, ajustando suas propriedades.</p> <p>Exemplos: - Luvas descartáveis. - Fraldas descartáveis.</p>
23	<p>Construção pneumática ou hidráulica: substituir partes sólidas de um objeto por gás ou líquido, de forma que seja possível utilizar ar ou água para inflar esses objetos.</p> <p>Exemplo: - Colchão de ar.</p>

Quadro 22 – Descrição de princípios inventivos que compõem a matriz adaptada
(conclusão)

PRINCÍPIOS INVENTIVOS	
24	Membranas flexíveis ou finas: substituir construções habituais por membranas flexíveis ou finas, isolando um objeto de seu ambiente externo com membranas flexíveis ou finas. Exemplo: - Capa para aparelho celular.
25	Material poroso: tornar uma superfície porosa ou usar elementos porosos suplementares; se uma superfície já é porosa, preencher os poros com alguma substância. Exemplo: - Tapete para animais de estimação. - Tecido ou superfície que permita transpiração.
26	Mudança de cor: mudar a cor de um objeto ou do seu ambiente, o grau de translucidez ou os aditivos de cor para enxergar um objeto difícil de ver. Exemplo: - Vestuário com textura de camuflagem.
27	Homogeneidade: fazer com que superfícies do mesmo material (ou material com propriedades similares) interajam umas com as outras. Exemplo: - Velcro.
28	Transformação de propriedades: mudar o estado físico da superfície do sistema, a concentração ou densidade e o grau de flexibilidade. Exemplo: - Uma lima de ferro em comparação com uma lixa flexível.
29	Materiais compostos: substituir materiais de superfície homogêneos por compostos, misturando ao material da textura algo que potencialize sua função. Exemplo: - Tinta de sinalização viária (com a adição de microesferas de vidro para refletir a noite). - Tinta magnética (uma mistura de pigmento e pó de ferro magnético).

Fonte: elaborado pela autora.

Legenda: * Aninhamento (Matrioshka) é a palavra russa para “mãezinha” e para uma das formas de arte mais tradicionais da Rússia: as famosas bonecas de madeira que se transformaram no souvenir russo mais apreciado no mundo. Essas bonecas têm uma história muito rica.

Antigamente, eram usadas como símbolo da maternidade e, por isso, eram dadas a recém-casados e às meninas. Uma boneca cabe dentro da outra, lembrando, assim, que as mulheres trazem dentro de si todos os seus descendentes. A Matrioshka, na Rússia, é símbolo da saúde e beleza e acredita-se que traz sorte a quem a possui.

Após identificação dos princípios inventivos sugeridos, percebeu-se que eles funcionam com indutores de soluções específicas para os problemas inicialmente formulados. Para um melhor aproveitamento desses dados, sugere-se nessa fase um *brainstorming*, tendo como ponto de partida os princípios inventivos do método proposto. Esse processo acelera e amplifica a busca de soluções mediante cada princípio.

7.9 A FASE “ANÁLISE DE DADOS E EFICIÊNCIA”

A fase “análise de dados e eficiência”, proposta por Ideo (2011), foi considerada importante durante o desenvolvimento do método proposto. Sua relevância é justificável pelo fato de ser uma etapa para a “identificação do conhecimento preexistente” – nome que deu origem à etapa – e para a formulação de hipóteses sobre tais conhecimentos. Para a combinação híbrida de métodos, essa etapa deve ser utilizada de modo a estabelecer as noções de cada aspecto decomposto na etapa anterior.

Utilizaram-se, para a formulação de hipóteses, os princípios inventivos apontados pela matriz das contradições do método proposto. Cabe salientar que a identificação desses conhecimentos, existentes ou inexistentes, não deve descartar a etapa de pesquisa dos dados. Além disso, essa fase pode ter maior ou menor importância dependendo do conhecimento que a equipe de projetos já tiver acerca do usuário.

Essa etapa foi inspirada em apenas um dos autores levantados neste trabalho, Ideo (2011), considerando as seguintes fases: escolha dos métodos de pesquisa, identificação de pessoas com quem conversar, desenvolvimento da abordagem de entrevista e desenvolvimento de um modelo mental. A primeira fase é considerada por Ideo (2011) como útil não só para buscar o entendimento dos indivíduos, mas também para procurar modelos de comportamento dentro do contexto e da comunidade que os cercam. Assim, considera-se importante o emprego de diversos métodos de pesquisa, sendo proposto o uso de: entrevistas individuais, entrevistas em grupo, imersão em contexto e autodocumentação.

Já a fase de identificação de pessoas com quem conversar, de acordo com Ideo (2011), é o momento para a definição do público a ser pesquisado. Nesse momento, de “Recrutar participantes apropriados e inspiradores”, é importante encontrar participantes que representem os extremos, por serem mais fáceis de observar e identificar (IDEO, 2011, p. 26).

7.10 A FASE “PLANEJAMENTO DE PROCESSOS”

A fase “planejamento de processos” foi inspirada principalmente em um dos métodos mais abordados neste trabalho, o QFD, representando o momento para praticar e treinar a observação e a interpretação acerca do comportamento das pessoas na entrevista. Entender o comportamento capacita a identificação de necessidades físicas, cognitivas, sociais e/ou culturais que podem ser atendidas por meio de produtos e experiências proporcionadas por suas superfícies.

As superfícies são pensadas neste estudo como o contato mais próximo e íntimo que o usuário tem com seu produto, o que elucida a importância da coleta de dados junto ao usuário para planejar os próximos processos. É importante descrever que vários autores apontam a “recolha de dados”, que é a etapa na qual a pesquisa em si foi realizada, mas nenhum deles posiciona uma etapa específica no seu processo para a escolha, o preparo e a estratégia dos métodos de pesquisa a serem utilizados.

A fase “planejamento de processos” consistiu na base principal para a criação dessa etapa, que pode ser entendida como uma “escolha de procedimentos de pesquisa para se aproximar do usuário”. Sugere-se a utilização de técnicas que permitam o contato direto com o público em questão, principalmente entrevistas. “Fontes secundárias e dados quantitativos podem ser usados também” (IDEO, 2011, p. 28). Essa decisão de tornar opcional o uso de tais etapas não deve desmotivar a sua utilização, já que, para um projeto dedicado às necessidades reais do usuário, é importante coletar os dados com as pessoas.

7.11 A FASE “PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO E FABRICAÇÃO”

A prospecção tecnológica é uma das formas que os países e as empresas de grande porte usam para prever as tendências futuras. Por meio dessa estratégia tecnológica, buscam estar sempre à frente de seus concorrentes ou, em uma visão mais simplista, melhorar todo o tangível que os cerca. A prospecção tecnológica constitui, assim, uma questão de sobrevivência e de crescimento para os países e para as empresas.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) é reconhecida mundialmente por desenvolver ousados projetos para o setor agropecuário. Todavia, para ter êxito nas pesquisas, é necessário o uso de uma metodologia eficaz na seleção dos temas prioritários, para que o resultado seja o melhor possível. Nesse sentido, a TRIZ e o QFD apresentam-se como metodologias integradoras, com foco na inovação.

Segundo Pires (2006), desenvolver prospectivas e registrar patentes são ações altamente lucrativas e trazem retornos financeiros que alavancam a economia de quem as originou. Nesse cenário, as mudanças no comportamento do mercado e as relações que as empresas estabelecem entre si implicam a necessidade de formas mais avançadas de administração e estruturação dos sistemas produtivos, que se configuram em estratégias e novos modelos de gestão.

Desse modo, na fase “planejamento de produção e fabricação” do método proposto, o objetivo é que os profissionais se tornem mais críticos e questionadores e aproximem-se de seus superiores, tanto física quanto intelectualmente, diminuindo gradativamente os níveis hierárquicos e desenvolvendo um trabalho em equipe, que não elimine o mérito individual; pelo contrário, que proporcione o aperfeiçoamento dos resultados. Assim, as decisões deixam de ser de um gerente ou de um departamento e passam a ser compartilhadas por um grupo multidisciplinar, tendo espaço para mudança e renovação.

7.12 A FASE “ANÁLISE, DEFINIÇÃO, ADEQUAÇÃO, ELABORAÇÃO, FUNÇÃO, ESTRUTURA E CONFIGURAÇÃO”

A fase “análise, definição, adequação, elaboração, função, estrutura e configuração” surgiu a partir dos passos propostos no método QFD, que são: “especificação do projeto”, “descrição das características do novo produto” e “exigências para com o novo produto”. A “especificação do projeto” visa fixar “[...] metas técnicas para o novo produto, abrangendo desde as suas funções básicas, sua aparência, até as embalagens e a forma de embarque para as distribuidoras” (BAXTER, 2001, p. 17). O autor define a especificação do projeto como um

documento que descreve os interesses dos usuários, do marketing, das vendas, do desenvolvimento e da produção, tornando-se um padrão referencial para todas as alternativas geradas durante o desenvolvimento. O esperado é que nessa etapa seja determinada uma preocupação especial com o sucesso do produto no mercado.

Baseando-se na coleta de dados, essa preocupação com o produto é muito valorizada pelo método QFD, por ser uma das portas principais do relacionamento com o cliente e seus interesses. O QFD é a metodologia que mais se diferencia no que concerne à “voz” do cliente. Cada produto que não compreender essa “voz” provavelmente estará em inconformidade com o mercado e seu público-alvo, devendo ser descartado durante o processo de desenvolvimento.

Após a coleta de dados, todas as informações devem ser analisadas para averiguar como os subproblemas, anteriormente decompostos, e as queixas dos usuários foram resolvidas. “Muitas vezes, certos detalhes bem resolvidos tecnicamente são depois sobrecarregados de falsos valores estéticos [...]. Nesse caso, [...] consideram-se apenas os valores técnicos”, eliminando os valores estéticos (MUNARI, 1998, p. 42).

Essa etapa pode fornecer sugestões sobre o que deve ser evitado para o sucesso do produto ou, ainda, orientar o produto ao uso de outros materiais, outras tecnologias, outros custos e outros públicos-alvo. Sugere-se, nessa fase, o uso de três passos, cuja utilização é seletiva ao contexto de cada caso: extrair *insights* principais (em que são geradas revelações, anteriormente ocultas, mediante a combinação dos dados levantados com os usuários); encontrar temas (em que são exploradas as semelhanças, diferenças e inter-relações entre informações); e criar estruturas (em que se permite situar as informações das histórias em um contexto mais abrangente, visualizando perspectivas diferentes).

Posteriormente, é preciso criar áreas de oportunidade, que traduzam os *insights* anteriores em oportunidades, vislumbrando possibilidades futuras. De acordo com Ideo (2011), uma área de oportunidade é um passo para a geração de soluções, que rearticula os problemas e as necessidades encontradas para inspirar novas ideias. O autor instiga, dessa maneira, o questionamento e uso de expressões a exemplo de “como poderíamos” no princípio de cada oportunidade, a fim de criar modelos mentais que surgiram possibilidades de solução.

7.13 A FASE “PROJETO DETALHADO: DESCRIÇÃO E DESENHOS TÉCNICOS”

A etapa de “desenhos e experimentações” é a fase destinada para a geração de desenhos e/ou experimentações acerca do produto a ser desenvolvido. Diferentemente da fase de geração de ideias preliminares, nesse momento, a equipe de projetos ou o designer já possui conhecimento sobre quais produtos deve desenvolver ou redesenhar. E essa etapa é primordial para a geração de novos conceitos nos produtos, representando o momento em que as inovações dos produtos e a resolução dos problemas que foram possíveis começam a tomar uma forma.

Nessa fase, pretende-se que o projetista possa tornar tangível as ideias obtidas anteriormente no processo, por intermédio da construção de protótipos simples e rápidos. Segundo Collet (2016), o protótipo deve constituir uma ferramenta descartável e imprecisa para auxiliar na comunicação e na verificação e geração de mais ideias. Os formatos mais comuns de protótipos utilizados são os modelos físicos.

Essa fase ainda pode ser entendida como um momento criativo, pois é nela que as inovações são idealizadas e programadas. Nesse momento, deve-se reexaminar o planejamento do projeto, realizado durante as etapas anteriores. Se o planejamento do produto advém de etapas cuidadosamente executadas, todas as informações necessárias para orientar a conceituação ou inovação do produto já estarão formuladas.

Conforme propõe Munari (1998), na fase “experimentação”, devem ser experimentados materiais e instrumentos para obter informações que permitam estabelecer relações úteis ao projeto, possibilitando a descoberta de novas aplicações. Ao interpretar essa etapa, percebe-se certa semelhança com a etapa de QFD, orientada a experimentações rápidas, que, segundo o autor, podem resultar em informações para a construção futura de modelos demonstrativos.

Já os esboços são tratados por Munari (1998) como ferramentas para fixar os pensamentos e para comunicar uma forma ou função. A fase “desenhos”, conforme propõe Treptow (2007), é subdividida em: esboços, desenhos livres e desenhos técnicos. A primeira etapa dessa subdivisão, nomeada por “esboços”,

constitui o momento para a realização desse estilo de desenho, que não possui compromisso estético. A intenção no uso de esboços é a criação, de maneira rápida, de uma série de ideias, para depois desenvolver desenhos mais apurados a partir dessas ideias. O “desenho técnico”, por sua vez, é um desenho planejado, que objetiva comunicar as ideias de maneira específica para a geração de novos conceitos, combinando agradavelmente todos os elementos de um bom design – cor, forma e superfícies – em cada produto, seja por meio de desenhos à mão livre ou de desenhos assistidos por computador.

