

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

Tarcisio Costa Brum

**SISTEMA DE ENGENHARIA KANSEI PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE
EMBALAGENS COM CRITÉRIOS SUSTENTÁVEIS DE MATERIAIS**

JUIZ DE FORA
2016

Tarcisio Costa Brum

**SISTEMA DE ENGENHARIA KANSEI PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE
EMBALAGENS COM CRITÉRIOS SUSTENTÁVEIS DE MATERIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: D.Sc, Marcos Martins Borges
Co-Orientador: D.Sc, Afonso Celso de Castro Lemonge

JUIZ DE FORA
2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Costa Brum, Tarcisio.

Sistema de Engenharia Kansei para seleção de alternativas de embalagens com critérios sustentáveis de materiais / Tarcisio Costa Brum. -- 2016.

99 p.

Orientador: Marcos Martins Borges

Coorientador: Afonso Celso de Castro Lemonge

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído, 2016.

1. Engenharia Kansei. 2. Desenho de embalagens. 3. Critérios de sustentabilidade. I. Martins Borges, Marcos, orient. II. de Castro Lemonge, Afonso Celso, coorient. III. Título.

TARCÍSIO COSTA BRUM

**SISTEMA DE ENGENHARIA KANSEI PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS
DE EMBALAGENS COM CRITÉRIOS SUSTENTÁVEIS DE MATERIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada dia 29 de Abril de 2016.

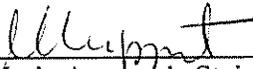
BANCA EXAMINADORA



Prof. DSc. Marcos Martins Borges - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. DSc. Afonso Celso de Castro Demonge - Coorientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. DSc. Maria Aparecida Steinherz Hippert
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. DSc. Ligia Maria Sampaio de Medeiros
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus e ao meus pais Elbio e Silvana, sem eles nada disso teria se concretizado, agradeço sempre por tudo que fizeram e fazem por mim. Atribuo à eles o mérito desta dissertação. A minha irmã, pelo apoio e por acreditar em mim. Minha namorada, Manuela, pelo amor, amizade e compreensão e por sempre estar ao meu lado em todos os momentos. Aos orientadores Marcos Borges e Afonso Lemonge, pela indiscutível contribuição neste trabalho e por todo apoio dedicados em conhecimento, tempo e estrutura para desenvolvimento da pesquisa. Professor Marcos por ter sempre acreditado e confiado no resultado final, mesmo com as mudanças de tema no início do mestrado. Professor Lemonge, pela confiança no trabalho, continuando área acadêmica em outra pós-graduação, mas com a certeza da realização de ótimos trabalhos. Às professoras da banca, Maria Parecida Hippert e Lígia Maria Sampaio, pela grande contribuição e oportunidades de melhoria sugeridas para a pesquisa. Agradeço pelo interesse e disponibilidade que tiveram para participar deste importante processo na minha vida. Ao PROAC, representado pelos seus colaboradores Lilia e Fabiano, que conduzem suas atividades com profissionalismo e que muito apoiaram no período de desenvolvimento deste trabalho. Ao colega pesquisador Felipe Fagundes, pelo apoio no entendimento da linguagem R, que foi fator crucial no desenvolvimento da pesquisa. A todos, de forma direta ou indireta, que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, o meu muito obrigado.

RESUMO

O desenvolvimento de produtos que considera aspectos de sustentabilidade conjuntamente com as necessidades dos potenciais consumidores no seu processo tem se tornado mais importante para a competitividade de organizações e também para o meio ambiente. A seleção de formas e materiais é uma das etapas iniciais no desenvolvimento de embalagens e gera muitos impactos desde o processo de fabricação, o sucesso no mercado até o descarte na natureza. Existem métodos para incorporar as necessidades dos clientes e traduzí-las em requisitos técnicos de produto e, dentre estes, destaca-se a Engenharia Kansei, que tem como principais características a alta participação do usuário/consumidor no projeto do produto através de técnicas e ferramentas de cunho matemático e computacional e que busca traduzir as percepções do consumidor em requisitos de produto. Neste sentido, esta dissertação apresenta uma proposta de um Sistema de Engenharia Kansei que integre as impressões do público alvo com critérios de sustentabilidade em embalagens de doce de leite. O objetivo foi o desenvolvimento do sistema para selecionar o desenho de embalagem que fosse preferencial pela análise do público alvo, e mais sustentável do ponto de vista dos critérios adotados. As impressões do público alvo foram obtidas através da aplicação de questionários e posteriormente relacionadas pelas técnicas de teoria de quantificação tipo I e números fuzzy triangulares integradas com um sistema inteligente baseado em algoritmo genético. Os critérios de sustentabilidade adotados foram índice de emissão de CO₂, índice de reciclagem no Brasil, tempo de decomposição na natureza e vantagem econômica na utilização de insumos reciclados. Os materiais analisados foram vidro, aço e polipropileno (PP), que são os principais encontrados no mercado brasileiros para embalagens de doce de leite que compõe os principais itens de forma do produto (corpo e tampa). Os resultados mostraram a viabilidade da utilização da Engenharia Kansei no processo de desenvolvimento de produtos, em especial na etapa de seleção do produto além da proposta de incorporação de critérios sustentáveis na avaliação das embalagens, proporcionando uma melhoria na tomada de decisão de alternativas no projeto de produtos.

Palavras-chave: Engenharia Kansei, projeto de embalagens, critérios de sustentabilidade.

ABSTRACT

The product development that considers sustainability and potential costumers needs aspects on it the process has become more important to the competitiveness of organizations and to the environment either. The design and materials selection is one of the initial steps in the development of packages and its results generate impacts that ranges from the manufacturing processes, the marketplace success and the disposal in nature. There are methods that to incorporate the costumers needs and translate it in product technical requirements and, among these, Kansei Engineering stands out, it has as the main features the high user/consumer participation in the product design through matematical and computational techniques and tools that attempt to translate consumer's perceptions in product requirements. In that sense, this dissertation presented a proposal of Kansei Engineering System that integrates the consumer's perceptions with susteinability criteria about sweet milk packages design. The aim was the system development to select the packaging draw preferencial for the target public and more sustainable about the adopted criteria. The consumer's perceptions were colected using questionares and after worked applying quantification theory type I and fuzzy triangular numbers integrated with a expert system based in genetic algorithm. The sustainability criteria adopted was CO₂ emissions rate, recycling rate in Brazil, decomposition time in nature and the materials reuse financial return used in each package model. The materials used in the research are glass, steel and polypropylene plastic (PP), which are found on packages in the Brazilian market and composes the main components of the package; body and lid. The results show the feasibility of using Kansei Engineering in the product development process, especially in the selection product shapes step moreover the proposal of incorporation sustainability criteria to evaluate packages, provinding improvements in decision-making insertion of more sustainable packages in the Market.

Keywords: Kansei Engineering, design packages, susteinability criteria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelos PDP em Engenharia de Produção	9
Figura 2: Processo de desenvolvimento de produto.	10
Figura 3: Modelo proposto de Engenharia Kansei	13
Figura 4: Mapa conceitual de EK tipo I	17
Figura 5: Exemplo gráfico de um número fuzzy triangular	23
Figura 6: Crossover e mutação.	27
Figura 7: Fluxograma geral de um Algoritmo genético	28
Figura 8: Exemplos de embalagens básicas e seus respectivos itens	38
Figura 9: Primeira etapa do questionário: Avaliação das palavras kansei.....	44
Figura 10: Segunda etapa do questionário: Avaliação das palavras Kansei em cada embalagem.....	45
Figura 11: Tela de interface para execução do AG	49
Figura 12: Gráficos de Pareto para valor fitness (1) e tempo (2) com nível de significância de 95%.....	54
Figura 13: Gráficos dos efeitos de cada fator.	54
Figura 14: Melhores valores de avaliação para cada geração em cada cenário	56
Figura 15: Configurações ótimas dos produtos	57

QUADROS

Quadro 1: Métodos para cada etapa do modelo de EK proposto por Schütte (2002).	20
Quadro 2: Relação entre o PDP e o método de Engenharia Kansei	30
Quadro 3: Palavras Kansei representativas do domínio	37
Quadro 4: Categorias selecionadas para cada item do produto	39
Quadro 5: Representação categórica das embalagens	40
Quadro 6: Dados dos critérios ambientais selecionados para pesquisa	41
Quadro 7: Análise dos tempos de resposta dos questionários:	45
Quadro 8: Pontuação média das palavras Kansei nos produtos representativos do domínio... ..	46
Quadro 9: Valores médios atribuídos às palavras Kansei	47
Quadro 10: Pesos das palavras Kansei	47
Quadro 11: Scores de contribuição de cada categoria em cada palavra Kansei.....	48
Quadro 12: Resumo de dados para entrada no AG	50
Quadro 13: Parâmetros de dados para o AG.	52
Quadro 14: Matriz de configuração dos experimentos.....	52
Quadro 15: Médias dos dados de execução do experimento.....	53
Quadro 16: Parâmetros iniciais para execução do AG.	55
Quadro 17: Representação dos cromossomos e os respectivos números de categoria.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDP Processo de Desenvolvimento de Produtos

EK Engenharia Kansei

SEK Sistema de Engenharia Kansei

AG Algoritmo Genético

TQT1 Teoria de Quantificação Tipo I

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
1.4 METODOLOGIA	6
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	8
2.2 ENGENHARIA KANSEI	11
2.2.1 ORIGEM, HISTÓRICO E DEFINIÇÃO	11
2.2.2 TIPOS DE ENGENHARIA KANSEI	16
2.2.3 TÉCNICAS UTILIZADAS NOS SISTEMAS DE ENGENHARIA KANSEI	19
2.2.3.1 TEORIA DE QUANTIFICAÇÃO TIPO I.....	21
2.2.3.2 TEORIA DOS NÚMEROS FUZZY TRIANGULARES.....	23
2.2.3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS	24
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ENGENHARIA KANSEI E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	29
3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	31
3.1 APLICAÇÃO DA ENGENHARIA KANSEI TIPO II.....	31
3.1.1 ESCOLHA DO DOMÍNIO	31
3.1.1.1 EMBALAGENS DE ALIMENTOS	32
3.1.1.2 DESCRIÇÃO DAS EMBALAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA	33
3.1.1.3 VIDRO	35
3.1.1.4 AÇO.....	35
3.1.1.5 POLIPROPILENO	36
3.1.2 DEFINIÇÃO DO CAMPO SEMÂNTICO	37
3.1.3 DEFINIÇÃO DO CAMPO DAS PROPRIEDADES.....	38
3.1.4 VARIÁVEL SUSTENTÁVEL NA FUNÇÃO DE AVALIAÇÃO	41

3.1.5 SÍNTESE.....	43
3.1.5.1 RELACIONAMENTO ENTRE PALAVRAS KANSEI E OS PRODUTOS REPRESENTATIVOS DO DOMÍNIO	43
3.1.5.2 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA\PESO DAS PALAVRAS KANSEI.....	46
3.1.5.3 DETERMINAÇÃO DOS SCORES DE CONTRIBUIÇÃO	47
3.1.6 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA NO ALGORITMO GENÉTICO	48
3.1.6.1 CODIFICAÇÃO BINÁRIA DOS PRODUTOS.....	49
3.1.6.2 FUNÇÃO DE AVALIAÇÃO (FITNESS)	51
3.1.6.2 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO	51
4. RESULTADOS.....	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE I: PRODUTOS REPRESENTATIVOS DO DOMÍNIO	67
APÊNDICE II: MÉTODO DE CÁLCULO DO FATOR M	68
APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO PARA COLETA DOS KANSEI DOS CONSUMIDORES	70
APÊNDICE IV: RESULTADOS GRÁFICOS DOS QUESTIONÁRIOS	81
APÊNDICE V: MÉTODO DE CÁLCULO DOS PESOS DAS PALAVRAS KANSEI ..	90
ANEXO I: EXEMPLOS DE EMBALAGENS ENCONTRADAS NO MERCADO	95
ANEXO II: ALGORITMO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA TEORIA DE QUANTIFICAÇÃO TIPO I	96

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Com um perfil mais exigente e dinâmico, os consumidores buscam cada vez mais por produtos que atendam suas necessidades e que possuam características diferenciadas. Neste cenário, conforme destacam Faria e Souza (2008), as empresas tem se preocupado com aspectos estéticos de produtos para que despertem a atenção do cliente, fazendo com que as embalagens tenham um papel de maior relevância no desenvolvimento de produtos, não somente como item de armazenagem e manuseio por exemplo, mas como um fator diferenciador na escolha do cliente.

As embalagens possuem papel fundamental na comercialização dos produtos ao redor do mundo, sendo utilizadas para diferentes finalidades como transporte, armazenagem do produto principal, dentre outros. De acordo com Kord e Pazirandeh (2008), a definição de embalagem pode ser entendida como um conjunto de componentes, feitos a partir de um ou mais tipos de materiais com a finalidade de conter, proteger, manusear, identificar e preservar bens materiais desde o produtor até o consumidor final. Hernández (1996) define requisitos/especificações de projeto para embalagens: Função, Uso, Produção e Montagem, Ergonomia e Estética, Comercial, Manutenção e Reparos, Econômico/Financeiro, Segurança, Ambiental/Descarte e Legal/Normalização.

Estas definições que cercam o objeto embalagem levam a analisar critérios de naturezas diversas, passando pela natureza técnica do transporte/armazenamento, seleção de materiais, métodos de fabricação; natureza humana da ergonomia e estética, segurança, uso e função do produto e critérios de custos envolvidos em todo o processo. Outro ponto importante que, ao decorrer dos anos, tem ganhado cada vez mais atenção é o requisito ambiental das embalagens. Chan et al (2005) colocam as questões ambientais relacionadas às embalagens como um item da sua cadeia de valor. Belinky e Mattar (2012) em pesquisa mostram tendência dos consumidores em preferirem empresas que tenham práticas voltadas à sustentabilidade e produtos com menores impactos ao meio ambiente.

Desta forma, as organizações necessitam buscar meios para responder às mudanças globais e de mercado trabalhando, dentre outras formas, no desenvolvimento de novas alternativas de produtos e serviços voltados às necessidades dos consumidores e que sejam mais sustentáveis. Estas necessidades demandam habilidade das organizações em identificar as necessidades dos clientes, traduzi-las em ações concretas e posteriormente desenvolver produtos/serviços que atendam a estas necessidades o que, conforme destacam Ulrich e

Eppinger (2004), trata-se de um problema de desenvolvimento de produtos, onde é necessário uma série de funções e ferramentas para uma gestão mais eficaz e eficiente ao projetar um produto e, conseqüentemente obter uma inovação bem-sucedida.

Dentro deste contexto, Dutra et al (2011) descrevem que uma inovação bem-sucedida reside no desenvolvimento de pesquisa e procedimentos de decisão bem elaborados em cada estágio do processo de desenvolvimento do novo produto. Em cada etapa, são analisadas quais ideias devem ser desenvolvidas e quais devem ser descartadas, visando diminuir riscos de ideias com conceitos que divergem das necessidades do cliente serem inseridas no mercado e ideias com potencial de sucesso serem rejeitadas. Neste ponto, é crucial que as organizações tenham conhecimento das necessidades dos clientes e, como destaca Santos (2010), investigar mecanismos e metodologias que contribuam para o sucesso de novos produtos tem sido alvo de pesquisas acadêmicas e gerenciais, destacando a importância do envolvimento do consumidor final como agente no processo de desenvolvimento de produtos (PDP).

Existem ferramentas e metodologias utilizadas para integrar o cliente no PDP como Grupos focados, Teste Beta, Teste do conceito, Técnica Delphi, QFD (*Quality Function Deployment*), *Lead user* (Usuário líder) e *Kansei Engineering* por exemplo.

Uma das metodologias utilizadas atualmente para traduzir as impressões do cliente em relação aos atributos de produto, integrando o cliente no processo de desenvolvimento, é a Engenharia Kansei, proposta em 1970 pelo professor Mitsuo Nagamachi (SCHUTTE, 2002). A Engenharia Kansei busca traduzir, de forma objetiva e sistemática, as impressões dos clientes sobre determinados produtos em requisitos técnicos, sendo estas expressadas através de um ou mais sentidos do corpo humano. Conforme destacam Nagamachi e Lokman (2011), na Engenharia Kansei a participação do cliente ou público alvo nas pesquisas para desenvolvimento do produto é altamente relevante e ativa, pois suas percepções e expectativas acerca de determinado produto são levadas em consideração em quase todas as etapas da metodologia, desde a concepção do produto até sua avaliação final.

Muitas pesquisas sobre desenvolvimento de produtos aplicando a Engenharia Kansei como metodologia principal utilizam técnicas e ferramentas matemáticas, estatísticas e computacionais para obter resultados mais consistentes e sistematizados (HSIAO, CHIU e LU (2010); ZHAI, KHOO e ZHONG (2009); FUNG et al. (2011); TSAI e CHOU (2007); USHADA et al. (2015); HUANG et al. (2011); HUYNH et al (2010)). A implementação dos conceitos da Engenharia Kansei através destas técnicas consiste em um Sistema de Engenharia Kansei (NAGAMACHI e LOKMAN, 2011) e é onde grande parte das principais

pesquisas da área se concentram. Tais técnicas contribuem positivamente à metodologia a capacidade de armazenar conhecimento sobre o perfil do cliente e gerar alternativas de soluções de forma padronizada, gerando continuidade no processo e evoluções de melhoria contínua no processo, além de facilitar o processo de entrada de dados e informações sobre o mercado.

As melhorias que podem ser obtidas com a utilização dos conceitos e técnicas da Engenharia Kansei ocorrem principalmente devido à alta participação do usuário em potencial no desenvolvimento do produto e, além disso, a Engenharia Kansei propõe métodos sistemáticos para explorar emoções e sentimentos expressos dos clientes, com a utilização de técnicas matemáticas e computacionais, que contribuem para a padronização do método, facilidade para trabalhar com grandes volumes e variedades de informações e consequentemente oportunidades de evolução contínua dos produtos (NAGAMACHI e LOKMAN, 2011).

O desenvolvimento de embalagens, encarado com um processo de desenvolvimento de produtos, pode ser trabalhado com métodos de Engenharia Kansei, principalmente no que tange a necessidade de e como inserir a participação do cliente no processo.

A opção em trabalhar com a Engenharia Kansei no âmbito do mestrado em Ambiente Construído foi devida principalmente ao perfil pessoal do pesquisador, visto sua formação em Engenharia de Produção e a preferência por trabalhar com métodos matemáticos e computacionais. Por consequência, o foco da pesquisa foi direcionado à implementação e aplicação de métodos referenciados dentro da Engenharia Kansei o que justifica a escolha de um produto genérico para ser trabalhado (embalagem de doce de leite pastoso), ou seja, o método pode ser aplicado independentemente do produto, o que inclui produtos que podem ser relacionados com o tema de Ambiente Construído, mais direcionado às edificações. Os critérios e justificativas para escolha do produto estão descritos no item 3.1.1 (Escolha do domínio). Por serem produtos mais complexos (com alta variedade de formas e materiais), aplicar o método para edificações demandaria maior tempo de pesquisa para escolha dos produtos representantes do domínio, sendo o foco da pesquisa o desenvolvimento e a aplicação do método, ficando como contribuição para área de Ambiente Construído a possibilidade de utilizar conhecimentos da Engenharia Kansei, sendo a fase de produtos melhor exploradas por profissionais que atuam mais diretamente com edificações, como Arquitetos e Engenheiros Civis.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta dissertação é aplicar um sistema de Engenharia Kansei (SEK) para selecionar formatos de embalagens de doce de leite pastoso, que integre as impressões de clientes sobre produtos pré-determinados que estejam relacionados com produto alvo da pesquisa, incorporando critérios os de caráter sustentável de tempo de decomposição na natureza, índice de reciclagem no Brasil, índice de emissão de CO₂ e vantagem econômica da utilização de reciclados no Brasil, para os tipos de materiais utilizados nas embalagens. Para embasar o objetivo principal os objetivos específicos são:

- Desenvolver uma estrutura teórica que contextualiza os principais conceitos da Engenharia Kansei e uma abordagem geral sobre embalagens de doce de leite pastoso, destacando os principais materiais utilizados;
- Desenvolver metodologia de cálculo de critérios sustentáveis para as embalagens e a forma de inserção no SEK;
- Desenvolver o Sistema de Engenharia Kansei proposto para gerar alternativas de produtos com base nas informações coletadas dos consumidores e dos critérios sustentáveis. Para o SEK é necessário:
 - Aplicar técnicas estatísticas para análise de dados dos consumidores;
 - Aplicar técnica computacional de otimização para seleção de produtos;
- Desenvolver um protótipo virtual do produto conceito obtido na aplicação do SEK com as devidas ponderações sobre materiais.

1.3 DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho é uma aplicação da metodologia de Engenharia Kansei Tipo II, seguindo o processo básico de implementação da metodologia adaptado por Schutte (2002), através da utilização de questionários para entrevistas com o público alvo, pesquisas em diferentes fontes para coletar as palavras Kansei e as características do produto e, para tratamento e análise dos dados, são utilizadas as técnicas Teoria da Quantificação Tipo I, teoria de números *fuzzy* triangulares e Algoritmos Genéticos (AG) descritos na literatura da EK. Os critérios de sustentabilidade empregados na seleção de produtos com base nos materiais

utilizados são índice de reciclagem no Brasil, índice de emissão de CO₂ na fabricação na produção do material, tempo de decomposição na natureza e retorno econômico da reutilização do material reciclado.

A Engenharia Kansei é subdividida em quatro principais tipos (Tipo I: Classificação por categoria, Tipo II: Sistema de Engenharia Kansei, Tipo III: Modelagem matemática e Tipo IV: Sistema de Engenharia Kansei Virtual). Um maior detalhamento de cada tipo está descrito no item 2.2.2 desta pesquisa. A opção em trabalhar com o tipo II é que, conforme destacam Nagamachi e Lokman (2011) é o tipo mais utilizado dentre os demais e todos com exceção do tipo I, são baseados nos mesmos princípios do tipo II, ou seja, todos têm o objetivo de construir um SEK para determinado problema, salvo com as devidas modificações e objetivos específicos que cada tipo possui. A escolha das técnicas (Teoria de Quantificação tipo I, Lógica *fuzzy* e Algoritmos genéticos) é justificada por serem as principais técnicas utilizadas dentro da Engenharia Kansei, nos seus mais variados tipos (NAGAMACHI e LOKMAN, 2011).

O domínio selecionado, ou seja, o produto objeto da pesquisa é embalagem de alimentos. Dentro desse grupo, a metodologia é aplicada para embalagens de doce de leite pastoso, sendo o público alvo da pesquisa quaisquer pessoas, acima de 18 anos. Considera-se aqui, para justificativa da seleção do público alvo com relação ao produto objeto, embalagens de alimentos como um produto de uso comum (Decreto 3784 de Abril de 2001) e de uso cotidiano e por esse motivo não julgou-se necessário especificar um nicho de mercado para aplicação da pesquisa.

Uma vez que o objetivo da pesquisa é selecionar alternativas de formato, os dados coletados do público alvo sobre o produto são baseados nas impressões visuais do cliente, especificamente na forma física, ou formato do produto, considerando variações nas dimensões do produto e nos materiais utilizados. Neste trabalho, considera-se a definição de forma/formato como: Feitio; aspecto físico próprio dos objetos e seres, como resultado da configuração de suas partes (Disponível em: www.dicio.com.br/forma. Acesso em Julho de 2015.). São desconsiderados nesta pesquisa aspectos de textura, peso do produto, cor e rótulo, sendo os questionários elaborados apenas para apreciação visual do entrevistado, com coloração especificada apenas para que o respondente detecte o tipo de material empregado em cada embalagem.

Uma variedade relativamente pequena de itens e de suas categorias facilita na etapa de entrevistas com os clientes, devido a uma quantidade menor de produtos a serem avaliados, visto que, conforme cita Gil (1999, p 128 apud CHAER et al., 2011) para

questionários extensos há uma maior probabilidade de não serem respondidos e, nesta pesquisa, são utilizados 17 diferentes formatos para a embalagem estudada, contemplando as variações de itens e categorias.

1.4 METODOLOGIA

Seguindo a classificação de pesquisas científicas de Prodanov e Freitas (2013), esta pesquisa classifica-se de natureza aplicada, com objetivo de gerar conhecimento para aplicação prática em problemas de seleção de alternativas de embalagens de doce de leite pastoso, sendo de caráter exploratório, com levantamento bibliográfico, além da aplicação de questionários para coletar as impressões dos consumidores sobre o produto objeto de estudo. É uma pesquisa descritiva, com o registro e descrição de fatos observados, através da aplicação de métodos padronizados de coleta e análise de dados, sem interferência do pesquisador. As pesquisas e os métodos empregados em Engenharia Kansei são essencialmente quantitativos, devido a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para resolução dos problemas de seleção de alternativas de produtos.

A pesquisa é planejada em dois grandes estágios, o primeiro caracterizado como pesquisa bibliográfica e parte teórica do trabalho e posteriormente, o segundo estágio representado pela etapa de desenvolvimento da pesquisa, parte de caráter prático da pesquisa, com aplicação de questionários para coleta de dados do público alvo e a síntese dados coletados através da aplicação das técnicas descritas seguindo a metodologia de pesquisa da Engenharia Kansei, especificamente na Engenharia Kansei tipo II.

Na etapa de revisão de literatura (parte teórica) são apresentados:

- Visão geral sobre processos de desenvolvimento de produtos, descrevendo as etapas iniciais do PDP;
- Contexto histórico e definição da Engenharia Kansei, descrevendo a origem da metodologia e seu funcionamento, os tipos existentes de Engenharia Kansei e as técnicas utilizadas na pesquisa;
- Relação entre as etapas de um PDP e a Engenharia Kansei.

Na etapa de desenvolvimento da pesquisa (parte prática) são apresentados:

- Uma descrição geral sobre embalagens de doce de leite pastoso, englobando aspectos de mercado e destacando critérios de sustentabilidade para cada tipo de material;

- Aplicação da Engenharia Kansei tipo II, através da definição dos campos semântico (palavras Kansei) e propriedades (definição dos itens e categorias dos produtos);
- Definição da métrica de inserção dos critérios ambientais no SEK;
- Realização da etapa de síntese, com a análise dos dados obtidos pelos questionários;
- Configuração do Algoritmo genético para formar o SEK, utilizando:
 - a. Os dados obtidos da etapa de síntese;
 - b. As configurações do campo das propriedades para codificação dos produtos;
 - c. Métrica da função de avaliação de sustentabilidade dos materiais.
- Resultados obtidos com a implementação do Sistema de Engenharia Kansei proposto e a prototipagem virtual da configuração da embalagem final obtida;

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos a seguir, organizados em sequência para introduzir o tema de pesquisa, descrever os principais temas abordados, aplicar os conhecimentos estudados, apresentar os resultados e concluir com as principais contribuições da pesquisa, bem como apresentar oportunidades para trabalhos futuros.

Capítulo 1: Introdução. Descreve as principais motivações e uma abordagem geral do tema da pesquisa, introduzindo o problema da pesquisa e os potenciais impactos na área de pesquisa de desenvolvimento de produtos. Apresenta o objetivo principal e os objetivos específicos da pesquisa, delimitando o que será realizado e qual a metodologia utilizada para realização da pesquisa.

Capítulo 2: Revisão de Literatura. Subdivido em duas partes, descreve os conceitos teóricos envolvidos na pesquisa. Na primeira parte uma revisão teórica dos principais conceitos sobre processos de desenvolvimento de produtos, destacando as etapas iniciais de planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual. Na segunda parte uma descrição sobre a Engenharia Kansei, a principal metodologia de estudo da pesquisa. Destaca-se uma abordagem geral sobre o tema, os tipos de EK existentes e alguns métodos aplicados dentro da metodologia. Importante frisar que existem diversos métodos de diferentes áreas de conhecimento que podem ser aplicados em um Sistema de Engenharia Kansei e que os descritos nesta etapa são os métodos aplicados na corrente pesquisa. Por fim, encerra-se este capítulo com uma abordagem sobre a EK relacionada ao processo de desenvolvimento de produtos, destacando as principais melhorias que esta metodologia pode agregar ao PDP.