Além disso, Treptow (2007) descreve a fase “elementos e princípios do design” como o momento de utilização de ferramentas do design para criar produtos originais que estimulem o consumo e se comuniquem com seus usuários. Nessa fase criativa, é importante que o designer crie esboços dos detalhes promissores, para que surjam opções e para que as ideias sejam preparadas para a fase de avaliação. O nome da etapa pretende englobar, em parte, todas as fases estudadas, de modo que a palavra “desenhos” abarca toda a manifestação no formato de desenho artístico.

7.14 A FASE “DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS”

Prevê-se que os desenhos técnicos sejam feitos antes dos protótipos. De acordo com Baxter (2001), as fases “projeto detalhado” e “montagem geral e projeto de componentes” constituem o momento para a produção de desenhos técnicos e especificações de fabricação, devendo conter as informações para a especificação completa do produto ou as inovações propostas ao tratar-se de um redesenho.

É a fase em que os “desenhos técnicos” resultam em um modelo visual com todos os desenhos técnicos necessários e textos explicativos para a produção do produto. A fase de Munari (1998) intitulada “desenho construtivo” condiz com o momento para a realização dos desenhos de construção, que devem servir para comunicar todas as informações úteis para a criação de um protótipo. Tais desenhos devem ser executados de maneira clara para evidenciar todos os aspectos.

Aloca-se esse momento ao final do método, prevendo que seja realizado ao final de todo o processo. É importante salientar que essa etapa, definida por “projeto detalhado: descrição e desenhos técnicos”, não condiz com a criação das fichas técnicas, mas apenas dos desenhos técnicos e das descrições de produtos e suas topologias.

A fase “protótipo” concerne ao momento para a criação do protótipo. Ressalta-se que a montagem de um protótipo deve ser realizada por um designer ou, ao menos, um designer deve acompanhar a criação dos protótipos para averiguar defeitos, correções e comportamentos inesperados (IDEO, 2011). Sugere-se, ainda, a utilização de uma planilha para iterar continuamente os testes.

Para Munari (1998, p. 51), a fase “modelo” representa a realização de testes voltados a “[...] demonstrar as possibilidades de materiais ou inovações do produto”. Já conforme Baxter (2001), o “protótipo experimental” indica o momento de verificar se a solução atendeu aos objetivos propostos. É uma fase importante para o desenvolvimento do produto, visando à representação das funções principais do produto. Ainda segundo Baxter (2001), a construção de protótipos deve ser simples e barata nos estágios iniciais de desenvolvimento, pois ainda é passível de modificações.

7.15 A FASE “DESENVOLVIMENTO DE PEÇA DE AMOSTRA”

Para a etapa de “desenvolvimento da peça de amostra”, Baxter (2001) define o “protótipo de produção” como sendo a fase de verificar se a solução atendeu aos objetivos propostos. A construção do protótipo de produção é importante para o desenvolvimento do produto, com vistas à representação estrutural e funcional e à utilização de materiais e processos iguais aos da produção industrial.

Na fase “peça de amostra”, as amostras são feitas na fábrica para testar a produção. Löbach (2001) não define com clareza as suas etapas, mas utiliza a fase “desenvolvimento de modelos” como uma das finais de seu método, que deve ocorrer durante o momento de realização da solução do design. De maneira sucinta, o autor orienta que a melhor alternativa deve ser convertida em um protótipo, mas não detalha essa tarefa.

Para essa etapa, durante o uso da combinação híbrida de métodos, espera-se a criação de peças de amostra para a construção do produto como será disponibilizado no mercado. Trata-se da criação das primeiras peças do produto finalizado, que servirá de guia para a produção dos demais e/ou que será utilizado como um artifício de vendas. Da mesma forma que o protótipo, faz-se importante uma avaliação da peça, para que seja satisfatória como solução do problema inicial.

7.16 A FASE “GRADUAÇÃO E CÁLCULO DE INSUMOS”

As fases que orientaram o momento de “graduação e cálculo de insumos” foram: “embalagem”, “material de divulgação”, “criação de um calendário de implementação” e “distribuição, montagem, serviço a clientes e manutenção”. De acordo com Ideo (2011), a fase “criação de um calendário de implementação” é o momento para mapear as soluções durante um calendário de implementação, “[...] colocando as pertencentes à categoria de inovação incremental em primeiro lugar no calendário e as da categoria de inovação revolucionária mais à frente” (IDEO, 2011, p. 93).

A intenção dessa etapa do método proposto consiste em procurar conexões entre as soluções, dividindo-as em uma série de passos que resultarão na solução final. Ideo (2011) sugere que se criem notas em um calendário, analisando possibilidades para a condução dos próximos passos de cada solução. Já Löbach (2001) descreve que “distribuição, montagem, serviço a clientes e manutenção” são aspectos adicionais que devem ser considerados para alcançar a solução ao problema.

Para essa etapa, esperam-se planejamento e definição de divulgação de como o produto será reconhecido pelo consumidor; de embalagens, que envolverão e protegerão o produto até a aquisição pelo usuário; e de serviço a clientes e de manutenção, que cobrirão o atendimento ao usuário, sanando dúvidas e garantindo o produto. Outra tarefa relativa a essa fase diz respeito ao calendário de implementação, que deve incluir um planejamento de implementação no mercado para os produtos.

7.17 A FASE “SOLUÇÃO E APRENDIZADO”

Na fase final do método proposto, compreende-se como necessária uma conclusão do projeto, que se define por “solução e aprendizado”. Trata-se de uma reflexão ou resposta ao problema de design, que melhore a qualidade de vida das pessoas de forma ergonômica e estética por meio das superfícies ou outras soluções que se mostraram mais eficientes.

É o resultado do método, que deve atender à pergunta inicial. A fase “criando um plano de aprendizado”, de Ideo (2011), orienta que, mesmo durante a implementação das soluções, é importante continuar a aprender. “No Design Centrado no Ser Humano, projetar e avaliar são parte de um único processo, pois exigem atenção aos efeitos que as soluções têm sobre a vida das pessoas” (IDEO, 2011, p. 96). Assim, sugere-se que as análises iniciais sejam revisitadas para observar as soluções criadas a fim de compreendê-las.

Um grupo de potenciais consumidores deve ser ouvido antes, durante e após a implementação de inovações, criando-se uma estratégia para integrar métodos quantitativos e qualitativos de aprendizado. Para tanto, a fase final da configuração de métodos visa à análise do desenvolvimento dos produtos orientados à percepção da topologia superficial e de seu impacto positivo na resolução de problemas inventivos.

Essa etapa é iterativa e ocorre em todo o processo, abarcando a análise das soluções finais que foram adotadas ou não e a criação de um plano de aprendizado em curto e longo prazo. Busca-se, assim, entender a relevância e os efeitos que as superfícies dos objetos têm sobre a vida das pessoas.

Como anteriormente exposto, uma das principais razões que incitam este trabalho exploratório é a constatação da ausência de métodos específicos que considerem o design de superfícies como forma de atingir estética e conforto nos produtos. Por outro lado, os métodos de design normalmente iniciam o processo definindo exatamente a necessidade do usuário.

Com base nessas constatações, são realizados cruzamentos de métodos provenientes do design e da engenharia, intencionando guiar o desenvolvimento dos produtos de maneira mais eficaz. Assim, a adaptação foi desenvolvida

mediante o cruzamento dos métodos QFD e TRIZ, bem difundidos na área da engenharia, e de outros métodos orientados ao design de produto.

O resultado do desenvolvimento da combinação de métodos realizada originou-se do estudo aprofundado de cada uma das fases dos autores expostos e da compilação das metodologias escolhidas para este estudo. Para o desenvolvimento da adaptação de cada fase até a combinação híbrida de métodos, como já apresentado, foram utilizados como base as obras de design e engenharia. Tais obras foram transformadas em fluxogramas coloridos, e as cores que representam cada metodologia ou método de origem se mantiveram até a obtenção do resultado final.

Concomitantemente a isso, os métodos escolhidos para este estudo foram consultados e descritos textualmente, buscando a compreensão particular de cada fase. Além disso, perceberam-se convergências e divergências em diversos momentos entre os métodos explorados, sendo constatadas algumas etapas peculiares de cada um, que foram importantes para o conjunto da pesquisa.

A distinção entre os métodos abordados também foi sendo percebida no decorrer da exploração de cada etapa apresentada. Para atravessar esse obstáculo, diversas vezes o fluxograma foi reestruturado, buscando a melhor cronologia para as etapas da combinação híbrida de métodos. Com base nas obras exploradas, notaram-se aspectos interessantes ao observar que cada fase escolhida muitas vezes precisava ser reagrupada, buscando alcançar uma adaptação realmente abrangente aos assuntos levantados nesta pesquisa.

Essa identificação acarretou a interligação das etapas por meio de uma linha cronológica, justamente para representar a interação que deve ocorrer durante o desenvolvimento. A combinação de métodos proposta e desenvolvida nesta pesquisa exploratória procurou, desde o princípio, abranger as metodologias mais eficientes e difundidas na engenharia e no design em todo o processo, e não apenas em uma etapa.

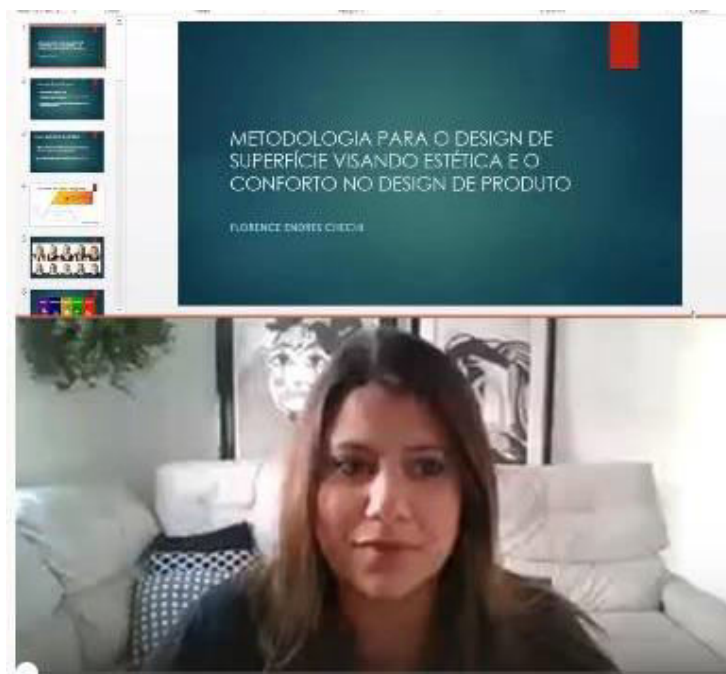
Para demonstrar a aplicabilidade de uso desta combinação híbrida de métodos, o capítulo seguinte apresenta a experimentação desta configuração com graduandos do curso de Design.

8 EXPERIMENTAÇÃO DA COMBINAÇÃO HÍBRIDA DE MÉTODOS

Este trabalho exploratório teve seu método proposto testado junto aos educandos do curso de graduação em Design da UFRGS (o aceite do Comitê de Ética pode ser visualizado no Anexo C). Dessa forma, os estudantes puderam avaliar o impacto (funcional, estético ou otimizador) que a combinação híbrida de métodos teve no resultado final de seus produtos, assim como em seu processo criativo.

Essa foi uma das formas de experimentação desta configuração de métodos, voltada também a explicitar pontos frágeis a serem melhorados e corrigidos. Todas as etapas foram apresentadas detalhadamente aos educandos de forma expositiva, por meio de uma aula on-line, como ilustra a Figura 40. No momento dessa experimentação, as aulas estavam impossibilitadas de ocorrer de forma presencial, em razão da pandemia mundial ocasionada pelo novo coronavírus, também conhecido como Covid 19.

Figura 40 – Imagem capturada durante a aula online de apresentação do método



Fonte: registrada pela autora.

Os discentes participantes estavam, na ocasião, cursando a disciplina de Projeto de Produto 1 (totalmente online), em que desenvolviam um mobiliário

indoor. Nesse contexto de desenvolvimento projetual, o experimento foi proposto como uma ferramenta complementar de projeto para possivelmente auxiliar de forma inventiva na resolução de problemas complexos relacionados às superfícies e à usabilidade do mobiliário. No total, três duplas de educandos participaram voluntariamente do experimento, o que permitiu que os estudantes aplicassem a combinação híbrida de métodos durante o andamento da disciplina e paralelamente a outras técnicas de projeto que estavam sendo ensinadas pelo professor regente da disciplina.

8.1 DESENVOLVIMENTO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

O experimento foi desenvolvido com uma turma de oito educandos no total, todos pertencentes ao curso de graduação em Design da UFRGS. Foram divididos em quatro grupos, de duas pessoas cada. Durante as aulas/participações destinadas à explanação da configuração de métodos proposta, sempre houve a presença do professor titular da disciplina.

Após a compreensão do método proposto pela turma, apenas seis discentes optaram por continuar participando da pesquisa, decisão que foi tomada depois de todo o grupo assistir à explanação. Assim, não houve necessidade de separar os voluntários do restante do grupo para o trabalho. Algumas etapas foram seguidas para garantir uma sequência organizada.

8.1.1 Primeira etapa

Para a aplicação da combinação de métodos, foi apresentada aos educandos a sequência de todas as fases constituintes do experimento, bem como a matriz adaptada e duas listas de parâmetros e princípios que se relacionam entre si. Tais parâmetros e princípios embasaram a matriz de contradições que posteriormente cada grupo formulou.

A separação dos produtos em partes e a verificação do contato humano-produto aconteceram desde o início do desenvolvimento do projeto. A aplicação da combinação de métodos foi introduzida durante a fase de análise de similares

e confecção de painéis conceituais, que já direcionavam os projetos para a análise dos primeiros problemas inventivos.

8.1.2 Segunda etapa

No decorrer das aulas, cada grupo participante formulou suas contradições de projeto resultantes das fases iniciais pertencentes ao método. A matriz de contradição adaptada serviu de apoio para solucionar impasses em que duas características eram igualmente importantes na incorporação de um objeto, mas também contraditórias.

Como exemplo, pode-se citar a empunhadura de um produto que necessita geralmente ser leve e resistente ao mesmo tempo, para assim garantir o conforto na sustentação do equipamento pelo usuário. A contradição nesse exemplo é que a resistência do produto em si, geralmente conferida por materiais mais pesados, não permitirá leveza e resistência ao mesmo tempo. Após o levantamento de contradições identificadas nos projetos por cada grupo, foi disponibilizada aos educandos uma combinação de parâmetros de design, tanto na vertical quanto na horizontal.

O cruzamento dessas informações, organizado com base nas contradições já escolhidas por cada dupla, gerou uma matriz. Essa matriz indicava, por meio de números, alguns dos princípios inventivos necessários para os projetos. Por intermédio das numerações, os discentes puderam localizar as soluções inventivas correspondentes, de modo que cada grupo formulou a sua matriz com relação ao respectivo projeto.

As matrizes desenvolvidas pelos grupos podem ser observadas abaixo nos Quadros 23, 24 e 25.

Quadro 23 – Matriz desenvolvida pelo grupo 1

Características contraditórias →	Compactação Parâmetro 4	Compactação Parâmetro 4	Compactação Parâmetro 4	Custo e segurança Parâmetro 20	Número de armários e espaço de armazenagem Parâmetro 4	Custo e peso do móvel Parâmetro 1	Custo Parâmetro 17	Custo e estética Parâmetro 7
Características a serem melhoradas ↓								
Ter espaço Parâmetro 3	-	-	-	2, 17, 24, 28	-	2, 13, 17, 24	15, 29	-
Maior armazenamento Parâmetro 4	X	X	X	2, 16, 21	X	9, 13, 28	28	2, 6, 28
Maior organização Parâmetro 13	2, 28, 19	2, 28, 19	2, 28, 19	22, 29	2, 28, 19	9, 7	-	28, 1, 15, 10
Boa ergonomia Parâmetro 8	28, 29	28, 29	28, 29	28, 18	28, 29	21, 1, 29	28	18, 1, 17, 3
Ser compacto Parâmetro 4	X	X	X	2, 16, 21	X	9, 13, 28	28	2, 6, 28
Ser resistente Parâmetro 9	-	-	-	23, 28	-	-	22, 1, 3	13, 21, 20
Ser seguro e intuitivo Parâmetro 13	2, 28, 19	2, 28, 19	2, 28, 19	22, 29	2, 28, 19	9, 7	-	28, 1, 15, 10
Facilidade de assepsia Parâmetro 18	1	1	1	-	1	2, 22, 28, 10	1, 28, 10, 9	1, 12, 2, 3

Fonte: elaborado pelo grupo 1.

Quadro 24 – Matriz desenvolvida pelo grupo 2

Números com o título representam os parâmetros e os internos da tabela os princípios inventivos							
Características Contraditórias ->	Compactação (Parâmetro 4)	Estética (Parâmetro 7)	Usabilidade (Parâmetro 18)	Espaço adequado, conforto (Parâmetro 3)	Mobilidade, peso, compactação (Parâmetro 1)	Compactação (Parâmetro 4)	espaço, ergonomia e o conforto (Parâmetro 8)
Características a serem melhoradas							
Ter espaço adequado para trabalhar/estudar (Parâmetro 2)	2, 7, 13, 28	6, 12, 13, 14	-	6, 9, 16, 29	23, 28, 29	2, 7, 13, 28	28
Ser ergonômico (Parâmetro 8)	28, 29	18, 1, 17, 3	2, 28, 9, 15	-	21, 1, 29	28, 29	X
Ser Retrátil (Parâmetro 19)	-	14, 1, 7	6, 1, 3, 15	14, 15	14, 23, 15	-	28, 24, 13
Ser Resistente (Parâmetro 9)	-	13, 21, 20	23, 9, 22	-	-	-	12, 28
Ter espaço para guardar objetos pessoais (Parâmetro 4)	X	2, 6, 28	1	-	9, 13, 28	X	28, 29
Liberar espaço considerável para circulação (Parâmetro 4)	X	2, 6, 28	1	-	9, 13, 28	X	28, 29

Fonte: elaborado pelo grupo 2.

Quadro 25 – Matriz desenvolvida pelo grupo 3

Matriz de contradições da cadeirinha de alimentação

Características contraditórias → Características a serem melhoradas ↓	1. Peso superficial acrescido no objeto parado	3. Área superficial do objeto parado	19. Adaptabilidades ou versatilidade superficial
4. Volume da superfície do objeto parado	7, 14	16	14, 7
7. Forma superficial	16, 7	16	25
18. Facilidade de manuseio	7, 14	14, 7	14

Fonte: elaborado pelo grupo 3.

A partir dessa leitura e da reflexão sobre os princípios inventivos, a combinação híbrida de métodos possibilitou buscar e gerar ideias para solucionar

problemas detectados por cada grupo, levando em consideração as problemáticas identificadas na forma e no material planejado em cada projeto.

8.1.3 Terceira etapa

Na aplicação do método, estava previsto que as duplas se uniriam para a realização de um *brainstorming* com os princípios indicados em cada matriz formulada. Contemplando o objetivo do método proposto, cada grupo chegou em determinado número de soluções inventivas, como é possível observar no *brainstorming* desenvolvido por cada dupla de educandos, ilustrado, a seguir, nos Quadros 26, 27 e 28.

Quadro 26 – *Brainstorming* desenvolvido pelo grupo 1

Parâmetros e Características	Área superficial do objeto parado: Ter Espaço	Volume da superfície do objeto parado: Maior Armazenamento e Ser Compacto	Confiabilidade Superficial: Maior Organização e Ser Seguro e Intuitivo	Estabilidade da composição do objeto/superfície: Boa ergonomia	Permanência do objeto em movimento até a fadiga: Ser Resistente	Facilidade de manuseio: Facilidade de Assepsia
Princípios	2, 17, 24, 28, 13, 16, 29 2. Extração: Superfície de material diferente do resto (ex: bancada de pedra) 17. Alteração mecânica: Disposição longitudinal ampla. 24. Membranas flexíveis ou finas: Bancada com espessura menor 28. Transformação de propriedades: Bancada mais fina 13. Ação prévia: A bancada está sempre pronta a ser usada 15. Ação prévia ou excessiva: demarcar o final da bancada com um relevo 29. Materiais compostos: Final da bancada com revestimento anti derrapante ou buraquinhos para escoar líquidos	2, 16, 21, 9, 13, 28, 6 2. Extração: Possibilitar expansão do móvel, sinalizada com material diferente 6. Aninhamento: um armário dentro de outro 9. Ação prévia: a pega é bem sinalizada 13. Esféroidal: cantos levemente curvos 16. Transição para uma nova dimensão: puxa uma alavanca e sai um compartimento 21. Cópia: imitação de pedra (granito ou mármore) 28. Transformação de propriedades: Mude o estado físico da superfície do sistema. Mude a concentração ou densidade. Mude o grau de flexibilidade.	2, 28, 19, 22, 29, 9, 7, 1, 15, 10 1. Segmentação: divisão do móvel em nichos 2. Extração: Sinalizar por meio de superfícies diferentes o local da pega para abrir um compartimento oculto. 7. Contrabalançar: Equilíbrio para o peso de um objeto, combinando com um outro (superfície) que fornece uma força de suspensão; os pés ficam firmes 9. Ação prévia: pegas visíveis 10. Amortecimento prévio: fechamento lento de portas, com sistema de "segurar" a porta. 15. Ação prévia ou excessiva: demarcar o final da bancada com um relevo 19. Mediador:	21, 1, 29, 28, 18, 17, 3 1. Segmentação: pés de material diferente, ou com material diretamente em contato com o chão diferente. 3. Assimetria: focar os suportes nos locais de maior pressão/peso/impacto. 17. Alteração mecânica: para montagem do móvel. 18. Converta dano em benefício: Elimine um fator prejudicial combinando com outro 21. Cópia: extensão de bancada de material mais barato 28. Transformação de propriedades: superfície de altura alternativa fabricada em material mais barato	23, 28, 22, 1, 3, 13, 21, 20 1. Segmentação: divida o objeto entre superfície e produto, propondo maior resistência a pesos; 3. Assimetria: nervuras para reforço do balcão em qualquer lugar do móvel 13. Ação prévia: bancada sempre pronta a suportar impactos 20. Autosserviço: portinhas de vidro autolimpantes. 21. Cópia: estrutura interna do móvel fabricada em material mais barato e mais resistente, porém com estética prejudicada. 22. Descarte: troca do mármore na bancada por uma cópia, talvez em fórmica 23. Construção pneumática: pés ocios.	1, 9, 2, 3, 22, 28, 10, 12 1. Segmentação: bancada em material diferente 2. Extração: usar material diferente nos locais da pega, que facilitem a assepsia. 3. Assimetria: pés assimétricos que facilitem a passagem de vassoura/rodo. 9. Ação prévia: armários estão sempre apoiados sobre seus suportes para suportar o apoio da mão durante a limpeza. 10. Amortecimento prévio: amortecimento do impacto ao fechar portas 12. Inversão: ao invés de ser autolimpante , o armário vem com uma esponja macia para assepsia. 22. Descarte: troca de portas de madeira por fórmica ou vidro 28. Transformação

Fonte: elaborado pelo grupo 1.

Quadro 27 – *Brainstorming* desenvolvido pelo grupo 2

Brainstorm				
Compactação da mesa ser prática	Ter estética agradável e resistência	Usabilidade - Fácil compreensão, intuitivo e prático	Espaço adequado e confortável para realização de tarefas	Ser ergonômico
2-Extração: Aplicar texturas diferentes nos lugares de pega para compactação da mesa.	6 -Aninhamento: Um objeto é colocado dentro de outro. Um mecanismo removível somente usado quando necessário para alterar o formato do móvel, ficando oculta quando não tem função.	2 -Extração: Sinalizar por meio de superfícies diferentes o local da pega. Extraindo a chance de erro no manuseio do produto.	9 - Ação prévia: Quando a superfície já prevê uma necessidade e está pronta para entrar em ação, móvel já prever uma organização e separação adequada para realização de tarefas, porta materiais	13 - Esferoidal: bordas arredondadas para evitar acidentes.
7- Contrabalançar: Equilíbrio para o peso de um objeto, fornece uma força de suspensão para que se tenha maior controle e facilidade ao compactar a mesa.	13 - Esferoidal: Substitua partes lineares por partes curvas, bordas arredondadas.	6 -Alinhamento: Ter encaixes intuitivos	13 - Esferoidal: bordas arredondadas.	28 - Transformação de propriedades: Adicionar possibilidade de ajustar partes da mesa, como tempo, altura..
	17-Alteração mecânica: Utilização de torção, compactação ou disposição dimensional de um objeto conforme sua superfície.	1-Segmentação: Separar mecanismos do produto total.	29 - Materiais compostos: Misture ao material da textura algo que potencialize sua função. aplicar tinta magnética em alguma parte da mesa para que sirva de painel.	

Fonte: elaborado pelo grupo 2.

Quadro 28 – *Brainstorming* desenvolvido pelo grupo 3

Brainstorming da cadeirinha de alimentação

<u>Volume</u>	<u>Forma</u>	<u>Facilidade de manuseio</u>
<p>Princípios utilizados:</p> <p>7. Contrabalançar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser muito pesado. <p>14. Dinamicidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possível de transportar. <p>16. Transição para uma nova dimensão</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser retrátil. 	<p>Princípios utilizados:</p> <p>7. Contrabalançar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não ocupar um grande espaço. <p>16. Transição para uma nova dimensão</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser retrátil e que tenha partes desmontáveis. <p>25. Material poroso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que não seja escorregadio. 	<p>Princípios utilizados:</p> <p>7. Contrabalançar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Travas e cintos intuitivos. <p>14. Dinamicidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montagem e desmontagem simples.

Fonte: elaborado pelo grupo 3.

8.1.4 Quarta etapa

A investigação do trabalho, incluindo pesquisa bibliográfica, coleta e análise de dados, elaboração de atributos e qualidades do design de superfícies, viabilidade e aplicação desses atributos sobre protótipos, foi realizada pelos alunos até o final da disciplina. Algumas fases do método foram suprimidas pelos educandos, visto que cada dupla já estava usando outros métodos de apoio apresentados como conteúdo próprio da disciplina.