Capítulo 3: Desenvolvimento da Pesquisa. Subdivida em duas partes, a primeira parte do trabalho encontra-se a aplicação da metodologia de Engenharia Kansei Tipo II para as embalagens de doce de leite em pasta, com suas referidas técnicas de análise de dados e metodologias de aplicação de entrevistas e posteriormente a aplicação de um algoritmo genético para geração de soluções. Neste capítulo consta também a metodologia de pesquisa para incorporação dos critérios sustentáveis dos materiais envolvidos na pesquisa.

Capítulo 4: Resultados. Este capítulo disserta sobre os resultados obtidos, com os protótipos virtuais dos produtos resultados da aplicação das técnicas dentro da metodologia de Engenharia Kansei tipo II.

Capítulo 5: Considerações Finais: Subdividida em duas partes, com a primeira parte descrevendo as conclusões acerca da pesquisa, concatenando os resultados obtidos com a pesquisa e as contribuições para a área de conhecimento sobre desenvolvimento de produtos. A segunda parte sugere-se caminhos de pesquisa para outros trabalhos, com intuito de gerar melhoria continua dentro da área de Engenharia Kansei.

Ao final do trabalho encontra-se a relação das referências bibliográficas utilizadas e os apêndices e anexos que complementam o entendimento do trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Uma forma de atingir resultados positivos no desenvolvimento de um produto consiste na habilidade de organizações em identificar necessidades de clientes, traduzi-las em ações concretas e desenvolver produtos e/ou serviços voltados em atender a estas necessidades, sempre visando a qualidade, rapidez e custos envolvidos (SLACK et al, 2002). Trata-se de um problema que envolve toda a empresa, não somente áreas como pesquisa e desenvolvimento, marketing e produção e engenharia (que se relacionam mais diretamente na relação cliente x produto), mas todas as áreas, de forma indireta ou direta, têm sua participação no atendimento ao cliente.

Existem diferentes nomenclaturas para definir um processo de desenvolvimento de produtos (PDP). De acordo com Romeiro *et al* (2010) grande parte da literatura existente sobre desenvolvimento de produtos analisa como processo de desenvolvimento, ou um processo de negócios no qual se tem entradas (*inputs*), os processos necessários e as saídas (*outputs*) ou resultados. Destacam ainda que os resultados podem ser parciais, como um protótipo ou finais com o lançamento de um produto no mercado.

Executar um processo de melhoria ou criação de um produto percorre pelas etapas do PDP que, resumidamente consiste em gerar ideias, selecionar o conceito do produto, elaborar o projeto preliminar, realizar avaliações e elaborar o projeto final e por fim o lançamento no mercado. A

Figura 1 mostra alguns modelos de PDP existentes para a área de Engenharia de Produção, que mostram com grau um pouco maior de detalhamento as etapas sequenciais de um PDP. Importante frisar que existem outras metodologias de PDP para outras áreas, como marketing e *design*, por exemplo. Conforme destaca Romeiro *et al* (2010) cada equipe de projeto pode escolher a (s) melhor (es) abordagens para desenvolver um produto e que escolhendo uma metodologia fixa pode ocorrer erros, visto que muitos produtos são diferentes e executados de diferentes formas, o que inclui tecnologias, emprego de pessoal, dentre outros aspectos.

(Rozenburg & Eeckles, 1995)	(Pahl & Beitz, 1996)	(Kaminski, 2000)	(Nam Suh, 1990)
Análise do Problema	Especificação do Projeto	Especificação técnica da necessidade	Necessidade Social
Síntese das Soluções	Projeto Conceitual	Estudo de Viabilidade	Requerimentos Funcionais
Simulação das Soluções	Projeto Preliminar	Projeto Básico	Atributos de Produto
Avaliação do Projeto	Projeto Detalhado	Projeto Executivo	Protótipo
		Planejamento da Produção	
		Execução	Produto

Figura 1: Modelos PDP em Engenharia de Produção
Fonte: BUSS e CUNHA (2002)

As etapas iniciais do PDP possuem impactos significativos no custo final do produto que, conforme cita Faria *et al* (2008), são nas etapas iniciais, onde ainda não há custos com a fabricação e produção de um produto que devem ser feitas as alterações no projeto, estudar novos componentes, materiais e é onde a interação com o cliente ocorre. Requisitos mal interpretados ou necessidades não detectadas pela empresa ou equipe de projeto se, não corrigidos no início do projeto podem representar grandes custos e altos índices de retrabalho nas etapas posteriores se encontrados nesse momento ou ainda causar

impactos negativos ainda maiores se não foram detectados e houver rejeição do produto no mercado. Romeiro *et al* (2010) descreve que muitas propostas de PDP destacam a importância aos estágios iniciais de pré-desenvolvimento, visto que o projeto se torna mais complexo à medida em que progride e que focar nas etapas de geração de ideias e conceitos é fundamental para atingir os resultados esperados e de forma mais eficiente.

Uma abordagem para o PDP é proposta por Rozenfeld et al (2006), que contempla os principais conceitos e práticas de desenvolvimento de produtos nos âmbitos empresarial e acadêmico, sendo o modelo de referência adotado nesta pesquisa. O modelo geral de um PDP é dividido em três macroprocessos (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) e as respectivas etapas ou entregas. A Figura 2 a seguir ilustra o modelo descrito.

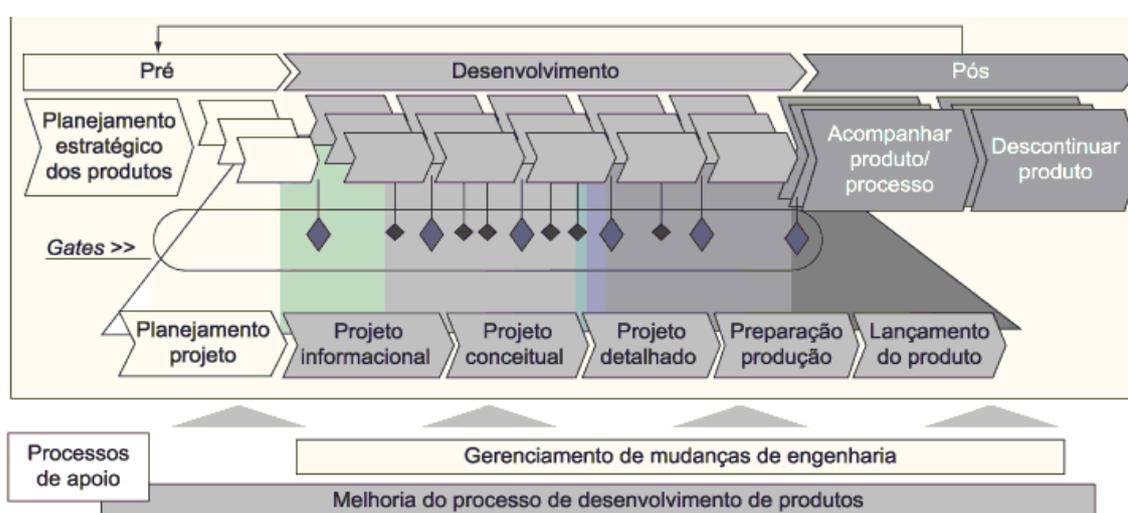


Figura 2: Processo de desenvolvimento de produto.

Fonte: Rozenfeld et al (2006)

Como descreve Sales e Naveiro (2010), a fase de pré desenvolvimento engloba definir o mercado alvo e o produto a ser desenvolvido. No projeto informacional o foco é dado traduzir as necessidades dos clientes em requisitos do produto (FARIA et al, 2008) e na etapa de projeto conceitual, são propostas soluções para as funções do produto e realizados arranjos esquemáticos do produto, com intuito de definir a forma geométrica e estética do produto. Com base nestas definições, para a presente dissertação o foco é dado na etapa de desenvolvimento do projeto do produto, no item destacado no modelo por “Planejamento do Projeto”, através da definição do produto alvo ou domínio da pesquisa e coleta de percepções do cliente acerca do produto. A etapa de projeto informacional é onde se concentra as principais etapas da metodologia da Engenharia Kansei, buscando traduzir as

emoções do cliente em requisitos de produto, desenvolvendo uma relação entre estas variáveis. Por último, a pesquisa se finaliza com iniciação de uma parte do projeto conceitual ou definição do conceito do produto, onde é elaborado um protótipo virtual dos resultados obtidos no projeto informacional.

Compreender a importância das etapas iniciais de um PDP não somente com relação aos custos, mas também com a concepção de ideias e a relação com o processo criativo é um requisito essencial e indissociável à inovação. Ela pode ser classificada como intuitiva, que requer fonte de inspiração para obter uma ideia ou sistemática, que por vezes utilizada uma base de informação e conhecimento para estimular o processo criativo. Nos dois momentos é necessário haver uma fonte de referência para embasar uma ideia, seja como fonte de inspiração ou fonte de informação. A utilização de métodos sistemáticos é justificada na medida em que o projeto necessite englobar um maior número de variáveis, especialmente a quantidade de pessoas, incluindo os atuais ou potenciais clientes, para poder gerar melhores soluções e diminuir o tempo dispendido no processo de criar e avaliar soluções (MEDEIROS (1981) apud ROMEIRO *et al* (2010)).

Nesta abordagem, insere-se a metodologia da Engenharia Kansei, que propõe formas de aplicação de conhecimentos das áreas da Matemática, Estatística e Ciência da Computação principalmente, para tratamento de problemas com grande variedade e volume de informações (NAGAMACHI, 2011), servindo como apoio à tomada de decisão para seleção de alternativas de produtos dentro do processo de desenvolvimento de produtos.

2.2 ENGENHARIA KANSEI

2.2.1 ORIGEM, HISTÓRICO E DEFINIÇÃO

A Engenharia Kansei (EK) é uma tecnologia ergonômica fundada em torno de 1970 no Japão, pelo professor Mitsuo Nagamachi, especialista em psicologia matemática. Possui como principal objeto de estudo as percepções e necessidades do consumidor para dar suporte no processo de desenvolvimento de produtos. Obteve maior difusão através da aplicação no desenvolvimento do *design* de veículos esportivos da empresa Mazda e, posteriormente, outros produtos foram desenvolvidos pelos métodos da EK, como é o caso da escavadeira da empresa Komatsu, ganhadora de prêmio de *design* do governo japonês e de mais outros 40 produtos (NAGAMACHI, 2011).

Ferreira (2012) destaca os principais grupos de pesquisa de Engenharia Kansei se concentram na Ásia e Europa, especialmente Universidade de Hiroshima, grupo do fundador

da disciplina, Universidade da Coreia e na Europa destacam-se as Universidades de Linköping (Suécia) e Leeds (Reino Unido), representando as principais pesquisas sobre o tema a nível mundial. O autor ainda destaca que mesmo com a difusão e o aumento de grupos de pesquisa relacionados à Engenharia Kansei há ainda pequena quantidade de publicações em revistas científicas internacionais.

Como é abordado mais adiante, existem os tipos de Engenharia Kansei que podem ser aplicados e uma gama de conhecimentos que podem ser utilizados em cada tipo, principalmente matemáticos e computacionais, como métodos estatísticos, algoritmos genéticos, redes neurais, lógica *fuzzy*, mineração de dados, dentre outros que são uma forma de operacionalizar os conceitos da EK e dar maior robustez ao método e conseqüentemente aos resultados esperados. Lokman (2010) ainda aponta que muitos métodos existentes para inserir o cliente no desenvolvimento do produto focam nas necessidades explícitas dos consumidores enquanto a Engenharia Kansei trabalha com necessidades implícitas do cliente para transformá-las em características físicas do produto.

A palavra Kansei pode ser interpretada como um conjunto de palavras que expressam sensibilidade (Kan) e sensibilidade (Sei) e não é traduzida para outros idiomas. Outros sinônimos como sentimento, emoção, *feeling*, afeição por exemplo podem ser entendidos como Kansei. Nagamachi e Lokman (2011) conceituam o significado de Kansei como “uma ação mental do indivíduo que sente algum tipo de sensação a partir de um estímulo externo”. De acordo com Balduino (2012), por intermédio das palavras Kansei os usuários são orientados a expressar suas necessidades e percepções, para que possam ser traduzidos em requisitos mensuráveis de produtos. As formas de expressão do indivíduo ocorrem através dos sentidos, visão, audição, olfato, tato e paladar, formando uma impressão subjetiva em relação a algum artefato, ambiente ou situação vivenciada (DAHLGAARD et al., 2008 apud FERREIRA, 2012). Em síntese, Kansei é uma forma de expressão do usuário ou cliente acerca de um produto. A função da Engenharia Kansei é propor formas de organizar e direcionar os sentimentos, emoções e conhecimento individuais para características físicas de um produto ou do ambiente (Nagamachi e Lokman, 2011). A definição de Engenharia Kansei descrita por Schütte (2005) a define como uma metodologia de desenvolvimento de produtos como uma forma de buscar, interpretar e traduzir emoções e sentimentos do usuário em requisitos de formato de produto. Neste sentido, a Engenharia Kansei, que também pode ser chamada de Engenharia Emotiva ou Engenharia Afetiva, trabalha com diferentes métodos, sendo aplicados de forma qualitativa e/ou quantitativa,

para relacionar as impressões subjetivas do usuário com características técnicas de produto, para propor produtos que estejam mais próximos às necessidades humanas.

O processo básico de Engenharia Kansei pode ser melhor entendido através do procedimento descrito conforme Figura 3 a seguir:

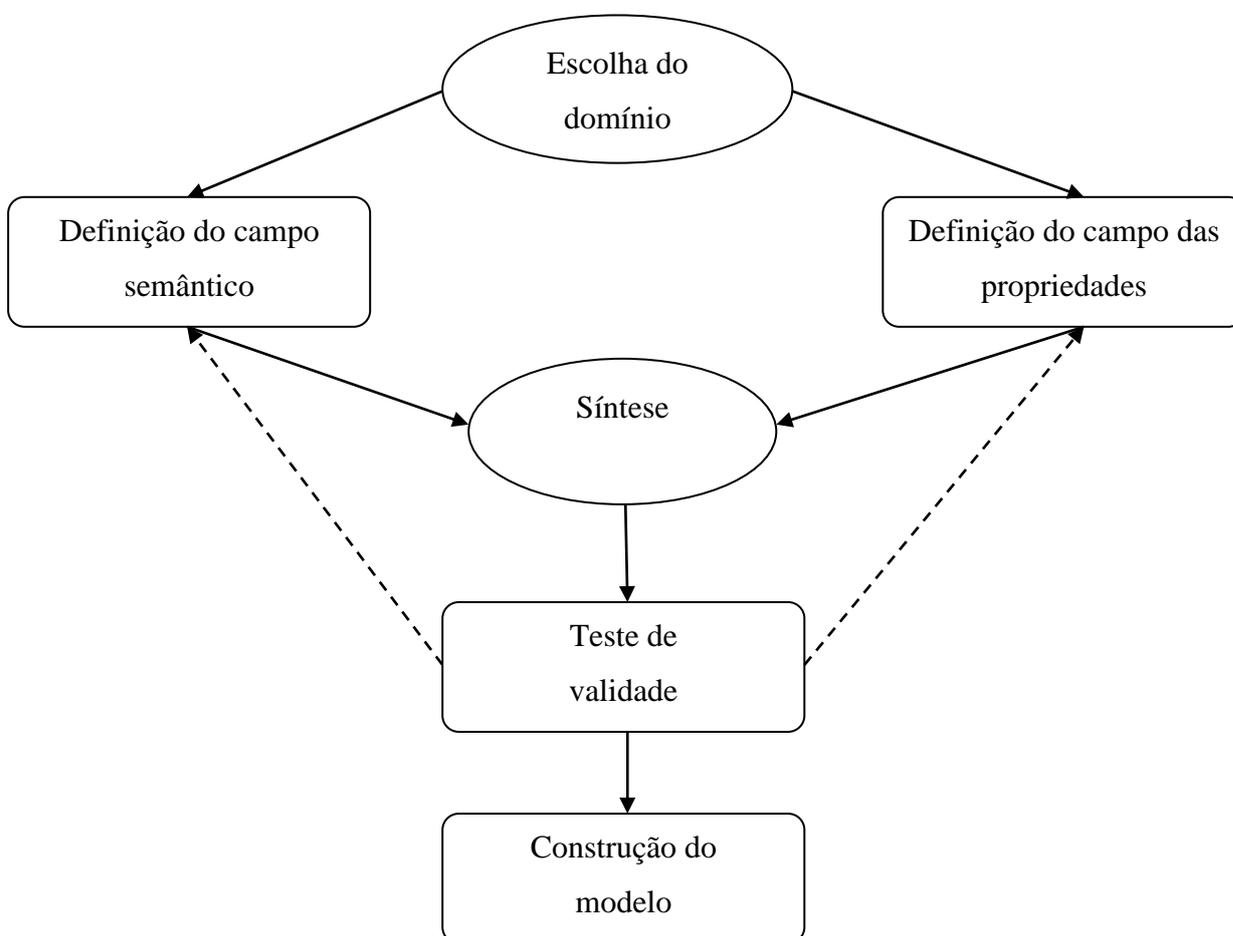


Figura 3: Modelo proposto de Engenharia Kansei

Adaptado de Schütte (2002)

- Escolha do domínio/Selecionar o objeto: Etapa preliminar, de caráter mais genérico, onde são definidas características de mercado, características básicas do produto, público-alvo, dentre outros. Gera um conjunto de informações de caráter abstrato e outras de caráter mais tangível.
- Definição do campo semântico: Nesta etapa são coletadas as palavras Kansei, de acordo com o domínio estabelecido na etapa anterior. De acordo com Nagamachi e Lokman (2011) estas palavras normalmente são adjetivos ou palavras adjetivadas, mas podem também ser pronomes ou substantivos, por exemplo, desde que qualifiquem o mais fiel

possível as características descritas no domínio. Para os autores o recomendado é coletar entre 600 a 800 palavras, vindas de diferentes fontes.

Nesta etapa Schüttle (2005) sugere a aplicação de técnicas com intuito de reduzir o número de palavras, visto o grande número para serem trabalhadas. Técnicas estatísticas ou métodos manuais com participação de especialistas podem ser utilizadas nesta fase. Nagamachi e Lokman (2011) cita métodos de caráter psicológico e procedimentos científicos, como eletroencefalograma por exemplo, para coletar as palavras Kansei. Nagamachi (2011) ressalta que existem outras formas de obter o Kansei dos consumidores mas como são palavras ambíguas e subjetivas, não existem métodos para mensuração direta destas.

➤ Definição do campo das propriedades: Conforme descrito por Ferreira (2012), em síntese esta fase é semelhante a descrita anteriormente, iniciando com a identificação das características do produto com base na definição do domínio, com a busca em diferentes fontes de informação. Posteriormente é feita uma classificação para hierarquizar as características. Com a lista das características, a equipe de projeto busca no mercado produtos existentes com estas características e/ou desenvolve mock-ups, protótipos e desenhos em CAD de produtos representativos das características selecionadas.

As palavras que descrevem as propriedades do produto podem ser reduzidas em palavras que representem o conjunto das propriedades. As mesmas técnicas e métodos utilizados para selecionar palavras do campo semântico podem ser utilizadas nesta fase. Um método que pode simplificar esta etapa é a participação de consumidores líderes, ou seja, aqueles que possuem certo nível de conhecimento sobre o produto em estudo (FERREIRA, 2012). Em sequência são escolhidos produtos que possuam características definidas no campo das propriedades e/ou são construídos protótipos físicos ou virtuais que representam as propriedades escolhidas. Nesta etapa, os *designers* podem inserir novas ideias de produtos, mesmo que inexistentes, para serem posteriormente avaliadas pelos usuários. Isso mostra que a metodologia EK fornece oportunidade de novos produtos serem inseridos na pesquisa e avaliados pelos usuários, gerando um indicativo de uma possível aceitação/rejeição do produto no mercado-alvo antes de seu lançamento.

➤ Síntese: Etapa que conecta as palavras Kansei com as propriedades dos produtos. Conforme destaca Nagamachi e Lokman (2011) a participação dos consumidores, através de pesquisas é fundamental neste processo. Nagamachi e Lokman (2011) citam ferramentas

estatísticas com análise de cluster e fatorial por exemplo. Schüttle (2005) aplica em sua pesquisa análises de regressão linear, além das teorias de quantificação abordadas na literatura que são aplicáveis nesta etapa. É esperado que, com a utilização de tratamento estatístico dos dados possa ser obtida uma divisão em segmentos entre os produtos representantes com a indicação de quanto uma palavra Kansei está positiva ou negativamente relacionada a cada grupo (FERRERA, 2012).

➤ Teste de validade: Conforme destaca Montgomery e Runger (2007) é importante que sejam feitas validações de pesquisas e experimentos realizados, como forma de verificar quais resultados são realmente importantes no sistema. A forma como os dados são validados depende da forma como foram coletados e trabalhados (de forma quantitativa ou qualitativa). Nesta etapa gera-se um modelo preditivo que pode ser avaliado pelos consumidores para averiguar se precisa de refinamento e, caso positivo, retorna-se às etapas anteriores, conforme o ciclo do modelo apresentado por Schütte (2005).

➤ Construção do modelo: Terminada a etapa de validação, um modelo pode ser criado para expressar características físicas de produtos avaliadas pelos consumidores. Conforme destaca Ferreira (2012) e também é descrito pelo método científico ou de engenharia proposto por Montgomery e Runger (2007), alterações no modelo podem ser realizadas afim de que suas características estejam de acordo com os anseios temporais dos consumidores. Observa-se novamente a participação do cliente neste processo. Nagamachi e Lokman (2011) destacam a importância do envolvimento de profissionais com conhecimento em Engenharia Kansei e projeto de produto para extrair e trabalhar da melhor forma os dados provenientes da pesquisa de Engenharia Kansei.

Nas etapas de validação e construção do modelo, são construídos modelos, matemáticos ou não, que possibilitem a previsão de produtos, com base nos termos kansei determinados anteriormente.

Importante destacar que as etapas de definição do campo semântico e do campo das propriedades podem ocorrer simultaneamente e que, após a etapa de síntese e os testes de validação o modelo pode ser refinado e melhorado continuamente para aumentar a qualidade dos dados em estudo. Ferreira (2012) destaca que a atualização constante do modelo, ou o que ele chama de flexibilidade é uma importante característica dos sistemas de Engenharia Kansei, visto que as sensações e percepções do usuário em potencial acerca do objeto de pesquisa podem mudar no decorrer do tempo de desenvolvimento do produto.

2.2.2 TIPOS DE ENGENHARIA KANSEI

Nagamachi e Lokman (2011) descrevem quatro diferentes tipos de Engenharia Kansei. Tipo I: Classificação por categoria; Tipo II: Sistema de Engenharia Kansei; Tipo III: Modelagem para Engenharia Kansei; Tipo IV: Sistema Virtual de Engenharia Kansei.

- **Engenharia Kansei Tipo I: Classificação por categoria.** O Método de classificação por categoria é o mais fácil de entender e introduzir, pois comparado aos demais é facultativo o uso de ferramental matemático e computacional para ser executado. Neste método um conceito de um produto alvo é fracionado em conceitos mais detalhados, sendo desdobrados em vários níveis até serem avaliados em termos de características físicas desejadas. Nagamachi (2011) destaca o método KJ, também conhecido por diagrama de afinidades, com alternativa de utilização na EK tipo I. O conceito do produto alvo pode ser determinado por uma análise de mercado, identificando o público alvo e suas necessidades, por exemplo. Identificar as necessidades necessita de um estudo mais específico sobre o público alvo, coletando informações a seu respeito, como gênero, idade, comportamento, entre outros. Sendo realizados os passos anteriores, ocorre o fracionamento do conceito do produto alvo em subconceitos e estes por sua vez em outros conceitos (ver
- Figura 4), para que se tenha uma imagem geral do que se pretende ser abordado ou inserido como características do produto, como peso, forma, cor (características físicas), para posteriormente serem traduzidas em características técnicas para serem interpretadas pela equipe de projeto para desenvolvimento do produto.

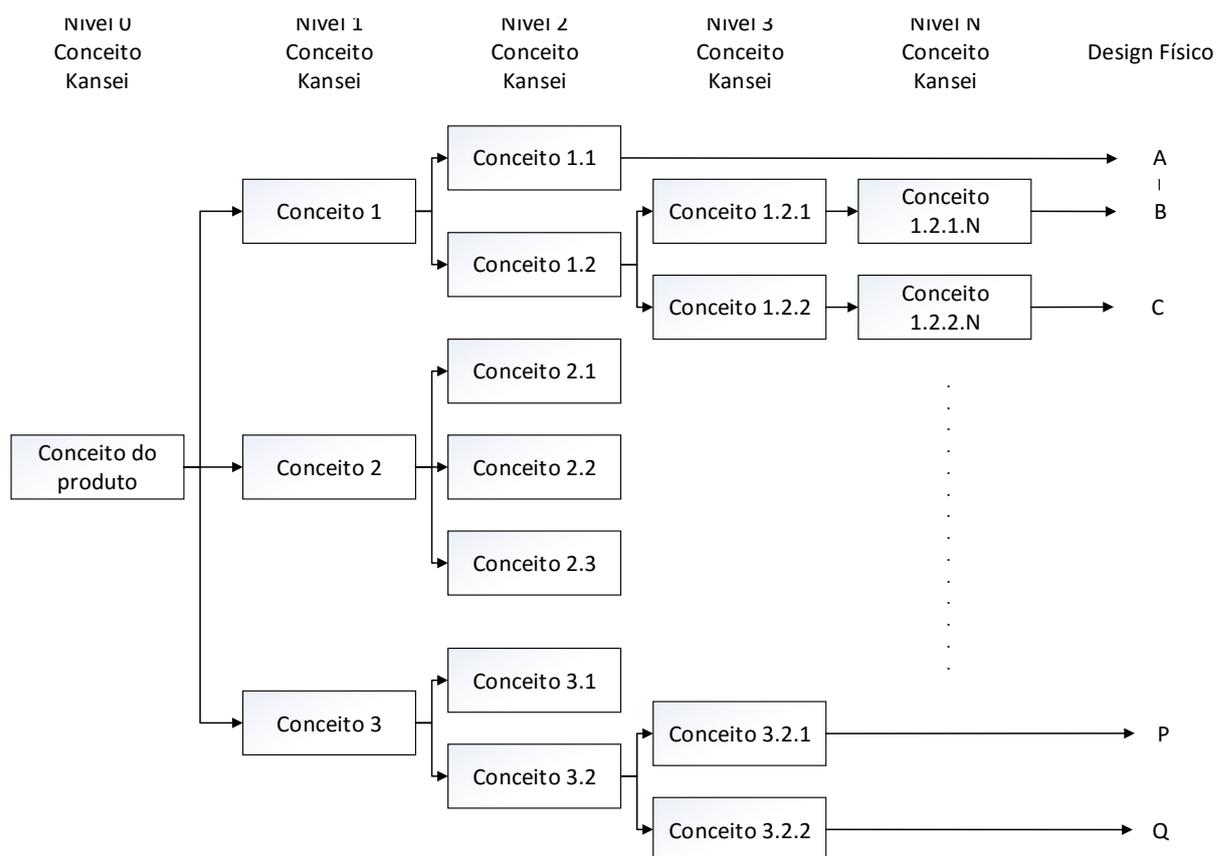


Figura 4: Mapa conceitual de EK tipo I

Fonte: Adaptado e traduzido de Nagamachi e Lokman (2011).

Nagamachi e Lokman (2011) destacam alguns produtos que foram desenvolvidos utilizando princípios da Engenharia Kansei Tipo I, como o carro Mazda Eunos Roadster (MX5), com o produto conceito definido como *Jinba Ittai* (homem e cavalo unidos), que traduz o foco em desenvolver um carro esportivo. Outro produto citado é o sutiã Wacoal, que obteve altos volumes de vendas e utilizou princípios de Engenharia Kansei Tipo I.