Algumas fases do método foram satisfatoriamente concluídas, sendo integradas ao conteúdo proposto em aula pelo professor regente da turma. Além disso, os participantes responderam a um questionário voluntariamente. Os grupos contribuíram diretamente para o desenvolvimento da configuração de métodos proposta nesta pesquisa, auxiliando a fase de projeto e avaliação de produtos. Os educandos contribuíram, também, para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de métodos.

Esta pesquisa de caráter exploratório, generalista e integrador objetivou uma visão holística e sistêmica sobre os problemas que abrangem o design de superfície e os produtos de forma geral. Foi possível, a partir do experimento,

analisar as qualidades dessa configuração de métodos que foram embasados na ferramenta QFD, na metodologia TRIZ e em outros métodos bastante difundidos no campo do design.

A partir do contato e da disponibilização de outra ferramenta de projeto, os alunos puderam ampliar as investigações, garantindo cuidado à forma, ergonomia e estética dos produtos e suas superfícies. A análise dos dados resultantes dessa experiência é apresentada na seção a seguir.

8.2 ANÁLISE DE DADOS

A análise qualitativa de dados teve como objetivo a verificação da experiência da combinação de métodos com os educandos. Foi justamente a análise da usabilidade das ferramentas e da sua relevância no uso dos produtos avaliados em sala de aula pelos alunos que propiciou levantar pontos a serem melhorados e explorados no projeto desta combinação híbrida de métodos.

A análise da não relevância da utilização das ferramentas, mediante os dados gerados pela pesquisa, pôde denotar qualquer irrelevância do experimento, apontando pontos frágeis e direcionando o estudo para uma reestruturação da combinação de métodos. Para propiciar tal análise, os educandos responderam a um questionário após concluírem suas experiências com a configuração de métodos.

Os discentes que optaram por participar da pesquisa responderam os questionários sem nenhum tipo de dano ou perda de conteúdo, visto que no momento da aula utilizado para isso, o professor estava assessorando projetos com os grupos não participantes que permaneceram em aula. Essas atividades foram registradas por meio de fotografias virtuais e anotações, mantendo a identidade de cada participante em sigilo, de modo a não expor seus rostos e nomes.

Além disso, foram solicitadas as autorizações dos participantes para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área do design e publicar tais dados em revistas científicas nacionais e/ou internacionais. Ressalta-se, ainda, que não houve benefício monetário aos educandos que participaram da

pesquisa e que, a qualquer momento, os educandos poderiam descontinuar a sua participação no estudo.

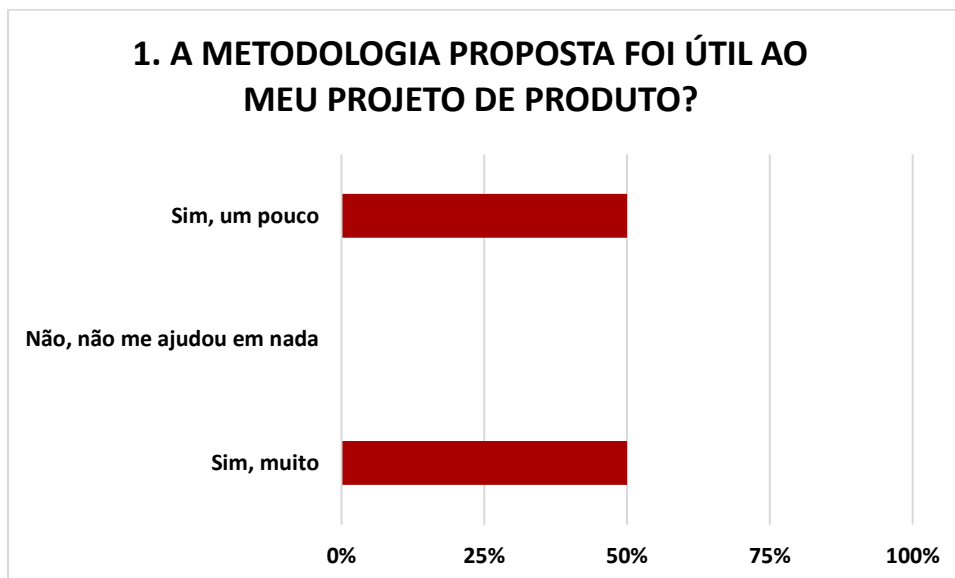
Após o término da pesquisa, os dados serão mantidos em sigilo e poderão ser utilizados em investigações e pesquisas. Os participantes ficaram com cópias do termo de consentimento livre e esclarecido e com o nome e o telefone dos pesquisadores responsáveis. Todos os documentos relacionados ao experimento serão guardados por cinco anos, sendo extintos após esse período. Ademais, as respostas do questionário e os assuntos debatidos foram devidamente desvinculados da avaliação de desempenho na disciplina.

Como benefícios aos alunos envolvidos, acredita-se que esta pesquisa trouxe uma otimização nos projetos desenvolvidos pelos grupos. Cada participante foi convidado a utilizar e conhecer mais uma opção de combinação de métodos que beneficiaria o seu projeto, aumentando, assim, as chances de redimensionar sua visão sobre o campo do design.

A análise de dados foi feita de forma exploratória, baseada principalmente no questionário respondido pelos educandos. O questionário avaliou a aprovação ou rejeição da utilização do método por parte de cada participante. Dividido em duas partes, a primeira refere-se à utilização da ferramenta enquanto experiência, e a segunda, à aplicabilidade e eficiência da combinação de métodos em uso durante o projeto.

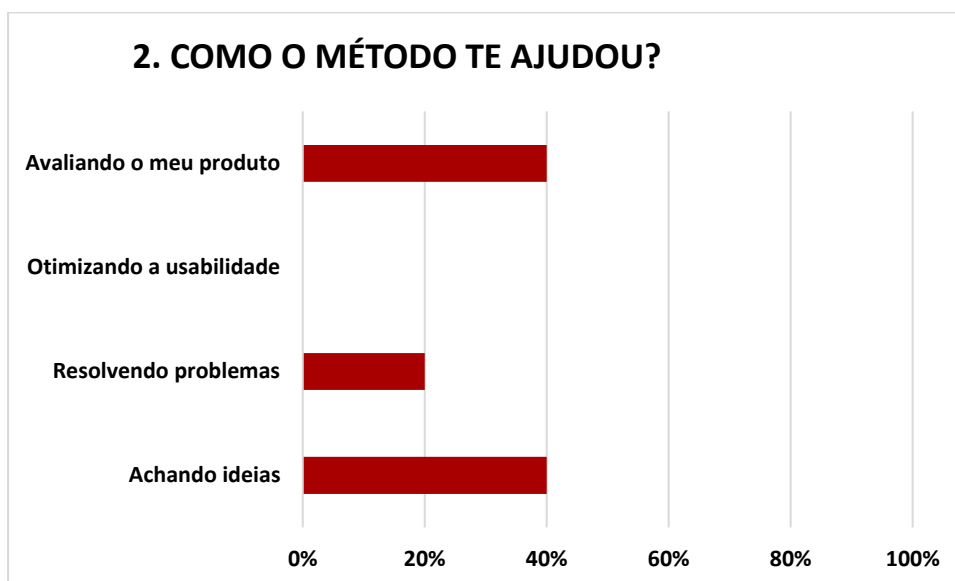
O primeiro bloco de perguntas demonstrou a aprovação dos estudantes com a experiência e apontou como características da ferramenta alguns dos objetivos principais propostos no início deste trabalho. A resolução de problemas, a avaliação do produto e a prospecção de ideias foram algumas dessas características, como é possível observar nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Análise de dados do primeiro bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 1



Fonte: elaborado pela autora.

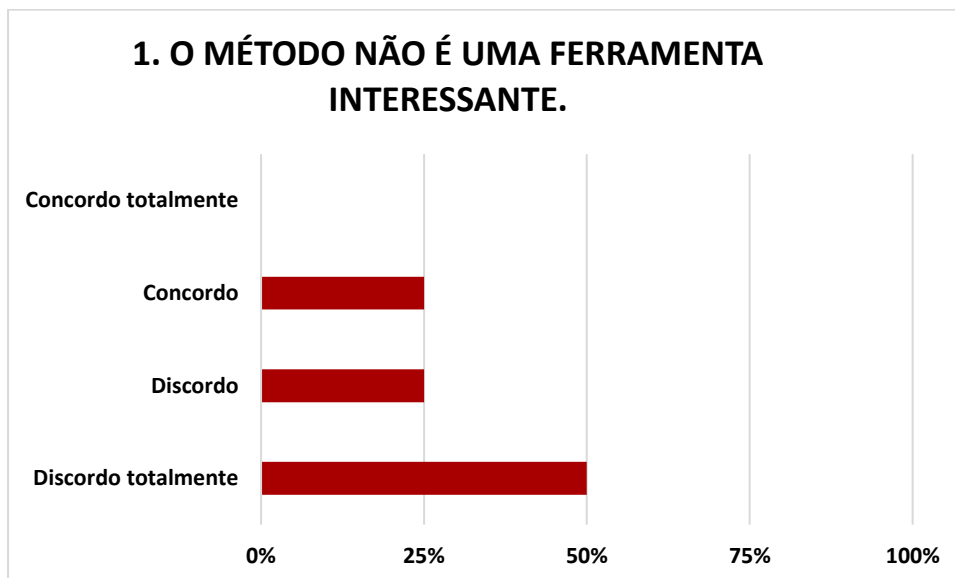
Gráfico 2 – Análise de dados do primeiro bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 2



Fonte: elaborado pela autora.

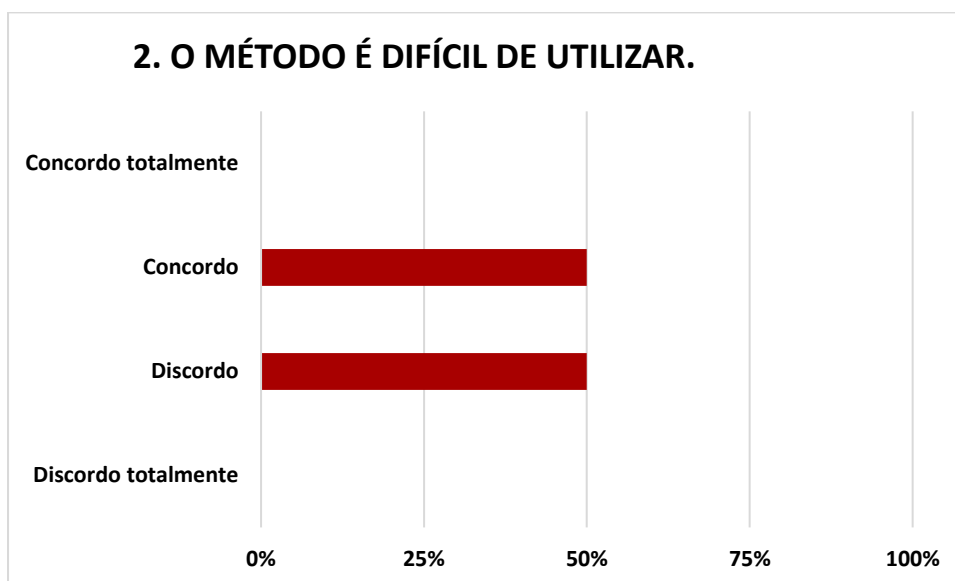
No segundo bloco de perguntas, cujos resultados são apresentados nos Gráficos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14, observa-se que o questionário se tornou bastante incisivo à performance da configuração de métodos durante a fase projetual de um produto.

Gráfico 3 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 1



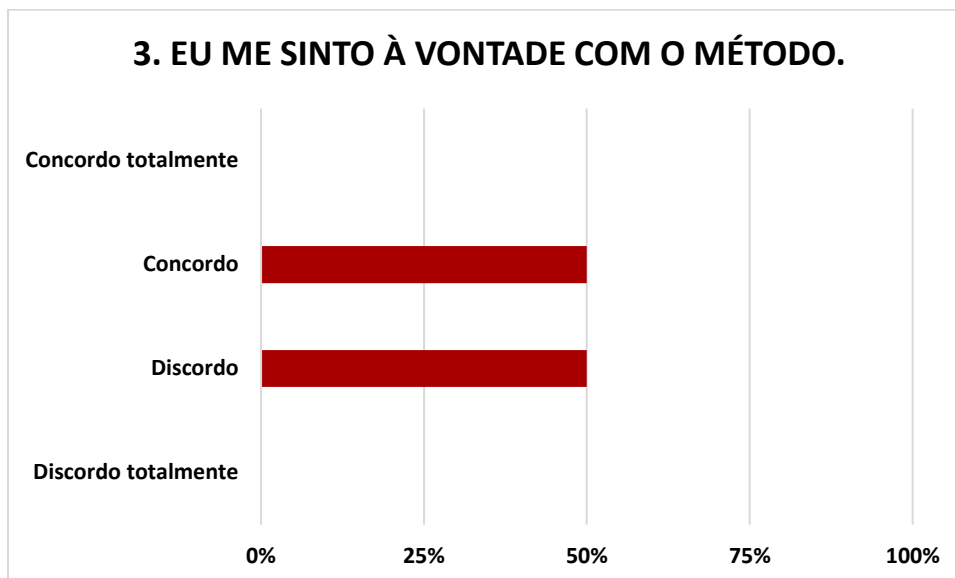
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 4 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 2



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 5 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 3



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 6 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 4



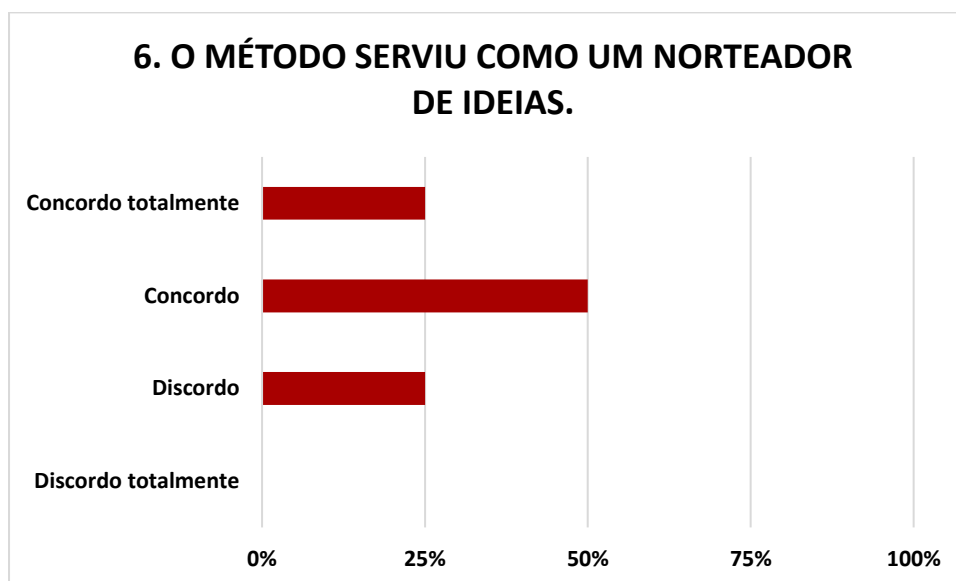
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 7 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 5



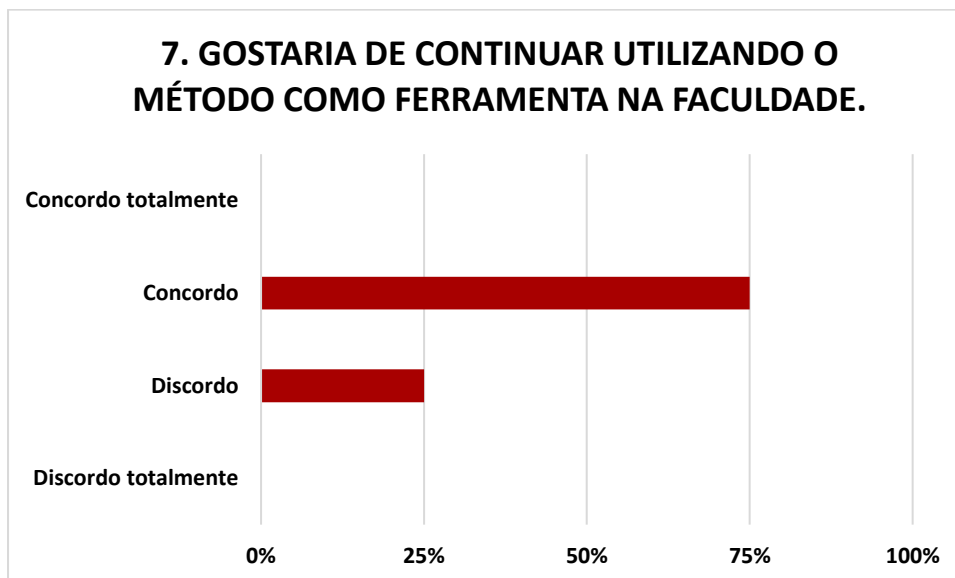
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 8 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 6



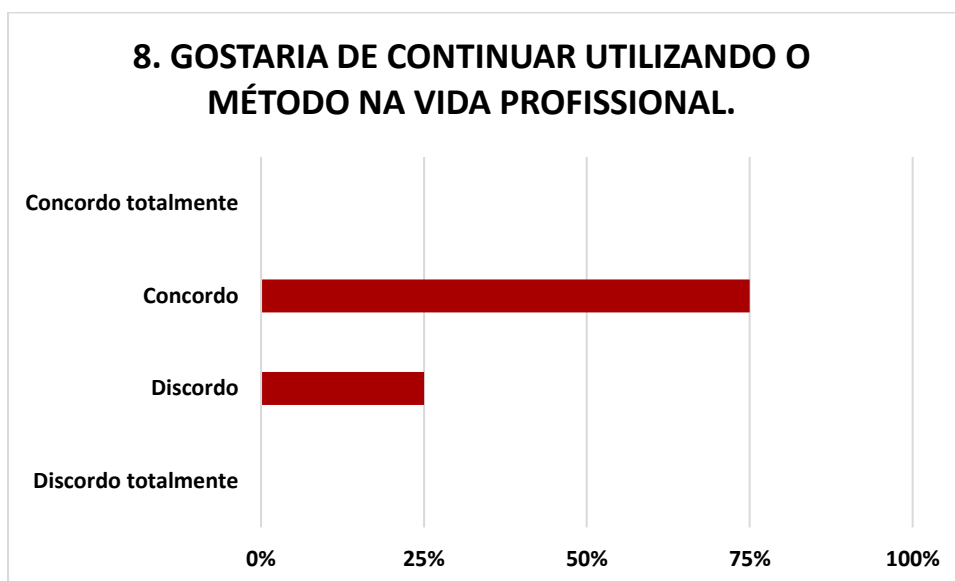
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 9 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 7



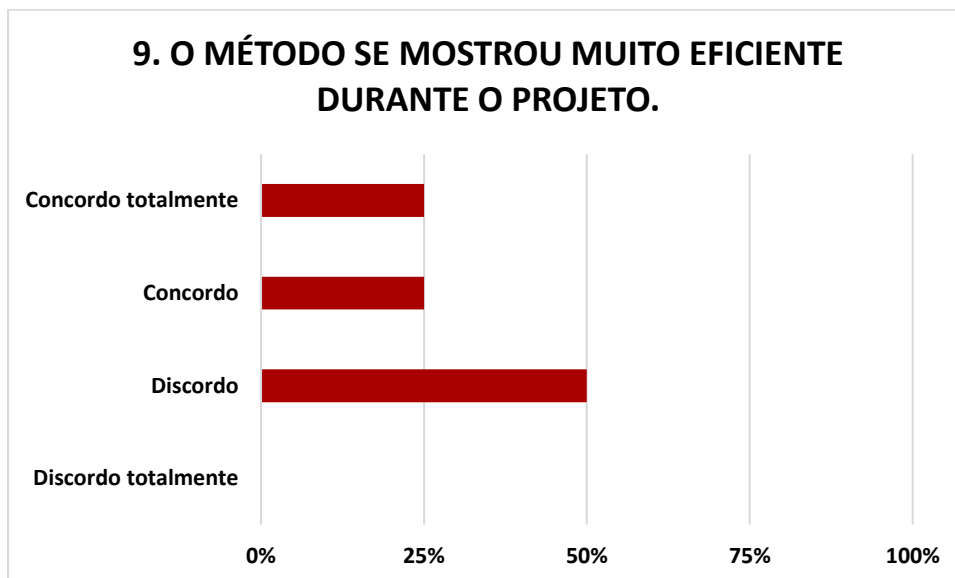
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 10 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 8



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 11 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 9



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 12 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 10



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 13 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 11



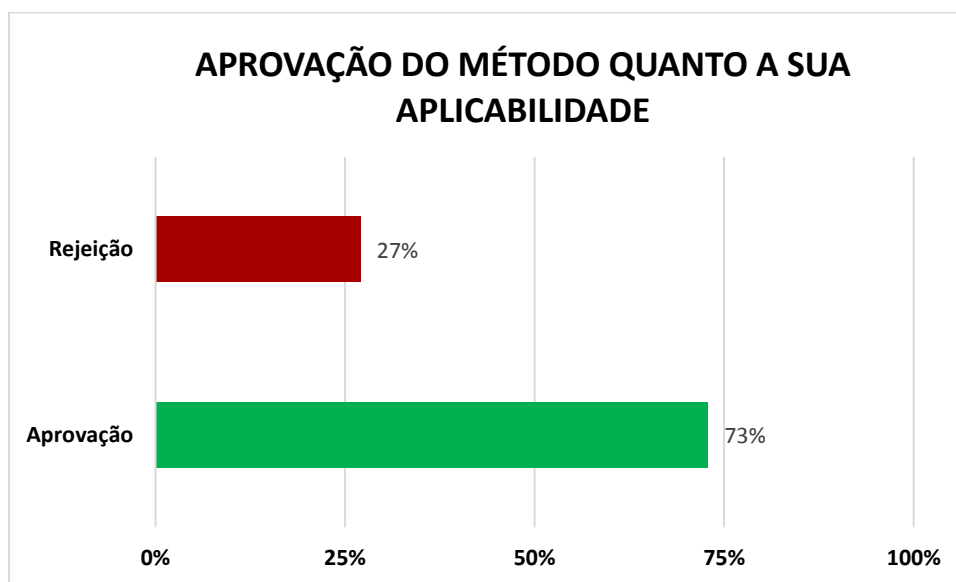
Gráfico 14 – Análise de dados do segundo bloco de perguntas do questionário de avaliação da combinação híbrida de métodos, pergunta 12



Nesse segundo bloco de perguntas, foi contabilizado um total de 48 respostas. Fez-se, então, uma análise comparativa de aprovação e rejeição, considerando a totalidade de respostas do segundo bloco do questionário de avaliação da configuração de métodos. A partir dessa análise, foi possível

observar aprovação em 73% da totalidade das respostas, como ilustrado no Gráfico 15.

Gráfico 15 – Análise de aprovação e rejeição considerando a totalidade de respostas do segundo bloco do questionário de avaliação da combinação de métodos



Fonte: elaborado pela autora.

A análise da aprovação da combinação de métodos quanto à sua aplicabilidade, baseada no segundo bloco de perguntas do questionário, corrobora a relevância desta configuração de métodos e sua eficácia. Já o percentual de rejeição ilustra uma brecha para a possibilidade de melhorias que possam impactar a performance de utilização durante a fase projetual, momento em que essa avaliação foi aplicada como forma de compreender o contato com o usuário.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve, desde seu início, o foco em um estudo exploratório voltado à obtenção de conhecimentos acerca dos métodos empregados principalmente no âmbito do design de superfície, em que se notou certa carência metodológica, e de suas dificuldades. A partir disso, foi possível compreender a relevância da pesquisa e a necessidade da hibridização dos métodos já existentes, a fim de abranger novas possibilidades de inovação e atualizações no design de produtos.

Considerando o problema real que percorreu esta pesquisa, bem como a premência do campo de estudo em questão, constatou-se que apenas métodos de design ou de engenharia não seriam suficientes para guiar este estudo exploratório. Assim, fez-se necessário propor uma hibridização de métodos de engenharia e design. Como resultado, identificaram-se as necessidades gerais do usuário, como ergonomia, sensação estética e satisfação, mediadas pelas superfícies e formas do produto.

A hibridização de métodos bastante difundidos nas áreas do design e da engenharia sustentou esta pesquisa, que propôs uma experimentação da metodologia adaptada com os educandos da disciplina de Projeto de Produto 1 da UFRGS. Essa experimentação foi de profunda importância para a compreensão das melhorias possíveis nesta configuração de métodos.

A experiência com os estudantes que participaram da pesquisa não foi tratada de forma mais detalhada ao longo da tese, já que o cerne era a combinação de métodos. Além disso, como esta pesquisa contemplou principalmente a combinação e hibridização de métodos, foi enfatizada a avaliação por parte de cada educando acerca da metodologia proposta.

Para tal proposição, esta pesquisa se aprofundou, sobretudo, nos métodos QFD e TRIZ, cujas etapas foram cruzadas e justapostas, dando origem a um fluxograma, que resultou em uma combinação híbrida de métodos adaptados às superfícies. Esse fluxograma se caracteriza, portanto, como a principal contribuição acadêmica desta pesquisa.

Durante o cruzamento das informações, foram perceptíveis algumas convergências e divergências em diversas fases dos métodos estudados.

Constatou-se, assim, a partir da experimentação da combinação de métodos, que algumas etapas não eram importantes ou necessárias para o funcionamento desta configuração. Tal constatação resultou na supressão de algumas etapas.

Durante o desenvolvimento da combinação e hibridização de métodos, a diferença dos momentos em que as etapas eram realizadas constitui um dos desafios a serem contornados. Acredita-se, contudo, que tais fases não comprometem o resultado final do arranjo de métodos proposto nesta pesquisa. Tendo em vista que a combinação se embasou em alguns autores e criadores de métodos voltados ao design, pôde-se perceber algo do âmbito mais generalista dos métodos de design de produto. Esse âmbito generalista conferiu outro olhar para etapas inspiradas em métodos enraizados nas engenharias, como a TRIZ e o QFD.