➤ **Engenharia Kansei Tipo II: Sistema de Engenharia Kansei.** Esta metodologia é similar à Engenharia Kansei Tipo I, fracionando o conceito principal do produto em sub-conceitos para traduzir em características físicas e posteriormente em requisitos técnicos do produto. A principal diferença entre os dois tipos é que o conceito Kansei do produto é traduzido em características físicas através da utilização de um método chamado técnica de Engenharia Kansei, que utiliza sistemas especialistas que conectam as palavras Kansei selecionadas às características físicas do produto. Os principais métodos utilizados, conforme será descrito no tópico seguinte, são algoritmo genético, lógica *fuzzy*, redes neurais e métodos gráficos. Conceitos de bancos de dados também estão inseridos nesta

etapa, pois devido ao uso da informática, grandes volumes de dados podem ser melhor trabalhados. Em síntese, os componentes essenciais da EK Tipo II são:

- Todas as palavras Kansei, obtidas pelos usuários, devem ser estabelecidas em banco de dados;
- As especificações do produto devem ser estabelecidas em banco de dados;
- Necessário estabelecer uma função capaz de relacionar o banco de dados das palavras Kansei com o banco de dados das palavras de especificações do produto.

Estabelecido os três pontos acima, tem-se um Sistema de Engenharia Kansei. Conforme Nagamachi e Lokman (2011) citam, técnicas estatísticas para relacionar as variáveis podem ser utilizadas conjuntamente com técnicas computacionais. A aplicação da Engenharia Kansei Tipo II é abordada nesta dissertação, a partir da etapa de desenvolvimento da pesquisa (item 3.1).

Como exemplo de aplicação da EK Tipo II, tem-se o HULIS (*Human living system*), que busca construir uma imagem de uma casa com o Kansei do usuário, analisando cada parte da construção, definida pelo sistema. Uma base de dados foi modelada com a opinião de construtores e arquitetos que, a partir de sua experiência, construiu-se um banco de dados com as palavras Kansei dos usuários e as características físicas dos componentes da entrada da casa.

➤ **Engenharia Kansei Tipo III: Sistema de Engenharia Kansei Matemático.** O mesmo objetivo, que é traduzir o Kansei do usuário em requisitos de *design* vale para a EK tipo III, assim como todos os tipos. Esta abordagem se difere das anteriores por se referir à modelagem, através de modelos matemáticos, para estabelecer as regras de relação entre as palavras Kansei e os requisitos de projeto de produto.

Um exemplo citado por Nagamachi e Lokman (2011) é o estudo dos sons de palavras para expressar sentimentos e emoções, cujo objetivo é detectar os tipos de sons que são produzidos em determinados estados emotivos. Inúmeras variáveis são analisadas em conjunto como movimento da língua, respiração, movimento da boca, dentre outros.

➤ **Engenharia Kansei Tipo IV: Sistema de Engenharia Kansei Virtual.** É uma tecnologia que integra realidade virtual e Engenharia Kansei. A principal diferença entre esse tipo com as demais é que o usuário pode experimentar as soluções de produto virtualmente, ou seja, uma combinação entre o Kansei do usuário e requisitos de projeto

através de um SEK e posteriormente as soluções obtidas podem ser reproduzidas por sistemas de realidade virtual, em que o usuário pode experimentar o produto gerado.

Nagamachi e Lokman (2011) e Schütte et al (2008) descrevem outras formas de Engenharia Kansei, mas destacando os quatro tipos como principais. Uma forma é a Engenharia Kansei híbrida, que visa utilizar um tipo de Engenharia Kansei para a visão do cliente e outra para visão do projetista, ou seja, coletar um grupo de palavras Kansei de cada elo do processo e traduzir em requisitos de projeto. É útil para perceber diferenças entre o que o projetista tem em mente para projetar produtos e o que o usuário tem em mente com relação ao produto. Outra forma é a Engenharia Kansei como projeto colaborativo, que é suportada através de *software* que possibilita ao *designer* se relacionar com membros da equipe via internet, em que os projetos podem ser modificados por sugestões do SEK.

Em síntese, a Engenharia Kansei é uma metodologia que visa buscar as necessidades dos usuários, em sua natureza subjetiva e traduzi-las sistematicamente em requisitos de produto, utilizando diferentes técnicas e ferramentas (em especial técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais) para organizar os dados e relacionar as palavras Kansei com requisitos de projeto de produto ou, em outras palavras, definir e relacionar o campo semântico das palavras com o campo das necessidades. Esse relacionamento pode ser realizado em mais de uma iteração para apoiar as mudanças que podem ocorrer durante a aplicação do método, visando melhorar a robustez do modelo desenvolvido. É evidente a participação do cliente/usuário em várias etapas da EK, na coleta e seleção das palavras Kansei, na seleção de produtos durante e/ou após a aplicação da metodologia, sendo este ator imprescindível para a Engenharia Kansei.

2.2.3 TÉCNICAS UTILIZADAS NOS SISTEMAS DE ENGENHARIA KANSEI

Em praticamente todas as etapas do modelo de Engenharia Kansei de Schütte podem ser utilizados métodos de diferentes áreas do conhecimento, especialmente da Matemática, Estatística e Computação. A Quadro 1 resume métodos descritos por Schütte (2005) e Nagamachi (2011) para cada etapa da aplicação da Engenharia Kansei no desenvolvimento de um produto.

Quadro 1: Métodos para cada etapa do modelo de EK proposto por Schütte (2002).

ETAPA	MÉTODO
Escolha do domínio	Métodos não descritos por Schütte (2005). Podem ser utilizados métodos multicritério de apoio à decisão e/ou técnicas de apoio à decisão.
Definição do campo semântico (métodos para identificação da estrutura semântica)	Métodos manuais Diagrama de afinidades Escolha dos <i>designers</i> Técnicas de entrevistas (dados qualitativos) Métodos estatísticos Teoria dos números <i>fuzzy</i> Análise do componente principal Análise fatorial Análise de <i>cluster</i> Teorias de Quantificação tipo II, III, IV Redes Neurais
Definição do campo de propriedades	Métodos manuais <i>Focus Group</i> Entrevistas
Síntese (método para identificação de relacionamento)	Métodos manuais Identificação por categoria Métodos estatísticos Análise de regressão <i>General linear model</i> Teoria da quantificação tipo I Método de <i>ranking</i> Algoritmos genéticos Teoria de conjuntos difusos Teoria de <i>rough set</i>

Fonte: Adaptado e traduzido de Schütte (2002)

As técnicas abordadas neste capítulo são as propostas para utilização no presente trabalho, que são: Teoria de Quantificação Tipo I, Teoria dos números *fuzzy* triangulares e Algoritmos Genéticos.

As técnicas abordadas nesta pesquisa são trabalhadas em conjunto para formar o SEK (Sistema de Engenharia Kansei) para seleção de alternativas de embalagens de doce de leite pastoso. A técnicas Teoria de Quantificação Tipo I tem o objetivo de mensurar o grau de relação de cada categoria de cada item de um produto nas palavras Kansei (palavras que representam o sentimento do consumidor com o produto). A teoria de números *fuzzy* triangulares tem o objetivo de mensurar o peso ou o grau de importância de cada palavra Kansei ao produto. Estas duas técnicas trabalham com dados obtidos através da aplicação de questionários ao público alvo e geram informação como *input* para avaliação das alternativas de produtos através da implementação do algoritmo genético.

Por fim, as três técnicas em conjunto, juntamente com a definição do campo semântico e do campo das propriedades formam o Sistema de Engenharia Kansei proposto para selecionar alternativas de formato de embalagens de doce de leite pastoso.

2.2.3.1 TEORIA DE QUANTIFICAÇÃO TIPO I

Conforme já observado, a Engenharia Kansei se utiliza de uma vasta gama de técnicas em todas suas etapas de desenvolvimento. Uma das principais técnicas abordadas dentro da EK são as teorias de quantificação tipo I, II, III, e IV. Dentre estas, a TQT1 é uma das mais utilizadas na etapa de identificação de relacionamentos entre as palavras Kansei e características do produto objeto (NAGAMACHI e LOKMAN, 2011) e é utilizada neste trabalho.

A TQT1 foi introduzida por Hayashi (1950) para análise de variáveis qualitativas, tendo como base a técnica estatística de Análise de Regressão Linear, que tem por objetivo investigar a relação entre duas ou mais variáveis numéricas ou variáveis independentes de escala proporcional. De acordo com nomenclatura de Montgomery e Runger (2007), um modelo de regressão linear é simples quando possui apenas uma variável independente ou regressor, e quando possui duas ou mais variáveis independentes é chamado de modelo de regressão linear múltipla.

Na metodologia da EK é necessário que se conheça se uma determinada palavra Kansei é influenciada por alguma característica ou item do produto e determinar o grau de influência exercido por cada *item*. Nesse sentido, conforme descreve Nagamachi (2011) o método de análise de quantificação tipo I é efetivo para relacionar uma palavra Kansei (y) com dois ou mais elementos de forma $(x_1, x_2, x_3...)$, sendo um modelo de regressão linear múltipla adaptado para análise de uma variável nominal (palavra Kansei). Na TQT1, cada elemento de forma é chamado de *item* e cada variação de um item é chamada de *categoria*.

São atribuídos os valores em escala binária (0 ou 1) indicando, respectivamente ausência e presença de determinada categoria no respectivo item. Nagamachi (2011) denomina como variável *dummy*, que representa as características de forma em cada item do produto.

As variáveis palavra Kansei, os produtos e seus respectivos itens e as categorias de cada item podem ser relacionadas através da seguinte equação (1):

$$y_{pk} = \sum_{i=1}^{IT} \sum_{j=1}^{CT} a_{ijp} x_{ijp} + \varepsilon_{pk} \quad (1)$$

Onde:

$i=1,2,\dots,IT$ (Número de itens)

$j=1,2,\dots,CT$ (Número de categorias)

$p=1,2,\dots,P$ (Número de Produtos)

$k=1,2,\dots,K$ (Número de palavras Kansei)

ε = erro de modelagem do modelo

A variável *dummy* é representada por x_{ijp} e assume os valores de 0 ou 1, que significa ausência ou presença de determinada categoria (j), em determinado item (i) para um produto (p) enquanto a_{ijp} Nagamachi (2011) define como variável de categoria peso ou categoria de participação para cada categoria. Esta variável representa o grau de contribuição (ou peso) de uma determinada categoria para uma palavra Kansei determinada e que é calculada via análise de regressão linear, em que os cálculos efetuados objetivam a minimização da soma dos quadrados da diferença entre a variável observada e sua média, ou o erro de modelagem do modelo. A variável y_{kp} representa a contribuição de cada palavra Kansei para cada produto e que correspondem a um valor médio de avaliação do produto, obtido pelo julgamento de consumidores.

A utilização desta técnica tem o objetivo de definir os scores de contribuição (a_{ijp}) de cada categoria do produto nas palavras Kansei selecionadas dos clientes e é um *input* informacional para aplicação do algoritmo genético para selecionar alternativas de produtos.

2.2.3.2 TEORIA DOS NÚMEROS FUZZY TRIANGULARES

A teoria dos conjuntos *Fuzzy* foi introduzida em 1965 pelo matemático Lotfi Asker Zadeh com intuito de mensurar subjetividade expressa em termos de linguagem natural, como “*aproximadamente*”, “*em torno de*” por exemplo. (SOUZA, 2010; RETENRÍA, 2006). Segundo Aguado e Cantanhede (2010), a lógica *Fuzzy* difere da lógica booleana devido à capacidade em trabalhar com respostas não extremas, sendo mais próxima ao mundo real.

Um conjunto *fuzzy* A é definido como um subconjunto de U , representado por uma função de pertinência $\mu_A(x) : U \rightarrow [0,1]$. A cada individuo incerto dentro do universo (x) é atribuído um valor entre 0 e 1, que representa o grau em que x pertence a A . Um conjunto *fuzzy* é normalizado se o seu valor máximo é igual a 1, $\mu_A(x) = 1$.

Existem diferentes formas de representar um número *fuzzy* e, conforme cita Renteria (2006) a representação triangular é a mais utilizada. Um número *fuzzy* triangular é representado por $A = (a_1, a_2, a_3)$ com função de pertinência denotada por (Equação 2):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & \text{se } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2} & \text{se } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{se } x > a_3 \end{cases} \quad (2)$$

A Figura 5 mostra um exemplo de um número *fuzzy* triangular, onde A é “*aproximadamente*” a_2 . Em outras palavras, a função $\mu_A(x)$ pode ser interpretada como a probabilidade de ocorrência do valor dentro do intervalo delimitado.

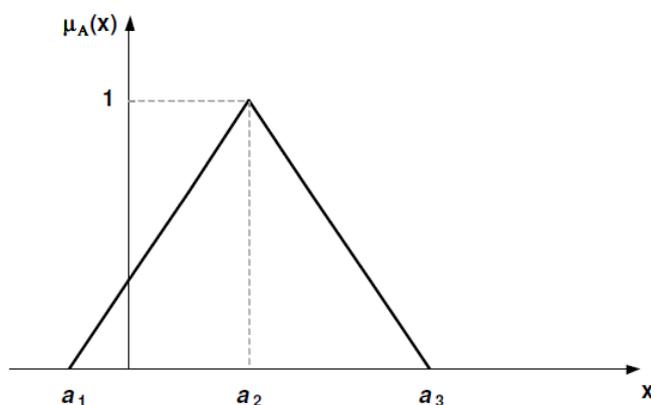


Figura 5: Exemplo gráfico de um número fuzzy triangular
Fonte: Rentería (2006)

Como muitas etapas nas pesquisas em Engenharia Kansei necessitam de respostas humanas e conseqüentemente trabalham com o fator subjetividade, métodos de lógica *fuzzy* são utilizados para tratar a subjetividade nas pesquisas, principalmente relacionadas ao uso de variáveis lingüísticas, como nos trabalhos de Chou (2014), Zhang e Yu (2015), Ferreira (2012), Yen, Heh e Chen (2009), TSAI e HSIAO (2004) por exemplo, que utilizam representação de números *fuzzy* triangulares.

No contexto da avaliação subjetiva das impressões dos consumidores acerca das palavras Kansei, é definida uma escala de 1 a 5 para coleta das avaliações das palavras em graus de importância, onde: 1 – Importância muito baixa, 2 – Importância baixa, 3 – Importância média, 4 – Importância alta e 5 – Importância muito alta. Representando cada grau como número *fuzzy* como Chan (1999 apud Ferreira (2012) adota-se a seguinte representação: **1 = (1,1,2) 2 = (1,2,3) 3 = (2,3,4) 4 = (3,4,5) 5 = (4,5,5)**.

A classificação dos números *fuzzy* é feita adotando os seguintes critérios:

Sejam dois números fuzzy $A_1 = (a_{11}, a_{21}, a_{31})$ e $A_2 = (a_{12}, a_{22}, a_{32})$ se:

1. $a_{11} \geq a_{12}, a_{21} \geq a_{22}, a_{31} \geq a_{32}$ com pelo menos uma desigualdade garantida, então A_1 é mais importante que A_2 ;
2. $a_{11} = a_{12}, a_{21} = a_{22}, a_{31} = a_{32}$ então $A_1 = A_2$;
3. $a_{11} \leq a_{12}, a_{21} \leq a_{22}, a_{31} \leq a_{32}$ com pelo menos uma desigualdade garantida, então A_2 é mais importante que A_1 .

Para determinação dos pesos das palavras Kansei, ou seja, o grau de importância de cada palavra no produto que representa o domínio da pesquisa, os valores dos números fuzzy triangulares são as médias das respostas dos entrevistados, conforme exemplos de aplicação de Broek e Noppen (2006), Pavlacka e Talasova (2007) e Ferreira (2012).

2.2.3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS

Os algoritmos genéticos (AG) são rotinas computacionais de busca e otimização baseadas em técnicas heurísticas fundamentadas no conceito da teoria da evolução proposta por Charles Darwin em 1859, que privilegia os indivíduos mais aptos e, portanto, com maior probabilidade de reprodução, gerando assim descendentes que propaguem seu código genético. Holland (1975), através de seu trabalho *Adaptation in Natural and Artificial Systems* foi o primeiro na apropriação da teoria evolucionista como recurso computacional.

Atualmente, a área denominada Computação Natural, dentro da Ciência da Computação é a principal linha de estudo para traduzir princípios da natureza em ferramentas e técnicas computacionais. A computação natural é subdividida em algumas áreas,

dentre elas se destaca a inteligência computacional, que por sua vez se subdivide em Redes Neurais, Computação evolutiva e *Fuzzy Systems* e, pertencente à computação evolutiva, dentre outras linhas de pesquisa, estão os algoritmos genéticos (PALAZZO, 1999; GUIMARÃES e RAMALHO, 2001).

Em um AG, cada solução do problema é representada por cromossomos, que são formados por genes passíveis de sofrerem mutações através de operadores genéticos, visando buscar indivíduos mais bem adaptados, onde a adaptação é medida por critérios estabelecidos pelo usuário. De acordo com Pacheco (1999), um AG pode ser caracterizado pela seguinte lógica:

- Problema a ser otimizado: Selecionar o tipo de problema a ser resolvido através de um AG. Os principais parâmetros que podem ser observados em problemas para aplicação de AG's são o grande espaço de busca de soluções e problemas com muitas restrições e/ou condições que dificultam sua representação matemática, o que responde em parte ao aumento na utilização de algoritmos genéticos como técnicas de busca e otimização, além da sua alta aplicabilidade em diferentes domínios e sua facilidade de uso (GOLDBERG (1989) apud PAPPA (2002)). A autora ainda destaca que os AG são altamente atrativos por não apresentarem necessariamente uma solução ótima, mas reconhece-la como ótima.
- Representação das soluções do problema: As representações das soluções do espaço de busca representam a forma do cromossomo que será manipulado. De acordo com Pacheco (1999) as principais representações são: Binária, Números reais, Permutação de símbolos e Símbolos repetidos. Cada representação é utilizada de acordo com o tipo de problema em estudo.
- Codificação do cromossomo: Processo de construir a solução para ser avaliada pelo algoritmo (PACHECO, 1999). Conforme será observado no capítulo 3 deste trabalho, a representação a ser adotada será a binária, por ser aplicável ao produto objeto da pesquisa e por ser de fácil decodificação (transformação de binário para número inteiro) para ser utilizada dentro do AG. Por exemplo, o número binário 0101 de 4 bits, sendo aqui chamado de cromossomo com 4 genes, é facilmente convertido em decimal, que no caso é o número 5.
- Avaliação: Nesta etapa o algoritmo mensura o grau de adaptabilidade ou propensão do indivíduo participar de um cruzamento para gerar filhos. Essa função é chamada de função *fitness* e é inserida pelo usuário/programador do AG. Cada cromossomo tem um valor atribuído pela função, sendo associado à cada uma probabilidade proporcional ao valor atribuído.

➤ Seleção: Os cromossomos com maiores valores de aptidão, possuem maiores probabilidades de serem selecionados para cruzamento. Ou seja, um indivíduo mais bem adaptado tem maiores chances de propagar seus genes na geração de novas populações.

Blickle (1996) descreve em cinco os principais mecanismos de seleção: Proporcional, por torneios, por truncamento, normalização linear e normalização exponencial. Pappa (2002) destaca os mecanismos de seleção proporcional, seleção por *ranking* (método de normalização) e seleção por torneio como os mais utilizados em algoritmos genéticos.

Na seleção proporcional, os indivíduos com maior probabilidade, que é proporcional à função de avaliação, são copiados para próxima geração. O método mais comumente utilizado é o método da roleta, onde a roleta é dividida pelo número total da população (P), sendo o tamanho de cada parte proporcional ao valor da função de avaliação atribuído a cada indivíduo. A roleta é girada P vezes e, em cada iteração o cromossomo selecionado é inserido em uma nova população.

Na seleção por *ranking*, os indivíduos são classificados de acordo com o valor da função de avaliação, em ordem crescente ou decrescente, dependendo do objetivo do problema. Após a classificação, são inseridos pelo usuário/programador pesos para cada indivíduo de acordo com sua classificação e posteriormente executa-se o algoritmo com mecanismo semelhante a seleção proporcional, onde os indivíduos melhor ponderados são os que possuem maior chance de serem selecionados para a nova população.

Na seleção por torneio, os indivíduos são escolhidos aleatoriamente e em grupos de tamanho determinado pelo usuário e então o indivíduo dentro do grupo com maior valor de aptidão, ou valor da função de avaliação é escolhido para a próxima população. Quanto maior o tamanho do grupo, maior a velocidade com que os indivíduos mais fortes da população são selecionados.

Independentemente do tipo de seleção adotado, um número de cromossomos com os melhores valores de aptidão é definido e os indivíduos são copiados para próxima população sem sofrer atuação de operadores genéticos. A este procedimento dá-se o nome de elitismo e à quantidade de cromossomos selecionados pelo usuário dá-se o nome de grau de elitismo. Os demais indivíduos são selecionados pelos critérios de seleção já descritos. Dessa forma, é garantida a participação dos melhores indivíduos da população inicial na próxima geração.

➤ Operadores genéticos: Os principais operadores para algoritmos genéticos são cruzamento e mutação.

O operador de cruzamento realiza a troca de material genético entre os indivíduos mãe e pai, executando combinações de forma que haja determinada probabilidade do resultado do cruzamento (filho) ser melhor que os pais. (HINTERDING (2000) apud PAPPA (2002)). A troca de genes entre os pais é realizada de forma aleatória, de acordo com padrões estipulados pelo programador. Um desses padrões é o ponto ou taxa de *crossover*, que significa a probabilidade de um indivíduo ser recombinado com outro. Na literatura o valor de 0,5 é geralmente utilizado como ponto de *crossover* (FRANCISCO, 2013).

O operador de mutação faz a inversão de genes na população de filhos geradas. No caso do cromossomo em representação binária, troca-se 0 por 1 e vice-versa de forma também aleatória e que, segundo Holland (1975) visa manter diversidade genética na população e um espaço maior de busca. Semelhante à taxa de *crossover*, é a taxa de mutação, que representa a probabilidade de um cromossomo sofrer mutação. Na literatura, essa taxa situa-se entre valores de 0,01 e 0,1, imputados pelo usuário (FRANCISCO, 2013).

A Figura 6 resume como são realizadas as operações de *crossover* e mutação na genética em si e no algoritmo genético em representação binária.

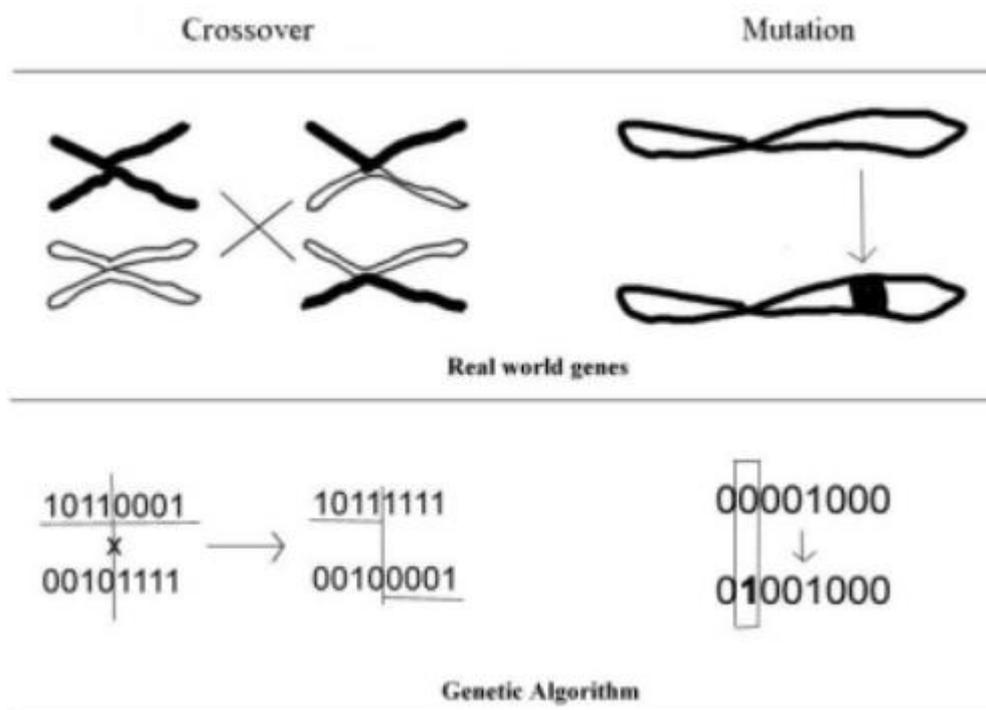


Figura 6: Crossover e mutação.
Fonte: Kim e Cho (2000)

➤ Inicialização da população: De acordo com Pacheco (1999), gera-se após as etapas descritas anteriormente uma nova população que corresponde ao primeiro ciclo do

algoritmo. Para gerar melhores resultados sugere-se a iteração sucessiva, realizando todos os procedimentos do AG para as novas populações para que ao final do programa os melhores e/ou bons resultados (cromossomos) sejam obtidos.

Os critérios de parada podem ser definidos pelo programador. Pacheco (1999) destaca os parâmetros de número de gerações (total de ciclos de evolução) e total de indivíduos (tamanho da população x número de gerações) como os principais critérios de parada do AG. Guimarães e Ramalho (2001) destacam além do número de gerações outro critério como os N últimos ótimos encontrados não variarem mais que um determinado valor.

O fluxograma abaixo (Figura 7) representa um resumo geral das etapas de um algoritmo genético, destacando as principais etapas descritas anteriormente e a relação entre elas.

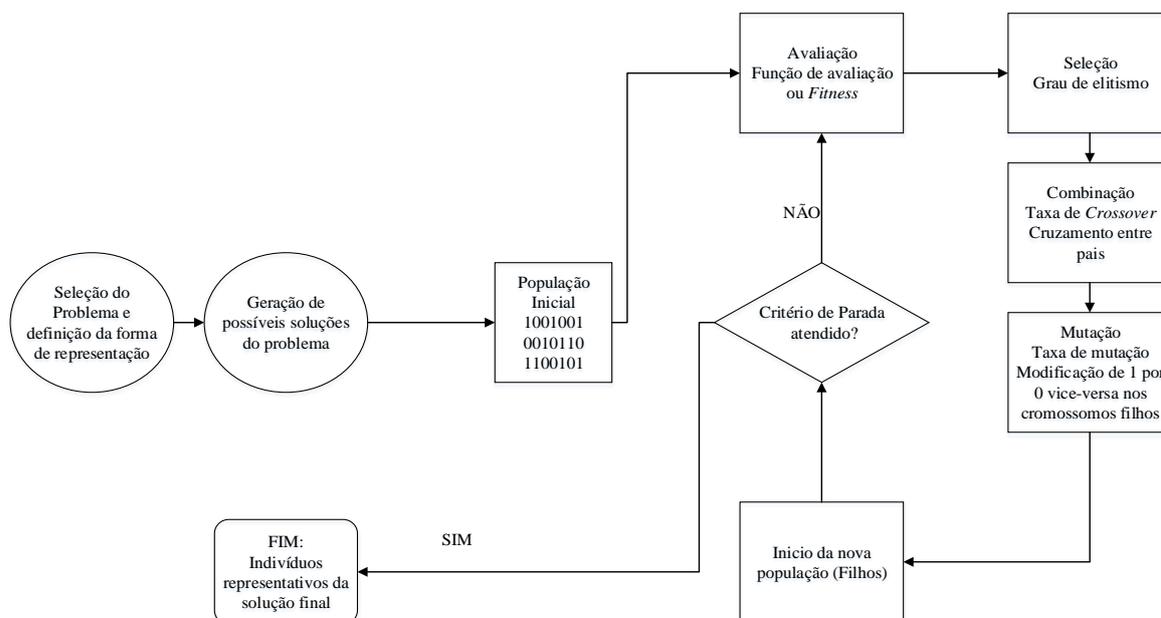


Figura 7: Fluxograma geral de um Algoritmo genético
Fonte: O autor baseado em Guimarães e Ramalho (2001)

É importante observar que, após uma primeira avaliação da população inicial uma solução para o problema pode ser obtida e então finaliza-se o algoritmo. Essa situação não foi contemplada no fluxograma acima visto que um dos propósitos da pesquisa é gerar novas alternativas de produtos e é relevante que alternativas sejam processadas pelas operações do AG e que as soluções sejam encontradas pelo critério de parada definido.

No âmbito da Engenharia Kansei, os problemas convergem para métodos de otimização, que utilizam como inputs informações subjetivas de clientes sobre os produtos e

que são representadas em informação numérica (NAGAMACHI, 2011). Nesse sentido, os algoritmos genéticos atuam como técnicas de busca e otimização de soluções de produtos com base em critérios (palavras Kansei) inseridas pelo usuário/programador. As criações de novas populações pelo algoritmo geram novas alternativas de produtos que buscam maior aderência às características subjetivas descritas pelos clientes, através de funções de avaliação que atuem de forma a maximizar a qualidade percebida dos produtos; esta traduzida pelas palavras Kansei e representadas em informação numérica para funcionamento do algoritmo.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ENGENHARIA KANSEI E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

DAHLGAARD et al. (2008) apud FERREIRA (2012) critica a Engenharia Kansei visto que se apoia unicamente nas experiências dos sentidos humanos e suas emoções. Os autores propõem que as relações de desenvolvimento de produtos inovadores com as percepções do usuário devem ser mais aprofundadas, contemplando outras dimensões (chamadas de experiências) que são: A experiência proporcionada pelos cinco sentidos; experiência emocional; experiência/atitude comportamental; experiência social; experiência espiritual/ética/moral e a experiência intelectual.

Um ponto relevante dentro da Engenharia Kansei é a participação mais intensa do cliente no processo de desenvolvimento, como também a participação do projetista para definir pontos chave dentro da pesquisa, como seleção e classificação das palavras Kansei. Existem diferenças entre cada ser humano, incluindo o projetista e cada um tem percepções e avaliações diferentes acerca da mesma palavra para um mesmo produto. Como destaca FALLER (2009), o campo do *Design* de Produto apresenta subjetividade, podem ser beneficiados de técnicas, métodos e delimitações de etapas para auxiliar no desenvolvimento de soluções e, neste sentido, a Engenharia Kansei entra como metodologia para incorporar objetividade ao processo de projetar um produto, auxiliando o projetista/*designer* a selecionar melhores alternativas de produto.

As etapas iniciais de um processo de desenvolvimento de produtos que compreendem a análise do problema, projeto informacional, projeto conceitual são as fases em que não há gastos elevados no processo, mas que representam um peso muito grande no custo global do projeto de um produto, visto que nesta fase as decisões tomadas influenciam todo o projeto e, decisões tomadas erroneamente ou que desconsideram informações

relevantes sobre o potencial cliente podem não gerar resultados positivos para organização ou equipe de projeto. A Engenharia Kansei se insere nesse cenário como forma de entender melhor as necessidades dos clientes, expressas em sentimentos e emoções e traduzi-las em requisitos de produto e que por sua vez são traduzidos em requisitos técnicos do produto. As palavras Kansei e os requisitos de propriedade do produto coletados e trabalhados corretamente, através dos tipos de Engenharia Kansei citados podem contribuir de forma positiva para construção de um projeto informacional e posteriormente de um projeto conceitual de produto que estejam alinhados com os requisitos e necessidades do público-alvo, aumentando a probabilidade de sucesso do produto no mercado.

A relação entre as etapas do modelo de Engenharia Kansei de Schütte (2002) e as etapas de planejamento do projeto, projeto informacional e projeto conceitual do PDP de Rozenfeld et al (2006) é mostrada na Quadro 2.

Quadro 2: Relação entre o PDP e o método de Engenharia Kansei

Etapas modelo Rozenfeld et al (2006)	Etapas modelo Engenharia Kansei Schütte (2002)	Características principais
Planejamento do Projeto	Escolha do domínio	Definição do público alvo ou mercado e do produto/serviço a ser desenvolvido
Projeto Informacional	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do campo semântico - Definição do campo das propriedades - Síntese: Relacionamento entre as variáveis 	Relacionamento entre as necessidades/emoções dos clientes com os requisitos de produto
Projeto conceitual	<ul style="list-style-type: none"> -Teste de validade - Construção do modelo 	Validação do produto final e prototipagem com as características básicas do produto

Fonte: Autor

O método Engenharia Kansei, uma vez que trabalha com uma gama de informação relativamente elevada acerca das necessidades dos clientes, pode ser visto como uma

ferramenta importante em um processo de gestão do conhecimento de uma empresa e em especial sobre o conhecimento do mercado e do perfil do público alvo, podendo ser utilizado e/ou adaptado para projetos futuros de diferentes produtos. A EK pode ser entendida em um contexto de Engenharia do Conhecimento, conforme descreve ABEL e FIORINI (2013) a Engenharia do Conhecimento tem objetivo de criar modelos formais de solução de problemas, a partir da racionalização da solução observada. A aplicação de um SEK gera informação que pode ser utilizada para futuras aplicações, proporcionando detecção de padrões de solução de problemas, auxiliando o processo de tomada de decisão para seleção de produtos que respondam às mudanças de mercado.

Além disso, tendo um processo sistematizado de avaliar e selecionar públicos-alvo pode torna-se menos custoso relacionar requisitos tecnológicos que com requisitos de cliente, devido ao ganho de tempo e um conhecimento prévio do comportamento do cliente, que pode até auxiliar na aquisição de novas tecnologias que atendam melhor os requisitos do produto.

3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 APLICAÇÃO DA ENGENHARIA KANSEI TIPO II

3.1.1 ESCOLHA DO DOMÍNIO

A escolha do domínio é a etapa inicial de quaisquer tipos de Engenharia Kansei. Nagamachi e Lokman (2011) descrevem os passos iniciais em identificar o público alvo e a determinação do conceito do produto. Nesta pesquisa estes passos são definidos conjuntamente e delimitados com a escolha do domínio da Engenharia Kansei tipo II.

A equipe pensou em escolher um determinado produto que fosse de uso comum para a população brasileira, ou seja, que não tenha um nicho específico de mercado e que fosse um tipo ou classe de produto que tenha um alto impacto ambiental negativo. Neste sentido, adotou-se como alto impacto ambiental negativo o volume de lixo gerado no Brasil e, a partir disso, selecionar um produto ou classe de produto que seja altamente consumido pela população brasileira e conseqüentemente tenha alto volume de descarte na natureza, além de ser um produto de uso cotidiano.

Dados publicados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Instituto de Defesa do consumidor (IDEC) apontaram que, do volume total de lixo doméstico produzido no Brasil, um terço é representado pelas embalagens, onde cerca de 80% das embalagens

consumidas são descartadas após o primeiro uso (MMA, 2005). Do total de embalagens, Guiné (1997) aponta que, em países industrializados, cerca de 50% do total de embalagens produzidas são para alimentos. Com as informações sobre o volume de lixo e, sendo uma classe de produtos de uso comum, optou-se por trabalhar com embalagem para alimentos.

Existe uma gama elevada de tipos de embalagens para condicionamento de alimentos. Como a pesquisa é realizada no Brasil, especialmente no estado de Minas Gerais e na cidade de Juiz de Fora, onde fica restrito o público alvo da pesquisa, optou-se por selecionar um produto que seja típico do país e especialmente do estado. Conforme Bastos (2009), o doce de leite é um dos produtos alimentícios mais tradicionais de Minas Gerais, além de ser comercializado na forma pastosa em diversos modelos de embalagens e, por esses motivos, a equipe optou por escolher como produto conceito embalagens de doce de leite pastoso.

Um dos principais pontos é que, a Engenharia Kansei Tipo II proposta na pesquisa, por ser um método sistemático, com sequência de atividades bem definida e com técnicas que possibilitam a padronização de coleta e tratamento dos dados e resultados, independe da tipologia do produto, podendo ser aplicada em qualquer situação em que haja necessidade de seleção de alternativas de produtos com base no Kansei dos consumidores.

O item a seguir descreve as embalagens para alimentos, os materiais selecionados para a pesquisa e os critérios ambientais de avaliação para seleção das alternativas de desenho de embalagens e posteriormente uma proposta para cálculo integrado dos critérios ambientais para serem incorporados ao algoritmo genético.

3.1.1.1 EMBALAGENS DE ALIMENTOS

De acordo com a agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA), embalagem de alimento consiste no invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, removível ou não, destinada a cobrir, empacotar, envasar, proteger ou manter, especificamente ou não, matérias-primas, produtos semielaborados ou produtos acabados.

As embalagens podem ser classificadas em dois grandes grupos: As de consumidor final e a industrial. A embalagem de consumidor tem por objetivo principal atrair potenciais compradores nas lojas, enquanto a embalagem industrial está mais relacionada às atividades de logística entre clientes e fornecedores (JORGE, 2013).

Para Kord e Pazirandeh (2008) as embalagens tem a finalidade de conter, proteger,

manusear, identificar e preservar bens materiais desde o fabricante até ao consumidor. Barão (2011) destaca as funções de proteção, conservação, informação e conveniência ou serviço para embalagens de alimentos.

Quanto a classificação, descrita por Barão (2011) as embalagens podem ser rígidas, semirrígidas ou flexíveis, de acordo basicamente com a espessura do material. Com relação à estrutura podem ser classificadas em primária, secundária e terciária ou de transporte. Os principais materiais empregados para fins alimentícios são vidro, os metais, plásticos, celulósicos e materiais compostos. Para esta pesquisa, as embalagens de doce de leite pastoso utilizadas são de vidro, metal (aço) e plástico (polipropileno).

Outra importante função da embalagem é promover a venda do produto, onde não somente é importante para proteção do produto, mas para seduzir o consumidor no ato da compra. Atrair o consumidor não é uma tarefa trivial e trabalha muitos aspectos técnicos e objetivos em conjunto com aspectos subjetivos do emocional humano. Faria e Souza (2008) citam como principais funções objetivas da embalagem de alimentos a proteção e conservação do conteúdo e, como subjetivas as funções de comunicação, criação da identidade do produto, divulgação da marca e o despertar de interesse do consumidor.

Faria e Souza (2008) ainda citam que na atualidade os principais canais de comunicação trabalham com o aspecto visual do produto, onde a visão tem um grande impacto sobre a percepção humana, o que garante grande importância à forma física e rótulo da embalagem como diferenciadores do produto. Esta questão enfatiza um dos principais focos desta pesquisa e também do método de Engenharia Kansei proposto em trabalhar apenas com o aspecto visual do produto, visto a relevância da variável visual na atração entre o produto e o consumidor. Neste contexto, métodos de Engenharia Kansei podem contribuir para melhoria do comércio eletrônico, que executam a venda de um produto como via principal canais Web e outros veículos de comunicação.

3.1.1.2 DESCRIÇÃO DAS EMBALAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA

Para seleção das embalagens a serem utilizadas na pesquisa, realizou-se uma pesquisa de campo para detectar os principais tipos de materiais empregados para embalagens de doce de leite pastoso. Os principais materiais encontrados foram Vidro, Aço e Polipropileno (PP).

Em síntese, embalagens com o corpo de plástico possuem tampa do mesmo material e, embalagens de aço possuem tampa em aço enquanto embalagens com o corpo de vidro possuem geralmente tampa em aço. Os desenhos de algumas embalagens encontradas

no mercado (sendo a maior parte embalagens de doce de leite pastoso e algumas embalagens de outros tipos de alimentos) e que serviram de base para a pesquisa podem ser visualizados no Anexo I.

Os critérios ambientais para cada tipo de material considerados neste trabalho são: índice de emissões de CO₂ da fabricação do material, índice de reciclagem no Brasil, o tempo de decomposição do material na natureza e o retorno econômico da reutilização da matéria-prima (material). A principal justificativa para escolha destes critérios baseia-se no conceito dos 3 R's da Sustentabilidade: Redução na Origem, reutilização e reciclagem. Como descreve Jorge (2013) a redução na origem consiste, dentre outros aspectos, na redução do consumo de material na fabricação através de alteração da forma do produto e/ou na espessura da embalagem. Nesse sentido, a escolha do índice de emissão de CO₂ e do retorno econômico da reutilização baseia-se na métrica de medição, visto que podem ser calculados proporcionalmente com a massa do material de cada embalagem. Além disso, o retorno econômico do reuso está relacionado ao aspecto de reutilização da sustentabilidade. A escolha dos dados sobre reciclagem no Brasil supre o terceiro R da sustentabilidade, de reciclagem e o tempo de decomposição na natureza, assim como os demais critérios, corroboram com um dos principais objetivos ambientais da atualidade, que é a gestão de resíduos na natureza. Materiais que demoram muito tempo para se decomporem na natureza aumentam o volume de resíduos descartados. Além destes critérios serem relacionados à sustentabilidade, são dados numéricos, o que facilita serem incorporados à função de avaliação do algoritmo genético.

Existem muitos outros critérios não somente ambientais, mas também sociais e econômicos que podem ser incorporados como critério de seleção de formas de embalagens a perspectiva de um projeto de produto mais sustentável. A justificativa da não escolha de outros ou mais critérios de seleção, fica como sugestão de trabalhos futuros, uma vez que é necessário um estudo mais aprofundado nesta temática, o que não é o objetivo principal desta pesquisa. A proposta é sugerir um método de como inserir, de forma objetiva, variáveis ambientais para seleção de alternativas de embalagens junto ao um dos métodos consagrados da Engenharia Kansei.

A relação proposta entre os critérios ambientais escolhidos para incorporação na função de avaliação do AG é detalhada no 3.2. Nos próximos itens é feita uma descrição sucinta dos principais materiais de embalagens para doce de leite pastosos encontradas no mercado brasileiro.

3.1.1.3 VIDRO

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida através do resfriamento de uma massa a base de sílica em fusão. Basicamente é composto principalmente por sílica (72%), Sódio (14%) e Cálcio (9%) (CEBRACE, Sem data).

O vidro é considerado um dos principais materiais utilizados em embalagens de alimentos. Pode ser considerado impermeável a gases e totalmente reciclável, sem perda de suas características originais (CABRAL ET AL (1994) apud BARÃO (2011)). Suas principais formas para armazenamento são garrafas, potes e copos, utilizadas respectivamente para líquidos (possui boca pequena), produtos sólidos e/ou pastosos (boca larga que facilita a remoção do produto em porções) e para produtos a serem consumidos em quantidades menores.

De acordo com Akerman (2014) a produção de vidro emite somente CO₂ como gás de efeito estufa e o índice de emissão brasileiro para vidros utilizados em embalagens é de 0,17 Kg de CO₂/Kg de Vidro. O tempo de degradação do vidro na natureza, assim como para outros tipos de materiais, é incerto e depende de muitos fatores. De acordo com Akerman (2014) os tempos aproximados de decomposição do vidro, coletados em diferentes fontes de informação, variam entre 4 mil anos, 1 milhão de anos e indeterminado. O índice de reciclagem do vidro é de 47% no Brasil, sendo transformado principalmente em caco para reutilização (CEMPRE, Sem data). A economia financeira com a reutilização do vidro é de 0,120 R\$/kg (ADEODATO, 2013).

3.1.1.4 AÇO

A utilização do aço para condicionamento de alimentos começou por volta de 1865, nos Estados Unidos, através da fabricação de latas (JORGE, 2013). Nos dias atuais, as latas podem ser fabricadas em folhas de flandres, folha cromada, folha não revestida e folha de alumínio. As principais propriedades do aço para embalagens são resistência à corrosão e resistência mecânica. As latas são divididas em de duas ou três peças. De acordo com Barão (2011) geralmente, as latas de três peças são utilizadas para armazenamento de lácteos e são produzidas em folha de flandres.

A folha de flandres é material ferroso mais usado na fabricação de latas de conserva devido às suas propriedades físicas e a facilidade para soldagem. É um material heterogêneo, constituído basicamente por uma lâmina de aço de baixo teor de carbono, revestida interna e externamente por uma camada de estanho e protegida por uma camada de óleo e de

passivação. O estanho representa menos de 1% do peso em relação aço. (BARÃO, 2011; JORGE, 2013).

Com relação à questão ambiental do aço, O índice de emissão de CO₂ na fabricação do aço depende do tipo de forno utilizado. O setor emite entre 1510 -2200Kg de CO₂/ton de Aço bruto em usinas integradas à coque e entre 450-600 Kg de CO₂/ton de Aço em usinas semi-integradas (ASSUNÇÃO, 2010). O tempo de decomposição do aço na natureza é, em média, de 10 anos para latas produzidas em folha de flandres (RORIZ, 2015). A economia financeira com a reutilização do aço, considerando apenas as latas e tampas, é de 0,127 R\$/kg (ADEODATO, 2013). Quanto à reciclagem, a lata de aço é um dos produtos mais reciclados no Brasil, chegando a um índice de 70% (CEMPRE, Sem data).

3.1.1.5 POLIPROPILENO

Os plásticos vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado de embalagens, principalmente pela substituição pelo vidro e pelas embalagens metálicas. Jorge (2013) aponta principalmente para a vantagem econômica como principal fator de mudanças que, porém, os alimentos perdem no fator proteção comparado aos demais materiais. Os plásticos (nome comercial) ou polímeros (nome técnico) possuem capacidade de modelagem quando sujeitos à maiores temperatura e pressão. De acordo com Barão (2011), são classificados principalmente em termofixos e termoplásticos, sendo este último o principal tipo de plástico empregado para embalagens de alimentos, dentre os quais se encontram o polipropileno (PP) e o polietileno (PE).

O polipropileno é um polímero não transparente (para embalagens em questão), é conhecido com o plástico mais leve e permite variedade na sua forma, durante a fabricação. Possuem propriedades de barreira à umidade e gases e melhores resistências comparadas ao polietileno (BARÃO, 2011; JORGE, 2013).

Com relação aos aspectos ambientais do material, o PP tem índice de emissão de 1,9 1,9 Kg de CO₂/Kg produzido (NATUREWORKS (2010) apud IRAPLAST (Sem data)). Possui índice de reciclagem de 47% no Brasil (ABIPLAST, Sem data) e seu tempo de decomposição na natureza, de acordo com dados da revista mundo estranho, gira em torno de 100 anos. A economia financeira com a reutilização do plástico, como índice geral, é de 1,163 R\$/kg (ADEODATO, 2013).

3.1.2 DEFINIÇÃO DO CAMPO SEMÂNTICO

Para definição das palavras Kansei representativas do domínio, foi realizada pesquisa em diferentes fontes de informação nacionais com intuito de selecionar palavras que representem os sentimentos do consumidor brasileiro relacionados às embalagens, em especial embalagens de produtos alimentícios. As principais palavras/adjetivos que descrevem as emoções ou expectativas do consumidor com relação a embalagem foram: Beleza, Estilo, Conveniência, Saúde, Segurança, Sustentabilidade, Luxo, praticidade, facilidade de uso, Conforto, Proteção ao produto, Diferenciação, Elegância, Ergonomia, Percepção de Qualidade (ABRE- Associação Brasileira de Embalagem, Sem data). Resumindo as principais palavras selecionadas, chega-se às palavras representadas na Quadro 3.

Quadro 3: Palavras Kansei representativas do domínio

K_i	Palavras Kansei
K_1	Bonita
K_2	Prática
K_3	Atraente
K_4	Sustentável
K_5	Segura
K_6	Protetora do Produto

Fonte: Autor

A principal justificativa para seleção destas seis palavras se baseia em uma pesquisa realizada pela ABRE que aponta que um bom *design* influencia a escolha entre produtos semelhantes pela embalagem ser considerada mais **bonita**, **prática** e **atraente** pelo consumidor. A questão **sustentável** das embalagens é uma tendência neste setor econômico (MERINO, 2009) e as funções de **segurança** e **proteção ao produto** são funções essenciais às embalagens de alimentos (BARÃO, 2011).

Na literatura da Engenharia Kansei, Nagamachi e Lokman (2011) sugerem a utilização entre 300 e 600 palavras Kansei para posteriormente serem selecionadas através da participação de consumidores. Schutte (2005) defende a proposta de trabalhar com poucas palavras visto que considera questionários com elevado número de palavras mais susceptíveis ao erro humano. Nesta pesquisa, não foram realizadas entrevistas e/ou aplicação de questionários para seleção de palavras, optando-se por utilizar palavras já conhecidas e

referenciadas em fontes que realizam pesquisas sobre embalagens de alimentos, como a ABRE.

3.1.3 DEFINIÇÃO DO CAMPO DAS PROPRIEDADES

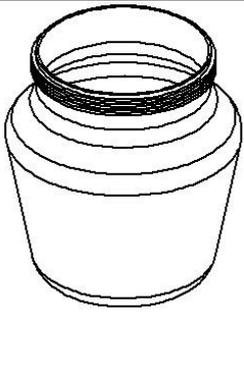
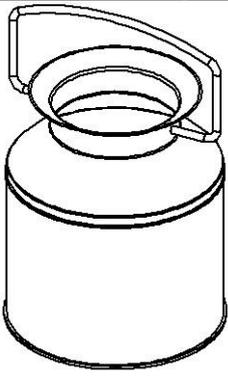
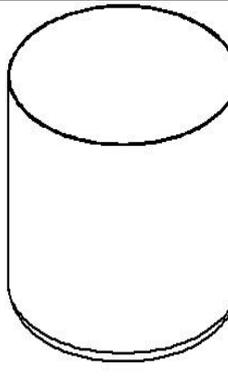
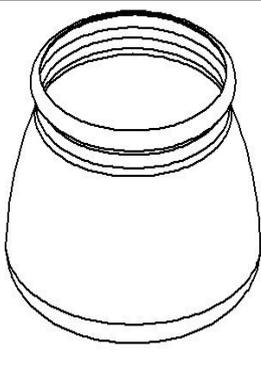
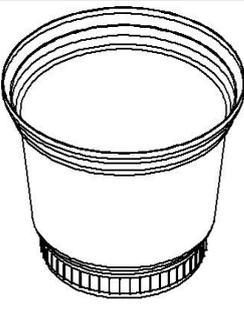
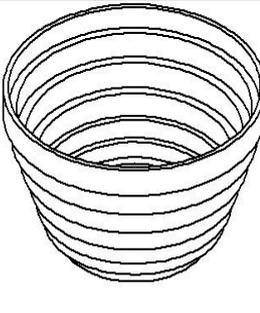
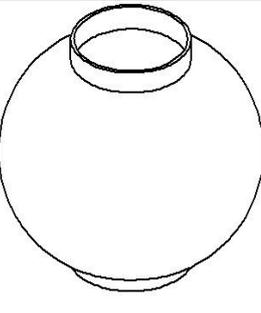
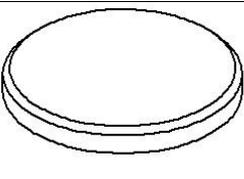
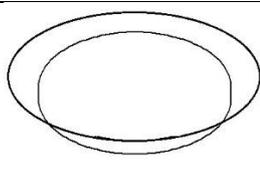
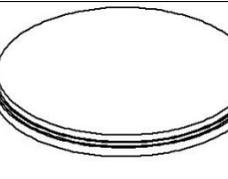
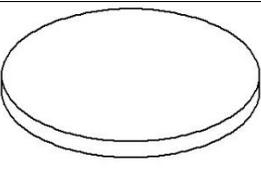
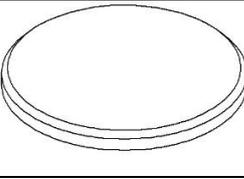
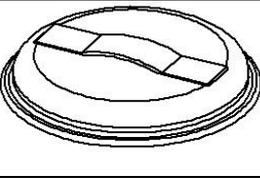
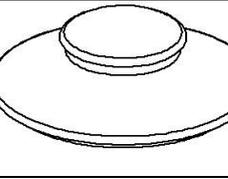
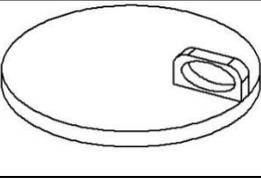
Inicialmente identificou-se os itens básicos que compõe uma embalagem de doce de leite pastoso, verificados a partir de três modelos básicos encontrados no mercado, mostrados na Figura 8. Cada produto é subdividido nos itens corpo, tampa e material.



Figura 8: Exemplos de embalagens básicas e seus respectivos itens
Fonte: Autor

Para definição das categorias de cada item, foi adotada uma classificação morfológica para os itens corpo e tampa, conforme trabalho de Lin et al (2007). As categorias de cada item são mostradas na Quadro 4.

Quadro 4: Categorias selecionadas para cada item do produto

			
x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
			
x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}
			
x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}
			
x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}
Corpo: Aço Tampa: Aço	Corpo: Vidro Tampa: Vidro	Corpo: Vidro Tampa: Aço	Corpo: Polipropileno Tampa: Polipropileno
x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}

Fonte: Autor

Alguns desenhos de embalagens do mercado foram replicados para esta pesquisa. As categorias foram elaboradas com base nestes produtos, com exceção das categorias x_{14} , x_{16} , x_{26} , x_{27} , que são configurações de outros tipos de embalagens (também replicadas de embalagens encontradas no mercado) e as categorias x_{18} , x_{28} , que são modelos desenhos criados pelo próprio autor com intuito de mostrar que a Engenharia

Kansei pode ser utilizada como instrumento para lançamento de novos produtos no mercado. Os desenhos foram elaborados no software SolidWorks e as embalagens tem capacidade de armazenamento de aproximadamente 500g de doce de leite pastoso, visto que é o volume mais comum do produto vendido no mercado.

Definidos os itens e suas variações de categorias, foram selecionados um grupo de produtos que representam a variabilidade de categorias, de acordo com as recomendações propostas por Nagamachi (2011) que são: (1) Um produto da seleção não deve possuir mais que uma categoria para o mesmo item; (2) Não deve haver produtos repetidos na mesma seleção (categorias iguais para os itens); (3) Deve haver, pelo menos, dois produtos participando em uma mesma categoria para o mesmo item. No total, foram elaborados 17 produtos (Quadro 5) que representam o campo das propriedades da embalagem de doce de leite pastoso.

Quadro 5: Representação categórica das embalagens

Produtos/Item	Corpo	Tampa	Material
Embalagem 1	1	1	3
Embalagem 2	2	2	1
Embalagem 3	8	2	1
Embalagem 4	7	7	2
Embalagem 5	5	3	4
Embalagem 6	3	1	3
Embalagem 7	3	4	1
Embalagem 8	4	3	3
Embalagem 9	8	5	2
Embalagem 10	6	4	1
Embalagem 11	1	8	2
Embalagem 12	2	6	1
Embalagem 13	7	8	4
Embalagem 14	5	5	2
Embalagem 15	4	7	1
Embalagem 16	6	5	2
Embalagem 17	3	6	1

Fonte: Autor

Com relação aos aspectos de forma do produto, considerou-se como fator de prioridade que os desenhos das embalagens transpasssem ao entrevistado a ideia do formato da embalagem, com propósito de fazer o entrevistado compreender, através da visualização

das imagens no questionário, que se trata de uma embalagem de doce de leite pastoso formada por um corpo, uma tampa e material bem definidos pela imagem do produto. Outros aspectos do produto como textura, combinação de cores bem como os rótulos, peso e dimensões exatas por exemplo, são desconsiderados neste trabalho.

3.1.4 VARIÁVEL SUSTENTÁVEL NA FUNÇÃO DE AVALIAÇÃO

Com os dados dos materiais de índice de reciclagem no Brasil, tempo de degradação na natureza, índice de emissão de CO₂ e vantagem econômica da utilização do material reciclado, a proposta é relacionar estes dados e normalizá-los para serem considerados como critério de avaliação na função *fitness* do algoritmo genético desenvolvido. A Quadro 6 resume informações sobre cada material e os respectivos valores para cada critério adotado.

Quadro 6: Dados dos critérios ambientais selecionados para pesquisa.