Durante a avaliação de cada metodologia ou método avaliado como base e a sintetização da essência de cada etapa proposta, observou-se que algumas tinham, inclusive, altos índices de rejeição documentados em estudos da área. Essa rejeição era oriunda da complexidade e quantidade de fases existentes em cada método. Dessa maneira, a preocupação com a rejeição percorreu esta pesquisa, acarretando a constante reestruturação do fluxograma, que foi construído buscando a melhor ordenação para as etapas.

Ademais, ao longo da estruturação do estudo, percebeu-se que a preocupação com as necessidades do usuário, na maioria dos métodos e das metodologias, era a parte mais importante, à qual se destinavam diversas etapas. Diante disso, nesta pesquisa, as superfícies foram conceituadas como uma espécie de “pele” para os produtos, o que levou ao entendimento de que a interação direta das superfícies com seu usuário deve suscitar uma preocupação maior nas bases metodológicas que formulam um produto desde o seu projeto. Espera-se, assim, que esta pesquisa exploratória, acerca de metodologias e métodos de design e engenharia, possa acarretar uma contribuição no cotidiano de seus usuários, agregando valor ao trabalho profissional de design, assim como ao contato homem-superfície do usuário de produtos cotidianos.

Por fim, pretende-se que a configuração de métodos proposta, fundamentada na hibridização e combinação de metodologias de design de produto e engenharia, seja válida para projetos que, assim como este, possuam

um objetivo exploratório de verificação de necessidades no campo de estudo do design, assim como do usuário.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. de S. QDF - Desdobramento da Função Qualidade - Estruturando a Satisfação do Cliente. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 47-55, 1997.
- ACKERMAN, D. **Uma história natural dos sentidos**. 2. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1996.
- AKAO, Y. (ed.). **Quality function deployment; integrating customer requirements into product design**. Cambridge: Productivity Press, 1993.
- ALTSHULLER, G. **The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity**. Worcester: Technical Innovation Center, 1999.
- ALTSHULLER, G. S. **The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity**. Worcester: Technical Innovation Center. Inc., 2000.
- APTEL, M. Etude dans une entreprise de montage d'appareils électroménagers des facteurs de risque professionnels du syndrome du canal carpien. **Documents pour le Médecin du Travail**, v. 54, p. 149-164, 1993.
- ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. **Manual de engenharia têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984. v. 2.
- ARMSTRONG, T. J. *et al.* Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 43, p. 103-116, 1982.
- ATLAS COPCO. **L'ergonomie des machines portatives**. Helsinburg: ADE Trick, 1998.
- BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BARRY, K.; DOMB, E.; SLOCUM, M. S. What is TRIZ? **The Triz Journal**, 2007. Disponível em: [http://www.triz-journal.com/archives/ what is triz/](http://www.triz-journal.com/archives/what%20is%20triz/). Acesso em: 10 out. 2020.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.
- BECKERMANN, H. Method for transferring the 40 inventive principles to information technology and software. **Triz Future Conference 2014 - Global Innovation Convention**, 2014.
- BENNICH, P. **Traceability and measurement uncertainty in testing**. Berlin: MetroTrade Workshop, 2003.
- BENSE, W. E. **A teoria geral dos signos**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

BEREKETLI, I.; GENEVOIS, M. An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 188-198, 2013.

BESSANT, J.; TIDD, J. **Inovação e empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BOBJER, O.; JANSSON, C. Uma abordagem de pesquisa para o design de ferramentas manuais ergonômicas. O programa de 11 pontos. *In*: SEPPÄLÄ, P. et al. (Ed.). **Da experiência à inovação**. Atas do 13º Congresso Trienal da Associação Internacional de Ergonomia. Helsinque: Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, 1997. p. 193-195, 1997.

BONNEMA, G. M. The engineers' innovation toolkit. **Procedia Engineering**, v. 9, p. 345-354, 2011.

BONSIEPE, G. *et al.* **Metodologia experimental**: desenho industrial. Brasília: CNPq, 1984.

BÜRDEK, B. E. **Diseño**: história, teoria y práctica del diseño industrial. Barcelona: Gustavo Gilli, 1994.

BÜYÜKÖZKAN, G.; BERKOL, Ç. Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 11, p. 13731-13748, 2011.

CARNEVALLI, J. A.; MIGUEL, P. A. C. Revisão, análise e classificação da literatura sobre o QFD – tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 3, p. 557-579, 2007.

CARVALHO, M. A. de. Effective new product ideation: ideatrix methodology, growth and development of computer-aided innovation third IFIP WG 5.4 working conference, CAI '09. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 304, p. 127-140, 2009.

CHAI, K.; ZHANG, J.; TAN, K. A TRIZ based method for new service design. **Journal of Service Research**, v. 8, n. 1, p. 48-66, 2005.

CHAN, L. K.; WU, L. M. Quality function deployment: a literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 143, n. 1, p. 463-497, 2002.

CHARPENTIER, J. In the frame of globalization and sustainability, process intensification, a path to the future of chemical and process engineering (molecules into money). **Chemical Engineering Journal**, v. 134, n. 1-3, p. 84-92, 2007.

CHEN, J. L.; CHEN, W. TRIZ based eco-innovation in design for active disassembly. *In*: **14th International Conference on Life Cycle Engineering**. Tokyo: Waseda University, 2007. p. 83-87.

- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. del R. **QFD Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Blucher, 2007.
- CHOU, J.-R. An ARIZ-based life cycle engineering model for eco-design. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 210-223, 2014.
- CHUANG, P. T. Combining the analytic hierarchy process and quality function deployment for a location decision from a requirement perspective. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 18, n. 11, p. 842-849, 2001.
- CLAUDON, L. **Ergonomic hand tool design project**. Final report. Nancy: INRS, 2002.
- COLLET, J. A. **Método para a moda complementado por metodologias de design de produto: aplicação no desenvolvimento de produtos de moda praia para estomizadas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- COLLINS, L. Opening up the innovation process. **Engineering Management Journal**, v. 6, n. 1, p. 14-17, 2006.
- CREUSEN, M.; SCHOORMANS, J. P. L. The different roles of product appearance in consumer choice. **Journal of Product Innovation Management**, v. 22, p. 63-81, 2005.
- DEMPSEY, P. *et al.* Bending the tool and the effect on human performance: Further investigation of a simulated wire-twisting task. **AIHA Journal**, v. 63, n. 7, p. 586-593, 2002.
- DISCHINGER, M. C. T.; COLLET, I. B.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Desenvolvimento de texturas como contribuição ao design emocional. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 7., 2006, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.
- DUCHAMP, R. **La conception de produits nouveaux**. Paris: Herme's Editions, 1999.
- DURAKBASA, M. N.; AFJEHI-SADAT, A.; NOMAK, A. Dimensional and geometrical measurements and interpretation of measuring results on the basis of the skin-model. **Measurement Science Review**, Bratislava, v. 1, n. 1, p. 89-92, 2001.
- EDWARDS, M. F. Product engineering: some challenges for chemical engineers. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 84, n. 4, p. 255-260, 2006.

EUROPEAN COMMISSION. **Eurohandtool 1997**. Usability, ergonomics, quality and productivity of non-powered hand tools. European Commission Brite Euram Project BE96-3735. Tampere: Tampere University of Technology, 1997.

EVANS, C. J.; BRYAN, J. B. "Structured", "textured" or "engineered" surfaces. **Annals of the CCIRP**, v. 48, n. 2, 1999.

FRESNER, J. *et al.* The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 2, p. 128-136, 2010.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **Benefits and challenges of green roofs on public and commercial buildings**. Washington: GSA, 2011. Disponível em: [http://www.gsa.gov/portal/mediald/158783/fileName/The 2016](http://www.gsa.gov/portal/mediald/158783/fileName/The%202016). Acesso em: 10 jul. 2020.

HAAPALAINEN, M.; KIVISTO-RAHNASTO, J.; MATTILA, M. Ergonomic design of non-powered hand tools: an application of quality function deployment (QFD). **Occupational Ergonomics**, v. 2, n. 3, p. 179-189, 2000.

HAUSER, J.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, v. 66, n. 3, p. 63-73, 1988.

HUANG, J. W.; LI, Y. H. The mediating effect of knowledge management on social interaction and innovation performance. **International Journal of Manpower**, v. 30, n. 3, p. 285-301, 2009.

IDEO. **Human-Centered Design: Kit de ferramentas**. 2. ed. San Francisco: IDEO.org, 2011.

ILEVBARE, I. M.; PROBERT, D.; PHAAL, R. A review of TRIZ and its benefits and challenges in practice. **Technovation**, v. 33, n. 2-3, p. 30-37, 2013.

INTERNATIONAL COUNCIL OF SOCIETIES OF INDUSTRIAL DESIGN (ICSID). **Industrial Design**. 2018. Disponível em: <http://www.icsid.org/iddefinition.html>. Acesso em: 15 maio 2019.

JAMES, K. 17 secrets of inventivity mind: how to conceive world class products rapidly using TRIZ and other leading edge creative tools. **TRIZ Journal**, v. 11, n. b, 1996.

JIAO, Y. *et al.* Modeling and multi-objective optimization of refinery hydrogen network. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 19, n. 6, p. 990-999, 2011.

KALPAKJIAN, S. **Manufacturing process for engineering materials**. Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 1985.

KAMINSKI, C. P. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

- KHOMENKO, E. *et al.* Solar-stellar dynamos as revealed by helio- and asteroseismology: GONG 2008/SOHO 21 (ASP Conf. Ser. 416). **ASP Conference Series**, San Francisco, v. 416, 2009.
- KIENITZ, O. H. **Proposta de implantação da metodologia do quality function deployment na Mercedes-Bens do Brasil S.A.** 1995. Dissertação (em Engenharia de Produção) –Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.
- KIM, D. H. The link between organizational and individual learning. **Sloan Management Review**, v. 35, n. 1, p. 37-50, 1993.
- KOBAYASHI, H. A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning. **Advanced Engineering Informatics**, v. 20, n. 2, p. 113-125, 2006.
- KRIPPENDORFF, K. Product semantics: a brief sketch. *In: P&D Design 2000. Separata das conferências dos visitantes estrangeiros.* Novo Hamburgo: AEND, 2000.
- KUIJT-EVERS, L. *et al.* Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. **Applied Ergonomics**, v. 38, n. 5, p. 643-654, 2006.
- KUNZLER, L. **Estudo das variáveis de rugosidade, dureza e condutividade térmica aplicado à percepção tátil.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- LEE, S. *et al.* Technology road mapping for R&D planning: the case of the Korean parts and materials industry. **Technovation**, v. 27, n. 8, p. 433-445, 2007.
- LINDEN, J. C. S.; KUNZLER, L. S. Q. **A seleção de materiais e o conforto percebido em produtos.** Gramado: ABERGO, 2001.
- LIU, C.; CHEN, J. L. Development of product green innovation design method. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING, 2., 2001, Tokyo. Proceedings [...].* Tokyo: IEEE Computational Intelligence Society, 2001. p. 168-173.
- LÖBACH, B. **Industrial design: grurellagen der industrie produkt gestaltung.** Muenchen: Verlag Karl Thiemig, 1976.
- LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração de produtos industriais.** São Paulo: Blucher, 2001.
- LOOZE, M. *et al.* Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. **Ergonomics**, v. 46, n. 10, p. 985-997, 2003.

LOZANO, M. A.; RAMOS, J. C.; SERRA, L. M. Cost optimization of the design of CHCP (combined heat, cooling and power) systems under legal constraints. **Energy**, v. 35, n. 2, p. 794-805, 2010.

MANN, D. **Hands on systematic innovation**. Belgium: CREAX Press, 2002.

MANSOOR, M. *et al.* Innovating engineering guidance to meet challenges of complexity and future development directions: cases on energy development and system efficiency. **Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research**, p. 291-306, 2012.

MANZINI, E. **A matéria da invenção**. Lisboa: Centro Português de Design, 1989.

MARSOT, J.; CLAUDON, L. Design and ergonomics. Methods for integrating ergonomics at hand tool design stage. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 10, n. 1, p. 13-23, 2004.

MASLOV, A. H. A theory of human motivation. **Psychological Review**, v. 50, p. 370-396, 1943.

MING, Q.; BEILEI, S. Design of the knowledge management integrated system based on TRIZ. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONIC COMMERCE AND SECURITY*, 8., 2008, Guangzhou. **Proceedings [...]**. Guangzhou: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2008. p. 1055-1058.

MITSUFUJI, Y.; UCHIDA, T. Usando e promovendo a House of Quality. *In: AKAO, Y. (ed.). Quality function deployment; integrating customer requirements into product design*. Cambridge: Productivity Press, 1993. p. 53-81.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. Lisboa: Edições 70 Ltda, 1998.

NISANOV, P. **Theory of inventive problem solving (TRIZ)**. Creativity as an Exact Science (Online notes). 2004. Disponível em: <http://www.nisanov.com/presentation/triz/>. Acesso em: 12 jul. 2020.

NORMAN, D. A. Emotion and design: attractive things work better. **Interactions Magazine**, v. 9, n. 4, p. 36-42, 2002.