Material	Índice de reciclagem no Brasil	Tempo de degradação na natureza	Índice de emissão de CO₂ Kg co2/Kg material	Vantagem econômica da utilização de insumo reciclado (R\$/Kg)
Vidro	47%	4000	0,17	0,120
Aço	70%	10	1,855*	0,127
Polipropileno	47%	100	1,9	1,163

*Média dos intervalos de emissão de usina integrada a Coque, visto que é o principal processo de produção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).

Fonte: Adaptado pelo autor

A variável ambiental a ser incorporada na função de avaliação do algoritmo genético, aqui chamada de fator \mathcal{M} é calculada com base nos dados da Quadro 6 acima e adotando os seguintes critérios de pontuação:

- Índice de reciclagem no Brasil (IR): Adota-se 1 para o aço que, dentre os materiais, é o que possui maior índice de reciclagem. Soma-se ao fator \mathcal{M} o ponto para cada material que compõe a embalagem;
- Tempo de decomposição na natureza (TD): Adota-se 1 para o vidro que, dentre os materiais, é o que possui maior tempo de degradação na natureza. Subtrai-se do fator \mathcal{M} o ponto para cada material que compõe a embalagem;

- Índice de emissão de CO₂(IE): Como este critério é diretamente relacionado ao volume de material da embalagem, subtrai-se do fator \mathcal{M} o índice de emissão multiplicado pela massa de cada material que compõe a embalagem;
- Vantagem econômica da utilização de insumo reciclado (IVE): Como este critério é diretamente relacionado ao volume de material da embalagem, soma-se do fator \mathcal{M} o índice de emissão multiplicado pela massa de cada material que compõe a embalagem;.

Posteriormente, calcula-se uma ponderação para os índices IE e IVE para cada categoria do produto, com base nas pontuações das demais categorias. Por fim, pondera-se o fator \mathcal{M} pelo volume de material de cada categoria, de forma que produtos com menor volume de material empregado sejam beneficiados. A relação dos índices ambientais ponderados pelos critérios de pontuação adotados é representada pela equação (5), que mostra a expressão denotada como fator \mathcal{M} . Para facilitar a visualização do conteúdo, a equação foi dividida em duas partes (um fator \mathcal{M}_{pt} (Equação 3 para a tampa) e outro \mathcal{M}_{pc} (Equação 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** para o corpo)) e que, posteriormente são omados para compor o fator \mathcal{M} final do produto.

$$\mathcal{M}_{pt} = IR_{pt} - TD_{pt} + M_{pt}(IVE_{pt} - IE_{pt}) / \sum_{i=1}^{tt} M_i (IVE_i - IE_i) \quad (3)$$

$$\mathcal{M}_{pc} = IR_{pc} - TD_{pc} + M_{pc}(IVE_{pc} - IE_{pc}) / \sum_{i=1}^{tc} M_i (IVE_i - IE_i) \quad (4)$$

$$\text{Fator } \mathcal{M}_p = \mathcal{M}_{pc} * (1 - V_{pc} / \sum_{i=1}^{tc} V_i) + \mathcal{M}_{pt} * (1 - V_{pt} / \sum_{i=1}^{tc} V_i) \quad (5)$$

Onde:

\mathcal{M} =Fator de pontuação ambiental do produto

M = Massa da categoria

IR = Índice de reciclagem do material/100

TD = Tempo de decomposição na natureza

IE = Índice de emissão de CO₂

IVE = Índice de vantagem econômica da utilização do insumo reciclado

p = índice do produto

$i=1,2,\dots,tt / tc$ (número total de categorias tampa e categorias corpo, respectivamente)

Este dado é incorporado à função de avaliação do algoritmo genético, que considera a avaliação emocional do consumidor pelo método de EK e com os critérios ambientais ponderados para a seleção do produto final. Não significa que o produto com maior valor de fator \mathcal{M} seja o produto escolhido mas que a decisão no sistema de Engenharia Kansei seja tendenciada à produtos com característica mais sustentável.

Para o cálculo do fator \mathcal{M} , utiliza-se do volume de material empregado em cada categoria utilizada na pesquisa. Os volumes de materiais são valores aproximados, obtidos diretamente do software SolidWorks através das dimensões dos produtos. Os desenhos de cada embalagem podem ser visualizados no APÊNDICE I e o procedimento de cálculo do fator \mathcal{M} para as categorias está detalhado no APÊNDICE II.

A proposta de inserir critérios ambientais através do fator \mathcal{M} tem o objetivo principal de mostrar como se podem incorporar critérios sustentáveis para seleção de alternativas de produtos dentro do método de Engenharia Kansei aplicado. Existe a possibilidade de serem inseridos mais critérios sustentáveis e de serem melhor trabalhados para que a escolha e seleção de produtos seja cada vez mais pautada em critérios que envolvam a sustentabilidade, nos seus âmbitos ambiental, social e econômico.

3.1.5 SÍNTESE

A síntese, como já destacado, é uma das principais etapas da EK, onde ocorre a relação entre as palavras Kansei com os atributos do produto e posteriormente a seleção otimizada da solução/produto que mais se aproxima das emoções do consumidor. Nesta fase, com exceção da aplicação via algoritmo genético, nas demais etapas é ativa a participação do público alvo, via as respostas obtidas através de questionários aplicados.

3.1.5.1 RELACIONAMENTO ENTRE PALAVRAS KANSEI E OS PRODUTOS REPRESENTATIVOS DO DOMÍNIO

Para relacionamento entre as palavras Kansei e os produtos representativos do domínio foi elaborado um questionário, dividido em duas etapas, onde o entrevistado atribui uma nota, em uma escala de 1 a 5, para cada palavra do campo semântico selecionada e, na segunda etapa, atribui-se uma nota na mesma escala para cada produto-síntese, representados na Quadro 5 e no Apêndice I.

Na primeira etapa, como é mostrado na Figura 9, é requisitado do entrevistado o quanto ele considera importante cada palavra kansei para a embalagem de doce de leite.

*** Quanto você considera importante cada qualidade (palavra) para a embalagem?**

	Importância muito baixa	Importância baixa	Importância média	Importância alta	Importância muito alta
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Segura (Risco de acidente)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 9: Primeira etapa do questionário: Avaliação das palavras kansei
Fonte: Autor

Na segunda etapa, o entrevistado avalia cada produto com base nas palavras Kansei, em escala de 1 a 5 pontos. Esta escala foi escolhida com base em exemplos de Nagamachi e Lokman (2011), onde o extremo esquerdo significa que o produto nada se relaciona com a palavra e, no extremo direito, quando o produto é altamente relacionado com a qualidade expressa pela palavra. Para cada produto especificou-se o material do corpo, da tampa e o modo de abertura. Este último foi descrito para que o entrevistado tenha maior percepção ao avaliar o produto à luz das palavras prática e protetora do produto. O modo de abertura não foi considerado como um item do produto, uma vez que implica em inserir restrições ao algoritmo, além de não ser um aspecto diretamente visual do produto como os demais. A Figura 10 mostra exemplo para uma embalagem da pesquisa.

Tampa em aço

Corpo em aço

Modo de abertura: Encaixe



*** Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>				
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>				
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>				
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Figura 10: Segunda etapa do questionário: Avaliação das palavras Kansei em cada embalagem
Fonte: Autor

O questionário foi desenvolvido para aplicação via internet na plataforma *Survey Monkey*, através de envio ao email à potenciais consumidores. O modelo completo está disponibilizado no apêndice III.

As aplicações ocorreram entre os dias 17/03/2016 e 25/03/2016, com um total de 60 respondentes, com 26 (44,1%) do gênero feminino e 34 (55,9%) do gênero masculino. Conforme explicitado no questionário, nenhum dado pessoal dos entrevistados e suas respostas individuais são mencionados nesta pesquisa, sendo os resultados dos questionários trabalhados de forma agregada e sem identificação do respondente.

O tempo de resposta dos entrevistados variou entre o intervalo de 21s e 1h:08m:31s. Para melhor análise dos tempos de resposta, organizou-se os dados em uma Quadro de frequências (Quadro 7).

Quadro 7: Análise dos tempos de resposta dos questionários:

Tempo de resposta (TR)	Quantidade	% na população
0:00 < TR <= 5:00	2	3%
5:00 < TR <= 10:00	25	42%
10:00 < TR <= 15:00	17	28%
15:00 < TR <= 20:00	7	12%
20:00 < TR <= 25:00	2	3%
25:00 < TR <= 30:00	2	3%
TR > 30:00	5	8%
Total	60	100%

Fonte: Autor

Analisando a Quadro é possível observar que 82% dos entrevistados concluíram o questionário entre 5 e 20 minutos e, excluindo os demais intervalos de tempo de resposta, o tempo médio de resposta dos entrevistados foi de 10m:42s. O resultado completo da aplicação dos questionários pode ser visualizado no apêndice IV.

Com os dados coletados, calculou-se a média das avaliações das palavras Kansei em cada resposta dos entrevistados, mostradas na Quadro 8: Pontuação média das palavras Kansei nos produtos representativos do domínio Quadro 8 abaixo:

Quadro 8: Pontuação média das palavras Kansei nos produtos representativos do domínio

Produtos	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Embalagem 1	3,6167	3,5500	3,3500	3,2000	3,0333	3,9667
Embalagem 2	2,8667	3,0000	2,9000	3,0667	3,6500	3,8167
Embalagem 3	2,6833	2,5500	2,6000	2,9000	3,2833	3,6000
Embalagem 4	3,9000	3,5500	3,7167	3,2500	2,7833	3,5000
Embalagem 5	2,3333	3,7500	2,3167	2,2833	3,4667	3,3000
Embalagem 6	3,5333	3,8833	3,3667	3,2833	3,3833	4,0333
Embalagem 7	1,8667	1,8500	1,9667	2,5000	2,9000	3,8000
Embalagem 8	3,6667	3,6833	3,4500	2,9167	3,3167	3,7333
Embalagem 9	2,8000	2,3667	2,8000	3,2167	2,5667	3,6500
Embalagem 10	2,0000	1,7167	1,9333	2,7000	2,9333	3,7000
Embalagem 11	3,7833	3,5833	3,8500	3,3167	3,0833	3,8333
Embalagem 12	2,6500	3,1333	2,7333	2,9833	3,7167	3,7000
Embalagem 13	2,6833	3,6167	2,6500	2,4000	3,6667	3,5000
Embalagem 14	2,6333	3,1333	2,7000	3,1667	2,9167	3,5833
Embalagem 15	2,8667	3,3333	2,9000	3,1500	3,4500	3,4500
Embalagem 16	3,5167	3,2167	3,6167	3,0833	2,9833	3,5167
Embalagem 17	2,3167	3,1333	2,2833	3,1500	3,7667	3,8333

Fonte: Autor

As médias são ponderadas seguindo os pesos para escala de importância da palavra:

1 – Nada, 2 – Um pouco, 3 – Indiferente, 4 – Suficiente, 5 – Muito.

3.1.5.2 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA/PESO DAS PALAVRAS KANSEI

Para determinação do peso das palavras Kansei, foi aplicada a teoria de números *fuzzy* triangulares nos resultados obtidos pela pergunta do questionário “*Quanto você considera importante cada qualidade (palavra) para a embalagem?*”, que podem ser visualizados no APÊNDICE IV. Esta etapa da pesquisa seguiu método de aplicação da teoria *fuzzy* descrita na pesquisa de Chan (1999 apud Ferreira (2012)).

Primeiramente, determinou-se os intervalos de números *fuzzy* triangulares (a_1, a_2, a_3) para cada resposta dos questionários e posteriormente calculou-se a média para cada variável e a média para os dados reais obtidos (*crisp*). Pelos valores médios obtidos e organizados em ordem decrescente de valor, elaborou-se um ranking com a ordem de importância das palavras Kansei. Os resultados estão mostrados na Quadro 9.

Quadro 9: Valores médios atribuídos às palavras Kansei e valores dos intervalos fuzzy triangulares.

Palavras Kansei/ Variáveis <i>fuzzy</i>	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Ranking	6	2	5	4	3	1
<i>Crisp</i>	3,4500	4,3833	3,5667	3,8833	4,1167	4,5333
a_1	2,4833	3,4000	2,6000	2,9000	3,1500	3,5500
a_2	3,4500	4,3833	3,5667	3,8833	4,1167	4,5333
a_3	4,3167	4,8667	4,4333	4,5333	4,5667	4,8167

Fonte: Autor

Analisando somente pelos valores *crisp* palavra K_6 (Protetora do produto) foi a que obteve maior pontuação atribuída pelos entrevistados, seguida da palavra K_2 (Prática).

Através dos números *fuzzy* triangulares médios calculados e ponderados pelo maior valor obtido pelo intervalo superior (a_3) obteve-se os coeficientes de peso para as palavras Kansei, mostrados na Quadro 10. O detalhamento dos cálculos pode ser consultado no Apêndice V.

Quadro 10: Pesos das palavras Kansei

Palavras	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Ranking	6	1	5	4	3	2
Pesos	0,8870	1,0000	0,9110	0,9315	0,9384	0,9897

Fonte: Autor

3.1.5.3 DETERMINAÇÃO DOS SCORES DE CONTRIBUIÇÃO

Os *scores* de contribuição foram obtidos pela teoria de quantificação tipo I, utilizando como dados de entrada os valores médios de cada palavra Kansei (Quadro 8), que representam as variáveis dependentes do modelo. As variáveis independentes do modelo são as configurações dos produtos representativos do domínio, sendo utilizada a configuração mostrada na Quadro 5.

Nesta pesquisa, utilizou-se código da teoria de quantificação tipo I desenvolvido na linguagem R pelo pesquisador Shigenobu Aoki, da Universidade de Gunma, Japão e que é

referenciado por Nagamachi (2011). O código, bem como a função de inserção dos dados da pesquisa estão disponibilizados no anexo II.

Na Quadro 11 constam os scores de contribuição calculados através dos dados obtidos pelas entrevistas efetuadas.

Quadro 11: Scores de contribuição de cada categoria em cada palavra Kansei

Categorias	K1	K2	K3	K4	K5	K6
X1.1	0,1168250	-0,1042580	0,0934580	-0,0424700	-0,2228640	0,0490688
X1.2	0,1834000	0,0957170	0,3101330	0,0408300	0,0854860	0,0781938
X1.3	0,0334250	0,2290420	0,1101580	0,0408300	0,1271360	0,1156688
X1.4	-0,1428210	-0,1214800	-0,0825070	-0,0234690	0,1427150	-0,0659440
X1.5	-0,4416880	0,2123300	-0,4649040	0,0741800	0,0813110	-0,0614687
X1.6	0,3500500	0,2290670	0,3267830	0,0741300	0,1520860	-0,0801562
X1.7	0,0674210	-0,1673310	-0,1083080	-0,2252750	-0,1565720	-0,0505160
X1.8	-0,1833250	-0,4876080	-0,2398920	0,0408300	-0,2728640	-0,0426812
X2.1	0,1260850	0,1374960	0,1056750	0,0596880	-0,0128790	0,0304031
X2.2	0,2081690	0,0803160	0,1591820	0,0586990	0,2295860	0,0419977
X2.3	0,4357310	0,2880170	0,3816410	-0,2426130	-0,0950580	-0,0879840
X2.4	-0,8251810	-1,3363340	-0,8241680	-0,3413010	-0,5537140	0,0836477
X2.5	-0,3148650	-0,2322100	-0,2332930	-0,0931080	-0,1279510	-0,0383992
X2.6	-0,1918560	0,0802910	-0,2575430	0,1419990	0,3046360	0,0211227
X2.7	0,4427270	0,5641510	0,4268100	0,2896480	-0,0234690	-0,1326519
X2.8	0,2766230	0,5343780	0,3583440	0,1735420	0,3428240	0,1010633
X3.1	-0,3577180	-0,2299530	-0,3345030	-0,0906900	0,1013420	-0,0288511
X3.2	0,4653400	0,0325980	0,5079980	0,2111160	-0,2660710	0,0057208
X3.3	0,4492780	0,3961800	0,2606670	0,2082700	0,0396310	0,2097810
X3.4	-0,5852550	0,1290710	-0,4902360	-0,5227790	0,2510360	-0,2279944

Fonte: Autor

Os scores de contribuição indicam o peso, ou parcela de contribuição de cada categoria em cada palavra Kansei (representada pelos valores médios do total de entrevistados). Por exemplo, para a palavra Bonita (K1), a categoria X3.2 é a que, dentre as demais, tem maior peso, conforme as preferências do público entrevistado.

3.1.6 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA NO ALGORITMO GENÉTICO

Para execução do algoritmo genético são necessários os dados de entrada e os parâmetros de inicialização. Os dados de entrada do AG são os *scores* de contribuição das categorias dos produtos, os coeficientes de peso das palavras kansei e um valor ponderado dos critérios ambientais. Os parâmetros de inicialização do algoritmo desenvolvido são a geração de uma população inicial aleatória e seu tamanho, as probabilidades de cruzamento e mutação, o grau de elitismo e total de gerações. A Figura 11 abaixo mostra a tela inicial de

interface para inicialização do algoritmo genético, desenvolvido na linguagem VBA (*Visual Basic Applications*) do Excel para esta pesquisa.

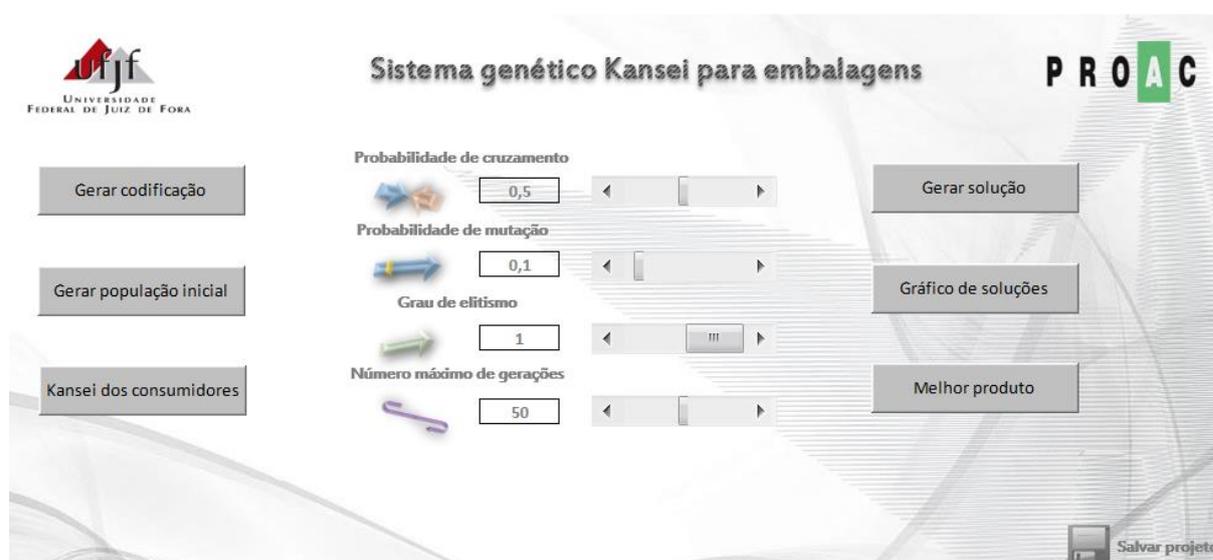


Figura 11: Tela de interface para execução do AG

Fonte: Autor

Outra funcionalidade é a geração de codificação (botão “Gerar codificação”) que gera uma sequência binária para cada categoria do produto, estipulada pelo usuário. O botão “Kansei dos consumidores” reúne os dados de entrada para a função de avaliação. Definidos os dados de entrada e os parâmetros de inicialização, o botão “Gerar solução” executa o algoritmo genético e, após o término da execução, os resultados podem ser visualizados através do gráfico de soluções e a melhor configuração do produto obtida dentre todas as gerações, expressa em codificação binária.

Os itens abaixo, explicam com maior grau de detalhamento a tradução da embalagem de doce de leite pastoso em uma sequência de binários (0 e 1) e as operações de cruzamento e mutação. Posteriormente, a configuração da função *fitness*, ou função de avaliação do AG e, por último, é mostrada uma análise estatística para definir uma boa configuração dos parâmetros para melhoria na busca pela solução ótima do problema.

3.1.6.1 CODIFICAÇÃO BINÁRIA DOS PRODUTOS

Para representação no AG, cada categoria ($x_{11}, x_{12}, x_{21}, \dots, x_{ij}$) pode ser representada por n bits, calculado pela relação $2^n = \text{total de bits de cada produto}$.

Para efeitos de inserção do fator \mathcal{M} no algoritmo, visto que cada categoria pode ser composta dos três tipos de material, o problema possui no total, 24 diferentes categorias trabalhadas no AG para cada item (corpo e tampa). Portanto, a pontuação dos critérios

ambientais para o cálculo do fator \mathcal{M} bem como *scores* de contribuição das variáveis que representam os materiais ficam atribuídos diretamente à cada categoria, sendo o item material não sendo representado diretamente por números binários. Os demais valores dos *scores* de contribuição se repetem, visto que pontuam somente os atributos relativos às formas dos itens. Para ilustrar, uma mesma categoria com forma representada por x_{11} , possui os mesmo valores dos *scores* de contribuição e três diferentes valores do fator \mathcal{M} para três possibilidades de variação do material, ou seja, x_{11} em Vidro, x_{11} em Aço e x_{11} em Polipropileno.

Nesta pesquisa, foi considerada a embalagem de doce de leite pastoso composta por três itens (corpo, tampa, material), sendo o item material ponderado diretamente nas categorias. Portanto, cada produto pode ser formado por 48 variações de categorias, conforme a Quadro 12.

Quadro 12: Resumo de dados para entrada no AG

Item	Número total de categorias	Total de bits para representação no AG (n)
Corpo	24	5
Tampa	24	5
Total	48	10

Fonte: Autor

Uma vez que as embalagens são avaliadas pelos consumidores através de questionários optou-se por trabalhar com um número reduzido de categorias para que pudessem ser representadas por um número pequeno de produtos e consequentemente um questionário menor visto que, muitas opções de desenho de embalagens geram questionários mais extensos, o que ocasiona baixa taxa de resposta (HILL e HILL, 1998). Desta forma, restringe-se o espaço de busca a 256 soluções possíveis.

Para totais de combinações de bits que ultrapassam o valor total de categorias, às combinações excedentes são atribuídos *scores* de contribuição já existentes de forma aleatória. Os pontos de *crossover* são delimitados pelo total de bits representados no AG para cada item do produto. Como exemplo para o item “Corpo”, a troca de cadeias de bits entre pais selecionados para o cruzamento ocorre nos pontos 1 ou 5 e posteriormente para o item “Tampa” a troca de bits ocorre no limite de 6 ou 10 do cromossomo.

3.1.6.2 FUNÇÃO DE AVALIAÇÃO (FITNESS)

A função de avaliação (F) tem o propósito de atribuir uma pontuação para cada embalagem. Essa pontuação é calculada através dos dados de *scores* de contribuição de cada categoria para cada item (Quadro 11), os pesos das palavras kansei (Quadro 10) e os valores ponderados dos critérios ambientais, fator \mathcal{M} (Quadro 6). Os *scores* de contribuição (S) e os pesos das palavras Kansei (K) são expressos em forma de matriz e relacionados conjuntamente, através de multiplicação matricial com uma matriz de população aleatória (P) que é inicializada a cada geração, ou ciclo evolutivo, do algoritmo genético. Posteriormente é somado o valor do fator \mathcal{M} , conforme Equação 6.

$$F_p = P_{pxj} * S_{jxk} * K_{kx1} + \mathcal{M}_p + \text{constante} \quad (6)$$

Onde:

p = referente ao produto em análise ($p=1,2,\dots,\text{tamanho da população}$)

$j=1,2,\dots,8$ (Número de categorias em representação binária)

$k=1,2,\dots,6$ (Número de palavras Kansei)

constante = 20 (para não ocorrência de funções negativas)

3.1.6.2 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

Como destaca Montgomery e Runger (2002), a maioria dos processos podem ser descritos em termos de variáveis controláveis. Aplicando experimentos controláveis, é possível identificar quais variáveis possuem maior influência no desempenho do processo. Os passos básicos de um planejamento são analisar a conjectura, hipótese original que motiva o experimento; o experimento, que é o teste feito para investigar a conjectura; a análise estatística dos dados do experimento e as conclusões. Pinho et al (2007) descrevem com maior detalhamento os passos de Montgomery (2002) em reconhecer e definir o problema, escolher os fatores e seus níveis de variações, selecionar a variável de resposta, escolher o modelo do projeto experimental, executá-lo e analisá-lo estatisticamente, para posteriores conclusões.

Para este trabalho, foram realizadas simulações de execução do algoritmo com o tamanho de cada cromossomo representado por 8 bits e os valores da função de avaliação foram obtidos pelo TQT1 em conjunto com os dados do fator \mathcal{M} (Apêndice II).

Seguindo estes passos a definição do problema consiste em maximizar a função de avaliação do AG. A escolha dos fatores são os parâmetros de entrada ou variáveis

controláveis do AG proposto, que podem ser visualizados na Quadro 13 e a variável de resposta consiste no valor *fitness* (F) da função de avaliação do algoritmo.

Quadro 13: Parâmetros de dados para o AG.

Parâmetros	1	-1
Número de gerações	25	50
Probabilidade de cruzamento	50%	80%
Probabilidade de mutação	0,5%	1%
Grau de elitismo	1	1
Tamanho da população	25	50

Fonte: Autor

Optou-se por realizar o experimento em três níveis para cada parâmetro, mantendo invariável apenas o grau de elitismo e que portanto, para análise dos dados não é calculada sua relação com as demais variáveis e o projeto experimental escolhido é do tipo fatorial completo, pois possibilidade relacionar a interação entre todas as variáveis escolhidas. A representação do planejamento é representada pela Quadro 14.

Quadro 14: Matriz de configuração dos experimentos

Experimentos (2⁴)	Número de gerações	Probabilidade de ruzamento	Probabilidade de mutação	Tamanho da População
1	1	1	1	1
2	1	1	1	-1
3	1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1
5	1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	1
8	1	-1	-1	-1
9	-1	1	1	1
10	-1	1	1	-1
11	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	-1
13	-1	-1	1	1
14	-1	-1	1	-1
15	-1	-1	-1	1
16	-1	-1	-1	-1

Fonte: Autor

Para execução dos experimentos, foram realizadas 10 rodadas independentes para cada cenário, executados em computador Pentium (R) Dual Core 2GHz, memória RAM de 4GB e

sistema operacional de 64 bits. Os resultados da função *fitness* estão resumidos na Quadro 15.

Quadro 15: Médias dos dados de execução do experimento

Experimentos	Médias		Desempenho
	<i>Fitness</i>	Tempo (seg)	Eficácia
4	26,2298	44,9047	100,00%
12	26,2298	75,1865	100,00%
14	26,2298	67,4274	100,00%
16	26,2298	99,2890	100,00%
2	26,1584	37,9870	99,73%
8	26,1289	52,7286	99,62%
13	26,0528	45,9109	99,33%
15	25,7989	47,5595	98,36%
11	25,9282	43,2166	98,85%
9	25,5211	43,1484	97,30%
3	25,2965	22,0998	96,44%
10	25,1926	85,5366	96,05%
1	25,2645	16,9109	96,32%
6	25,1435	40,9564	95,86%
5	25,3734	21,6707	96,74%
7	24,6888	18,8337	94,13%

Fonte: Autor

De posse dos dados acima, calculou-se o efeito que cada fator possui nos resultados de valor *fitness* e dos tempos de execução. Nesta etapa, utilizou-se o software Minitab 17 para análises estatísticas da amostra dos testes. A Figura 12 mostra através do gráfico de pareto os pesos de cada fator nos resultados obtidos.

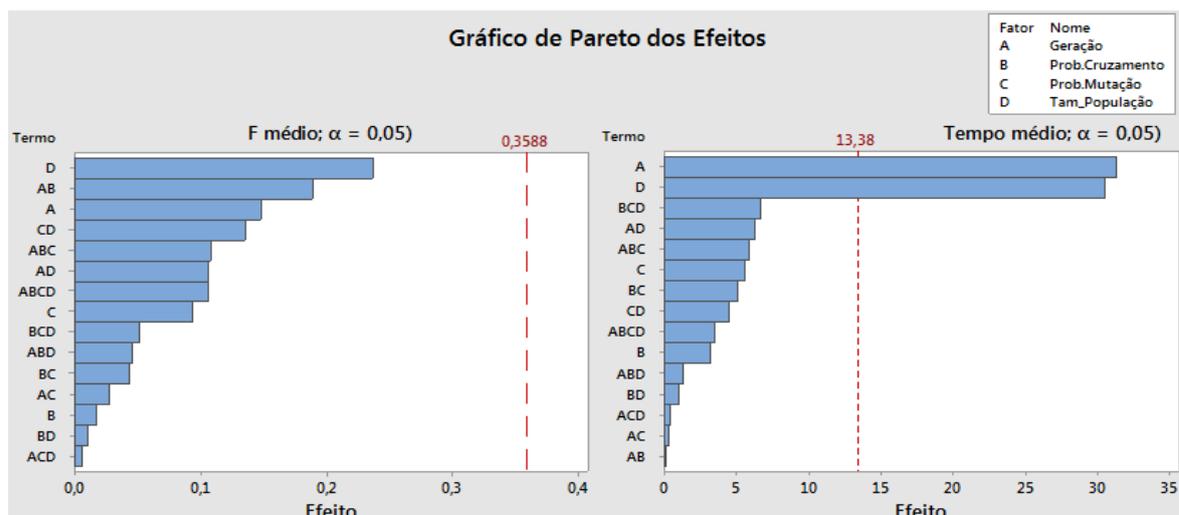


Figura 12: Gráficos de pareto para valor fitness (1) e tempo (2) com nível de significância de 95%.
Fonte: Autor

Observa-se que, para os valores da função de avaliação (F), apesar de todos os fatores e suas combinações estarem abaixo da linha de referência (0,3588), mostrando que não há impacto significativo nos resultados, os fatores “tamanho da população” e “geração*Prob.cruzamento” possuem maior influência nos resultados. Com relação ao tempo médio, os fatores “Geração” e “Tamanho da População” possuem alto impacto nos resultados, ou seja, o tempo de execução do algoritmo é influenciado principalmente por estes dois fatores. A Figura 13 resume os efeitos isolados de cada fator ao mudar de -1 para +1.

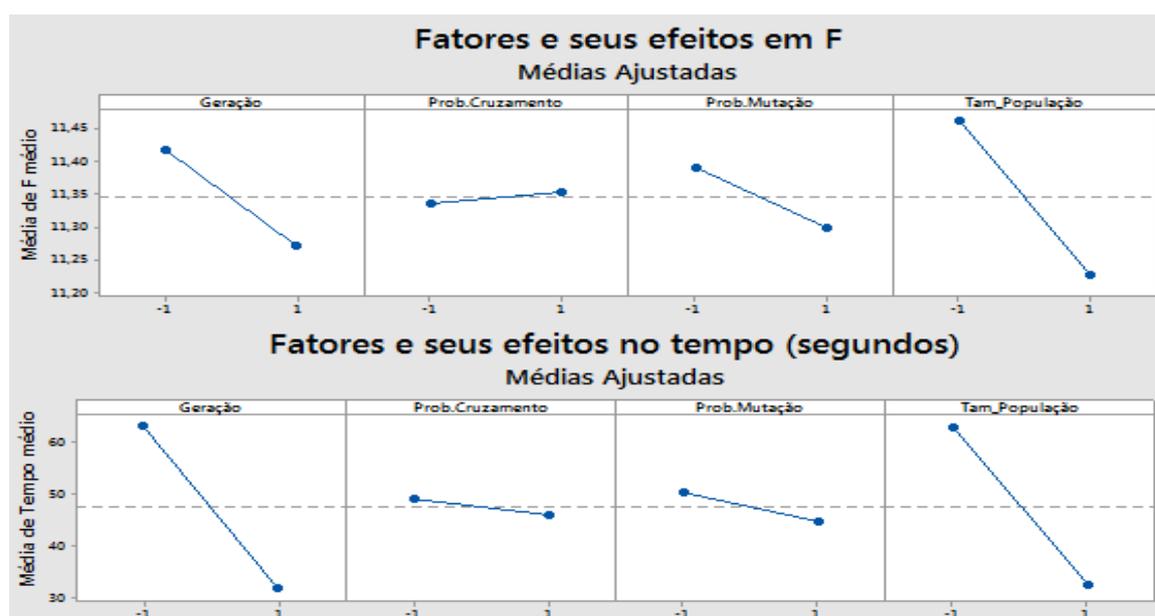


Figura 13: Gráficos dos efeitos de cada fator.
Fonte: Autor

Para os resultados de F, apesar das variações serem relativamente pequenas, a melhor configuração para o problema é executar o AG com 50 gerações e tamanho da população em 50 indivíduos. A diferença entre taxas de cruzamento e mutação pouco contribuem para variação dos resultados. Para os resultados de tempo, observa-se claramente que, quanto maior o número de gerações e o tamanho da população, maior o tempo de execução do algoritmo.

Para este tipo de problema de Engenharia Kansei, como não é necessário obter uma solução em intervalos de tempo curtos como, por exemplo, roteirização de frota de veículos; para execução do algoritmo considera-se apenas o impacto nos resultados na função de avaliação, desconsiderando o impacto na variável tempo de execução e, portanto, a configuração para execução do AG é dada por (Quadro 16):

Quadro 16: Parâmetros iniciais para execução do AG.

Parâmetros	Valor
Número de gerações	50
Probabilidade de cruzamento	50%
Probabilidade de mutação	1%
Grau de elitismo	1
Tamanho da população	50

Fonte: Autor

4. RESULTADOS

Com os dados obtidos foram considerados três cenários distintos para execução do AG. O primeiro cenário, considerando somente o valor da função de avaliação nos moldes da Engenharia Kansei, sem avaliar o impacto ambiental dos produtos. O segundo cenário, executou-se o AG considerando apenas os aspectos ambientais, ou seja, a função de avaliação composta apenas pelos valores do fator \mathcal{M} e, o terceiro e principal cenário, considerando a função de avaliação com os dados Kansei dos entrevistados conjuntamente com os valores do fator \mathcal{M} .

O gráfico abaixo (Figura 14) representa um exemplo de execução dos três cenários no algoritmo.

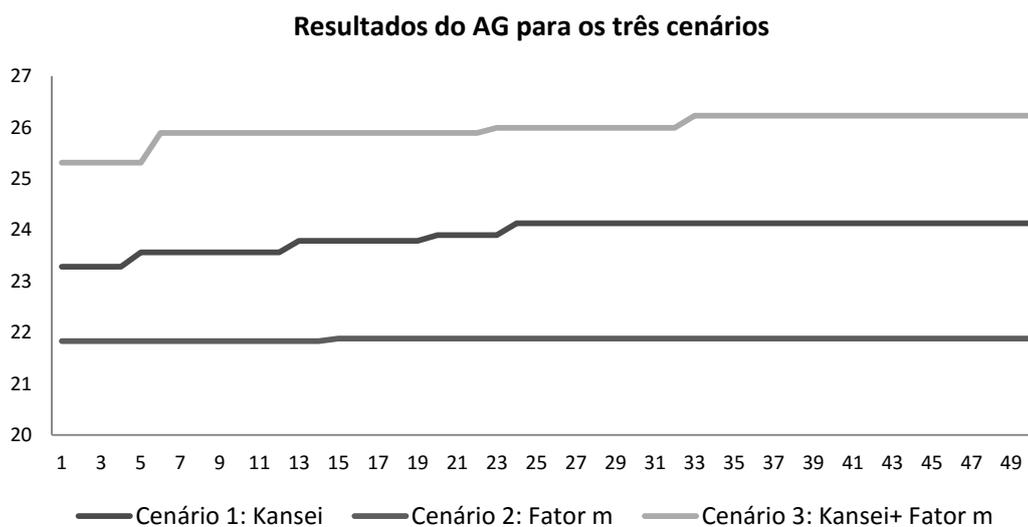


Figura 14: Melhores valores de avaliação para cada geração em cada cenário
Fonte: Autor

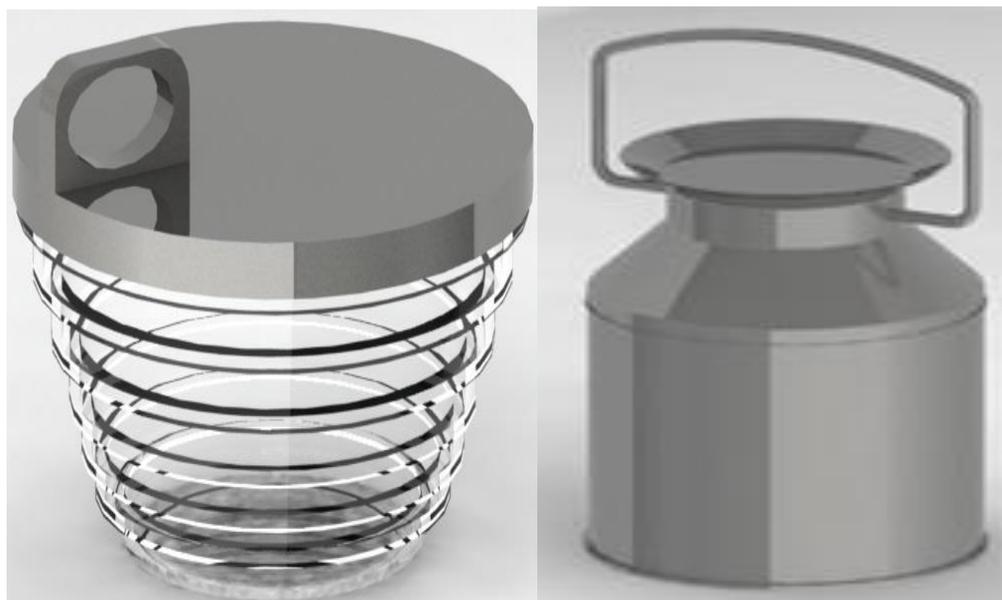
Para cada cenário, foram verificadas todas as combinações possíveis dos produtos para constatar as configurações de desenho ótimas, que foram obtidas pela execução do AG.

Os cromossomos que representam as configurações ótimas, ou seja, com maior valor para a função de avaliação, bem como as respectivas embalagens de doce de leite estão representados na Quadro 17 e Figura 15, respectivamente.

Quadro 17: Representação dos cromossomos e os respectivos números de categoria

Cenário	Gene 1 (Corpo)					Gene 2 (Tampa)					Corpo	Tampa	Material	Fitness
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0				
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	6	8	3	24,1308
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	2	2	1	21,8837
3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	6	8	3	26,2298

Fonte: Autor



Cenários 1 e 3

Cenário 2

Figura 15: Configurações ótimas dos produtos
Fonte: Autor

Observa-se que a embalagem selecionada do cenário 2 é um produto contido no conjunto dos representativos do domínio que foram utilizados nos questionários, enquanto a embalagem dos cenários 1 e 3 é uma nova combinação, com tampa em aço que não foi apresentada no questionário. Para os cenários 1 e 3, permanece a mesma configuração de produto, ou seja, pelos critérios de pontuação adotados para as variáveis sustentáveis e os resultados obtidos pela Engenharia Kansei tipo II, esta obteve maior relevância no resultado final.

Foram realizadas algumas simulações atribuindo pesos ponderados ao fator \mathcal{M} e aos resultados Kansei e, com um peso aproximado de 60% e 30%, respectivamente, as configurações de produto, no que tange à seleção de material, convergem para escolhas semelhantes com o cenário 2, com corpo e tampa de aço.

A tampa selecionada no produto dos cenários 1 e 3, é um desenho que, a princípio é inexistente no mercado de embalagens de doce de leite, sendo proposto neste trabalho. Isso ratifica a possibilidade de inserir novas propostas de formatos de produtos para serem lançados no mercado, através do método de Engenharia Kansei tipo II aplicado neste contexto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho fornece contribuições no sentido de: Inserção da metodologia Engenharia Kansei, através da utilização de um sistema de Engenharia Kansei dentro da abordagem do processo de desenvolvimento de produtos, destacando as melhorias possibilitadas nas etapas iniciais do PDP, devido a maior participação do consumidor no processo, a possibilidade de trabalhar com grande volume e variedade de informações e o relacionamento entre as necessidades dos clientes e os requisitos de produtos, através de técnicas sistematizadas que podem ser aplicadas nos mais variados tipos de produtos. Uma vez que as etapas iniciais do PDP possuem alto impacto nos custos do projeto de um produto e, incertezas e a falta de informação ou a utilização incompleta destas, podem ocasionar retrabalho no processo como um todo, a Engenharia Kansei pode ser vista como um método de apoio para mitigação dos riscos servindo como base informacional para tomada de decisão.

Autores destacam a importância e necessidade de aproximar o cliente do desenvolvimento do produto, porém existem dificuldades em *como* realizar essa integração ou, em outras palavras, como operacionalizar e tornar mais viável esta integração. A Engenharia Kansei, por empregar a coleta e tratamento de dados por meio de técnicas computacionais, que padronizam soluções para problemas, contribui positivamente para melhoria da relação entre consumidor e produtor. Esta contribuição pode ser mais evidente devido á internacionalização do mercado, aumentando a distância entre consumidores e produtores, tornando necessária a utilização de outras alternativas para efetuar a comunicação entre estes (BALLOU, 2006). Neste sentido, a elaboração e implementação de Sistemas de Engenharia Kansei contribuem para este problema, uma vez que a troca e tratamento de dados pode ser realizada virtualmente, auxiliando as organizações a entender melhor as necessidades dos seus clientes.

Outro ponto de contribuição desta pesquisa, não somente na visão dos processos de desenvolvimento de produtos, mas ao método de Engenharia Kansei, é a possibilidade de inserção de variáveis sustentáveis ao modelo desenvolvido. As organizações podem trabalhar concatenada com variáveis de cunho social, ambiental e/ou econômico, de forma sistemática e objetiva na seleção de alternativas de produtos, sem deixar de atender às necessidades do consumidor. A proposta de inserir estas variáveis no processo é uma contribuição desta pesquisa, no intuito de que trabalha todas as variáveis de forma sistemática, possibilitando a geração de produtos mais sustentáveis e que continuem atendendo às expectativas do consumidor.

Foi mostrado na pesquisa a possibilidade de inserção de novas alternativas de formatos de produtos, especialmente de categorias de itens, que são avaliadas pelo consumidor. Esta prática atribui à Engenharia Kansei flexibilidade para avaliar novos produtos no mercado, sem antes mesmo de serem produzidos. Como foi o caso do produto selecionado pelos consumidores entrevistados, em que o item tampa é uma categoria desenhada pelo autor da pesquisa e que, a princípio, não existe embalagem de doce de leite pastoso encontrada no mercado com esta característica. Portanto, gera-se possibilidade de *designers* projetarem novos produtos e testarem a aceitação deste no mercado, sem depender custos adicionais com a fabricação do mesmo e, posteriormente pode se detectar tendências de determinados modelos de produtos que podem ser refinados por estes profissionais.

Por fim, enfatiza-se que um dos pontos mais importantes de contribuição da pesquisa é o emprego do método de Engenharia Kansei, em especial o tipo II. Independente do produto objeto de pesquisa, há pouca necessidade de modificação do método e/ou das técnicas computacionais e matemáticas utilizadas, visto que já são amplamente empregadas em trabalhos relacionados à Engenharia Kansei (NAGAMACHI e LOKMAN, 2011).

Com relação aos pontos positivos e negativos durante o desenvolvimento da pesquisa, cita-se como uma dificuldade a segregação do produto em itens e posteriormente em categorias. Não há na literatura Kansei uma forma direta ou procedimento definido para auxílio na elaboração desta etapa. Autores como Hsiao, Chiu e Lu (2010) e Lin et al (2007) estruturam formas distintas de categorias dos produtos, como foi o caso desta pesquisa.

Pode se dizer que alguns fatores limitam a abrangência de aplicação do método. A utilização de poucas palavras, apesar de serem consideradas como palavras que resumem boa parte das demais, pode haver perda de informação no processo. Por exemplo, a palavra “Luxuosa” não foi utilizada nesta pesquisa e, portanto, não há nenhuma mensuração desta com o produto, apesar de poder ser considerada importante por algum grupo de consumidores. O total de categorias também pode ser considerado um fator limitador dos resultados. Para avaliação de mais alternativas de desenhos de produtos, muitos devem ser inseridos em questionários, o que os tornaria extensos e, como cita Schutte (2005), podem conduzir a erros devido ao cansaço do entrevistado em responder todas as perguntas. Ao se optar por um questionário menor que facilitasse a resposta pelo entrevistado (17 produtos) restringiu-se muito o espaço de soluções possíveis, sendo que “infinitas” possibilidades podem ser facilmente avaliadas pelo método.

Existem muitas alternativas para serem exploradas e com isso agregar mais valor ao tema Engenharia Kansei, no intuito de torna-lo mais eficiente e mais abrangente na aproximação com o consumidor, principalmente com relação às “restrições” ao tamanho de dados de entrada no processo, que são providos nesta pesquisa pelas palavras Kansei e os *scores* de contribuição. No tópico a seguir, são descritas algumas sugestões de trabalhos futuros acerca dos resultados desta dissertação e possibilidades para evolução de Sistemas de Engenharia Kansei para se tornarem mais completos, no intuito de trabalhar com mais variáveis e mais abrangentes, com a possibilidade de atingir um maior público possível de consumidores.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem muitas possibilidades para pesquisas utilizando métodos da Engenharia Kansei na área de desenvolvimento de produtos. Para esta pesquisa, em termos de aplicação de outros tipos da Engenharia Kansei, bem como a combinação entre estes tipos (Sistemas Híbridos de Engenharia Kansei) ficam como sugestões para trabalhos futuros:

Aplicação da Engenharia Kansei tipo III (Sistema de Engenharia Kansei matemático): Uma proposta é a modelagem matemática das emoções dos consumidores para a formulação de uma função de avaliação do AG. Esta função pode considerar mais sentidos os quais o ser humano expressa suas emoções e sentimentos. Para o doce de leite, considerar aspectos como o olfato e o paladar para trabalhar com o produto doce de leite em si, o aspecto visual que contemple não somente o formato da embalagem, mas o rótulo e suas configurações, as possibilidades de cores das embalagens, rótulos e do produto doce de leite em si. Também é possível pensar em trabalhar o sentido do tato, para uma melhor apreciação da textura, peso e volumetria da embalagem por exemplo. Outros fatores que não somente os sentidos do corpo, mas que são estudados pelo Marketing podem ser considerados. Menezes (2010) cita por exemplo fatores cultural e social das pessoas ao optarem por determinado tipo de produto, seja pelo status, ou pelo convívio em determinados grupos de pessoas são fatores que podem influenciar no sucesso de um produto no mercado.

Uma aplicação possível também para o tipo III é modelar o problema para que as seleções de alternativas de produto sejam baseadas em alterações diretamente nas formas do produto, não selecionando formatos pré-estabelecidos, com é o caso desta pesquisa. Por exemplo, uma determinada categoria do item corpo ter seu formato/estrutura modificado

diversas vezes (tornando-o menos ou mais curvilíneo, mais quadrático ou mais arredondado), seguindo as emoções do consumidor.

Aplicação da Engenharia Kansei tipo V (Sistema de Engenharia Kansei colaborativo): Uma proposta é desenvolver uma metodologia para coleta dos dados Kansei dos consumidores via internet. Com isso os *scores* de contribuição e o peso das palavras podem ser valores dinâmicos, bem como a variedade de produtos pode ser aumentada e atingir um público maior de pessoas. Tendências de *design* e outras características dos produtos poderiam ser observadas em tempo real, provendo às organizações melhoria no processo de tomada de decisões no desenvolvimento de produtos, com maior precisão sobre as necessidades do mercado. Esta aplicação pode contornar uma restrição apontada nesta pesquisa sobre o tamanho dos questionários, existindo a possibilidade de serem aplicados constantemente e de forma fracionada.

Uma sugestão de melhoria da pesquisa sobre as variáveis sustentáveis consideradas seria progredir com os métodos de avaliação destas variáveis nos produtos, incorporando mais critérios de caráter econômico, social e ambiental; bem como a relação entre estes. Nesta pesquisa, como o foco principal é mostrar a possibilidade de inserção destes critérios, um método para avaliação das questões sustentáveis não foi aprofundado, seguindo como uma sugestão para trabalhos futuros.

Trabalhar com a variável preço, com intuito de conhecer até que ponto o consumidor estaria disposto a pagar pelo aspecto visual de um produto ou pelo o quanto este produto é considerado “sustentável”, por exemplo. Pode ser um ponto específico a ser trabalhado em pesquisas futuras, incorporando esta variável nos tipos de Engenharia Kansei e nos critérios sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

200 grandes exemplos de projetos criativos para embalagens. *Design*. Disponível em: <<https://www.siteparaempresas.com.br/blog/?p=4489>>. Acesso em 10/02/2016.

ABEL, Mara; FIORINI, Sandro Rama. **Uma revisão da Engenharia do Conhecimento. Evolução, Paradigma e Aplicações.** International Journal of Knowledge Engineering and Management. V. 2, N. 2, p 1-35, Florianópolis, Março a Maio de 2013.

ADEODATO, Sérgio. **CEMPRE Review.** CEMPRE- Compromisso Empresarial para a reciclagem. São Paulo, 2013.

Associação Brasileira de embalagem (ABRE). **Valor do Design.** Disponível em <<http://www.abre.org.br/comitesdetrabalho/design/valor-do-design/>>. Acesso em 10/02/2016.

Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST). Perfil 2012: **Indústria Brasileira de transformação de material plástico.** Disponível em <http://file.abiplast.org.br/download/estatistica/perfil2012_versao_eletronica.pdf>.

AGUADO, A. G.; CANTANHEDE, M. A. **Lógica Fuzzy.** 2010. Disponível em: <http://www.ft.unicamp.br/liag/wp/monografias/monografias/2010_IA_FT_UNICAMP_logicaFuzzi.pdf>. Acesso em: 31 Março de 2016.

A importância da embalagem do produto. *Marketing*. Disponível em: <<http://casadaconsultoria.com.br/a-importancia-da-embalagem-do-produto/>>. Acesso em 10/02/2016.

A influência da embalagem na hora da compra. Disponível em <<http://zoommais.com.br/blog/index.php/maisdesign/influencia-da-embalagem-na-hora-da-compra/>>. Acesso em 10/02/2016.

AKERMAN, Mauro. **Indústria do Vidro.** Núcleo de estudos de economia de baixo carbono. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Legislação específica de alimentos: embalagem. Brasília, DF, [200-?]. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/embalagens.htm>>. Acesso em: 12 Janeiro 2016

ASSUNÇÃO, Fernando Cosme Rizzo (Supervisor) et al. **Siderurgia no Brasil 2010-2025; subsídios para tomada de decisão.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, 2010.

AUGUSTO, Alexandre. **A importância da embalagem para um produto ou marca.** Disponível em <<http://agenciarcara.com.br/blog/a-importancia-da-embalagem-para-um-produto-ou-marca/>>. Acesso em 15/02/2016.

BALDUINO, M. A. **Aplicação da metodologia de Engenharia Kansei na análise de consumo de chás.** Universidade do Porto. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências do consumo) - Faculdade de Ciências, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do território, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial.** Bookman Companhia Ed, 2006.

BARÃO, Mariana Zanon. **Dossiê técnico. Embalagens para produtos alimentícios.** Serviço Brasileiro de respostas técnicas – BRT. Brasil, Agosto de 2011.

BASTOS Claudilene Cristina Bering. **Culinária Mineira - Tradição e Saúde.** Belo Horizonte: SESC Minas Gerais, 2009.

BELINKY, Aron; MATTAR, Hélio. **Rumo à Sociedade do Bem-Estar: Assimilação e Perspectivas do Consumo Consciente no Brasil – Percepção da Responsabilidade Social Empresarial pelo Consumidor Brasileiro**. Pesquisa Instituto Akatu 1ª edição. São Paulo, 2013.

BLICKLE, T. **Theory of Evolutionary Algorithms and Application to System Synthesis**. Dissertação de doutorado, Swiss Federal Institute of Technology, Zurique, Suíça, 1996.

BROEK, Pim van den; NOPPEN, Joost. **Fuzzy Weighted Average: Alternative approach**. Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science. University of Twente, Netherlands, 2006.

BUSS, Carla de Oliveira; CUNHA, Gilberto Dias. **Modelo referencial para o processo de desenvolvimento de novos produtos**. XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, Salvador, 2002.

CEBRACE. **A composição do vidro**. Disponível em <http://homolog.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/a-composicao-do-vidro>. Acesso em 15/01/2016.

Compromisso Empresarial com a Reciclagem (CEMPRE). **Ficha técnica: Vidro**. Disponível em: http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro_CEMPRE_2010>. Acesso em 15/12/2015.

Compromisso Empresarial com a Reciclagem (CEMPRE). **Ficha técnica: Latas de aço**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/1/latas-de-aco>>. Acesso em 15/12/2015

CHAER, Galdino; DINIZ, Rafael Rosa Pereira; RIBEIRO, Elisa Antônia. **A técnica do questionário na pesquisa educacional**. Evidência, Araxá, v. 7, n. 7, p. 251-266, 2011.

CHAN, F.T.S., CHAN, H.K., CHOY, K.L. **A systematic approach to manufacturing packaging logistics, Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering**, The University of Hong Kong (2005).

CHOU, Jyh-Rong. **Applying Fuzzy Linguistic Preferences to Kansei Evaluation**. International Conference On Kansei Engineering And Emotion Research. Linköping, Sweden, 2014.

DUTRA, Adriana Conceição; LOPES, Claudimar de Souza; GARCIA, Mere Helen. Marketing de novos produtos lançamento e inovação. III Encontro Científico e Simpósio de Educação Unisalesiano. **Educação e Pesquisa: a produção do conhecimento e a formação de pesquisadores** Lins, 17 – 21 de outubro de 2011.

FALLER, Roberto da Rosa. Engenharia e Design: **Contribuição ao estudo da seleção de materiais no projeto de produto com foco nas características intangíveis**. Dissertação de mestrado em Engenharia. Faculdade de Engenharia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FARIA, Marcos Arêas de, SOUZA, Caissa Veloso. **A influência da embalagem no composto de marketing**. IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão: Responsabilidade Sócio Ambiental das Organizações Brasileiras. Niterói, Agosto de 2008.

FARIA, Adriana Ferreira de; PINTO, Ana Carolina de Abreu; RIBEIRO, Maressa Nunes; CARDOSO, Tatiane Silva; RIBEIRO, João Paulo. **Processo de Desenvolvimento de novos produtos: Uma experiência didática**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, Outubro de 2008.

FERREIRA JUNIOR, L. D. **Sistema de Engenharia Kansei para apoiar a descrição da visão do produto no contexto do Gerenciamento ágil de Projetos de produtos manufaturados**. Universidade de São Paulo, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FRANCISCO, Daniela Oliveira. **Aplicação de algoritmos bio-inspirados ao problema de geração automática de grades horárias**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. USP São Carlos. São Carlos, 2013.

FUNG, K. Y.; CHAN, K. Y.; KWONG, C. K.; Dillon, T. S. **An intelligent fuzzy regression approach for affective product design that captures nonlinearity and fuzziness**. Journal of Engineering Design, 22(8), 523-542, 2011.

GUIMARÃES, Frederico G.; RAMALHO, Marcelo C. **Implementação de um Algoritmo Genético**. Relatório Técnico - disciplina Otimização, PPGEE/UFMG. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~jramirez/disciplinas/otimizacao/t1.pdf>>. Acesso em: abril/2015.

GUINÉ, Raquel P.F. **A embalagem alimentar no contexto da política ambiental** (1997). Disponível em <http://www.ipv.pt/millennium/ect7_rg.htm.1997>. Acesso em 20/02/2016.