PEREIRA, C.; SANTOS, V. B. dos. **Teoria e fundamentos do design**. Maringá: Unicesumar, 2016.

PESSOA, M. **ISO, Inmetro, ABNT e normalização**. Embrapa Meio Ambiente, 2018. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/normalizacao.html. Acesso em: 14 jul. 2018.

PETKOVIC, D. *et al.* Application of the TRIZ creativity enhancement approach to design of passively compliant robotic joint. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 67, n. 1, p. 865-875, 2013.

PIRES, J. G. C. **Gestão da qualidade**: fatores humanos versus fatores técnicos. 2006. Monografia (Especialização em Engenharia da Qualidade) – Universidade de São Paulo, Lorena, 2006.

PIRES, J. G. C. **A importância da dimensão humana na gestão dos sistemas de produção**. 2009. Monografia (Especialização em Gestão da Produção) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

PRODANOV, C; C. FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAHIM, Z. A.; SHENG, I. L. S.; BAKAR, N. A. Methodology for applied chemical engineering: a case study of new product development. **Chemical Engineering Research and Design**, p. 793-802, 2015.

RAU, H.; FANG, Y. Conflict resolution of product package design for logistics using the TRIZ method. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING AND CYBERNETICS, 8., 2009, Baoding. **Proceedings [...]**. Baoding, 2009. p. 2891-2896, 2009.

RUIZ, G. G. **Estúdio de diseño**: sobre la construcción de las ideas y su aplicación a la realidad. Buenos Aires: Emecé Editores, 1994.

RÜTHSCHILLING, E. A. **Design de superfície**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2008.

SAKIZLIS, V.; PERKINS, D.; PISTIKOPOULOS, E. N. Recent advances in optimization based simultaneous process and control design. **Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 10, 2069-2086, 2004.

SANDWICK. **Ergonomi** – une perspective de recherche pour des outils a` mains ergonomiques. M-0015-FRE-95, 1995.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Thomson, 2002.

SARAIVA, P. M.; COSTA, R. A chemical product design course with a quality focus. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 82, n. 11, p. 1474-1484, 2004.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DO SUL (SENAI-RS); SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO RIO GRANDE DO SUL (SEBRAE-RS). **Método adaptado TRIZ** – Teoria da Resolução Inventiva de Problemas. Porto Alegre, 2010.

SHURER, A. **Der einfluss produktthestineder faktoren and die gestaltung**. Clausthal-Zellerfeld: Boenecke-Druck, 1971.

SILVA, F. P. **O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SOKOL, A. *et al.* The development of inventive thinking skills in the upper secondary language classroom. **Thinking Skills and Creativity**, v. 3, n. 1, p. 34-46, 2008.

SRINIVASAN, R.; KRASLAWSKI, A. Application of the TRIZ creativity enhancement approach to design of inherently safer chemical processes. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 45, n. 6, p. 507-514, 2006.

STOUT, K. J. **Engineered surfaces: a philosophy of manufacture**. In press, Paris, 1999.

TICHAUER, E. R.; GAGE, H. Ergonomic principles basic to hand tool design. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 38, p. 622-634, 1977.

TRAMONTINA. **Ferramentas Industriais**. 2020. Disponível em: http://https://www.tramontina.com.br/200-ferramentas-industriais/210-aticates?gclid=CjwKCAjwsNilBhBdEiwAJK4khhC4dByDq83p13dIDbCrYt6lnw87XnfobcUBA63FXKpUYvU_XZBuSBoCP9QQAvD_BwE. Acesso em: 20 abr. 2020.

TREPTOW, D. **Inventando moda: planejamento de coleção**. 4. ed. Brusque: Edição da Autora, 2007.

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. **Calidad superficial: rugosidad, tecnología mecánica II**. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2003. Disponível em: <http://www.unizar.es/euitiz/areas/areingpf/21206/desc/medrug.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

VANBERGEIJK, E. Selection of power tools and mechanical assists, ergonomic considerations of hand-held power tools for control of occupational hand and wrist injuries. *In*: VANBERGEIJK, E. **Hand tools: ergonomics issues in evaluation and selection**, University of Michigan, USA, 1996. p. 1-5.

VERYZER, R. W. The place of product design and aesthetics in consumer research. *In*: FRANK, R. K.; SUJAN, M. (ed). **Advances in consumer research**. Provo: Association for Consumer Research, 1995. p. 641-645.

VERYZER, R. W. A nonconscious processing explanation of consumer response to product design. **Psychology & Marketing**, v. 16, n. 6, p. 497-522, 1999.

VINK, P. *et al.* (ed.). **Comfort and design**: principles and good practice. Boca Raton: CRC Press, 2005.

WEBB, A. TRIZ: an inventive approach to invention. **Engineering Management Journal**, v. 12, p. 117-124, 2002.

WOLFF, F.; KUNZLER, L. **Estudo dos métodos de projeto e da gestão de design com foco em moda**. Porto Alegre: UniRitter, 2010.

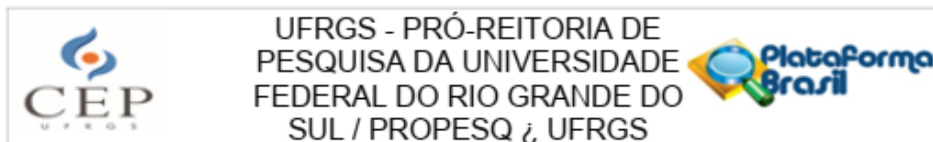
YUSUKE, K.; MIZUNO, Y.; UMEDA, Y. Scenario structuring methodology for computer-aided scenario design: an application to envisioning sustainable futures. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 160, 120207, 2020.

ZHANG, J.; SHANG, J. Research on developing environmental protection industry based on TRIZ theory. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1326-1334, 2010.

MATRIZ PROPOSTA																					
Resultado indesejado	Parâmetro a ser melhorado	Peso superficial acrescido no objeto parado	Comprimento superficial do objeto parado	Área superficial do objeto parado	Volume da superfície do objeto parado	Força (intesidade)	Tensão ou pressão na superfície	Forma superficial	Estabilidade da composição do objeto/superfície	Permanência do objeto em movimento até a fadiga	Temperatura superficial	Intensidade de iluminação da superfície (brilho)	Energia gasta pelo objeto em movimento	Confiabilidade superficial	Precisão da fabricação	Fatores indesejados atuando na superfície	Superfície gerando efeitos indesejados	Facilidade de fabricação da superfície	Facilidade de manuseio	Adaptabilidade ou versatilidade superficial	Complexidade de controle superficial
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Peso superficial acrescido no objeto parado		1, 9, 23, 28	2, 12, 24, 28	2, 4, 13, 28	7, 9, 28	9, 12, 17, 23	9, 12, 13, 23	1, 21, 29	-	18, 26	26, 28	-	7, 9	1, 9, 16, 28	2, 18	1, 18, 28	1, 8	2, 10, 22	14, 23	14, 16, 20
2	Comprimento superficial do objeto parado	23, 28, 29		6, 9, 16, 29	2, 7, 13, 28	9	1, 13, 28	6, 12, 13, 14	28	-	17, 28	20	-	14, 23	2, 9, 26	1, 17	-	14, 16, 22	-	1, 28	21
3	Área superficial do objeto parado	2, 13, 17, 24	6, 8, 21		-	1, 17, 28	9, 14	-	2	-	28	-	-	3, 26, 28, 29	2, 17, 23	2, 22, 28	1, 18, 29	15, 29	15	14, 15	2, 17, 24, 28
4	Volume da superfície do objeto parado	9, 13, 28	2, 7, 13, 28	-		2, 17	19, 28	2, 6, 28	28, 29	-	3, 5, 28	-	-	2, 15, 28	9, 20, 28	22	3, 17, 24, 28	28	1	-	2, 16, 21
5	Força (intesidade)	1, 12, 17	9	1, 17	2, 17		10, 17	9, 28, 29	9, 28	2	9, 28	-	9, 16	12, 28	23	1, 17, 28, 29	12, 19	1, 14, 17	1, 10, 14	9, 14, 22	9
6	Tensão ou pressão na superfície	9, 12, 17, 23	1, 13, 15, 28	9, 14	19, 28	28		3, 9, 14, 28	2, 27, 28, 29	22	2, 28	-	9, 13, 19	9, 12, 28	28	2, 18	2, 17, 22, 27	1, 15, 28	2	9, 14	2
7	Forma superficial	9, 14, 21	6, 9, 12, 13	-	2, 6, 28	9, 28, 29	9, 13, 14		1, 3, 17, 27	8, 13, 20, 21	13, 18, 26	12, 14, 26	2, 5, 13	9, 15, 29	24, 26, 29	1, 2, 18, 28	1, 28	1, 16, 26	1, 2, 12	9, 14, 23	12, 14
8	Estabilidade da composição do objeto/superfície	1, 21, 29	-	-	28, 29	9, 15, 28	2, 28, 29	1, 3, 17, 18		9, 12, 22, 28	1, 26, 28	15, 22, 26	12	-	17	17, 19, 24, 28	22, 28, 29	28	2, 9, 15, 28	9, 14, 24	18, 28
9	Permanência do objeto em movimento até a fadiga	-	-	-	-	2, 15	22	13, 20, 21	12, 28		28	2, 3, 28	5, 17, 28	2, 10, 12	15, 22, 29	14, 18, 27	15, 18	1, 3, 22	9, 22, 23	9, 14, 26	23, 28
10	Temperatura superficial	18, 26, 28	8, 14	28	3, 5, 28	9, 28	2, 28	13, 18, 26	1, 26, 28	12		15, 24, 26	14, 16	9, 28	19	2, 18, 27, 28	2, 18, 19, 28	21, 22	3, 9, 15	9, 14	22, 25, 28
11	Intensidade de iluminação da superfície (brilho)	2, 26, 28	-	-	-	5, 21	-	24, 26	22, 26	2, 5	26, 28		1, 26	-	26	14	26, 28	21, 28	12, 14, 15, 16	9, 14, 28	14, 26
12	Energia gasta pelo objeto em movimento	-	-	-	-	2, 15, 21	13, 20	2, 11, 23	12, 16, 19	5, 17, 28	13, 19	2, 14		10, 22	-	1, 5, 22, 28	2, 5, 28	21, 24	1, 14, 16	9, 14	28
13	Confiabilidade superficial	7, 9	10, 14, 23	3, 26, 28, 29	2, 19, 28	7, 9	9, 19, 28	1, 10, 15, 28	-	2, 20, 28	9, 28	10, 12, 26	10, 22		1, 10, 26	2, 22, 28, 29	2, 21, 28, 29	-	1, 10	7, 12, 19, 28	22, 29
14	Precisão da fabricação	8, 22, 28	2, 9, 26	2, 17, 23	9, 20, 28	-	28	24, 26, 29	17, 24	22, 29	21	26	26	1, 10, 26		9, 21	3, 16, 21	-	9, 20	-	-
15	Fatores indesejados atuando na superfície	2, 12, 18, 19	1, 17	2, 22, 28	22	12, 17, 28	2, 18	1, 18, 28	17, 19, 24, 28	14, 18, 27	2, 18, 27, 28	1, 12, 26	1, 5, 19, 22	2, 19, 22, 29	9, 17, 21		-	2, 19, 28	2, 9, 28	10, 18, 25, 28	18, 23, 29
16	Superfície gerando efeitos indesejados	1, 18, 28	-	1, 18, 29	3, 17, 24, 28	1, 28, 29	2, 17, 22, 27	1, 28	22, 28, 29	14, 18, 25, 27	2, 18, 19, 28	19, 26	2, 5, 28	2, 19, 29	3, 16, 21	-		-	-	-	1, 2, 22
17	Facilidade de fabricação da superfície	1, 12, 22	14, 16, 22	15, 29	28	11, 28	1, 28	1, 12, 22	1, 10, 12	1, 3, 22	17, 21, 22	1, 19, 22	1, 21, 22	-	-	2, 19	-		1, 8, 10, 28	2, 12, 14	1, 5, 10
18	Facilidade de manuseio	2, 10, 22, 28	17, 25	15, 20	1	1, 9, 10	12	1, 2, 3, 12	2, 28	10, 22, 23	3, 9	1, 12, 14	1, 14, 15	1, 9, 10, 15	9, 20	2, 9, 15, 28	-	1, 9, 10, 28		1, 3, 6, 15	-
19	Adaptabilidade ou versatilidade superficial	14, 15, 23	1, 15, 28	14, 15	-	14, 16	15, 28	1, 7, 14	13, 24, 28	1, 12, 28	2, 22, 28	1, 5, 18, 21	12, 23, 28	7, 12, 19, 28	-	10, 25, 26, 28	-	1, 12, 25	1, 3, 6, 15		1
20	Complexidade de controle superficial	1, 5, 12	21	2, 15, 24	2, 17, 21, 25	24, 29	26, 28	1, 12, 22	10, 18, 24	20, 23	15, 22, 28	2, 19, 21	28	7, 22, 29	-	18, 23	2	4, 10, 23	11, 21	1, 14	

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(continua)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: METODOLOGIA PARA O DESIGN DE SUPERFÍCIES VISANDO ESTÉTICA E CONFORTO NO DESIGN DE PRODUTO

Pesquisador: JOYSON LUIZ PACHECO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 12880219.7.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.733.045

Apresentação do Projeto:

O projeto coordenado pelo Prof. Dr^o Joyson Luiz Pacheco, contempla a pesquisa da doutoranda Florence Endres Chechi, na qual será desenvolvida “uma metodologia de trabalho para o design de superfícies com intuito de otimizar produtos e direcionar soluções com possibilidades de tratamento superficial tecnicamente adequados, atendendo necessidades como efeito estético, ergonômico e funcional”.