HAYASHI, Chikio. **On the Quantification of Qualitative Data from the Mathematico-Statistical Point of view (An Approach for Applying this Method to the Parole prediction)**. The Central training Institute of Correction and Rehabilitation Personnel, 1950.

HERNÁNDEZ, F. A. J. **Desenvolvimento de Uma Sistemática para a Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 1996.

HILL, Manuela Magalhães; HILL, Andrew. **A construção de um questionário**. Dinâmia: Centro de estudos sobre a mudança socioeconômica. Lisboa, Portugal; Outubro de 1998.

HOLLAND, J. H. (1975/1992). **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. Cambridge, MA: MIT Press. Second edition (First edition, 1975).

HSIAO, Shih-Wen; CHIU, Fu-Yuan Chiu; LU, Shu-Hong. **Product-form design model based on genetic algorithms**. International Journal of Industrial Ergonomics, v.40, p237-246. Taiwan, 2010.

HUANG, Ming-Shyan; TSAI, Hung-Cheng; HUANG, Tzu-Hua. **Applying Kansei engineering to industrial machinery trade show booth design**. International Journal of Industrial Ergonomics. p 72-78, 2011.

HYUNH, Van-Nam; NAKAMORI, Yoshiteru; YAN, Hongbin. **A comparative study of target-based evaluation of traditional craft patterns using Kansei data**. Lecture Notes in Computer Science. P 160-173, 6291/2010.

IRAPLAST. Apresentação Plástico Bidegradável. Disponível em: <http://www.iraplast.com/presentations/apresentacao-bioplastico.pdf>. Acesso em 15/01/2016.

JORGE, Neuza. **Embalagens para alimentos**. Universidade Estadual Paulista. Editora: Cultura acadêmica 194 p. São Paulo, 2013.

KIM, Hee-Su; CHO, Sung-Bae. **Application of interactive genetic algorithm to fashion design**. Engineering applications of artificial intelligence, v. 13, n. 6, p. 635-644, 2000.

KORD, H. K.; PAZIRANDEH, A. **Comparison of Different Packaging Materials and Solutions on a Cost Basis for Volvo Logistic Corporation**. (Doutorado em Logística) Institution en Ingenjorshogskolan. Boras, 2008.

LIN, Yang-Cheng, LAI, Hsin-Hsi, YEH, Chung Hsing. **Consumer – Oriented product form design based on fuzzy logic: A case study of mobile phones**. International Journal of Industrial Ergonomics, 37, 531-543, 2007.

LOKMAN, A.M., **Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology**, Malaysian Journal Of Computing (MJOC), Vol. 1, pp 1-12. 2011, UPENA.

MENEZES, Valdelício. **Comportamento do consumidor: fatores que influenciam o comportamento de compra e suas variáveis**. Setembro de 2010. Disponível em <http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/comportamento-do-consumidor-fatores-que-influenciam-o-comportamento-de-compra-e-suas-variaveis/47932/>. Acesso em 04/04/2016.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz et al. **A incorporação do design na aquicultura familiar com foco na sustentabilidade**. Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí, III, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Manual de Educação para o consumo sustentável. Brasília-DF (2005). Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/arquivos/8%20-%20mcs_lixo.pdf. Acesso em 20/01/2015.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. R. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**, 2007. Tradução e revisão técnica Verônica Calado. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NAGAMACHI, M (Ed). **Kansei/Affective Engineering**. New York: CRC Press, 2011.

NAGAMACHI, M.; LOKMAN, A.M. **Innovations of Kansei Engineering**. New York: CRC Press, 2011.

PAPPA, Gisele Lobo. **Seleção de Atributos utilizando Algoritmos Genéticos Multiobjetivos**. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) - Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

PAVLACKA, Ondrej; TALASOVÁ, Jana. **Application of the Fuzzy Wighted Average of Fuzzy Numbers in Decision Maling Models**. Department of Mathematical Analysis and Applied Mathematics, Faculty of Science, Palacký University, Olumouc, Cezech Republic, 2007.

PINHO, Alexandre Ferreira; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra; MARINS, Fernando Augusto Silva. **Análise da aplicação de projeto de experimentos nos parâmetros dos algoritmos genéticos**. *Sistemas & Gestão*, v. 2, n. 3, p. 314-325, setembro a dezembro de 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª edição, Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RENTERÍA, Alexandre Roberto. **Estimação de probabilidades fuzzy a partir de dados imprevistos**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Setembro de 2006.

ROMEIRO FILHO, Eduardo, coord; FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 376 p.

RORIZ, Jorge. **Período de decomposição do lixo**. Dezembro de 2015. Disponível em: <http://jorgeroriz.com.br/periodo-de-tempo-de-decomposicao-do-lixo/>. Acesso em 9/01/2016.

ROZENFELD, H et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALES, Anne Marcelle Guimarães, NAVEIRO, Ricardo Manfredi. **Modelo de processo de desenvolvimento de produtos e ciclo de vida de projetos do guia PMBOK - uma análise comparativa**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, Outubro de 2010.

SANTOS, C. R. dos.; BRASIL, V. S. **Envolvimento do Consumidor em Processos de Desenvolvimento de Produtos: um Estudo Qualitativo Junto a Empresas de Bens de Consumo**. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 3, jul-set, 2010.

SLACK, Nigel & CHAMBERS, Stuart & JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2 a ed. São Paulo: Atlas. 2002.

SOUZA, Osmar do Nascimento. Projeto de Pesquisa: **Teoria e Aplicações de Memórias Associativas Morfológicas Nebulosas**. Departamento de Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Março de 2010.

SCHÜTTE, S. T. W. **Engineering emotional values in product design: Kansei engineering in development**. Linköping Universitet, 2005. 106 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica), Instituto de tecnologia, Linköping Universitet, Linköping, Suécia 2005.

SCHÜTTE, Simon. **Designing Feelings into Products. Integrating Kansei Engineering Methodology in Product Development**. Linköping Studies in Science and Technology. Thesis No. 946, ISBN: 91- 7373-347-4 ISSN: 0280-7971, 2002.

SCHUTTE, Simon. EKLUND, J; ISHIHARA, S; NAGAMACHI, M. **Affective meaning: The Kansei engineering approach**. In: SCHIFFERSTEN, H. N. J.; HEKKERT, P (eds.). Product experience: A multidisciplinary approach. New York, Elsevier, 2008.

TSAI, Hung-Cheng; HSIAO, Shih-Wen. **Evaluation of alternatives for product customization using fuzzy logic**. International Journal of Information Science. N° 158, p. 233-262. 2004

ULRICH , K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development**. Mc Graw Hill, New York, 2004.

USHADA, Mirwan; OKAYAMA, Tsuyoshi; SUYANTOHADI, Atris; KHURIYATI, Nafis; MURASE, Haruhiko. **Daily Worker evaluation model for SME-Scale Food Production System using Kansei Engineering and Artificial Neural Network**. International Journal of Agriculture and Agricultural Science Procedia. P 84-88, 2015.

ZHAI, Lian-Yin; KHOO, Li-Pheng; ZHONG, Zhao-Wei. **A dominance-based rough set approach to Kansei Engineering in product development**. Expert Systems with Applications, v.36, p393-402, 2009.

ZHANG ,Guangqian; YU Enshui. **A Novel Personalized Recommendation Method in E-business Based on Kansei Image**. International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering, Ji'nan, China, April 2015.

YEN ,Chien-Cheng, HEH ,Tzeng-Yuan, CHEN Der-Wei .**Using Kansei Engineering and Fuzzy Theory to Build the Linguistic Variables Model for Vehicle's Configuration Design**. Journal of C.C.I.T., vol.38, no.1, nov., 2009.

APÊNDICE I: PRODUTOS REPRESENTATIVOS DO DOMÍNIO

APÊNDICE II: MÉTODO DE CÁLCULO DO FATOR M

Volumetria das embalagens calculada pelo software SolidWorks. Com a densidade de cada material, calcula-se a massa (em gramas) de cada embalagem representativa do domínio, com as respectivas categorias.

Item Corpo			MASSA (gramas)		
Embalagem	Categoria	Volume	AÇO	VIDRO	PLÁSTICO
1	1	1,5430	12,0819	3,8576	1,3116
2	2	0,7515	5,8842	1,8787	0,6388
3	8	1,1515	9,0165	2,8788	0,9788
4	7	1,2385	9,6972	3,0962	1,0527
5	5	1,0699	8,3771	2,6747	0,9094
6	3	1,2348	9,6686	3,0870	1,0496
7	3	1,2348	9,6686	3,0870	1,0496
8	4	1,1710	9,1692	2,9276	0,9954
9	8	1,1515	9,0165	2,8788	0,9788
10	6	1,1246	8,8055	2,8115	0,9559
11	1	1,5430	12,0819	3,8576	1,3116
12	2	0,7515	5,8842	1,8787	0,6388
13	7	1,2385	9,6972	3,0962	1,0527
14	5	1,0699	8,3771	2,6747	0,9094
15	4	1,1710	9,1692	2,9276	0,9954
16	6	1,1246	8,8055	2,8115	0,9559
17	3	1,2348	9,6686	3,0870	1,0496

Item Tampa			MASSA (gramas)		
Embalagem	Categoria	Volume	AÇO	VIDRO	PLÁSTICO
1	1	0,0934	0,7311	0,2334	0,0794
2	2	0,0293	0,2290	0,0731	0,0249
3	2	0,0293	0,2290	0,0731	0,0249
4	7	0,2298	1,7990	0,5744	0,1953
5	3	0,3062	2,3976	0,7655	0,2603
6	1	0,0934	0,7311	0,2334	0,0794
7	4	0,0791	0,6196	0,1978	0,0673
8	3	0,3062	2,3976	0,7655	0,2603
9	5	0,2292	1,7950	0,5731	0,1949
10	4	0,0791	0,6196	0,1978	0,0673
11	8	0,0845	0,6619	0,2113	0,0719
12	6	0,2344	1,8355	0,5861	0,1993
13	8	0,0845	0,6619	0,2113	0,0719
14	5	0,2292	1,7950	0,5731	0,1949
15	7	0,2298	1,7990	0,5744	0,1953
16	5	0,2292	1,7950	0,5731	0,1949
17	6	0,2344	1,8355	0,5861	0,1993

Material	Índices critérios sustentáveis				Densidade (g/cm ³)
	Reciclagem no Brasil	Emissão de CO ₂	Retorno financeiro do reuso	Tempo de decomposição	
Vidro	0,67	0,17	0,12	1	2,5
Aço	1	1,855	0,127	0,0025	7,83
Polipropileno	0,67	1,90	1,163	0,025	0,85

A Quadro final com o cálculo do fator \mathcal{M} para cada categoria dos itens corpo e tampa é mostrada abaixo. Observa-se que as categorias em aço possuem maiores valores de fator \mathcal{M} , seguidas pelas categorias em polipropileno e posteriormente o vidro, o que indica que as embalagens mais sustentáveis a serem escolhidas tendem a serem compostas por corpo e tampa de aço.

Categoria	Fator \mathcal{M}		
	Aço	Vidro	Polipropileno
X11	0,8065	-0,3177	0,6113
X12	0,9028	-0,3240	0,6285
X13	0,8436	-0,3201	0,6180
X14	0,8513	-0,3207	0,6194
X15	0,8637	-0,3215	0,6216
X16	0,8570	-0,3210	0,6204
X17	0,8431	-0,3201	0,6179
X18	0,8537	-0,3208	0,6198
X21	0,9447	-0,3243	0,6317
X22	0,9808	-0,3282	0,6408
X23	0,8292	-0,3114	0,6016
X24	0,9527	-0,3252	0,6337
X25	0,8702	-0,3161	0,6124
X26	0,8674	-0,3157	0,6117
X27	0,8699	-0,3160	0,6123
X28	0,9496	-0,3249	0,6329

As categorias em vidro possuem pontuações mais baixas devido, especialmente ao critério de tempo de decomposição na natureza, visto que seu valor é consideravelmente superior aos tempos do aço e do polipropileno.

APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO PARA COLETA DOS KANSEI DOS CONSUMIDORES

ASSUNTO:

Pesquisa sobre designs de embalagens

MENSAGEM:

Seleção de formatos de embalagens

Você está participando de uma pesquisa do programa de pós graduação em Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Esta pesquisa tem o objetivo de selecionar alternativas de embalagens de doce de leite que mais atendam às expectativas/emoções do cliente através de práticas de inteligência computacional.

As respostas são anônimas e nenhum dado pessoal é utilizado nesta pesquisa.

O questionário é bem rápido, as perguntas são diretas e de múltipla escolha!

Somos imensamente agradecidos pela sua contribuição!

Iniciar questionário

Não encaminhe este email, pois este link de questionário é exclusivo para a sua conta.
[Clique aqui para cancelar](#) o recebimento de questionários deste remetente

Desenvolvido pela  SurveyMonkey


PROAC

Seleção de formatos de embalagens

* **Gênero**

Feminino

Masculino

* **Quanto você considera importante cada qualidade (palavra) para a embalagem?**

	Importância muito baixa	Importância baixa	Importância média	Importância alta	Importância muito alta
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Segura (Risco de acidente)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tampa em aço
Corpo em vidro
Modo de abertura: Rosca



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Encaixe



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Encaixe



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em vidro
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em plástico
Corpo em plástico
Modo de abertura: Rosca



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada pouco	Indiferente	Suficiente	Muito	
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em vidro
Modo de abertura: Rosca



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada pouco	Indiferente	Suficiente	Muito	
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Abridor
de latas



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada pouco	Indiferente	Suficiente	Muito	
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em plástico
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada pouco	Indiferente	Suficiente	Muito	
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em vidro
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Abridor de latas



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em vidro
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Encaixe



* **Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?**

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em plástico
Corpo em plástico
Modo de abertura: Rosca



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>				
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em vidro
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>				
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Encaixe



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em vidro
Corpo em vidro
Modo de abertura: Pressão



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Tampa em aço
Corpo em aço
Modo de abertura: Rosca



* Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

	Um				
	Nada	pouco	Indiferente	Suficiente	Muito
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Prática	<input type="radio"/>				
Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sustentável	<input type="radio"/>				
Segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protetora do produto	<input type="radio"/>				

Concluído

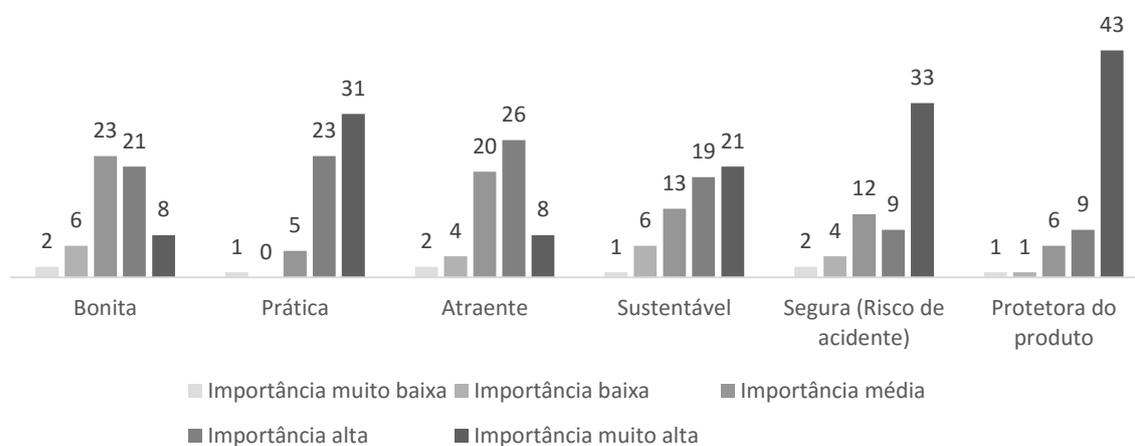
Ativados pela

 SurveyMonkey®

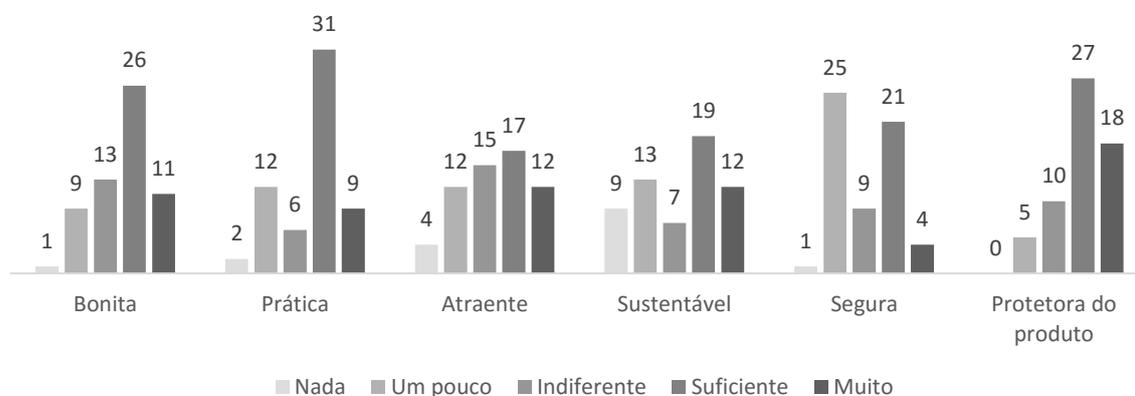
Veja como é fácil [criar um questionário](#).

APÊNDICE IV: RESULTADOS GRÁFICOS DOS QUESTIONÁRIOS

Quanto você considera importante cada qualidade (palavra) para a embalagem?

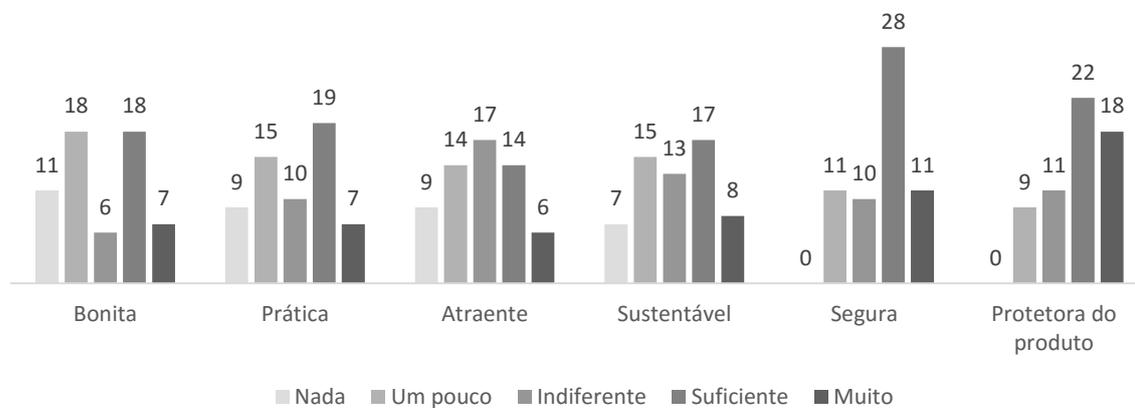


Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?
Embalagem 1



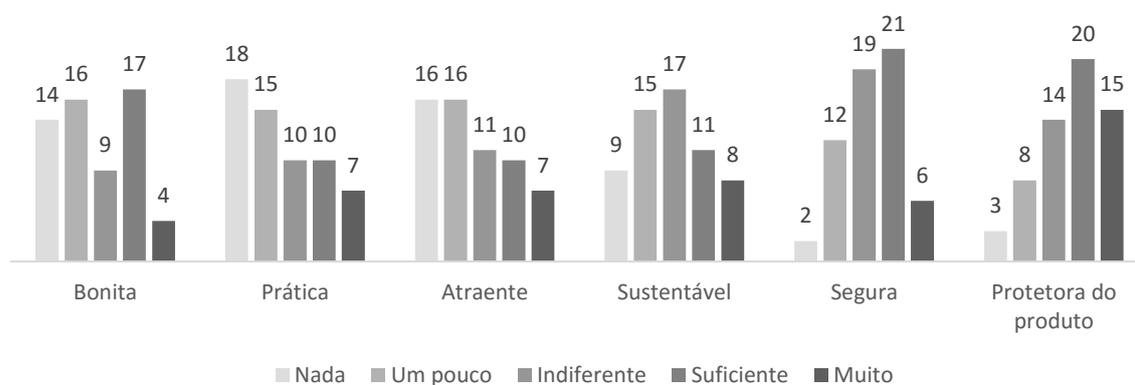
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 2



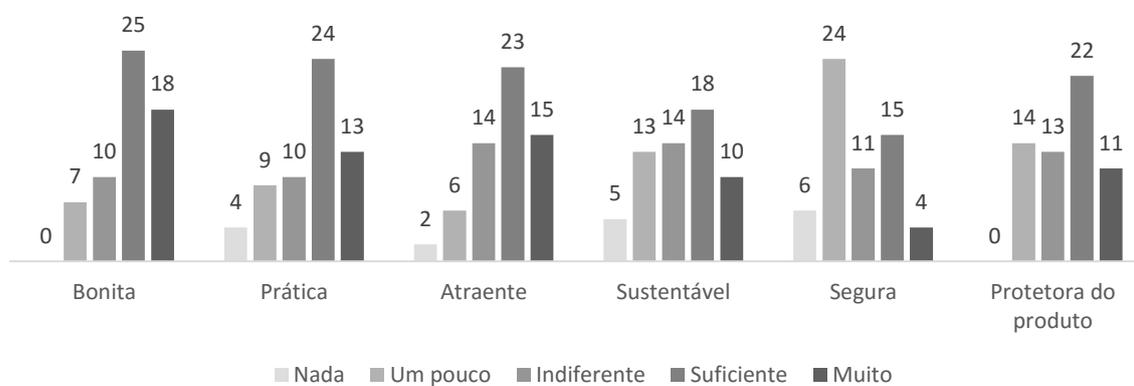
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 3



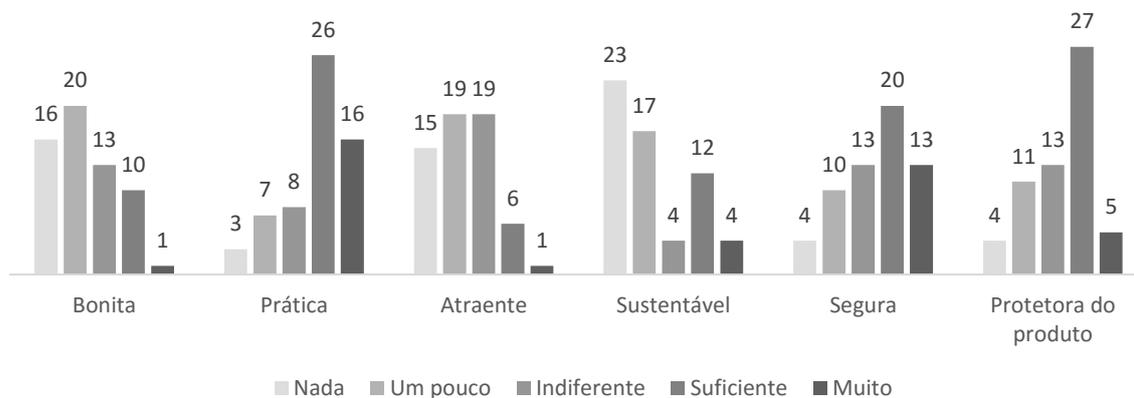
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 4



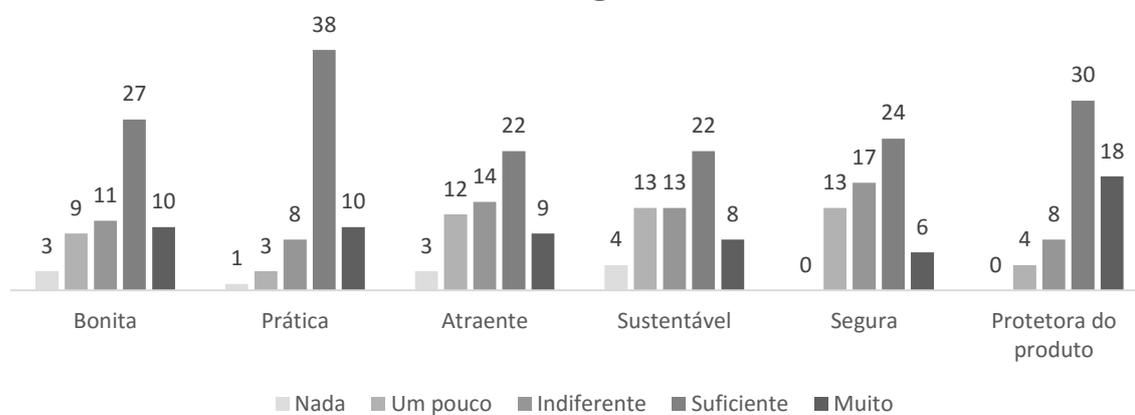
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 5



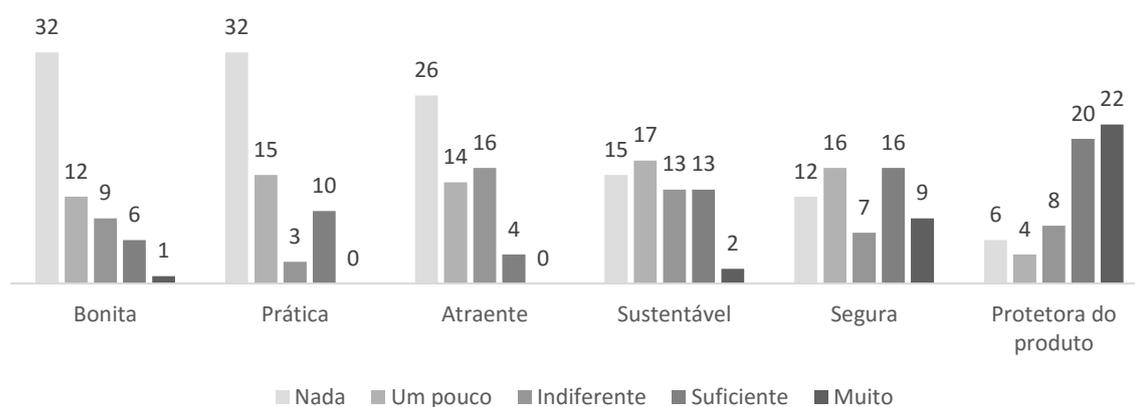
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 6



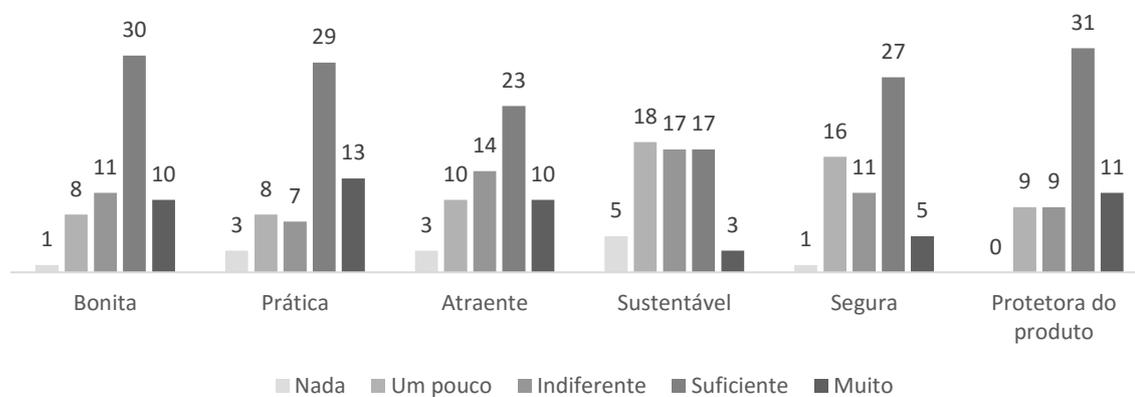
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 7



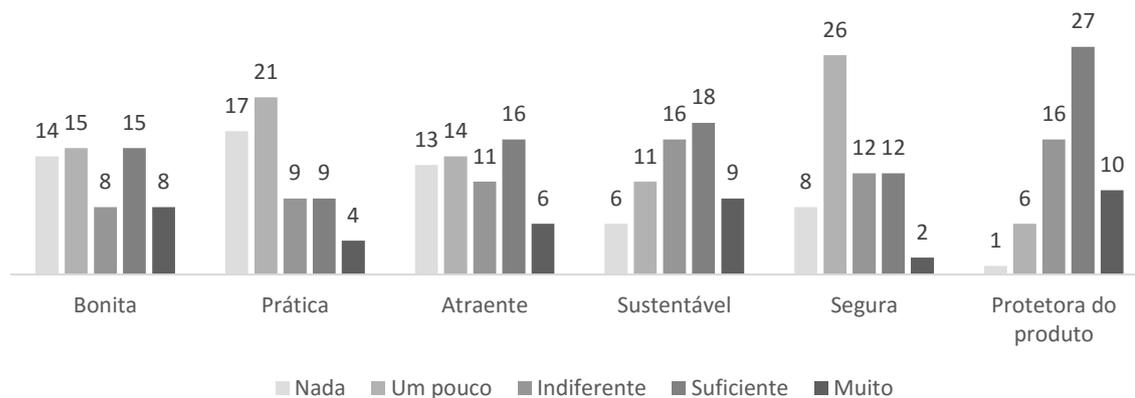
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 8



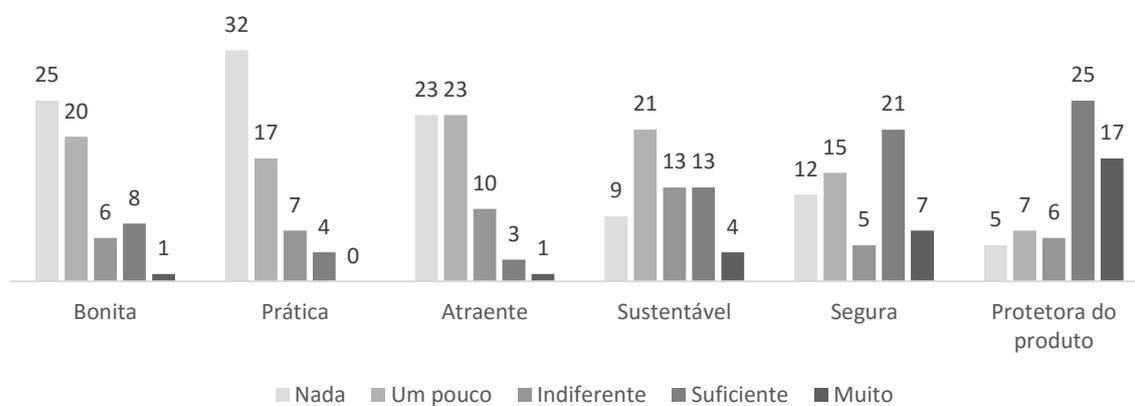
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 9



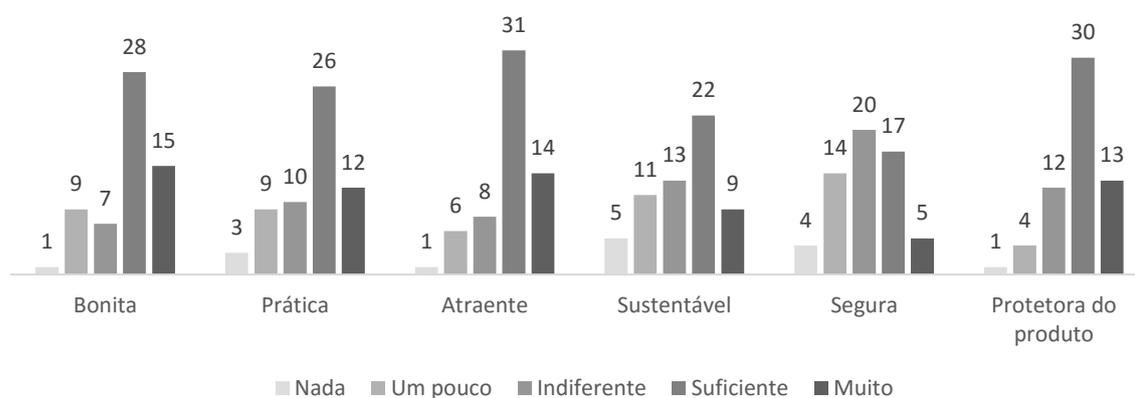
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 10



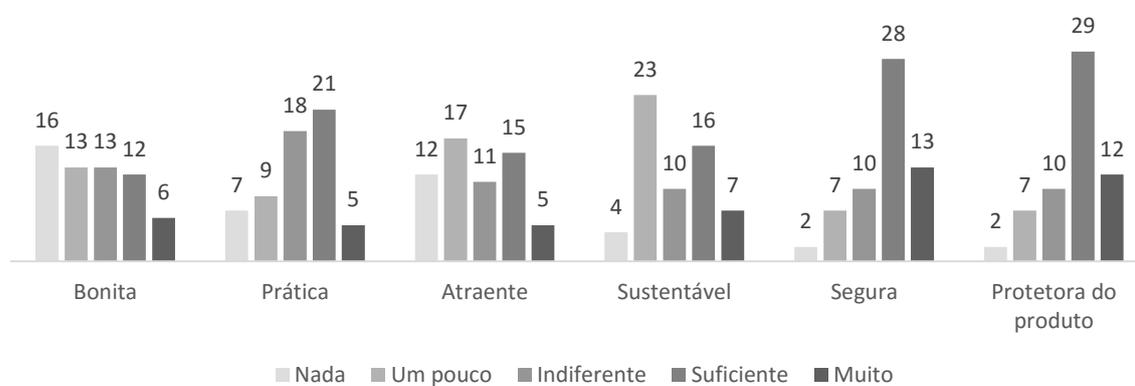
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 11



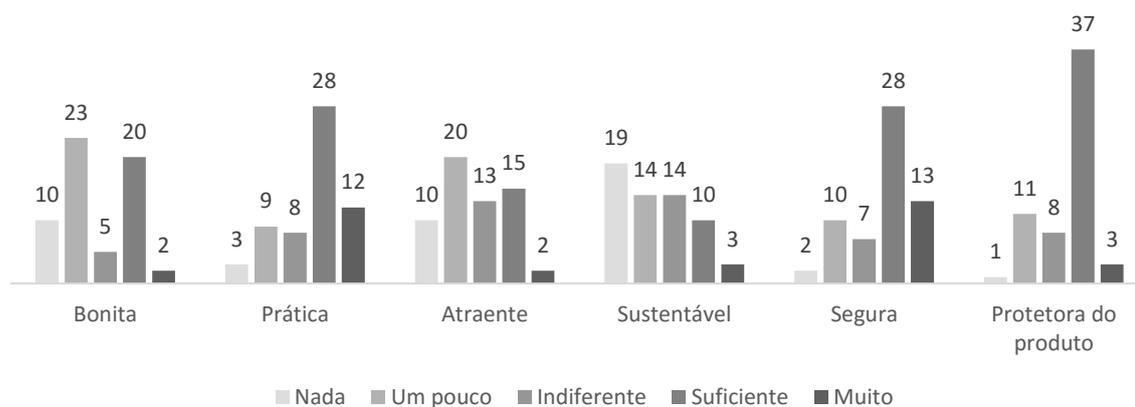
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 12



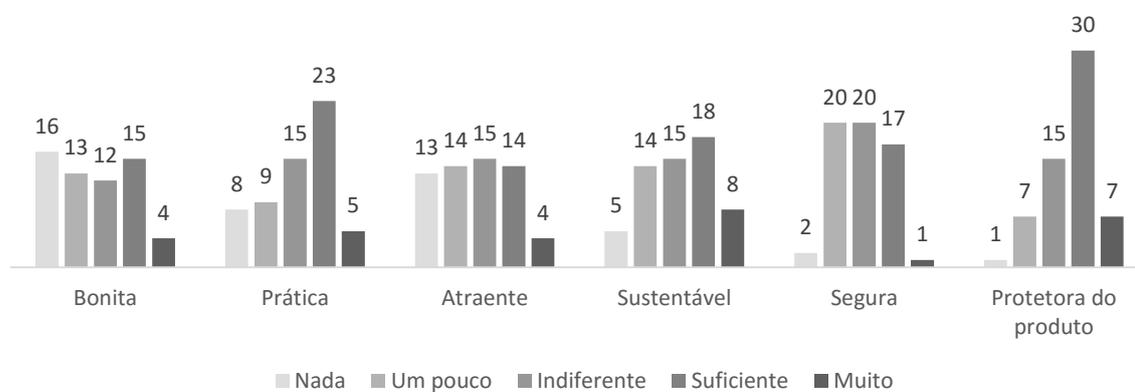
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 13



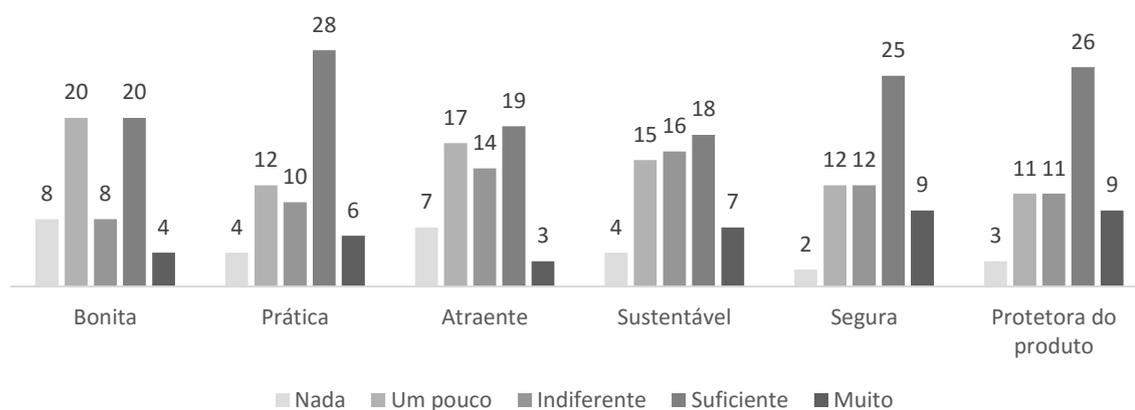
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 14



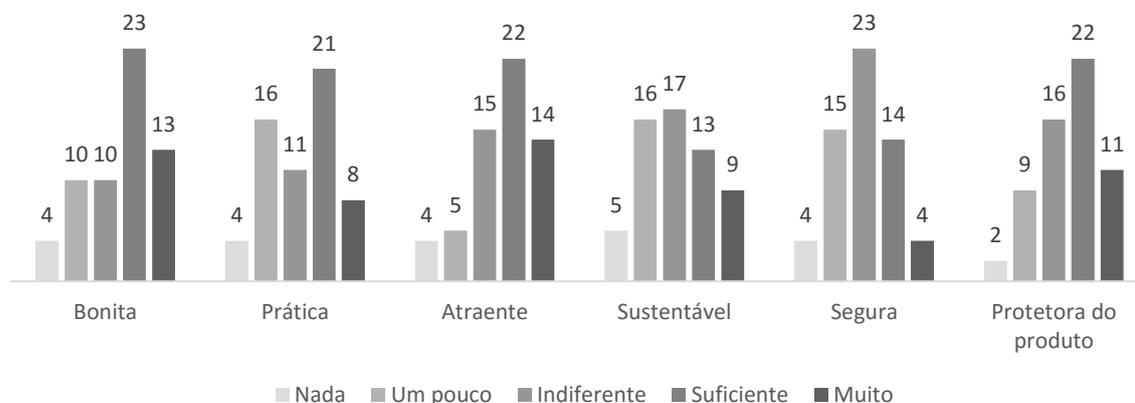
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 15



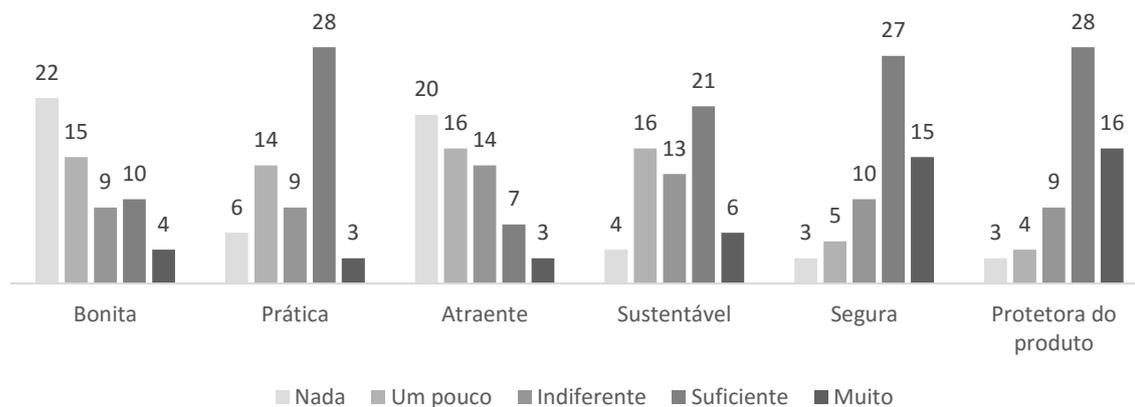
Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 16



Que nota você atribui (de 1 a 5) à embalagem ao lado?

Embalagem 17



APÊNDICE V: MÉTODO DE CÁLCULO DOS PESOS DAS PALAVRAS KANSEI

Entrevistado	Números fuzzy	Bonita	Prática	Atraente	Sustentável	Segura (Risco de acidente)	Protetora do produto
1	a_1	3	4	3	4	4	4
	a_2 Crisp	4	5	4	5	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
2	a_1	2	3	2	3	4	4
	a_2 Crisp	3	4	3	4	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
3	a_1	4	4	4	4	1	2
	a_2 Crisp	5	5	5	5	2	3
	a_3	5	5	5	5	3	4
4	a_1	2	3	2	4	4	4
	a_2 Crisp	3	4	3	5	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
5	a_1	2	3	3	3	4	4
	a_2 Crisp	3	4	4	4	5	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
6	a_1	2	4	3	4	4	4
	a_2 Crisp	3	5	4	5	5	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
7	a_1	2	4	2	3	4	3
	a_2 Crisp	3	5	3	4	5	4
	a_3	4	5	4	5	5	5
8	a_1	2	2	3	4	4	4
	a_2 Crisp	3	3	4	5	5	5
	a_3	4	4	5	5	5	5
9	a_1	4	4	4	1	2	2
	a_2 Crisp	5	5	5	2	3	3
	a_3	5	5	5	3	4	4
10	a_1	2	4	3	3	3	4
	a_2 Crisp	3	5	4	4	4	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
11	a_1	2	3	3	3	4	4
	a_2 Crisp	3	4	4	4	5	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
12	a_1	4	4	4	1	2	4
	a_2 Crisp	5	5	5	2	3	5
	a_3	5	5	5	3	4	5
13	a_1	4	3	2	2	2	4
	a_2 Crisp	5	4	3	3	3	5
	a_3	5	5	4	4	4	5
14	a_1	4	4	4	2	2	4
	a_2 Crisp	5	5	5	3	3	5
	a_3	5	5	5	4	4	5

15	a_1	3	4	3	3	4	3
	a_2 Crisp	4	5	4	4	5	4
	a_3	5	5	5	5	5	5
16	a_1	2	3	2	4	4	4
	a_2 Crisp	3	4	3	5	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
17	a_1	3	3	3	2	2	2
	a_2 Crisp	4	4	4	3	3	3
	a_3	5	5	5	4	4	4
18	a_1	3	3	3	2	2	1
	a_2 Crisp	4	4	4	3	3	2
	a_3	5	5	5	4	4	3
19	a_1	1	1	1	1	1	1
	a_2 Crisp	1	1	1	1	1	1
	a_3	2	2	2	2	2	2
20	a_1	3	2	3	2	3	2
	a_2 Crisp	4	3	4	3	4	3
	a_3	5	4	5	4	5	4
21	a_1	1	3	1	4	4	4
	a_2 Crisp	1	4	1	5	5	5
	a_3	2	5	2	5	5	5
22	a_1	3	3	3	3	3	3
	a_2 Crisp	4	4	4	4	4	4
	a_3	5	5	5	5	5	5
23	a_1	3	3	4	3	4	2
	a_2 Crisp	4	4	5	4	5	3
	a_3	5	5	5	5	5	4
24	a_1	3	4	2	4	4	3
	a_2 Crisp	4	5	3	5	5	4
	a_3	5	5	4	5	5	5
25	a_1	3	4	3	1	4	4
	a_2 Crisp	4	5	4	2	5	5
	a_3	5	5	5	3	5	5
26	a_1	4	4	4	4	4	4
	a_2 Crisp	5	5	5	5	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
27	a_1	3	4	4	4	4	4
	a_2 Crisp	4	5	5	5	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
28	a_1	2	4	2	3	4	4
	a_2 Crisp	3	5	3	4	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
29	a_1	3	4	3	3	4	4
	a_2 Crisp	4	5	4	4	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
30	a_1	1	4	2	3	4	4
	a_2 Crisp	2	5	3	4	5	5

	a_3	3	5	4	5	5	5
31	a_1	2	4	3	2	4	4
	a_2 Crisp	3	5	4	3	5	5
	a_3	4	5	5	4	5	5
32	a_1	3	4	3	2	1	3
	a_2 Crisp	4	5	4	3	2	4
	a_3	5	5	5	4	3	5
33	a_1	1	3	2	4	3	4
	a_2 Crisp	2	4	3	5	4	5
	a_3	3	5	4	5	5	5
34	a_1	1	3	2	3	4	4
	a_2 Crisp	2	4	3	4	5	5
	a_3	3	5	4	5	5	5
35	a_1	3	4	3	3	4	4
	a_2 Crisp	4	5	4	4	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
36	a_1	3	4	3	4	4	4
	a_2 Crisp	4	5	4	5	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
37	a_1	4	2	3	1	2	3
	a_2 Crisp	5	3	4	2	3	4
	a_3	5	4	5	3	4	5
38	a_1	2	4	3	4	4	4
	a_2 Crisp	3	5	4	5	5	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
39	a_1	3	3	1	4	1	4
	a_2 Crisp	4	4	2	5	2	5
	a_3	5	5	3	5	3	5
40	a_1	2	3	1	4	4	4
	a_2 Crisp	3	4	2	5	5	5
	a_3	4	5	3	5	5	5
41	a_1	2	4	1	4	4	4
	a_2 Crisp	3	5	2	5	5	5
	a_3	4	5	3	5	5	5
42	a_1	3	3	3	3	4	4
	a_2 Crisp	4	4	4	4	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
43	a_1	3	3	3	3	3	3
	a_2 Crisp	4	4	4	4	4	4
	a_3	5	5	5	5	5	5
44	a_1	3	4	3	2	2	3
	a_2 Crisp	4	5	4	3	3	4
	a_3	5	5	5	4	4	5
45	a_1	2	3	3	3	3	4
	a_2 Crisp	3	4	4	4	4	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
46	a_1	2	4	2	4	4	4

	a_2 Crisp	3	5	3	5	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
47	a_1	4	4	4	4	4	4
	a_2 Crisp	5	5	5	5	5	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
48	a_1	2	4	2	2	2	4
	a_2 Crisp	3	5	3	3	3	5
	a_3	4	5	4	4	4	5
49	a_1	2	2	2	2	2	2
	a_2 Crisp	3	3	3	3	3	3
	a_3	4	4	4	4	4	4
50	a_1	3	4	3	2	1	4
	a_2 Crisp	4	5	4	3	1	5
	a_3	5	5	5	4	2	5
51	a_1	3	4	3	3	3	4
	a_2 Crisp	4	5	4	4	4	5
	a_3	5	5	5	5	5	5
52	a_1	2	4	2	4	4	4
	a_2 Crisp	3	5	3	5	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
53	a_1	3	4	2	1	3	4
	a_2 Crisp	4	5	3	2	4	5
	a_3	5	5	4	3	5	5
54	a_1	2	4	2	3	4	4
	a_2 Crisp	3	5	3	4	5	5
	a_3	4	5	4	5	5	5
55	a_1	1	3	2	4	4	4
	a_2 Crisp	2	4	3	5	5	5
	a_3	3	5	4	5	5	5
56	a_1	2	3	3	4	3	4
	a_2 Crisp	3	4	4	5	4	5
	a_3	4	5	5	5	5	5
57	a_1	2	2	1	1	2	3
	a_2 Crisp	3	3	2	2	3	4
	a_3	4	4	3	3	4	5
58	a_1	1	3	2	2	1	4
	a_2 Crisp	2	4	3	3	2	5
	a_3	3	5	4	4	3	5
59	a_1	1	3	2	3	2	4
	a_2 Crisp	2	4	3	4	3	5
	a_3	3	5	4	5	4	5
60	a_1	2	3	2	2	4	4
	a_2 Crisp	3	4	3	3	5	5
	a_3	4	5	4	4	5	5
Valores médios	a_1	2,4833	3,4000	2,6000	2,9000	3,1500	3,5500
	a_2 Crisp	3,4500	4,3833	3,5667	3,8833	4,1167	4,5333
	a_3	4,3167	4,8667	4,4333	4,5333	4,5667	4,8167

Pesos dos coeficientes	a_1	0,5103	0,6986	0,5342	0,5959	0,6473	0,7295
	a_2 Crisp	0,7089	0,9007	0,7329	0,7979	0,8459	0,9315
	a_3	0,8870	1,0000	0,9110	0,9315	0,9384	0,9897
Classificação	Crisp	0,7610	0,9669	0,7868	0,8566	0,9081	1,0000
	Ranking	6	2	5	4	3	1
	Pesos fuzzy	0,8870	1,0000	0,9110	0,9315	0,9384	0,9897
	Ranking	6	1	5	4	3	2

ANEXO I: EXEMPLOS DE EMBALAGENS ENCONTRADAS NO MERCADO



As 12 primeiras figuras são embalagens de doce de leite pastoso encontradas no mercado brasileiro sendo a maioria de fabricação nacional. As 4 últimas figuras são embalagens de outros tipos de alimentos e para uso doméstico, também encontradas no mercado brasileiro.

ANEXO II: ALGORITMO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA TEORIA DE QUANTIFICAÇÃO TIPO I

Este código, que foi utilizado nesta pesquisa para aplicação da Teoria de Quantificação tipo I, encontra-se disponível no link: <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/qt1.html>.

Na aplicação desta pesquisa utilizou-se a função `ginv()` para cálculo de inversão de matriz.

Na parte 1, é mostrado o código extraído do link acima e, na parte 2, é mostrado um exemplo de inserção dos dados para aplicação da função `qt1`.

Parte 1: Função Teoria de quantificação tipo I (qt1 no código)

```
qt1 <- function(dat, y, func.name=c("solve", "ginv")) {
  vname <- colnames(dat)
  vname.y <- deparse(substitute(y))
  cname <- unlist(sapply(dat, levels))
  dat <- data.frame(dat, y)
  dat <- subset(dat, complete.cases(dat))
  p <- ncol(dat)
  ncat <- p-1
  stopifnot(all(sapply(dat[, 1:ncat], is.factor)))
  dat[, 1:ncat] <- lapply(dat[, 1:ncat, drop=FALSE], as.integer)
  nc <- nrow(dat)
  mx <- sapply(dat[, 1:ncat, drop=FALSE], max)
  start <- c(0, cumsum(mx)[-ncat])
  nobe <- sum(mx)

  x <- t(apply(dat, 1,
    function(obs)
    {
      zeros <- numeric(nobe)
      zeros[start+obs[1:ncat]] <- 1
      c(zeros[-start-1], obs[ncat+1])
    }
  ))
}
```

```

a <- cov(x)
ndim <- nobs-ncat
if (match.arg(func.name) == "solve") {
  inverse <- solve
  B <- inverse(a[1:ndim, 1:ndim], a[ndim+1, 1:ndim])
}
else {
  library(MASS)
  inverse <- ginv
  B <- inverse(a[1:ndim, 1:ndim]) %*% a[ndim+1, 1:ndim]
}
m <- colMeans(x)
const <- m[ndim+1]-sum(B*m[1:ndim])
prediction <- x[,1:ndim]%*%as.matrix(B)+const
observed <- x[,ndim+1]
prediction <- cbind(observed, prediction, observed-prediction)

ncase <- nrow(dat)
s <- colSums(x)
name <- coef <- NULL
en <- 0
for (i in 1:ncat) {
  st <- en+1
  en <- st+mx[i]-2
  target <- st:en
  temp.mean <- sum(s[target]*B[target])/ncase
  const <- const+temp.mean
  coef <- c(coef, -temp.mean, B[target]-temp.mean)
}
coef <- c(coef, const)
names(coef) <- c(paste(rep(vname, mx), cname, sep="."), "termo constante")

par <- matrix(0, nrow=nc, ncol=ncat)

```

```

for (j in 1:nc) {
  en <- 0
  for (i in 1:ncat) {
    st <- en+1
    en <- st+mx[i]-2
    target <- st:en
    par[j, i] <- crossprod(x[j, target], B[target])
  }
}
par <- cbind(par, observed)
r <- cor(par)
print(vname)
i <- inverse(r)
d <- diag(i)
partial.cor <- (-i/sqrt(outer(d, d)))[ncat+1, 1:ncat]
partial.t <- abs(partial.cor)*sqrt((nc-ncat-1)/(1-partial.cor^2))
partial.p <- pt(partial.t, nc-ncat-1, lower.tail=FALSE)*2
partial <- cbind(partial.cor, partial.t, partial.p)

coef <- as.matrix(coef)
colnames(coef) <- "score de categorias"
colnames(prediction) <- c("observações", "valor preditivo", "resíduos")
colnames(partial) <- c("coeficiente de correlação parcial", "t-valor", "P-valor")
rownames(prediction) <- paste("#", 1:nc, sep="")
rownames(partial) <- vname
rownames(r) <- colnames(r) <- c(vname, vname.y)
return(structure(list(coefficients=as.matrix(coef),
                    r=r, partial=partial, prediction=prediction), class="qt1"))
}
print.qt1 <- function(  obj, digits=5) {
  print(round(obj$coefficients, digits=digits))
}
summary.qt1 <- function(obj, digits=5) {
  print.default(obj, digits=digits)
}

```

```

}
plot.qt1 <- function( obj,which=c("category.score", "fitness"), ...) {
  if (match.arg(which) == "category.score") {
    coefficients <- obj$coefficients[-length(obj$coefficients),]
    coefficients <- rev(coefficients)
    cname <- names(coefficients)
    names(coefficients) <- NULL
    barplot(coefficients, horiz=TRUE, xlab="score da categoria", ...)
    text(0, 1.2*(1:length(cname)-0.5), cname, pos=ifelse(coefficients > 0, 2, 4))
  }
  else {
    result <- obj$prediction
    plot(result[, 2], result[, 1], xlab="valor preditivo", ylab="observações", asp=1,
...
    abline(c(0,1))
  }
}

```

Parte 1: Fim da função qt1

Parte 2: Exemplo de função para inserir os dados de pesquisa:

```

dat <- data.frame(x1=c(1,2,8,7,5,3,3,4,8,6,1,2,7,5,4,6,3),
x2=c(1,2,2,7,3,1,4,3,5,4,8,6,8,5,7,5,6), x3=c(3,1,1,2,4,3,1,3,2,1,2,1,4,2,1,2,1))
dat[, 1:3] <- lapply(dat, factor)
y <-
c(3.9667,3.8167,3.6000,3.5000,3.3000,4.0333,3.8000,3.7333,3.6500,3.7000,3.8333,3.7
000,3.5000,3.5833,3.4500,3.5167,3.8333)
(a <- qt1(dat, y))
summary(a)
plot(a)

```

Este trecho de código, também disponibilizado pelo mesmo autor, descreve o formato de inserção dos dados para rodar a função qt1.

A variável *dat* recebe os valores dos produtos categorizados (Quadro 5).

A variável *y* recebe as pontuações médias para as palavras Kansei (Quadro 8).

Utilizou-se os valores médios da palavra Protetora do produto (K6).