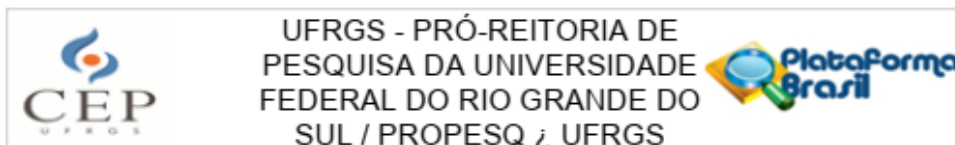
Para realizar o objetivo geral segundo os autores será feita “uma análise do estado da arte em desenvolvimento de metodologias para o design de superfície, de forma a tipificar e caracterizar problemas que envolvam as superfícies. Posteriormente identificar, mapear e selecionar atributos relevantes para a configuração de soluções específicas, obtendo uma proposição de configuração tecnicamente adequada”. Esta análise será realizada por meio do método TRIZ. “Teorija Rehzenija Izobretatel'skisch Zadach e traduzida como Teoria da Resolução dos Problemas Inventivos foi criada por Altshuller, entre 1946 e 1985, na Rússia. A partir de 1992 foi disseminada no ocidente, sendo adotada pelas grandes corporações americanas.”

Segundo os autores o estudo está dividido em pesquisa qualitativa e quantitativa. A parte quantitativa, utilizará como métodos de base primeiramente a TRIZ e posteriormente o QFD para desenvolver uma terceira metodologia, visando a análise e seleção de problemas ergonômicos de superfície ou de conforto em produtos. O resultado se refere ao ato de gerar soluções para estes

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(continuação)



Continuação do Parecer: 3.733.045

problemas, ou seja, encontrar uma forma de melhorar os produtos encontrados em relação ao uso de cada um deles." Para isto os pesquisadores colocam que a metodologia proposta por eles "seja abordada junto aos alunos do curso de graduação do Design de Produto da UFRGS na disciplina de Projeto I". "Dessa forma os educandos poderão avaliar o impacto que a metodologia pode ter no resultado final de seus produtos, assim como no processo criativo dos mesmos, esses impactos poderão ser funcionais, estéticos ou otimizadores de serviços."

Na Plataforma Brasil os pesquisadores esclarecer as 5 etapas do exercício a ser realizado com os alunos:

1º Etapa- Para a realização da aplicação de uma primeira versão da metodologia, que embasará a última versão adaptada, serão utilizadas duas listas de parâmetros e princípios que se relacionam entre si. Estes parâmetros e princípios embasam uma matriz de contradições e depois conferem um significado ao resultado dela. Para o aperfeiçoamento desta matriz será muito importante o processo de combinação de parâmetros de Design, tanto na vertical quanto na horizontal, o cruzamento destas informações feito através da matriz constrói uma lista de princípios inventivos, onde através da numeração localizamos as soluções correspondentes.

2º Etapa- A partir dessa leitura e da observação desses princípios, através da metodologia é possível buscar e gerar ideias para solucionar um possível problema, levando em consideração as problemáticas identificadas na forma e no material do produto.

3º Etapa- Na aplicação do método está previsto que o grupo escolhido forme grupos para a realização de um brainstorming com os princípios que aparecerem indicados na matriz como soluções, desta forma, este mesmo grupo de pessoas pode chegar em muitas formas de solucionar o problema, a partir de cada princípio inventivo indicado pela metodologia.

4º Etapa- Após a determinação dos grupos, os mesmos irão aplicar a metodologia em questão, com os resultados poderão fazer um Brainstorming juntos, o que será uma das principais fases da pesquisa. Reiterando, faz-se a análise inicial dos objetos escolhidos por eles através da situação de uso mais comum.

5º Etapa- A investigação do trabalho se dá desde a pesquisa bibliográfica, coleta e análise de dados, elaboração de atributos e qualidades do design de superfícies, viabilidade e aplicação dos mesmos sobre protótipos.

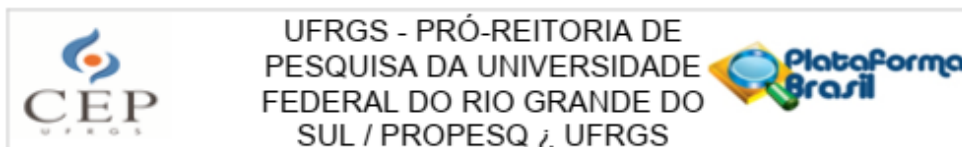
Os autores esclarecem que "os alunos que optarem por participar da pesquisa serão separados do restante do grupo para o trabalho, o restante dos alunos desenvolverá outras atividades propostas pelo professor titular da disciplina."

Parte da descrição da aplicação do experimento está relatada no item Riscos, em que consta: "um

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(continuação)



Continuação do Parecer: 3.733.045

avaliador (especialista em Design) realizará uma inspeção de usabilidade com duração máxima de 30 minutos e os alunos serão entrevistados e responderão a questionários, com duração aproximada de 30 minutos. Essas atividades serão registradas por meio de fotografias e entrevistas em que a identidade de cada aluno será preservada, de modo que seu rosto não seja exposto"

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral: Desenvolver uma metodologia para o design de superfície, tipificando e caracterizando problemas que envolvam o tema percebendo o estado da arte. Identificar, mapear hierarquizar atributos relevantes para configuração de soluções específicas através da ferramenta de qualidade QFD, gerando e relacionando configurações tecnicamente adequadas com a TRIZ.

Objetivos específicos:

1. Mapear o potencial de problemas que envolvam o design de superfície, analisando e selecionando produtos, criando um banco de dados visando soluções para projetos.
2. Adaptar a metodologia da Triz, observando as possibilidades tecnológicas de configuração para aplicação indicada.
3. Adaptar a ferramenta QFD para selecionar, hierarquizar e listar requisitos para casos específicos de design de superfície.
4. Criar peças protótipos baseadas na pesquisa e na otimização dos produtos através do tratamento de superfícies.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

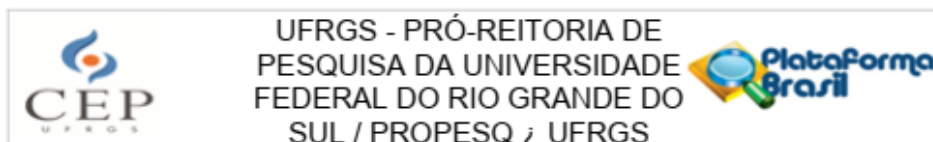
Sobre os riscos os pesquisadores esclarecem como possíveis riscos que envolvem a participação dos estudantes: "cansaço ou aborrecimento ao participar das atividades sugeridas; desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante a entrevista." Os pesquisadores ainda esclarecem que "caso os participantes optem por recusar-se a participar da pesquisa, não haverá motivos para constrangimentos, visto que é assegurada a participação voluntária. Não haverá benefício monetário ao aluno que participar da pesquisa, todos os dados serão mantidos em sigilo, bem como o nome verdadeiro do aluno. A qualquer momento o aluno poderá retirar a sua participação."

No TCLE e na Plataforma Brasil os autores colocam como benefícios da pesquisa trazer a

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(continuação)



Continuação do Parecer: 3.733.045

"otimização nos projetos desenvolvidos pelos alunos, já que o aluno será convidado à utilizar e conhecer mais uma ferramenta que beneficiará o projeto, juntamente a percepção do designer sobre o que está sendo projetado."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O trabalho contempla um objetivo que pode trazer contribuições para o estudo da prática do design de produto considerando especificamente o design de superfície.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Entre os documentos estão:

- Folha de rosto adequada;
- TCLE redigido de forma adequada;
- Projeto de pesquisa adequado para a compreensão geral do trabalho,;
- Formulário da Plataforma Brasil adequado.
- Carta de Anuência da Comgrad Design
- Carta de Anuência do Professor da Disciplina

Recomendações:

Num projeto futuro aconselha-se que as informações contempladas na Plataforma Brasil sejam as mesmas descritas no Projeto de Pesquisa.

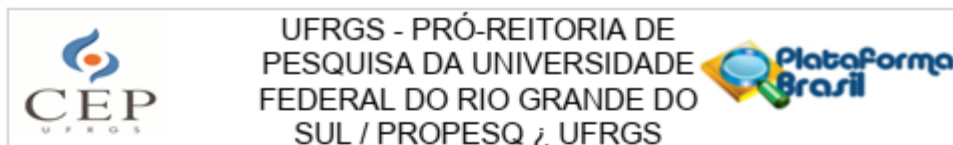
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1. Documento de anuência da Comgrad Design para que a pesquisa ocorra dentro de disciplina do curso Design de Produto. - PENDÊNCIA ATENDIDA
2. É necessário esclarecer como realmente será o experimento. Em qual etapa do semestre. Quais nos momentos de aplicação e como será a dinâmica da aula.
3. É necessário esclarecer em qual disciplina será aplicado. Ter a anuência do professor da disciplina. – PENDÊNCIA ATENDIDA NO PROJETO DE PESQUISA
4. A descrição de Riscos e Benefícios deve ser pautada pela análise da situação do participante. Recomenda-se pensar sobre a situação dos alunos na aplicação do questionário e da entrevista e as possíveis questões quanto à constrangimento e mal estar em relação à avaliação de desempenho na disciplina. O fato de os alunos poderem conhecer mais uma ferramenta de auxílio ao projeto poderia ser considerado um benefício. - PENDÊNCIA ATENDIDA
5. Recomenda-se ainda alinhar as definições de riscos e benefícios descritas no Formulário da

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(continuação)



Continuação do Parecer: 3.733.045

- Plataforma Brasil e no TCLE, e colocá-las também no projeto de pesquisa. - PENDÊNCIA ATENDIDA
6. Recomenda-se alinhar as definições dos benefícios em todos os documentos que relatam o estudo: Formulário da Plataforma Brasil, TCLE e Projeto de Pesquisa. - PENDÊNCIA ATENDIDA
7. O item "Metodologia de Análise de Dados" se refere ao tratamento dos dados coletados. A informação que está descrita neste item refere-se à como será executada a coleta. - PENDÊNCIA ATENDIDA
8. Recomenda-se que as descrições que constam dos itens "Riscos" e "Metodologia de Análise de Dados", sejam redigidas com mais detalhe e constem do item metodologia de pesquisa. - PENDÊNCIA ATENDIDA
9. Quanto ao número de participantes consta 30, porém conforme o Formulário da Plataforma Brasil, seriam 3 grupos distintos que responderiam apenas o questionário. Pede-se esclarecimentos sobre os respondentes das entrevistas. - PENDÊNCIA ATENDIDA
10. Esclarecer sobre os 3 grupos de participantes. Este se referem 'a alunos de três semestre consecutivos, ou a 3 turmas de disciplinas de projeto diferentes. - PENDÊNCIA ATENDIDA
11. No cronograma do projeto de pesquisa não são apresentadas as datas em que serão realizadas as atividades. Mas ao total seriam necessário 6 meses para a execução da pesquisa. No Formulário da Plataforma Brasil, a execução de todas as fases ocorrem em menos de dois meses. Recomenda-se consolidar o cronograma, lembrando que é aconselhável que atividades dentro de sala de aula devam ser planejadas com antecedência no início do semestre para se encaixem nos objetivos da disciplina. - PENDÊNCIA ATENDIDA

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

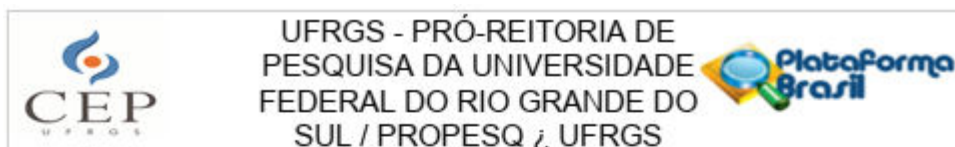
Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1334735.pdf	29/10/2019 23:00:45		Aceito
Outros	Termo_Professor.pdf	29/10/2019	FLORENCE	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE ACEITE DO COMITÊ DE ÉTICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM OS EDUCANDOS

(conclusão)



Continuação do Parecer: 3.733.045

Outros	Termo_Professor.pdf	22:59:38	CHECHI	Aceito
Outros	Termo_COMGRAD.pdf	29/10/2019 22:57:15	FLORENCE ENDRES CHECHI	Aceito
Cronograma	Cronograma_VF.pdf	29/10/2019 22:54:28	FLORENCE ENDRES CHECHI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_VF.pdf	29/10/2019 22:52:48	FLORENCE ENDRES CHECHI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_VF.pdf	29/10/2019 22:51:37	FLORENCE ENDRES CHECHI	Aceito
Folha de Rosto	FRufrgs.pdf	29/04/2019 18:19:07	FLORENCE ENDRES CHECHI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 28 de Novembro de 2019

Assinado por:

MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 321 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS.