

**UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL**  
**BASEADA NA DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES DE PEÇAS**  
**PARA PROJETO PRELIMINAR DE PRODUTO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL**  
**BASEADA NA DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES DE PEÇAS**  
**PARA PROJETO PRELIMINAR DE PRODUTO**

**TESE SUBMETIDA À**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**JOÃO CARLOS LINHARES**

**FLORIANÓPOLIS, MARÇO DE 2005**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

João Carlos Linhares, natural de Florianópolis, SC. Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Atuou profissionalmente na área de projeto mecânico em indústrias como ALCAN Alumínio, Johnson & Johnson, Frahm Eletrônica, entre outras. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, orientado pelo Prof. D. Eng., Edison da Rosa, na área de Projeto de Sistemas Mecânicos com ênfase em *Computer-Aided Design* – CAD. Atualmente é professor em regime integral da Área de Ciência Exatas e da Terra – ACET – Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC – Joaçaba

**Termo de Aprovação****JOÃO CARLOS LINHARES****UMA ABORDAGEM COMPUTACIONAL BASEADA NA DESCRIÇÃO  
DE FUNÇÕES DE PEÇAS PARA PROJETO PRELIMINAR DE PRODUTO**

**Tese aprovada na sua forma final como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina:**

---

José A. Bellini da Cunha Neto, Dr.  
(Coordenador) UFSC – SC

---

Altamir Dias, D.Sc. (Orientador)  
UFSC– SC

---

Ilson Wilmar Rodrigues Filho, Dr.  
(Co-Orientador) UFSC– SC

**BANCA EXAMINADORA**

---

Altamir Dias, D.Sc. (Presidente)  
UFSC –SC

---

Gilberto Cunha, Dr. (Relator)  
UFRGS –RS

---

Nelson Back, Ph.D.  
UFSC – SC

---

André Ogliari, Dr.  
UFSC –SC

---

Gláucia da Silva Brito, Dr<sup>a</sup>  
UFPR –PR

**Florianópolis, Março de 2005**

## **DEDICATÓRIA**

**À Adriana, Luigi, Mikael e Pedro  
que, sabiamente, com amor e carinho,  
auxiliaram-me no desenvolvimento e  
realização deste trabalho.**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos, Rodrigo, Gabriela, Fernanda, Brunna, Luigi, Mikael e Pedro Linhares, que contribuíram em partes iguais no alcance desta etapa de nossas vidas.

A Dona Belí e Seu Licinho (*in memoriam*), mãe e pai, sempre presentes, ao seu modo.

A Deus, pelos créditos espirituais.

Ao Prof. D.Sc. Altamir Dias, por ter acreditado em minhas idéias desde o início.

Ao CNPq, pela contribuição financeira.

À EMBRACO, Empresa Brasileira de Compressores, que gentilmente cedeu os compressores para estudo, pela fundamental participação no desenrolar desta pesquisa.

À Área de Ciências Exatas e da Terra (ACET) da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC Joaçaba, pela contribuição na busca da concretização desta pesquisa.

Aos colegas dos Programas de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Pós Graduação em Ciência da Computação e Pós Graduação em Lingüística da Universidade Federal de Santa Catarina que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu coração agradece com humildade e sinceridade.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Siglas.....	xvii
Resumo.....	xviii
Abstract.....	xx
<b>Capítulo 1 – Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Apresentação.....	1
1.2 – O problema de relacionamento funcional e geométrico.....	2
1.2.1 – Objetivo geral e objetivos específicos.....	3
1.2.2 – Justificativas.....	4
1.3 – Estrutura do texto.....	5
1.4 – Conclusão.....	6
<b>Capítulo 2 – Revisão teórica para a pesquisa.....</b>	<b>7</b>
2.1 – Introdução.....	7
2.2 – Modelos aplicados à sistematização do processo de projeto de produto.....	8
2.2.1 – Modelos gerais do processo de projeto.....	8
2.2.2 – Modelos de estudo na interface conceitual/preliminar: função-forma.....	11
2.2.3 – Pesquisa aplicada ao processo de informações.....	20
2.3 – O processo de projeto na interface conceitual/preliminar.....	25
2.3.1 – O espaço funcional de projeto mecânico de peças.....	26
2.3.2 – Modelos de representação funcional.....	28
2.3.3 – Dinâmica das funções de peça.....	30
2.3.4 – Conceitos de relações e funções da álgebra.....	31
2.4 - Conclusão.....	32
<b>Capítulo 3 – A relação “função-forma” na interface do projeto conceitual/preliminar.....</b>	<b>33</b>
3.1 – Introdução.....	33
3.2 – O papel do projetista no processo de projeto.....	33
3.3 – A relação do projeto funcional à geometria.....	36
3.3.1 – A relação função-forma no projeto preliminar.....	36

3.3.2 – Mapeamento das estruturas funcionais.....	37
3.3.3 – Mapeamento função-forma.....	40
3.4 – Conclusão.....	43
<b>Capítulo 4 – Conceitos e modelos de representação aplicados à relação função-forma.....</b>	<b>44</b>
4.1 – Introdução.....	44
4.2 – Modelos funcionais.....	44
4.2.1 – Modelo funcional de produto.....	44
4.2.2 – Modelo funcional de montagens/submontagens.....	45
4.2.3 – Modelo funcional de peças.....	46
4.2.4 – Modelo de descrição frasal de peças.....	47
4.3 – Estruturas descritivas para processamento computacional.....	50
4.3.1 – Modelos descritivos propostos.....	50
4.3.1.1 – Modelo lingüístico ou das descrições.....	50
4.3.1.1.1 – Descrição de funções de peça.....	51
4.3.1.1.2 – Descrição de regiões físicas.....	52
4.3.1.1.3 – Descrição de seqüência de features sólidas.....	53
4.3.1.1.4 – Componentes lingüísticos para a descrição função-forma.....	54
4.3.1.2 – Modelo de processamento das correlações.....	58
4.3.1.3 – Modelo geométrico de features sólidas.....	61
4.3.2 – Padrão Terminológico das descrições.....	63
4.4 – Conclusão.....	67
<b>Capítulo 5 – Implementações.....</b>	<b>68</b>
5.1 – Introdução.....	68
5.2 – A análise de um produto.....	68
5.3 – Terminologia técnica.....	73
5.4 – Aplicação da terminologia técnica às peças do compressor.....	77
5.5 – Sistema computacional para tratamento das estruturas descritivas de dados de peças.....	80
5.5.1 – Interfaceamento: criação e armazenamento de árvores funcionais.....	81
5.5.2 – Operações com as estruturas descritivas.....	83
5.6 – Levantamento de ocorrências.....	90
5.7 – Padrões de repetição.....	93
5.7.1 – Padrões de repetição entre funções e regiões físicas.....	97



5.7.2 – Padrões de repetição nas ocorrências de termos (RC).....	107
5.7.3 – Análise de padrões de repetição por taxonomia.....	111
5.7.4 – Padrões de repetição por significado de projeto.....	120
5.8 – Conclusão.....	121
<b>Capítulo 6 – Conclusões.....</b>	<b>122</b>
6.1 – Introdução.....	122
6.2 – O relacionamento função-forma.....	123
6.3 – A implementação.....	125
6.4 – Resultados alcançados.....	125
6.5 – Limitações do modelo.....	126
6.6 – Direcionamento para trabalhos futuros.....	127
6.6.1 – A necessidade do “ <i>parser</i> ”.....	128
6.6.2 – Propostas de pesquisa.....	129
6.3.3 – Aplicação da metodologia à realidade virtual.....	129
6.7 – Algumas vantagens apontadas.....	130
<b>7 – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>132</b>
Apêndice A.....	140
Apêndice B.....	143
Apêndice C.....	145
Apêndice D.....	153
Apêndice E.....	159
Apêndice F.....	169
Apêndice G.....	181
Apêndice H.....	191

## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Procedimento geral para o projeto de sistemas mecânicos segundo a VDI 2221, adotada por Pahl & Beitz.....	9
Figura 2.2 – Diagrama de fluxo do programa de Hundal (1990).....	12
Figura 2.3 – Representação do processo de transformação funcional – visão global.....	14
Figura 2.4 – Representação do processo de transformação funcional – desdobramento.....	16
Figura 2.5 – Representação esquemática dos elementos que compõem a visão de projeto dada uma função necessária ao produto, montagem ou peça.....	17
Figura 2.6 - Relacionamentos entre Função, Comportamento e Estrutura, Takeda et al, Shimomura et al.....	18
Figura 2.7 – Visão global do nível superior do modelo de conhecimento lingüístico proposto por Fernádes & Serrano.....	22
Figura 2.8 - Arquitetura de fluxos de Carballo & Strzalkowski.....	23
Figura 2.9 – Representação UML dos níveis físicos e funcionais de produto.....	29
Figura 2.10 – Representação UML dos níveis físicos e funcionais de peça.....	30
Figura 2.11 – Representação dos espaços envolvidos na relação entre funções de projeto e geometrias sólidas 3D.....	32
Figura 3.1 – Representação esquemática do processamento das linguagens no processo de projeto.....	40
Figura 3.2 – Representação dos domínios funcional e geométrico e o operador <i>zeta</i> ( $\zeta$ ).....	42
Figura 4.1 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de produto.....	45
Figura 4.2 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de montagens/submontagens.....	46
Figura 4.3 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de peças.....	46
Figura 4.4 – Estrutura funcional da biela do compressor alternativo.....	47
Figura 4.5 – Visualização das regiões funcionais do modelo geométrico 3D da biela de acordo com a estrutura funcional mostrada na Figura 4.4.....	45
Figura 4.6 – Vista explodida dos “detalhes” do modelo geométrico 3D da biela.....	45
Figura 4.7 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma função de peça.....	49
Figura 4.8 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma região física de peça.....	53
Figura 4.9 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma região física de peça.....	54

Figura 4.10 – Representação gráfica do modelo de descrições implementado computacionalmente no Capítulo 5.....	60
Figura 4.11 – Estrutura de dados das descrições da peça.....	60
Figura 4.12 – Modelo sólido da peça exemplo, (modelada em <i>Solid Edge V15</i> ) .....	62
Figura 4.13 – Representação da árvore hierárquica de <i>features</i> sólidas que geraram o modelo sólido da peça mostrada na Figura 3.12. (a) terminologia original gerada pelo sistema <i>CAD</i> utilizado, (b) tradução dos significados de cada <i>feature</i> para uma linguagem comum de projeto usando como exemplo o modelador sólido <i>Solid Edge V15</i> .....	63
Figura 4.14 – Representação da seqüência de <i>features</i> sólidas do modelo sólido da peça eixo excêntrico.....	66
Figura 5.1 – Vista parcial do miolo do compressor EGS80HLP, (Gentilmente cedido pela EMBRACO) .....	69
Figura 5.2 – Identificação das peças usadas no estudo de caso.....	70
Figura 5.3 – Peças do sistema mecânico do compressor EGS80HLP.....	71
Figura 5.4 – Taxonomia e processos de obtenção de peças que podem ser modeladas geometricamente .....	72
Figura 5.5 – Modelo de representação das etapas de coleta de dados.....	74
Figura 5.6 – Exemplo de abordagem para a identificação das regiões ou detalhes funcionais da peça pelo(s) projetistas.....	75
Figura 5.7 – Níveis de representação física de produtos.....	76
Figura 5.7b – Indicação das regiões funcionais do eixo excêntrico (peça 21) do sistema mecânico do compressor alternativo, conforme descrito nas Tabelas 4.5 e 4.6. Detalhe A = RFp 21.3 (cabeça do excêntrico); Detalhe B = RFp 21.1 (cilíndro inferior); Detalhe C = RFp 21.2 (cilíndro de apoio).....	79
Figura 5.8 – Interface principal com o menu de geração de árvores e operações convencionais do aplicativo.....	81
Figura 5.9 – Janela de orientação para descrição da função desejada.....	81
Figura 5.10 – Seqüência da criação de uma associação entre <i>features</i> sólidas e estruturas descritivas regiões físicas.....	82
Figura 5.11 – Interface principal com o menu de operações com as estruturas descritivas do aplicativo .....	83
Figura 5.12– Relatório parcial das correlações entre os componentes das estruturas descritivas das peças do compressor.....	85
Figura 5.13 – Árvore de relacionamentos entre estruturas descritivas de funções, regiões físicas e <i>features</i> sólidas da peça 42 do compressor, “bucha do excêntrico”.....	86
Figura 5.14 – Tabelas de relacionamentos topológicos entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.....	87

Figura 5.15 – Relatório parcial das correlações entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.....	88
Figura 5.16 – Tabelas de relacionamentos conceituais entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.....	88
Figura 5.17 – Tabelas de relacionamentos de topologia lingüística dos significados provenientes das i .....	89
Figura 5.18 – Representação esquemática das árvores e valores correspondentes às estruturas descritivas utilizadas na implementações.....	90
Figura 5.19 – Interfaces para escolha dos relacionamentos (a) topológicos e (b) conceituais.....	91
Figura 5.20 – Relacionamentos entre os níveis básicos de representação das descrições envolvidas no modelo proposto.....	96
Figura 5.21 – Estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico” .....	98
Figura 5.22 – Interfaces com os relacionamentos entre as descrições das estruturas funcional e de regiões físicas da peça 21 “eixo excêntrico” – peça de forma geométrica mista.....	108
Figura 5.23 – Tela de preparação da implementação das correlações referentes ao item (06) da listagem para as peças 21 e 42.....	110
Figura 5.24 – Resultado da implementação referente ao item (06) da listagem descrita anteriormente, para os detalhes das peças 21 e 42 do estudo de caso mostrando os “qualificadores” <i>versus</i> substantivos.....	111

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Função básica “armazenar/prover”.....	15
Tabela 2.2 – Função básica “conectar” .....	15
Tabela 2.3 – Função básica “ramificar”. .....	15
Tabela 2.4 – Função básica “encanar”. .....	15
Tabela 2.5 – Função básica “alterar magnitude”. .....	15
Tabela 2.6 – Função básica “converter”. .....	15
Tabela 2.7 – <i>Overview</i> com várias classificações de funções de projeto coletada na revisão teórica....	27
Tabela 4.1 – Lista de verbos de projeto.....	54
Tabela 4.2 – Lista de substantivos de projeto.....	55
Tabela 4.3 – Lista de qualificadores de projeto.....	56
Tabela 4.4 –Relação dos objetos que contêm os valores das formas gramaticais relacionadas ao domínio de projeto.....	58
Tabela 4.5 – Exemplos da terminologia usada para alguns operadores de modelamento em sistemas CAD comerciais.....	62
Tabela 4.6 – Exemplos de definições conceituais, geométricas e de nomenclatura. (LINHARES & DIAS, 2004) .....	65
Tabela 5.1 – Peças do sistema mecânicos do compressor alternativo.....	69
Tabela 5.2 – Classificação das peças do sistema mecânico do compressor alternativo, segundo o tipo de processo de manufatura e correspondente forma geométrica.....	73
Tabela 5.3 – Identificação das regiões e/ou detalhes funcionais da peça mostrada na Figura 4.6.....	75
Tabela 5.4 – Relação de termos técnicos propostos usados na identificação dos detalhes <i>features</i> sólidas no sistema CAD.....	78
Tabela 5.5 – Relação das composições descritivas das regiões físicas e correspondentes terminologias da peça “eixo excêntrico” do sistema mecânico do compressor alternativo.....	78
Tabela 5.6 – Relação das composições descritivas das regiões físicas, correspondentes terminologias e <i>features</i> sólidas da peça “eixo excêntrico” do sistema mecânico do compressor alternativo.....	79
Tabela 5.7 – Opções constantes nos menus do aplicativo.....	80
Tabela 5.8 – Herança de componentes descritivos da estrutura funcional da peça 43 “biela de transmissão” .....	84

Tabela 5.9 – Formas de relacionar estruturas descritivas.....	91
Tabela 5.10 – Registro de correlações entre estruturas de funções, regiões físicas e <i>features</i> da peça 16 “bomba de óleo” .....	92
Tabela 5.11 – Estatística de ocorrências das <i>features</i> sólidas nas estruturas descritivas de funções parciais e regiões funcionais da peça 55 “bloco central” .....	95
Tabela 5.12 – Herança e propagação de substantivos na estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico” .....	99
Tabela 5.13 – Herança e propagação de qualificadores na estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico” .....	99
Tabela 5.14 – Herança e propagação de substantivos na estrutura de regiões físicas da peça 21 “eixo excêntrico” .....	100
Tabela 5.15 – Herança e propagação de qualificadores na estrutura de regiões físicas da peça 19 “suporte de mola dianteiro” .....	101
Tabela 5.16 – Relações entre as descrições das seqüências de <i>features</i> sólidas e os verbos das estruturas descritivas de funções no nível hierárquico elementar para a peça 21 “eixo excêntrico” ....	102
Tabela 5.17 – Padrões de repetição de “verbos” identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT) .....	103
Tabela 5.18 – Padrões de repetição de “substantivos” de projeto mecânico identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT) .....	104
Tabela 5.19 – Padrões de repetição de “qualificadores” de projeto mecânico identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT) .....	105
Tabela 5.20 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas de todas as peças do estudo de caso <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	113
Tabela 5.21 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “laminares” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	115
Tabela 5.22 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “mistas” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	116
Tabela 5.23 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “prismáticas” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	117
Tabela 5.24 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “rotacionais” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	117
Tabela 5.25 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “estampagem” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	118

Tabela 4.26 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “fundição” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	118
Tabela 4.27 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “sinterização” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	119
Tabela 4.28 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “usinagem” <i>versus</i> termos técnicos ou <i>features</i> sólidas propostos.....	120

## Lista de Siglas

$\zeta$  – operador zéta de mapeamento do espaço de descrições funcionais ao espaço de geometrias

2D – representação plana de modelos geométricos

3D – representação sólida de modelos geométricos

AUTOFEAT – Interpretador inteligente de desenhos bidimensionais (2D)

BD – Banco de Dados

CAD – Computer-Aided Design (Projeto auxiliado por computador)

CADD – Computer-Aided Design and Drafting (Desenho e projeto auxiliado por computador)

CAE – Computer-Aided Engineering

CAM – Computer-Aided Manufacturing (Fabricação auxiliada por computador)

det – detalhe geométrico elementar – menor entidade física capaz de realizar uma função de projeto

EGS80HLP – Especificação técnica do compressor alternativo do estudo de caso

EMBRACO – Empresa Brasileira de Compressores

FE – Função Elementar de montagem (assembly)

FE – Função Elementar de produto

feat – feature geométrica sólida, construção sólida elementar de modelamento geométrico em CAD

FEBS – Function-Environment-Behavior-Structure (Função-Ambiente-Comportamento-Estrutura)

FEp – Função Elementar de peça

FEp1.2.5 – Função Elementar 5, da Função Parcial 2, da Função Global 1

FG – Função Global de produto

FGa – Função Global de montagem (assembly)

FGp – Função Global de peça

FP – Função Parcial de produto

FPa – Função Parcial de montagem (assembly)

FPp – Função Parcial de peça

LN – Linguagem Natural

LS – Linguagem Simbólica

LT – Linguagem Técnica

NeDIP – Núcleo integrado de Desenvolvimento de Produto



OO – Object-Oriented (Orientação a objetos)

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produto

pL – peças Laminares

PLN – Processamento de Linguagem Natural

pM – peças Mistas

pP peças Prismáticas

pR – peças Rotacionais

PS – Princípio de Solução

RC – Relacionamentos Conceituais

RFp – Região Funcional da peça

RL – Relacionamentos topológicas Lingüísticas

RT – Relacionamentos Topológicos

SE-V15 – Modelador de sólidos para CAD Sólid Edge Versão 15

SQL – Structured Query Language (Linguagem de consulta estruturada)

UGS – Unigraphics Systems

V30 – Versão 30 do aplicativo de implementação computacional da tese

Valfa – botão para processamento dos valores dos vetores em ordem alfabética

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (Unificação dos engenheiros alemães) – especifica um padrão alemão para projeto sistemático de produto

VSQ – Verbos, Substantivos e Qualificadores

## Resumo

As técnicas e teorias sobre projeto de produto têm demandado por novas ferramentas para o armazenamento de dados e recuperação de informações com objetivos industriais e para re-usabilidade em projetos. O processo de projeto inclui uma série de fases, etapas, tarefas e passos, que têm sido aplicadas simultaneamente para a realização do produto final. Isso demanda o uso de técnicas alternativas na sua realização para satisfazer os requisitos e restrições de projeto do produto em relação às necessidades do consumidor e aos métodos e regras que permitem o atendimento das especificações de projeto do produto.

A geração de forma geométrica a partir das descrições das funções necessárias às peças é o desafio proposto para a pesquisa. Para tal, o objetivo é sistematizar as definições das estruturas funcionais de produto à peça propondo modelos de representação e de implementação computacional capazes de indicar padrões que possam ser utilizados na geração de geometria sólida. Esse processo deve passar por verificações de requisitos que atuem como indicativos de soluções alternativas baseados em princípios de projeto preliminar.

A metodologia é baseada na proposição de métodos e modelos para organizar o conhecimento na transição das fases de projeto conceitual e projeto preliminar de Pahl & Beitz. Após, aplica-se as informações e dados gerados num estudo de caso para alimentar o modelo computacional e gerar os resultados.

As funções de uma peça podem ser realizadas por uma ou mais centenas de formas geométricas que estejam ou não pré-definidas num sistema *CAD*. A definição em tempo real da forma geométrica adequada à realização de uma função com base na sua descrição é difícil, porque depende de várias restrições previamente especificadas. Isso se faz mais importante quando as formas geométricas devem estar concatenadas sejam como entidades geométricas ao nível de modelagem, sejam como entidades físicas reais, após sua correspondente manufatura. É o caso de uma peça, em que há a necessidade de continuidade material entre as regiões funcionais.

Encontrar a forma geométrica e a especificação detalhada da peça demanda mais informações do que os Sistemas *CAD* convencionais podem fornecer atualmente. Os Sistemas *CAD* convencionais têm trabalhado bem nas etapas durante e após o projeto preliminar, principalmente no processo de detalhamento para a especificação do projeto da peça. No entanto, eles podem incorporar outras ferramentas para serem capazes de armazenar outras informações, baseadas na definição funcional e conceitual de um produto e suas peças, assim como o registro das intenções do projetista na concretização dessas etapas de projeto.

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo terminológico baseado em dicionários para descrição de funções e *features* para projeto de peças de um domínio de produto e sua respectiva implementação computacional.

A metodologia inicia com a organização de maneira estruturada das funções das peças com base nos conceitos resultantes do projeto conceitual do produto, segue com o processamento lingüístico das informações funcionais, baseado nas intenções do projetista descritas na forma de uma árvore de funções. Após, busca a definição de padrões de repetição que são indicativos iniciais dos operadores para a elaboração das geometrias sólidas associadas, modeladas por *features* sólidas, próprias de Sistemas *CAD*.

A implementação computacional da proposta é composta pela verificação de vários tipos de correlações e confrontos entre as estruturas descritivas das funções de peça, das correspondentes regiões físicas e das *features* sólidas do sistema *CAD* que as realizam.

As *features* sólidas são identificadas por uma Terminologia Técnica de Projeto (TTP) proposta com base numa pesquisa de campo realizada em empresas do oeste catarinense. Isso leva à organização das informações de projeto, sistematiza a realização do projeto com base na descrição das funções do produto no nível de peças, gerando as melhores alternativas de forma geométrica para cada peça e o projeto como um todo.

Posteriormente, esses dados são utilizados para a identificação terminológica das funções que descrevem as peças do sistema mecânico de um compressor alternativo.

Como resultado inicial obteve-se alguns “padrões de repetição” resultantes das correlações computacionais entre as estruturas descritivas funcionais e geométricas modeladas e a propagação das heranças dos elementos descritivos das estruturas funcionais, de regiões físicas das peças e de padrões terminológicos propostos.

O método pode ser utilizado como ferramenta de auxílio ao projeto de peças e para organizar a comunicação entre os projetistas no domínio de projeto em engenharia.

## Abstract

The product design theory and applied techniques has demanded by new tools that include data storage and recovery of information with industrial goal and, also, for design reusability. The design process is better described by step-by-step phases, where some tasks are needed to accomplish in order to have the initial product conception. So, many tasks are in designer's mind, mainly those design description that have to be included to satisfy the product design requirements and restrictions, consumer's needs, as well as, methods and rules to help the product design specifications.

One of the most important phase in the product design process is the product functional structure definition in terms of its assemblies, sub-assemblies and part geometric solutions chosen and how its inter relationships should be obtained. The definition in real time in the appropriate geometric form to accomplishment a function with base in it description, is more difficult, because it depends on several restrictions specified previously. That is more important when the geometric forms should be connected as geometric entities in the modeling level or as real physical entities, after it correspondent manufacturing. All those design variables have consequences in geometric part design. It is the case of a part that there is the material continuity requirement among its functional areas. And also, the part functions can be accomplished by on more hundreds geometric shapes to be or no defined in a system *CAD*.

The geometric shape are closely related the part functional specification, and its features details have demanded more information than the conventional *CAD* systems can supply now. The conventional *CAD* systems have good tools to work during and after the end of the preliminary design process phase. And also it has robust tools to the detailed design process where the part design specification in terms of measure happens. However, they should comprise other tools in order to be able to capture design information based on the functional and conceptual definition of the product and its parts, as well as, the designer's intentions to materialize their conception.

This research was rendered to the model development for part design and its respective computational implementation. The methodology includes: 1) to create the part functions structure based on the product conceptual design; 2) to develop procedures to deal with functional design information and its linguistic processing, based on the designer's intentions; 3) to organize the functions, functional and geometric structure hierarchically; 4) and finally, to identify an operator that could establish a relationship between the functional and geometric space in order to capture the designer's intentions. A computational implementation is implemented to register and to work on database to save and restore designer information in the interface conceptual/preliminary design phases.

An important result was to establish a Design Technical Terminology proposal, in Portuguese terms, to mechanical design. It organizes the design information process and systematizes the product functions description for each the part level description.

At the end, the “repetition patterns” are measure as results of the computational correlations between the modeled functional and geometric descriptive structures. It captures the inheritances and its propagation in the part functional and geometric hierarchy in terms of linguistic structures description and of proposed terminological patterns. All the thesis process can be extend as tool of aid to the part design and to communication among designer’s organization in the mechanical engineering domain.

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1 – Apresentação

As técnicas e teorias sobre projeto de produto têm demandado por novas ferramentas para o armazenamento de dados e recuperação de informações com objetivos industriais, além de pensar sempre em re-usabilidade de dados em projetos. O processo de projeto inclui uma série de fases, etapas, tarefas e passos, que tem sido aplicado simultaneamente para a realização do produto final.

Isso demanda o uso de técnicas alternativas na realização das fases do processo de projeto para satisfazer os requisitos e restrições de projeto do produto em relação tanto às necessidades do consumidor como aos métodos e regras que permitem o atendimento das especificações de projeto do produto. Das etapas, por meio das quais as soluções geométricas das partes do produto e seus respectivos inter relacionamentos devem ser obtidas para a montagem final do produto, a estruturação funcional global do produto e suas peças é de fundamental importância no processo de projeto.

Seguindo as fases do processo de projeto segundo Pahl e Beitz (1996) e VDI 2221 (1987)<sup>(1)</sup>, as estruturas funcionais e conceituais do produto devem estar definidas ao final do projeto conceitual, em que o produto é decomposto em modelos de representação com significado de projeto. Então, pode ser gerada uma árvore hierárquica na qual o último nível é representado por configurações alternativas definidas por princípios destinados à realização física do produto.

Na fase de projeto conceitual, uma das principais etapas é a de criação e a da pesquisa por atributos e valores que caracterizem tais princípios de solução, guiados principalmente, pela estrutura funcional na busca da definição de configurações do leiaute da concepção do produto. Essa configuração pode ser resolvida geometricamente pelo projeto baseado em funções, informações descritivas que podem originar as formas geométricas das partes do produto.

Uma vez que cada configuração possível é resultado de um conjunto de alternativas para a realização das funções necessárias ao produto, suas soluções físicas são materializadas através das montagens e sub-montagens do produto, tipicamente integradas por peças. Essas montagens são normalmente descritas por meio das funções mais básicas do produto, chamadas de funções elementares. A função elementar do produto deve ser realizada por uma montagem de peças obedecendo à especificação de projeto do produto, em especial à especificação funcional.

Da especificação funcional geral do produto podem ser derivadas as especificações funcionais de suas montagens, sub-montagens e, mais restritamente, de cada uma de suas peças. Isso decorre naturalmente de necessidades inerentes a cada detalhe particular do produto até as minúcias de suas funcionalidades, em termos de peças individuais. Assim, as peças também podem ser descritas funcionalmente. Similarmente à especificação de projeto que correlaciona custos, manufatura, uso,

---

<sup>(1)</sup> VDI – Verein Deutscher Ingenieure – Especifica um padrão alemão para projeto sistemático de produto.

manutenção e muito outros requisitos importantes à realização física e ao comportamento do produto, a estrutura funcional da peça pode ser derivada das necessidades da montagem da qual faz parte.

Portanto, partindo-se da especificação funcional individual da peça, uma hierarquia de funções específicas da peça pode ser definida, recebendo o nome de estrutura funcional da peça. Ela permite que um conjunto característico de funções e seus respectivos relacionamentos possam ser representados e sistematizados. Esse é um modo de obter a documentação e a visualização de funcionalidades de peças de maneira compartilhada e re-usável em termos de projeto.

As funções voltadas à modelagem da estrutura funcional da peça foram inicialmente modeladas por Linhares (2000). Mas, é interessante para o processo de projeto, criar uma forma de correlacionar as representações descritivas funcionais do domínio de funções às representações físicas no domínio das correspondentes geometrias. Entende-se que as funções da peça podem ser realizadas por algumas dezenas ou mais de formas geométricas que sejam ou não pré-definidas, já que se trata de um domínio bastante vasto.

A definição da forma geométrica adequada à realização de uma função descrita é difícil, porque depende de várias restrições previamente especificadas. Essas restrições começam a ser definidas na fase de projeto informacional, quando o cliente do projeto manifesta suas necessidades e evoluem como informações mais densas em termos de projeto à especificação de projeto de produto. Após a definição da primeira concepção do produto, no final da fase de projeto conceitual, as informações sobre o produto evoluem de “eminentemente descritivas” em termos de requisitos e restrições funcionais em linguagem técnica, a “totalmente modelada” em termos de requisitos e restrições de representação geométrica sólida. Essa transição se dá mais especificamente no momento da criação das estruturas funcionais (descrições das funções) e físicas (modelagem geométrica) de cada peça do produto.

Encontrar a forma geométrica e a especificação detalhada da peça, englobando seu histórico de projeto além das intenções do projetista quando de sua concepção e definição geométrica, demanda mais informações do que os Sistemas *CAD* convencionais podem fornecer atualmente. Os Sistemas *CAD* convencionais têm trabalhado bem nas etapas do projeto preliminar, principalmente no processo de detalhamento para a especificação do projeto da peça. No entanto, eles podem incorporar outras ferramentas para serem capazes de armazenar outras informações, baseadas na definição funcional e conceitual de um produto e suas peças, assim como o registro das intenções do projetista na concretização dessas etapas de projeto.

## **1.2 – O problema de relacionamento funcional e geométrico**

De acordo com o modelo de representação para o processo de projeto de produto adotado, na interface entre as fases de projeto conceitual e projeto preliminar, o projetista precisa incorporar o

produto com a busca de definições de leiautes e geometrias sólidas das peças, à luz dos requisitos funcionais do produto.

Essa tarefa implica em desdobrar a solução conceitual do produto de maneira a chegar na modelagem sólida final de seus componentes individuais. O(A) projetista tem necessidade de organizar e registrar o desenvolvimento de soluções geométricas com base numa estrutura que suporte a construção e a representação das funções das peças do produto.

O problema está em sistematizar a obtenção da geometria sólida no projeto da peça a partir de uma descrição funcional. Isso implica em desenvolver uma estrutura de dados que organize as funções das peças para registrar os significados de projeto atribuídos pelo(a) projetista e os caminhos de geração da modelagem sólida associados a essa tarefa. Para isso, é necessário registrar o caminho da transformação da intenção em geometria sólida por meio das descrições das funções da peça, desdobradas em tantos níveis quanto necessários forem às necessidades de detalhamento geométrico para cumprir as suas funções. Isso implica a organização de modelos de representação, sua implementação para verificar as correlações existentes entre os espaços de projeto envolvidos na transformação descrição/geometria.

#### 1.2.1 – Objetivo geral e objetivos específicos

Numa visão ampla, nota-se que, toda vez que o(a) projetista modela geometricamente a peça, as intenções de projeto ficam de alguma forma registradas na estrutura de funções definidas descritivamente para todos os detalhes da peça. Isso faz parte de um processo global que demanda a realização de ferramentas de projeto para se chegar ao aperfeiçoamento gradativo do processo de projetar.

Antes da definição correta da melhor geometria cabe verificar os requisitos de projeto por meio dos princípios de projeto preliminar em que, provavelmente, o estabelecimento de elementos condutores de projeto preliminar, baseados em princípios de projeto preliminar, deverá vir à tona. A importância desta verificação está em poder considerar, além dos requisitos funcionais, aqueles que podem, de alguma forma, decidir sobre qual a geometria mais adequada a uma dada situação ou problema de projeto. Neste trabalho, esse método não é desenvolvido, cabendo um outro trabalho para sua realização, uma vez que demandaria uma sistematização específica seguida de uma implementação computacional adequada. Antes disso, é preciso organizar os espaços que se relacionam e participam da definição geométrica sólida, hoje realizada manualmente nos sistemas CAD.

Portanto, este trabalho busca uma forma de relacionar as estruturas funcionais e suas correspondentes geometrias no espaço das *features* sólidas. Desta forma, existem dois espaços a serem bem definidos onde o relacionamento é dado por um operador que transforma seus respectivos valores. O primeiro, é o espaço das funções da peça cujos valores são as suas descrições, isto é, a semântica de



projeto onde as intenções de projeto estão embutidas. O segundo, é o espaço das geometrias, obtidas a partir de um modelador sólido capazes de realizar as funções desejadas.

Quando se olha os espaços que um operador desse gênero deve atuar, observa-se que ele deve gerar muitas opções e, sendo multi opcional, as relações entre os espaços deverão ser do tipo  $n:m$ , com  $n$  e  $m$  maiores que zero.

Para organizar essa visão de projeto na interface entre o projeto conceitual e preliminar, os objetivos mais específicos da tese foram: o desenvolvimento dos modelos de representação dos dois espaços citados no item anterior e a verificação de suas correspondentes correlações computacionais na busca de padrões semânticos que possam ser adequados à geração de geometria sólida em sistemas CAD. Isso é feito sob a ótica do projeto individual de cada peça que compõem um produto, com a realização de um estudo de caso.

### 1.2.2 – Justificativas

Ao olhar a organização do espaço das funções, entendeu-se que ele é por si só um espaço de descrições textuais pensadas, faladas e ouvidas em que a semântica ou os significados terminológicos são grandemente influenciados pela maneira com que o projetista trata ou descreve as funções no projeto. Isso pode ser organizado adequando tais descrições sobre “matrizes de descrição” de tal maneira que o significado de projeto atribuído pelo(a) projetista passe sempre por esta base de composição gramatical.

A organização do espaço das geometrias sólidas deve ser feita com a visão focada nas ferramentas computacionais de modelagem sólida, em que as primitivas geométricas já estão embutidas. Como levantado anteriormente, a resposta geométrica pode ou não estar condicionada aos requisitos de projeto da peça, quando disponíveis, com a assertiva de que a mesma deverá ser influenciada por “condutores” ou “princípios de projeto preliminar”, cuja sistemática fica condicionada a uma pesquisa posterior.

A relação função-forma, portanto, precisa ser mapeada sobre diferentes tipos de modelos de representação física e descritiva que darão sustentação à implementação computacional na busca da resolução da problemática de tese. Para organizar o processamento computacional dessas estruturas, são necessários os modelos lingüísticos, que descrevem a maneira de como as descrições podem se relacionar e aqueles que formalizam como os resultados serão apresentados.

Do lado das geometrias, um modelo geométrico das *features* sólidas é proposto para ser compatível com as correlações desejadas. Isso é feito com base num padrão terminológico desenvolvido com a sustentação de uma pesquisa de campo em escritórios de projeto.

Uma vez descrita a estrutura funcional de cada peça de uma montagem, a preocupação é a de “agrupar” ou “conectar” convenientemente essas peças para que, em conjunto, realizem a função

global do produto. Tendo todas as estruturas funcionais e físicas das peças do produto definidas, o nível de informações sobre o produto cresce consideravelmente tanto para reuso e registro da documentação de projeto como para o controle dos parâmetros e variáveis envolvidas no uso do produto.

A busca por ferramentas alternativas de auxílio ao projeto de produto é a maior motivação desta pesquisa. Isso porque é necessário entender melhor o projeto baseado em funções e estabelecer uma padronização das descrições funcionais envolvidas no projeto de peças na direção de uma definição geométrica sólida mais precisa e mais rápida. Entende-se ser este o caminho para achar o operador função-forma.

### **1.3 – Estrutura do texto**

O texto que documenta esta tese está subdividido em capítulos com as disposições e conteúdos apresentados a seguir.

No Capítulo 1, é feita a introdução da pesquisa onde o problema de projeto a ser estudado é localizado no contexto do processo de projeto de produto e é feita a sua delimitação por meio da definição do domínio específico de trabalho. Neste capítulo, são ainda contextualizadas questões referentes ao relacionamento função-forma, sob a ótica das intenções de projeto.

O Capítulo 2 versa sobre o estado da arte das teorias envolvidas com o processo de projeto de produto. São mostradas algumas das principais metodologias voltadas para o processo de projeto de produto e ressaltados os pontos de convergência à pesquisa sendo desenvolvida. Ainda, são apresentados e discutidos alguns trabalhos que atualmente emergem como proposições para a sistematização das fases de projeto de produto, mais especificamente abordados a partir do ponto de vista da análise funcional e voltados à solução conceitual e preliminar do produto e suas montagens. Em tais proposições, soluções geométricas são igualmente geradas a partir das funcionalidades desejadas ao produto e peças considerando seus respectivos inter-relacionamentos. É feita, ainda, uma breve revisão que aborda a pesquisa no campo do processamento lingüístico voltado à atividade de projeto.

No Capítulo 3, são discutidos os atores que participam do cenário de projeto na interface da fase de projeto conceitual para a fase de projeto preliminar, o que implica o projeto específico de peças no âmbito do processo de projeto de produto.

O Capítulo 4 aborda as questões inerentes aos conceitos propostos para a organização da plataforma sobre a qual o trabalho é desenvolvido. São abordadas as estruturas hierárquicas em árvore para representação das descrições funcionais e de regiões físicas, sob a ótica do paradigma da orientação a objetos. Este capítulo contextualiza os conceitos e modelos propostos na tese, os voltados à representação dos relacionamentos físicos e funcionais e, principalmente, aqueles aplicados na

implementação computacional, abordada, posteriormente, no Capítulo 5. O objetivo é organizar a plataforma conceitual e descrever as bases da implementação computacional a partir do modelo macro sobre o qual são realizadas as correlações descritivas.

O Capítulo 5 contextualiza as implementações computacionais da tese realizadas sobre os modelos descritos no Capítulo 4. Nele, são discutidas as interfaces e respectivos códigos, gerados em Linguagem *Java*, Java Technology (2000), os vetores com as descrições conforme estrutura abordada no Capítulo 4, a obtenção das árvores de relacionamentos e os componentes resultantes da análise feita com base nas árvores de relacionamentos. Finalmente, são discutidos os padrões de repetição encontrados como resultados das implementações realizadas.

O entendimento da proposta passa pela verificação dos aplicativos de implementação e, portanto, é necessária uma leitura das restrições envolvidas no encaminhamento e desenvolvimento do trabalho. Na seqüência, considerações e sugestões finais são apresentadas no Capítulo 6. As referências bibliográficas são descritas no item 7 e logo após são apresentados os apêndices de A a H. O CD que acompanha o texto da tese contém os arquivos de implementação, os arquivos dos textos da tese, os arquivos referentes ao aplicativo com os códigos fontes em linguagem Java e outros arquivos de apoio relevantes à consulta do trabalho.

#### **1.4 – Conclusão**

Neste capítulo é feita a introdução da pesquisa e o problema de tese é definido. É realizada uma breve retomada do processo de projeto de produto sistematizado em quatro fases e, posteriormente, a interface entre as fases de projeto conceitual e preliminar é discutida no contexto do projeto de peças. Ainda, as questões que têm relação com a proposta da tese, são colocadas. Na seqüência, são descritas as características da problemática que se propôs resolver.

O principal objetivo foi registrar descritivamente o escopo do problema detectado no domínio da pesquisa sobre o processo de projeto de produto onde foi identificada a necessidade de uma atuação mais incisiva do sistema *CAD* como ferramenta global de projeto e ainda informar o conteúdo do texto.

O foco do problema é o projeto baseado na descrição das funções necessárias às peças do produto no início da fase de projeto preliminar em que, para o enorpamento adequado do produto, a definição geométrica preliminar das peças que compõem cada montagem do produto, é necessária.

O problema da tese, portanto, é focado no desenvolvimento e elaboração de uma sistemática voltada à definição de um modelo de representação em que as descrições funcionais das regiões de uma peça possam repercutir num caminho para a definição das geometrias sólidas básicas, servindo como indicativo inicial na geração automática de geometria sólida em futuros sistemas *CAD*.

## **Capítulo 2 – Revisão teórica para a pesquisa**

### **2.1 – Introdução**

Neste capítulo é feita uma rápida retrospectiva dos principais modelos aplicados na sistematização do processo de projeto de produto. Buscou-se apresentar a literatura técnica utilizada como base de conhecimento para a composição do trabalho. São abordadas as pesquisas de Roth (1985a, 1985b), Rodanacker (1984), French (1985), Hubka & Eder (1988), Hundal (1990), Blanchard & Fabrycky (1990), Pugh (1991) e Ulrich & Eppinger (1995) e Pahl & Beitz (1996) entre outros, que usam modelos hierárquicos em árvore para a representação e modelagem de funções de produto. Em seguida, é feita uma analogia com os trabalhos desenvolvidos por Tomiyama e Umeda (1993), Takeda et al (1994) Umeda et al (1995), que identificam um processo de descrição funcional baseado em redes. Em seguida, aborda-se o material pesquisado utilizado na busca das possíveis soluções do problema de tese.

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no campo da sistematização do processo de projeto de produtos industriais. Tais estudos tratam o conhecimento de projeto de forma sistemática podendo ser usada no desenvolvimento de ferramentas computacionais de auxílio às fases de projeto informacional e conceitual de produto. No entanto, percebe-se uma carência de procedimentos de sistematização e informatização, aplicáveis à fase de projeto preliminar do produto, muito embora, os métodos de análise de projeto sejam aplicados isoladamente na tentativa de formalizar soluções para o encorpamento de projeto, através dos CAx (*Computer-Aided x*).

Os temas pesquisados visam a composição de uma base de conhecimento fundamentada na aquisição de procedimentos sistematizáveis e informatizáveis que possam compor um modelo de visualização e processamento das funções necessárias às peças responsáveis pela realização física do produto. Esses modelos podem ser utilizados como ferramentas de auxílio na interface da fase de projeto conceitual para a fase de projeto preliminar.

Assim, a busca da fundamentação teórica e prática é realizada de tal forma que evidencie questões relacionadas com as descrições funcionais envolvidas nesta interface. Uma segunda preocupação é que essa base de conhecimento possa ser processada computacionalmente para identificar as possíveis correlações entre os três sub-modelos inicialmente previstos: sub-modelo das descrições das funções da peça, sub-modelo das descrições de regiões funcionais da peça e, por último, sub-modelo das descrições de *features* sólidas no sistema CAD que correspondem geometricamente às funções inicialmente modeladas.

## 2.2 – Modelos aplicados à sistematização do processo de projeto de produto

A partir da década de 70, várias pesquisas que abordavam tentativas de fornecer uma descrição formal para os passos do processo de projeto, foram publicadas. Essas metodologias são apresentadas na literatura como aplicáveis ao processo de projeto de produto. São amplamente reconhecidos e discutidos os modelos de Roth (1985a, 1985b), Rodanacker (1984), French (1985), Hubka & Eder (1988), Hundal (1990), Blanchard & Fabrycky (1990), Pugh (1991) e Ulrich & Eppinger (1995). No entanto, um dos modelos mais seguidos, tanto na teoria como na prática de metodologias aplicadas ao processo de projeto de produtos é o proposto por Pahl & Beitz (1996). Esse modelo prevê que o processo de projetar produtos pode ser realizado tendo como base quatro principais fases, organizado de tal forma que um projeto possa ser desenvolvido sistematicamente.

### 2.2.1 – Modelos gerais do processo de projeto

O modelo de Pahl & Beitz (1996) mostrado na Figura 2.1, define que o processo de projeto de produto pode ser representado por um diagrama de fluxo que compreende quatro fases principais: estudo do esclarecimento inicial do projeto, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. As fases desse modelo são realizadas com base em atividades, procedimentos e tarefas que interagem na busca da otimização do projeto e da realização do produto final. As especificações de projeto compõem um documento que é o resultado principal da fase de clarificação da tarefa, atualmente denominada de projeto informacional, Fonseca (2000). Na fase de projeto conceitual, a função global do produto (*FG*) é definida e mediante sucessivos refinamentos é desdobrada em duas outras classes ou conjuntos de funções: funções parciais (*FP*) e funções elementares (*FE*). Essas funções são arranjadas na estrutura hierárquica funcional do produto, podendo apresentar inúmeros inter-relacionamentos em diferentes caminhos ou opções. Não existe singularidade nesta solução. Na estrutura funcional do produto, isso é normalmente apresentado na forma de árvores onde as folhas retratam os chamados módulos realizáveis do produto ou na forma de fluxo de grandezas, (VDI 2221, 1987).

Fonseca (2000), a partir do modelo de Pahl & Beitz (1996) e VDI 2221 (1987), sistematiza o processo de obtenção das especificações de projeto de produto e introduz o título “projeto informacional” no início do processo de projeto. Este modelo, considerado de consenso, por aglutinar as lógicas de projeto de vários modelos estudados, é adotado pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto – NeDIP (UFSC – Florianópolis). A fase de projeto informacional é, dessa forma, incorporada ao modelo de processo de projeto de produto como a fase em que ocorre a elaboração da especificação de projeto do produto. Neste âmbito, uma proposta de sistematização para

projeto de produto é feita por Ogliari (1999) ao implementar uma metodologia para sistematização do processo de projeto, aplicada ao domínio de plástico injetado.

Embora a teoria de Pahl & Beitz (1996) não contemple, na transição da etapa de projeto conceitual para a fase preliminar é executada a transformação da estrutura funcional do produto e seus princípios de solução nas formas geométricas básicas. As peças e componentes formam uma estrutura preliminar que resultará num primeiro esboço ou leiaute do produto. Aqui, peças e componentes têm suas respectivas funções globais definidas.

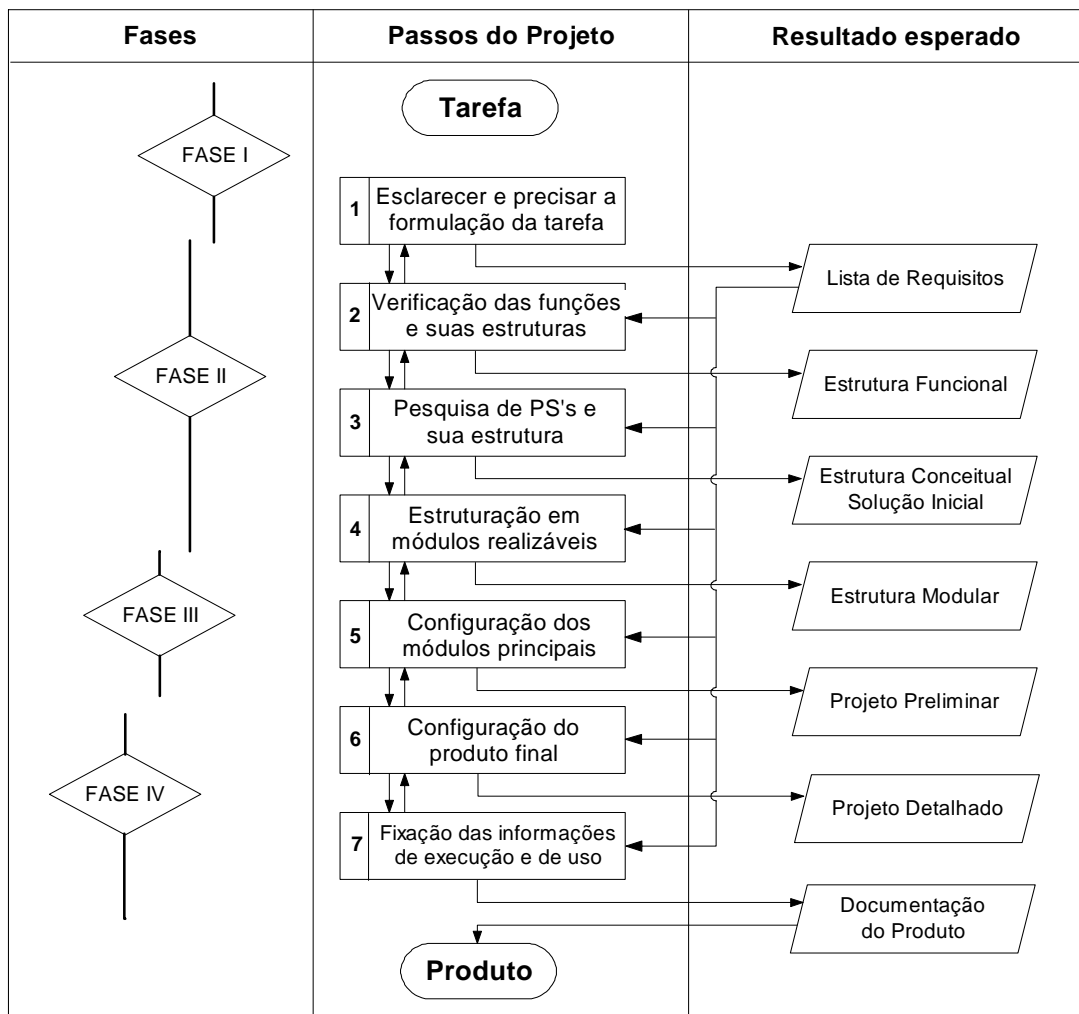


Figura 2.1 - Procedimento geral para o projeto de sistemas mecânicos segundo a VDI 2221 (1987), adotada por Pahl & Beitz (1996).

Uma vez mais, as funções globais de cada elemento são desdobradas em sub-funções. Além disso, os relacionamentos entre as funções globais das peças e entre as funções de uma mesma peça, devem ser definidos e analisados. A topologia e a forma geométrica das peças e componentes, a definição das dimensões básicas, os materiais envolvidos, assim como suas interações dinâmicas, são consideradas.

No contexto da atividade de projeto, o projeto preliminar depende de uma série de informações que devem ser consideradas pelo projetista, simultaneamente. Na fase de projeto preliminar, tem-se uma grande quantidade de informações de projeto fragmentadas nas fases anteriores que se multiplicam rapidamente, dependendo do “tamanho” do projeto. Isso pressupõe a utilização de uma base de dados estruturada, capaz de organizar não apenas as informações já trabalhadas, mas principalmente, aquelas que são processadas diretamente pelo projetista, por exemplo, a modelagem geométrica.

Das propostas de sistematização citadas no início desta seção, algumas se destacam. A de Hubka & Eder (1988), Teoria dos Sistemas Técnicos, destaca a necessidade da abstração em vários níveis de modelagem e representação dos sistemas mecânicos e do relacionamento entre os mesmos com o ambiente em que estão ou estarão inseridos. Para os autores, sistemas técnicos são naturalmente reconhecidos pelos efeitos que exercem durante a realização de seus objetivos. Esses efeitos podem ser físicos, químicos e biológicos. Alguns efeitos devem ser executados na realização de um modo de ação ou de realização que um sistema técnico deve executar.

Já, Blanchard & Fabrick (1990) referem-se ao projeto de produto como função do ciclo de vida do produto. Como em Pahl e Beitz (1988), a caracterização de produto começa com a identificação inicial de uma necessidade e se estende através do planejamento, pesquisa, projeto, produção, avaliação, uso pelo consumidor, suporte logístico e descarte. A etapa de “projeto do produto” deve ser executada a partir dos requisitos ou das especificações de projeto do mesmo, percorrendo o projeto conceitual, o preliminar e o detalhado.

Pugh (1991) define o processo de projeto de produto como Projeto Total. Aqui, o projeto total é considerado como uma atividade sistemática necessária, desde a identificação das necessidades do usuário/consumidor até a disponibilização do produto para a venda no mercado com a conseqüente satisfação de suas necessidades. Essa atividade envolve o produto, o processo, os profissionais e sua respectiva organização em que o projeto é identificado a partir de um núcleo central de onde derivam diversas atividades que integram o processo de desenvolvimento de produto (*PDP*).

O modelo de Projeto Total de Pugh (1991) enfatiza a importância das especificações de projeto de produto em todas as fases do processo de projeto de produto. As especificações de projeto do produto devem ser constituídas como base de informações e dados para a elaboração do projeto. Pugh (1991) relaciona, de forma abrangente, os itens que devem compor a especificação de projeto.

A proposição de Ulrich & Eppinger (1995) é estabelecida no fato de que o processo de desenvolvimento de produto é subdividido em cinco fases principais, compostas simultaneamente. Em cada fase é proposta uma metodologia para a execução das tarefas. A ênfase está no planejamento prévio do processo de desenvolvimento do produto que segundo os autores, assegura a qualidade do

produto, a coordenação das atividades, o planejamento das atividades concorrentes, o gerenciamento do processo como um todo e ainda o aperfeiçoamento constante dos processos de desenvolvimento da organização.

### 2.2.2 – Modelos de estudo na interface conceitual/preliminar função-forma

O final da fase de projeto conceitual caracteriza a definição de formas geométricas preliminares para o encorpamento das formas dos objetos ou princípios de solução escolhidos e definidos como os mais adequados à realização das funções elementares do produto.

Esse processo inicia com a definição das formas geométricas básicas de cada conjunto e termina no detalhamento em termos de modelagem sólida das peças que compõem os conjuntos ou montagens que integram o produto.

O modelo local aplicado pelo NeDIP especifica uma base de definição funcional que é estabelecida após a definição da especificação de projeto do produto, em que o último nível de desdobramento funcional é o nível das funções elementares do produto. Nesse nível, a busca de soluções é baseada mais em soluções conceituais do que propriamente nas possíveis soluções geométricas. Entretanto, na interface conceitual/preliminar, supõe-se que o lado que se pauta nas soluções preliminares do produto, trata mais da definição física das diversas montagens e submontagens do produto com a visão voltada para a definição geométrica de suas peças. Do ponto de vista da peça, considera-se que a análise funcional seja a mais significativa, pois a realização da função global do produto deve-se à integração de cada uma das diversas funções menores de cada peça.

Em relação à modelagem com base em funções, vários pesquisadores dedicaram-se nos últimos anos ao estudo dos relacionamentos existentes no domínio do projeto mecânico de peças.

Hundal (1988) propôs um método que gera um diagrama de blocos por meio de uma rotina computacional usando um banco de dados que agrega requisitos, funções descritas e soluções de projeto que ajuda na definição de uma lista de requisitos de projeto da aplicação. Este método é aperfeiçoado e mostrado em Hundal (1990), em que o autor representa, conforme indica a Figura 2.2, adaptada de Hundal (1991), o diagrama de fluxo completo da rotina computacional proposta.

A definição da lista de requisitos proveniente da operação de “definição do problema” é implementada conforme publicado em Hundal (1988) e a implementação computacional da parte do problema que gera a lista de requisitos é implementada e publicada em Hundal (1989).

Hundal (1990) cita o método de projetar sistematicamente proposto por Rodenacker (1984) e Pahl & Beitz (1986) que possui procedimentos científicos no auxílio ao desenvolvimento de novos produtos e processos. Baseado em princípios (físicos, químicos, biológicos, etc.), ao invés de soluções pré-concebidas e produtos existentes, ressalta algumas importantes características do método como:



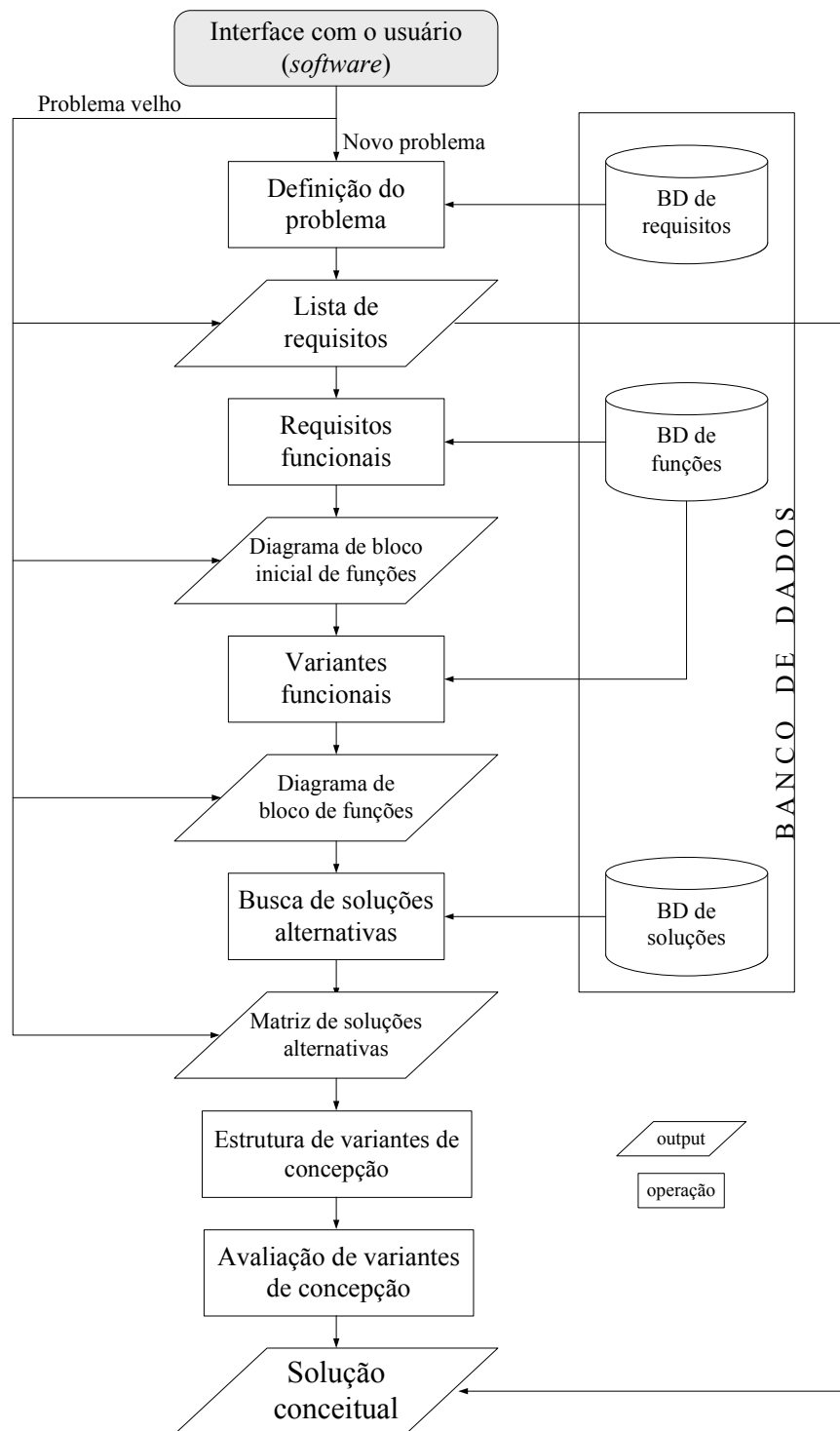


Figura 2.2 – Diagrama de fluxo do programa de Hundal (1991).

- (01) Abstração dos requisitos da aplicação que reduzem o problema global em termos de soluções prontas;
- (02) Dedobramento do problema macro em sub-problemas e busca de mais de uma solução para cada parte;
- (03) Combinação de sub-soluções que podem gerar soluções variantes para o problema global;

(04) Ênfase na seleção dos melhores processos físicos no qual o projeto é baseado.

Ainda, em Hundal (1990), o aplicativo computacional da proposta evolui em termos de implementação, solicitando ao usuário as entradas e saídas através da descrição de funções físicas básicas e de suas conectividades. O autor desenvolveu uma plataforma montada sobre um modelo global de geração de conceitos de produto baseada na definição das funções e correspondentes estruturas físicas. A partir daí, o aplicativo sugere funções mais apropriadas que podem ser usadas para realizar as funções físicas do produto. Após o primeiro diagrama de funções ter sido disponibilizado, variantes podem ser geradas por meio da busca de alternativas para as funções escolhidas.

Neste trabalho, Hundal (1990) cita Roth (1985a) que faz uma comparação da criação de modelos para projeto sistemático com e sem o uso de sistemas CAD, usando a base descrita pela VDI GUIDELINE 2221 (1987) que prescreve 7 (sete) passos para o processo de projetar. O projetista, dependendo da fase do processo de projeto, cria diferentes tipos de modelos de descrição do produto (MDP) usualmente englobadas, segundo o modelo de quatro fases de Pahl & Beitz (1988), nas fases de definição do problema, projeto funcional/conceitual e projeto preliminar ou de encorpamento do produto.

A fase de definição do problema é um modelo em que as verbalizações do projetista ou equipe de projeto, culminam numa lista de requisitos. Na fase de projeto funcional/conceitual, os modelos são representativamente simbólicos, descritivos e semânticos. Na fase de projeto preliminar, o produto é representado por croquis e *sketches* 2D e 3D. Roth (1985a) mostra que nas fases de projeto funcional/conceitual e projeto preliminar, os modelos de descrição do produto (MDP) podem ser representados no computador por dados de definição do produto (DDP).

Simultaneamente, Hundal (1990) defende que os dados de definição do produto possuem diferentes formatos à medida que o processo de projeto evolui. Em relação à proposta defendida por este autor, os dados de definição do produto são as descrições físicas e lógicas contidas no diagrama de blocos, na fase de projeto funcional/conceitual. A exemplo do que é realizado na fase de projeto preliminar, os dados de definição do produto tornam-se mais especificamente orientados ao objeto de projeto em que ocorrem as descrições das formas geométricas, dimensões e arranjos das partes do produto.

Roth (1985b) discute estratégias para o desenvolvimento sistemático de produtos com variantes de funções, efeitos e soluções. Apresenta três métodos de procedimentos sistemáticos, iniciando com a fase funcional. A primeira estratégia envolve o uso de diferentes efeitos físicos para a realização de sub-funções que podem ser encontrados em catálogos de projeto. A segunda, é um método que “estrutura funções especiais” e que trabalha num nível mais abstrato baseado na

subdivisão das funções complexas em sub-funções mais simples ou elementares, desta maneira, produzindo um campo mais amplo de soluções possíveis. A terceira estratégia considera a transição da fase funcional/conceitual para a fase preliminar novamente com o uso de catálogos de projeto.

Hundal (1990), ainda desenvolve correlações entre o que chama de “função física” e as correspondentes ocorrências de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de energia, material e sinal. O programa computacional desenvolvido pelo autor conduz o usuário à obtenção de uma estrutura funcional mediante a avaliação prévia de possíveis alternativas funcionais e suas estruturas físicas. Há, usualmente, uma certa quantidade de funções “geralmente válidas”, Pahl & Beitz (1988), ou “básicas”, Hundal (1990). Com essas funções é possível trabalhar num nível de abstração mais básico sem prejudicar as funções específicas elementares. O autor ressalta que, em grande parte, as funções físicas podem ser descritas em termos de uma ou uma combinação das funções básicas que propõe, que estão mostradas nas Tabelas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6.

Na continuidade de sua pesquisa, Hundal (1990) apresenta um aperfeiçoamento do método computacional para sistematizar o projeto funcional dentro da fase de projeto conceitual. Novamente, usa bancos de dados de soluções para suprir os requisitos, funções e soluções físicas. A proposta global do autor está baseada na representação mostrada na Figura 2.3, em que a função está localizada entre a entrada e a saída de um processo de transformação ou de comportamento físico.

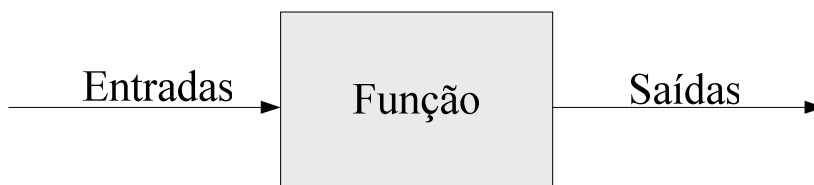


Figura 2.3 – Representação do processo de transformação funcional – visão global.

Considerando os três tipos de entradas e saídas como energia, material e sinal, como descrito nas Tabelas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6, o número de soluções possíveis cresce consideravelmente quando se desdobra uma função global em vários níveis de representação e modelagem funcional, como mostrado na Figura 2.4.

Tabela 2.1 – Função básica “armazenar/prover”.

Função física	Entrada ou Saída
armazenar	energia, material, sinal
prover	energia, material sinal
liberar	material
parar	energia, material
segurar	material

Tabela 2.2 – Função básica “conectar”.

Função física	Entrada	Saída
conectar	energia	energia
comparar	sinal	sinal
marcar	material + sinal	material
trocar	energia + sinal	energia
valve	material + sinal	material
empacotar	material	material
misturar	material	material
adicionar	sinal	sinal
subtrair	sinal	sinal
multiplicar	sinal	sinal
dividir	sinal	sinal
e	sinal	sinal
ou	sinal	sinal

Tabela 2.3 – Função básica “ramificar”.

Função física	Entrada	Saída
cortar	material	material
ramificar	energia material sinal	energia material sinal
contar	material	material + sinal
exibir	energia + material	energia + sinal material + sinal
separar	material	material

Tabela 2.4 – Função básica “encanar”.

Função física	Entrada	Saída
transmitir	energia + sinal	energia + sinal
transportar	material	material

Tabela 2.5 – Função básica “alterar magnitude”.

Função física	Entrada e Saída
processar	sinal
esmagar	material
formar	material
fundir	material
mudar	deslocamento
	velocidade
	aceleração
	força
	torque
	pressão
	tensão
	densidade
	elétrico
	magnético
calor	
luz	
som	

Tabela 2.6 – Função básica “converter”.

Função física	Entrada	Saída
liquifazer	material	material
solidificar	material	material
evaporar	material	material
condensar	material	material
integrar	sinal	sinal
diferenciar	sinal	sinal
sensibilizar	material energia	sinal sinal
converter	deslocamento	um das formas da coluna de entrada.
	força	
	torque	
	pressão	
	tensão	
	densidade	
	elétrico	
	magnético	
	calor	
	luz	
som		

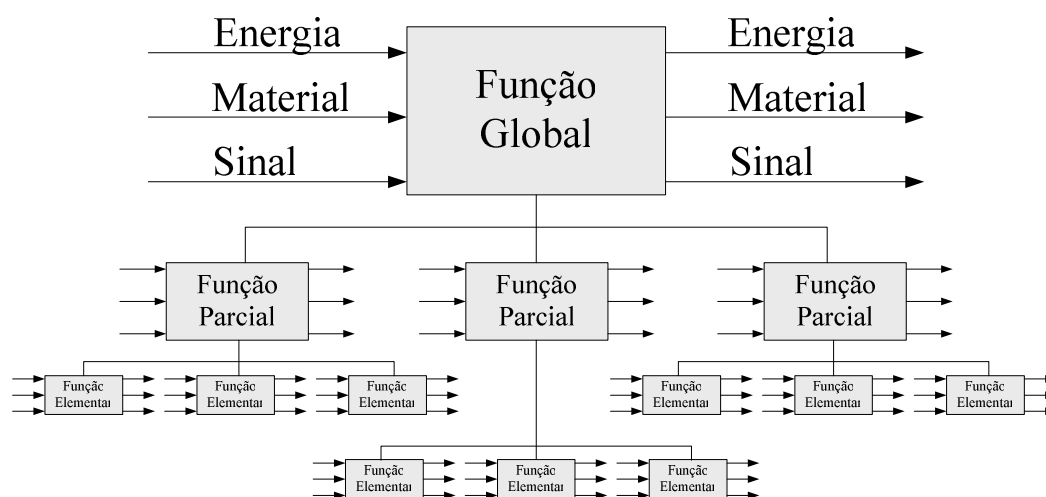


Figura 2.4 – Representação do processo de transformação funcional – desdobramento.

Segundo Hundal (1991), todo dispositivo serve a algum propósito e realiza uma ou mais funções. As funções são os requisitos mais importantes no uso do produto. Ressalta que a descrição funcional de um produto é uma descrição num nível abstrato, em termos de soluções neutras. Em contrapartida, a descrição contida num desenho detalhado é concreta e geometricamente definida. A análise funcional e o diagrama de blocos funcionais de Hundal (1991) possibilitam ao projetista classificar os sistemas e estudá-los de maneira sistemática. Isso é particularmente importante no caso de sistemas intrincados ou confusos em que há complexidade nos relacionamentos funcionais. A quebra e o desdobramento de uma função complexa em sub-funções ou funções parciais e elementares permite subdividir o problema macro em partes melhor gerenciáveis, no entanto, no estágio atual de técnicas para sistematização do processo de projeto, nenhuma consideração é feita acerca de como as funções podem ser encorpadas.

Schulte & Weber (1993) colocam que o termo “função” é usado em metodologia de projeto de uma forma muito abstrata, deixando uma lacuna muito grande neste processo, o que impede a importante representação exercida pelas funções, suas interconexões e relacionamentos, para a concretização das formas do produto.

Por um outro ângulo de visão a análise funcional em rede de Tomiyama & Umeda (1993) pressupõe que os inter-relacionamentos funcionais não ocorrem organizadamente, como no mapeamento do modelo em árvore. No entanto, é necessário, antes, organizar a base de conhecimento de funções hierarquicamente para que se possa ter maior controle sobre seus atributos. Após o mapeamento e o controle das variáveis utilizadas nesse tipo de representação e modelagem, muito provavelmente que a análise em rede seja o tipo de representação e de processamento mais viável nesse domínio de pesquisa.

Takeda et al. (1994), acrescenta que, do ponto de vista dos projetistas, uma função é primeiramente utilizada como uma *linguagem de modelamento* através da qual eles podem compor e desenvolver seus requisitos de projeto, principalmente os requisitos funcionais.

A *visão do projetista* consiste de definições de termos (entidades, atributos e relações) e regras (leis físicas). Um projetista tem vários tipos de *visões*, desde algo bem definido, como por exemplo, a dinâmica de corpo rígido, até algo vagamente definido, como por exemplo, manufacturabilidade. Nesse contexto, uma função é definida como “*uma descrição concisa de um comportamento previsto pela identificação do uso*”. Em outras palavras, enquanto um comportamento é um conceito objetivo fundamentado em estados e descrito dentro de uma *visão do projetista*, uma função é um conceito subjetivo relacionado ao comportamento. Isso é representado na Figura 2.5.

No estudo de Takeda et al. (1994), resumido na Figura 2.6, a estrutura de uma função é representada como uma combinação de três elementos: *descrição da função*, *mecanismo da função* e *refinador de função*. Uma *descrição da função* é um conjunto de símbolos (linguagem) que transmite o significado da função, comandadas por uma ação principal descrita por um verbo. Exemplos típicos de ação são “mover”, “carregar” e “transmitir”

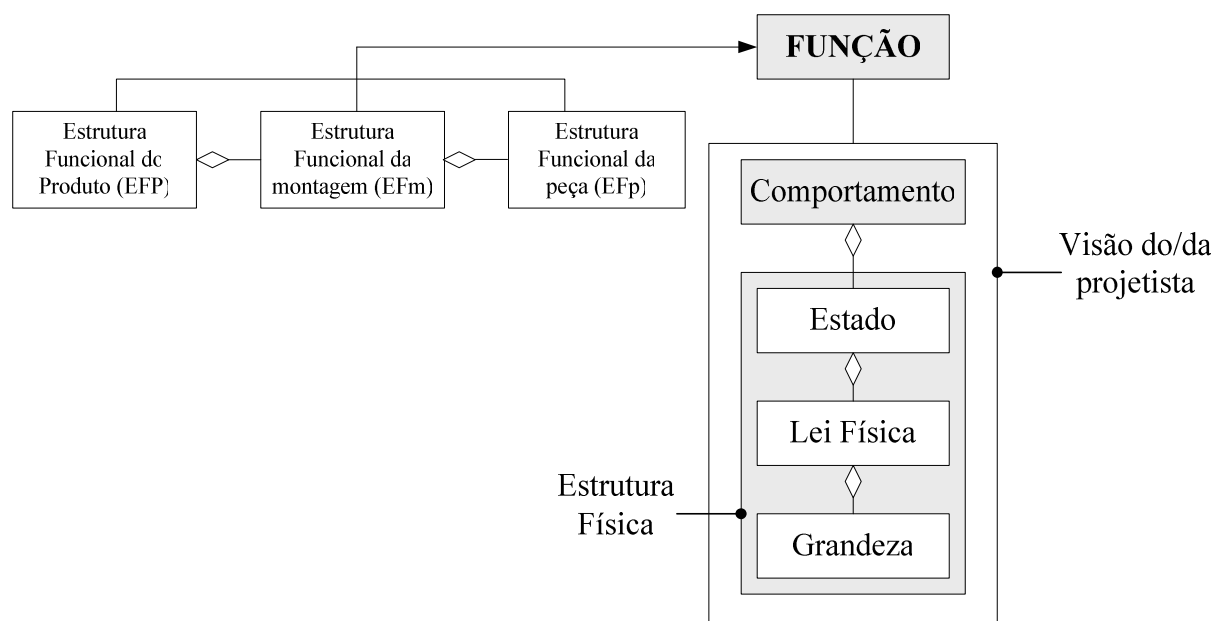


Figura 2.5 – Representação esquemática dos elementos que compõem a visão de projeto dada uma função necessária ao produto, montagem ou peça.

Tomiyaama e Umeda (1993), Takeda et al. (1994), Umeda et al. (1995) e Yoshioka et al. (1999), compartilham a idéia de que os sistemas CAD podem ser inteligentes a ponto de poder considerar modelos funcionais e, conseqüentemente, suportar os relacionamentos “função-forma” no projeto de produto. Os autores trabalham num modelo de descrições funcionais que vão sendo especializadas à medida que o projeto evolui. Usam para tal, o modelo de redes onde, em cada nó, as

funções passam por um processo de especialização crescente, tanto descritivo como de significado de projeto.

Shimomura et al. (1995), ressalta que um dos problemas cruciais enfrentados pelos modelos de projeto conceitual auxiliado por computador é a modelagem das funções que representam as intenções do projetista. Ainda, acrescenta que “função” é a palavra chave para a integração entre o modelo físico da peça e o modelo do processo no projeto.

Kirschman e Fadel (1998) estudaram a classificação de funções para projeto mecânico que inclui taxonomia e formas genéricas baseadas em funções. A taxonomia é baseada em quatro grupos de funções básicas relacionadas com movimento, controle, força, material e leiaute. A forma genérica é associada às descrições da peça ou da montagem para caracterizar as entradas e saídas realizadas pela mesma, mas não considera de que forma a entrada é convertida na saída. Uma ferramenta computacional foi desenvolvida que converte descrições do projetista em formas geométricas que correspondem às funções no nível de montagens, mas não no nível hierárquico de peças, individualmente.

Güi et al. (1999) acrescentam que o entendimento das funções do produto é fundamental para a modelagem geométrica no processo de projeto de produto e mostram um modelo de montagem *top-down* orientado a função traçando um paralelo entre o conhecimento do processo comportamental e funcional do produto.

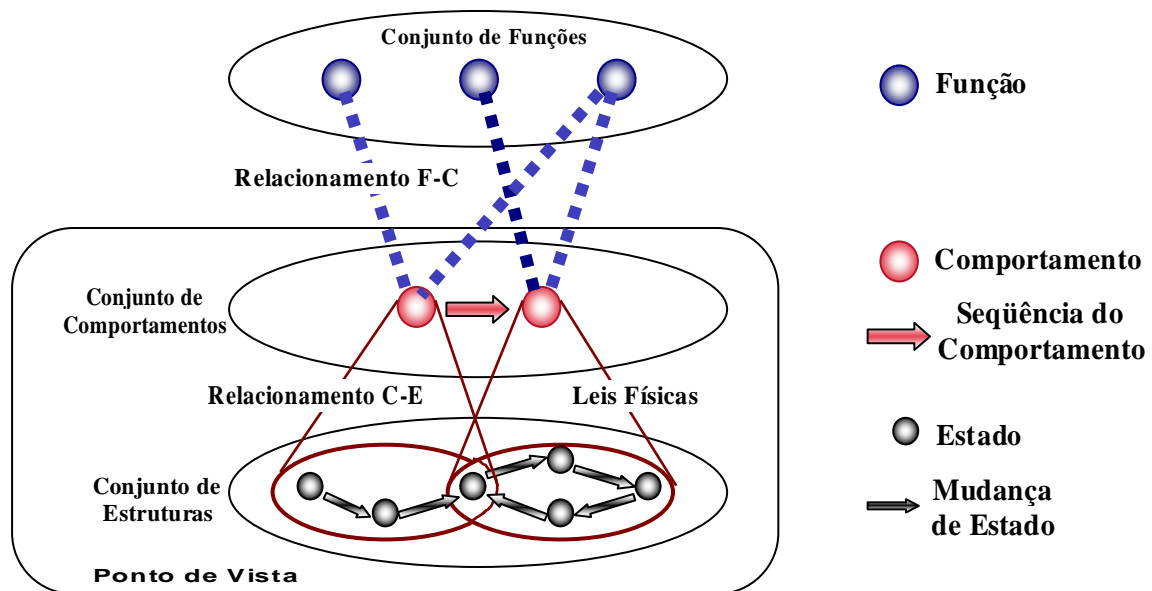


Figura 2.6 - Relacionamentos entre Função, Comportamento e Estrutura, Takeda et al. (1994), Shimomura et al. (1995).

Deng et al. (2000), alertam a importância do desdobramento funcional e da definição de restrições entre as funções elementares dos componentes físicos de um produto. Os autores usam o

modelo de projeto “Função-Ambiente-Comportamento-Estrutura” ou *Function-Environment-Behavior-Structure – FEBS*, para representar as entradas e saídas funcionais de um produto.

Case & Hounsell (2000) apresentam uma metodologia usada para validar uma representação baseada em *features* que captura as intenções do projetista relacionadas a aspectos funcionais, relacionais e volumétricos da geometria da peça.

Roy et al. (2001) propõem um método para síntese de projeto por meio do mapeamento de requisitos funcionais de peças onde é feita uma otimização em multi estágios das restrições durante as fases do processo de projeto. Esse mapeamento função-forma, pode realimentar a especificação de projeto do produto, alterando e otimizando a estrutura funcional do nível de produto ao nível de peças.

Linhares e Dias (2001, 2002, 2003, 2004) têm apresentado ensaios sobre uma abordagem para o desenvolvimento de uma estrutura computacional de modelagem de funções de peças para viabilização de um modelo de correlação entre os domínios funcional e geométrico na fase de projeto preliminar de produto, segundo a abordagem inicial de Pahl & Beitz (1996).

A modelagem das funções e dos comportamentos de sistemas mecânicos é vista por muitos pesquisadores como o grande entrave para o desenvolvimento de Sistemas CAD inteligentes que poderiam apoiar o projeto em níveis mais altos que os sistemas tradicionais. O objetivo do projeto baseado em funções, é considerar as descrições envolvidas no processo de projeto durante as fases de projeto funcional, projeto conceitual e projeto preliminar. Alguns trabalhos têm sido feitos nessa área. A principal abordagem tem sido o desenvolvimento de métodos de decomposição hierárquica de funções maiores em sub-funções, desdobradas em vários níveis hierárquicos na forma de árvores. Com o desdobramento funcional e o uso de catálogos de mapeamento função/forma, uma geometria pode ser desenvolvida para um dado projeto.

Uma das questões cruciais no desenvolvimento de sistemas para projeto conceitual auxiliado por computador é a modelagem das funções que representam as intenções do projetista. Uma função é um conceito chave dentro do projeto porque em condições ideais o projeto produz seu objeto para que o mesmo realize as funções exigidas. Embora uma função seja um conceito bem conhecido, sua definição ainda não é clara.

O projeto é um processo em que a representação de um objeto físico ou sistema técnico, incluindo suas funções, é gradualmente refinada. Esse processo é chamado de *evolução funcional*. O registro da evolução funcional é crítico para a preservação das intenções dos projetistas, que é uma das questões centrais para o desenvolvimento de sistemas CAD avançados e para o projeto de produtos funcionalmente inovadores.

As pesquisas e respectivos modelos de representação e de implementação anteriormente abordados reforçam a idéia de que é necessário desdobrar o produto funcionalmente pela importância do controle das variáveis que regem o comportamento em uso do produto. O uso do produto implica na



realização de uma cadeia funcional que inicia nas funções dos detalhes mais elementares das peças que o compõem. Essas funções encadeadas de maneira adequada realizam a função global do produto.

### 2.2.3 – Pesquisa aplicada ao processamento de informações

Como o processo de projeto é um processo dinâmico, em que as informações são atualizadas à medida que as atividades de cada fase evoluem, a rápida troca de informações e a reusabilidade que isso pode proporcionar, são soluções positivas. Alguns trabalhos com vistas ao processamento de informações de projeto têm sido realizados e publicados, dentre os quais são apresentados aqueles de maior relevância para esta pesquisa.

Bouzeghoub, (1997), aponta para a importância de promover o uso da linguagem natural como especificação e linguagem de consulta de bancos de dados. Salienta que importantes projetos dedicaram-se à definição de dicionários lingüísticos a partir do final dos anos 80 em muitos laboratórios de pesquisa, mas a disseminação de seus resultados foi limitada às comunidades especializadas.

Bertziss (1997), em sua pesquisa sobre sistemas de informação baseados em linguagem natural, desenvolveu um conjunto de diretrizes para a escrita de linguagem natural requeridas para sistemas de informação. O objetivo dessas diretrizes é a redução de ambigüidades. O autor mostra que uma biblioteca de padrões pode suportar construções muito rápidas de sistemas de informação. Ele definiu um processo de desenvolvimento para sistemas de informação baseado nesse tipo de biblioteca e sugere que sejam definidos padrões em ambas as linguagens natural e formal (oficial, padronizada) por razões de compreensão e exatidão, respectivamente.

As linguagens formais, que são conjuntos de palavras construídas sobre um alfabeto, são linguagens específicas utilizadas na elaboração de gramáticas de contexto. Possuem semânticas e sintaxes fixadas ou padronizadas, não existem ambigüidades. No entanto, tentativas de traduzir expressões formais em conceitos do conhecimento ou cognitivos, freqüentemente resultam em fracasso. Uma expressão pode ser mal interpretada ou desafiar a compreensão geral de todos. As linguagens naturais, que são livres de contextos, têm semânticas e sintaxes flexíveis, são notoriamente ambíguas, mas um enunciado em linguagem natural raramente está além da compreensão de um orador competente do idioma.

Ocorre que, mesmo os enunciados expressados em linguagem natural e cuidadosamente elaborados, ainda assim apresentam ambigüidade. Enquanto uma sentença em linguagem formal tem por natureza apenas uma interpretação válida (ou significado), um enunciado em linguagem natural pode apresentar vários significados. Desta maneira, é essencial que uma linguagem natural inicial requeira que seus enunciados sejam acompanhados por uma equivalente especificação formal, principalmente para a implementação de um software, Bertziss (1997).

Uma linguagem natural pode ser composta por dois tipos de componentes essenciais: os requisitos essenciais e as expectativas. Essas características são citadas por Berztiss (1997) como: *rastreabilidade, vocabulário, particionamento, não ambigüidade, assertividade* ou *certeza e visualização*.

O *particionamento*, em particular, chama a atenção por seu aspecto sistemático, subdividindo-se em quatro grupos de enunciados. Os três primeiros grupos relacionados com os requisitos essenciais e o quarto grupo relacionado com as expectativas. Os três primeiros grupos são: (i) a estrutura da base de informação para a aplicação, (ii) as modificações na base de informação e (iii) o modo de operação do sistema, tais como, direito de acesso e características não-funcionais do sistema.

Outro aspecto importante, a *visualização*, trata da forma de representação dos inter-relacionamentos entre os objetos de discussão. Isso pode ser feito por Entidade-Relacionamento (*ER*) ou Orientação a Objetos (*OO*), por exemplo.

Sumarizando as contribuições de Berztiss (1997), o autor propõe diretrizes para o desenvolvimento de linguagem natural para sistemas de informação a fim de reduzir ambigüidades e sugere bancos de dados ou bibliotecas de padrões definidas tanto para linguagem natural como para a linguagem formal.

O processamento automático de textos escritos está sendo abordado por uma grande variedade de disciplinas científicas. Dentro da Ciência da Computação, a área de Processamento de Linguagem Natural (*PLN*) está profundamente preocupada com o problema do desenvolvimento de *softwares* que incluam funcionalidades para a análise de linguagens na resolução de problemas reais, Fernández & Serrano (2000). O PLN é uma técnica que pode ser empregada em sistemas que tenham a aplicação da inteligência artificial como requisito fundamental para a sua performance.

A Figura 2.7 mostra os níveis superiores do modelo de conhecimento proposto por Fernández & Serrano (2000). O conhecimento do modelo está incluído em três áreas que são *Morfosintaxe, Perspectivas Lingüísticas e Domínio de Aplicação*. Essas áreas são envolvidas nas tarefas principais que consistem na realização de uma análise parcial do texto, numa interpretação baseada em perspectivas lingüísticas e numa análise dependente do domínio.

A adequação da tecnologia baseada em conhecimento dentro da engenharia lingüística é mostrada pelos autores por meio de um estudo de caso que realiza a geração automática de modelos conceituais de bancos de dados utilizando pequenos textos em Espanhol.

Carballo & Strzalkowski (2000), apresentam um sistema de recuperação de informações em linguagem natural que consiste de um módulo avançado de *PLN* e uma máquina de núcleo estatístico puro. Eles demonstram que o processamento de linguagem natural pode ser feito em grande escala. O sistema de recuperação de dados que eles propõem tem avançado para aplicações de problemas reais. Uma nova e notável característica do sistema apresentado por esses autores é a chamada *stream*

*architecture* (ou arquitetura de fluxos). É um sistema de indexadores paralelos construídos no qual, para um dado texto, ou coleção de palavras, cada índice reflete uma estratégia diferente de representação do texto.

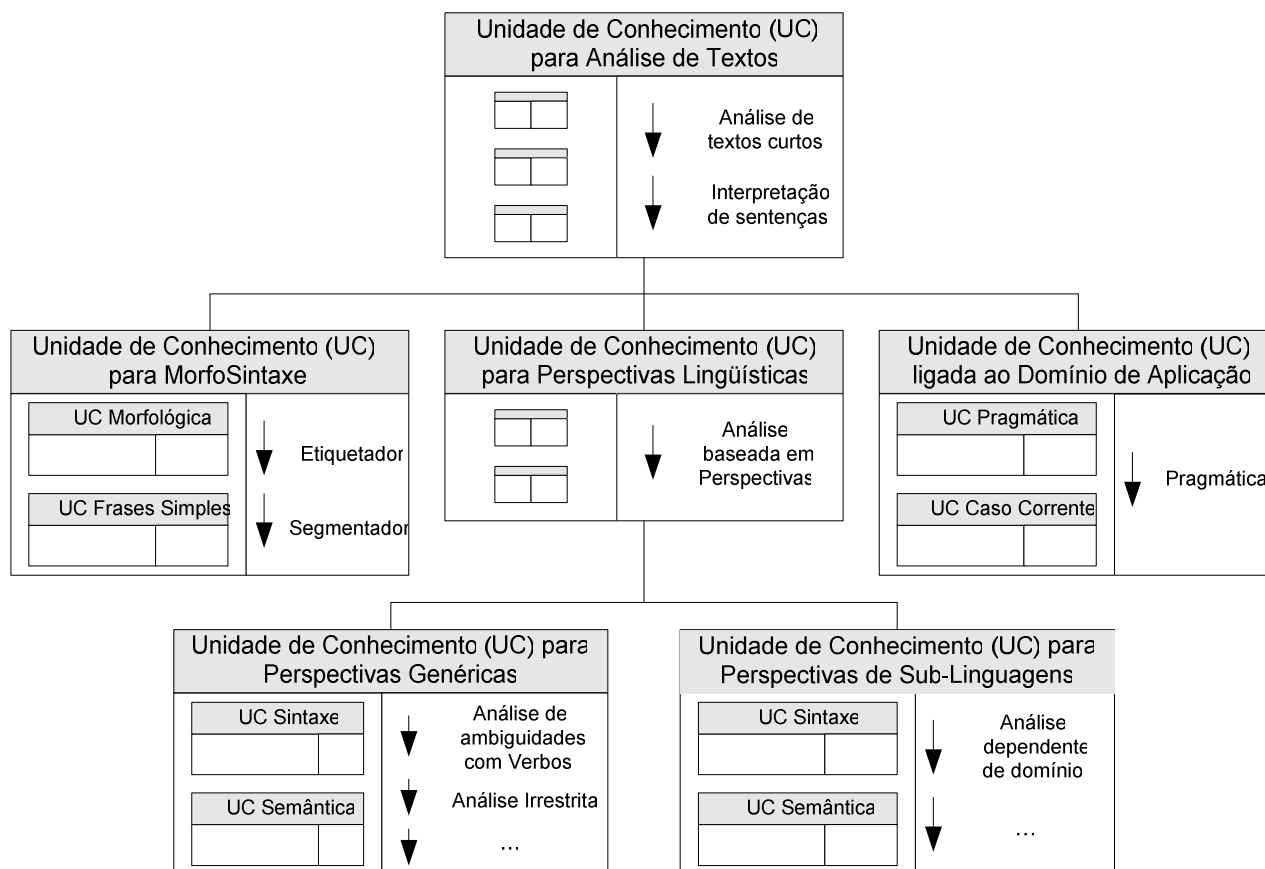


Figura 2.7 – Visão global do nível superior do modelo de conhecimento lingüístico proposto por Fernández & Serrano (2000).

Esses índices são chamados *streams* por representarem diferentes fluxos de dados derivados de um arquivo texto base, como mostrado na Figura 2.8. O processo de recuperação pesquisa todos ou alguns dos fluxos (*streams*) e a ordenação final é obtida pela incorporação dos resultados das pesquisas dos fluxos individuais.

A integração de bancos de dados e linguagem natural foi por um longo tempo um tópico marginal para qual poucas pesquisas foram concluídas. Atualmente os bancos de dados são ferramentas fundamentais para o armazenamento e gerenciamento de dados em grande parte dos domínios de aplicação.

Metais & Mayr (2000) enfatizam as aplicações da linguagem natural na forma de banco de dados formados por “corpora” e sistemas de informação. Salientam que, o estudo e o uso da teoria lingüística e o processamento da linguagem natural têm ampliado as perspectivas de desenvolvimento de ferramentas de projeto e realização de sistemas de comunicação e informação orientados a usuário.

Em contrapartida, técnicas que aplicam processamento de linguagem natural podem aumentar substancialmente a maioria das fases do ciclo de vida de um sistema de informação que vai desde a análise de requisitos, especificação e validação até resolução de conflitos, processamento e apresentação de resultados.

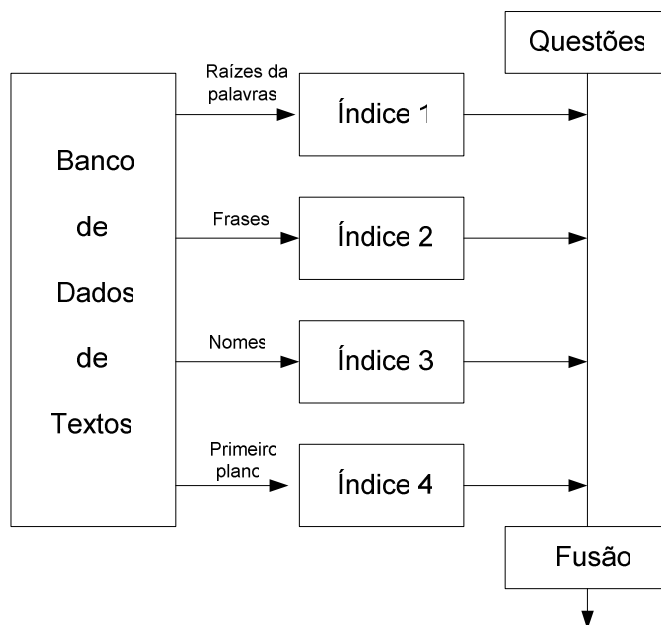


Figura 2.8 - Arquitetura de fluxos de Carballo & Strzalkowski (2000).

Prabhu et al. (2001), tem usado técnicas de processamento de linguagem natural para processar chamadas de textos em desenhos feitos em Sistemas *CAD* e interpretar informações relacionadas a funções de *features* e/ou peças e processos de manufatura a elas relacionados. Essas informações, após serem reconhecidas, são modeladas e representadas utilizando o paradigma da orientação a objetos. Desta maneira, esse sistema é uma alternativa efetiva para a automação da atividade de projeto com o uso de modelos *CADD* (*Computer-Aided Design and Drafting*).

Prabhu et al. (2001) enfocam seu trabalho no reconhecimento de informações não-geométricas em modelos *CADD* usando processamento de linguagem natural implementando um modelo chamado *AUTOFEAT*, que é um interpretador inteligente de desenhos em *CADD*.

Linguagens de consulta baseadas em processamento de linguagem natural e interfaces com o usuário, facilitam o acesso à informação a qualquer um, permitindo novos paradigmas em relação a utilização de serviços computadorizados. Isso é exatamente o que os usuários de hoje esperam de qualquer tipo de ferramenta e/ou serviço de informação, um alto nível de inteligência: a habilidade de lidar com linguagem natural é naturalmente o primeiro sinal visível dessa inteligência.

Linguagem natural e bancos de dados como componentes centrais de sistemas de informação estão relacionados entre si, pois compartilham um mesmo propósito: lidar de algum modo com aspectos conceitualizados ou idealizados do mundo real.

A linguagem natural é usada por seres humanos para comunicação e pensamento (idealização, memorização, articulação de opiniões, etc.). Dentro dos sistemas de informação, o processamento da linguagem natural está progressivamente representando papéis similares, primeiro facilitando o uso do diálogo e segundo pelo entendimento automatizado das semânticas de informações armazenadas, isto é, para checar, reusar ou integrar esquemas conceituais. Problemas de desentendimento entre sistemas de informação e usuários ocorrem em vários níveis dos quais podem ser citados:

- (1) Ferramentas computacionais ignoram o significado do bom senso das palavras que são os nomes dos objetos;
- (2) Usuários podem ter problemas no entendimento dos modelos e das linguagens (por exemplo, conceitos e construções abstratas de modelagem, *SQL*, etc.);
- (3) Os dados armazenados devem confundir o usuário, pois ele não lembra dos processos mentais usados na definição de suas intenções quando inseriu esses dados (por exemplo, dentro de um esquema conceitual).

Há a necessidade de se trabalhar dentro de um conjunto específico de componentes da linguagem técnica para desenvolver um modelo característico. É preciso compor um *corpus* lingüístico definido no domínio da área de projeto de sistemas mecânicos.

Para entender melhor o significado da palavra *corpus*, é necessário reportar-se ao estudo de Sanchez (1974) que define “*corpus* lingüístico” como um conjunto de dados lingüísticos pertencentes ao uso oral ou escrito da língua, ou a ambos, sistematizados segundo determinados critérios, suficientemente extensos em amplitude e profundidade, de maneira que sejam representativos da totalidade do uso lingüístico ou de algum de seus âmbitos, dispostos de tal modo que possam ser processados por computador, com a finalidade de propiciar resultados vários e úteis para a descrição e análise. Sanchez (1974) aponta alguns critérios para a definição de um *corpus* lingüístico que são relacionados a seguir:

- (a) A origem: Os dados devem ser autênticos;
- (b) O propósito: O *corpus* deve ter a finalidade de ser um objeto de estudo lingüístico;
- (c) A composição: O conteúdo do *corpus* deve ser criteriosamente escolhido;
- (d) A formatação: Os dados do *corpus* devem ser legíveis por computador;
- (e) A representatividade: O *corpus* deve ser representativo de uma língua ou variedade;
- (f) A extensão: O *corpus* deve ser vasto para ser representativo.

A composição do *corpus* lingüístico dependerá da, sobretudo, da amplitude e abrangência da coleta dos dados que deverão ser escolhidos para o estudo. No caso do processo de projeto de produto e, mais especificamente, na transição das fases de projeto conceitual para a fase de projeto preliminar, os projetistas trabalham com definições baseadas na escolha de componentes cuja terminologia é, normalmente, conhecida. É necessário ter um modelo de representação que auxilie a composição descritiva desses valores terminológicos de projeto.

Uma definição, mais atual, é dada em Snike (2005) que define *corpus* lingüístico como um corpo de textos escritos ou falados numa língua disponível para análise. O estudo de *corpora* (*corpora* é o plural de *corpus*) apresenta muitas vantagens. Em vez de consultar nossas intuições, ou de “extrair” informações dos falantes, penosamente, uma a uma, podemos examinar um vasto material que foi produzido espontaneamente na fala ou na escrita das pessoas, e portanto podemos fazer observações precisas sobre o real comportamento lingüístico de gente real. Portanto os *corpora* podem nos proporcionar informações altamente confiáveis e isentas de opiniões e de julgamentos prévios, sobre os fatos de uma língua.

### 2.3 – O processo de projeto na interface conceitual/preliminar

Os modelos de representação propostos para os objetos que integram o processo de projeto de produto são aqui abordados. Ainda, alguns tipos de classificação de funções utilizados, principalmente o modelo hierárquico em árvore adotado nesta pesquisa, são comentados. Também, comentários sobre a representação hierárquica de funções em bancos de dados relacionais e a dinâmica das funções no uso do produto é abordada.

O uso do produto se faz sobre uma cadeia de funções realizadas por peças, submontagens e montagens, conhecidos como sistemas técnicos, sejam mecânicos, eletro-eletrônicos, hidráulicos, térmicos, etc. No modelo do processo de projeto de produto proposto em quatro fases, normalmente a palavra “função” é naturalmente considerada pelo usuário do produto no momento em que uma nova necessidade é manifestada por circunstâncias diversas. A descrição de uma necessidade está quase sempre associada a uma ou mais funções derivadas.

Na definição dos requisitos do usuário do produto, o projetista interpreta a necessidade manifestada e a conduz como requisito de projeto, quando então, sob a luz de prioridades diversas, define a especificação de projeto do produto. Agora, com a especificação de projeto de produto em mãos, novamente é necessário pensar nas funcionalidades do produto, desta feita de uma forma mais abrangente e global, pensando inicialmente no produto como um todo. Algumas estruturas funcionais são descritas e apenas uma deve ser contemplada. A definição das funções necessárias ao produto é uma tarefa da equipe de projeto, o objetivo é chegar à estrutura funcional transcrita de tal forma que traduza as intenções de projeto da equipe de projeto ou do(a) projetista. No modelo em árvore da

descrição da estrutura funcional do produto, desde a função global às funções elementares, o cumprimento à especificação de projeto do produto deve estar transparentemente descrito. Costuma-se chamar a função maior do produto, aquela que, em síntese, descreve a razão de ser do produto, como Função Global, representada pela sigla FG. As funções intermediárias, ou seja, aquelas que quando encadeadas, realizam a função global, são denominadas de Funções Parciais, cuja sigla é FP, podem ser descritas recursivamente em vários sub níveis. Por fim, aquelas funções que realizam em conjunto o sub nível mais inferior de funções parciais do produto, recebem o nome de Funções Elementares, representadas pela sigla FE.

Forma-se, assim, uma estrutura funcional numa visão sistêmica para os correspondentes níveis físicos do produto. Para essa estrutura funcional, devem ser associadas as soluções físicas alternativas, cujo conjunto é normalmente denominado de princípio de solução (PS). A estrutura de princípios de solução contemplada passa ser a primeira visão física do produto. Isso é o resultado da fase normalmente denominada de projeto conceitual do produto. Definida a estrutura de princípios de solução, a próxima tarefa é projetar cada um deles em termos de peças e componentes comerciais e/ou padronizados. São introduzidos diversos níveis funcionais para cada dispositivo e/ou mecanismo a ser projetado e modelado geometricamente nas conversações iniciais sobre a definição física de cada princípio de solução.

Observa-se, entretanto, que a necessidade da definição das funções da peça e os detalhes específicos que compõem cada princípio de solução, é proporcional à definição do leiaute do produto em si, pensando agora em geometria. Ainda, a definição do material, a dinâmica e solicitação da peça e a realização dos cálculos de resistência, entre outros, torna-se igualmente necessária. Assim, a cada passo do projeto de um produto, o encadeamento e o inter-relacionamento funcional da estrutura física do produto deve ser pensado como formando um todo sincronizado e interdependente, sendo realizado para o cumprimento da função global do produto. Implica que, quanto mais fragmentadas as definições funcionais dos componentes básicos do produto, as peças, mais adequada será a definição das características citadas anteriormente, o que torna clara a importância da fragmentação funcional para uma melhor definição geométrica do produto.

### 2.3.1 – O espaço funcional de projeto mecânico de peças

A Tabela 2.7 mostra uma compilação proposta feita a partir das leituras sobre tipos diversos de classificações de funções propostas na literatura técnica. É um quadro comparativo entre as classificações mais usualmente utilizadas para sistematização funcional no processo de projeto. Este trabalho utiliza a hierarquia de função global do produto (FG) à função elementar da peça (FEp).

Observa-se na Tabela 2.7 que todos os tipos de classificação são extensivos às peças. Já as classificações por tipo de “forma geométrica” e tipo de “processo de manufatura” são importantes no

mapeamento e representação dos processos de integração entre projeto e manufatura, particularmente, sistemas CAD/CAM. A classificação hierárquica é muito utilizada na representação de objetos físicos e suas correspondentes repercussões e significados no domínio das funções no projeto.

A classificação que considera o nível de complexidade funcional é especialmente aplicada no projeto de produtos complexos com grande número de montagens, submontagens e peças, enquanto que a classificação por qualificação funcional é mais adequada aos produtos formados por uma única montagem, mas com grande número de peças. O tipo de classificação por “modo de ação”, pode ser utilizado para organizar as informações relacionadas aos processos e manutenção e, por último, a classificação por descrição trata de descrever as funções do objeto sobre um padrão de composição gramatical. Em qualquer nível hierárquico da estrutura funcional global de um produto, a estrutura física pode ter suas funções classificadas de alguma forma. Em qualquer nível, uma função descreve uma ação que deve ser executada sobre algo físico ou abstrato, no uso do produto. A classificação de funções depende ainda do ponto de vista de sua descrição e do conhecimento da gramática ou linguagem com base na qual é descrita. Isso permite a criação das regras que compõem a gramática a ser seguida na sua composição e a realização das análises léxicas, sintáticas, semânticas e pragmáticas da sentença ou da frase que a descreve, no domínio das correlações função-forma, aqui propostas.

Tabela 2.7 – *Overview* com várias classificações de funções de projeto coletadas na revisão teórica.

Classificação	Produto	Montagem	Peça
Hierárquica	Função Global (FG)	Função Global de montagem (FGa)	Função Global de peça (FGp)
	Função Parcial (FP)	Função Parcial de montagem (FPa)	Função Parcial de peça (FPp)
	Função Elementar (FE)	Função Elementar de montagem (FEa)	Função Elementar de peça (FEp)
Forma geométrica			Função rotacional (Frt): Função prismática (Fpr): Função laminar (Fla): Função mista (Fix):
Tipo de aplicação da peça			Função mecânica pura (Fmc): Função hidráulica (Fhd): Função pneumática (Fpn): Função eletro-eletrônica (Fel): Função informática (Fif):
Processo de manufatura			Função de estampagem (Fest): Função de sinterização (Fsint): Função de usinagem (Fusi): Função de fundição (Ffun):
Nível de complexidade	Função de produto (F <sub>I</sub> ): sistemas mecânicos compostos de montagens e peças	Função de montagem (F <sub>II</sub> ): montagens, conjuntos mecânicos: sistemas mecânicos simples que podem realizar um grupo de funções maiores	Função de peças (F <sub>III</sub> ): sistemas elementares manufaturados sem operações de montagem.
Qualificação	Função Principal (FPr); Função Secundária (FSc); Função Acessória (FAc); Função Derivada (FDe):		
Modo de ação	Função de fixação (Fx); Função de apoio (Fa); Função de transmissão (Ft); Função transporte (Fp):		
Representação descritiva	Função descrita por um verbo (Fv); Função descrita por um verbo e um substantivo (Fs); Função descrita por um verbo, um substantivo e um qualificador <sup>(1)</sup> (Fc).		

<sup>(1)</sup> O qualificador pode, por sua vez, ser composto por verbos, substantivos, adjetivos, advérbios, etc., o que dá a noção de refinamento da descrição funcional.



A escolha de um tipo de classificação que possa ser utilizado nos modelos de representação dos processos envolvidos no tema da tese vai depender do modelo de representação das estruturas funcionais trabalhadas. A classificação em árvores hierárquicas, por exemplo, permite que todas as funções de um produto possam ser modeladas com base no paradigma da orientação a objetos e representadas pela diagramação UML (*Unified Modeling Language*), em que a função global do produto (FG) é uma superclasse e a função elementar de uma peça (FEp), a classe mais inferior da estrutura funcional geral do produto. Significa que é possível modelar a herança genética tanto da descrição funcional como das descrições geométricas correspondentes às árvores funcionais e geométricas.

### 2.3.2 – Modelos de representação funcional

A pesquisa sobre descrições funcionais de peças tem evoluído nos últimos anos para modelos de representação de funções de projeto que identificam as hierarquias funcionais e físicas em vários níveis de abstração de produto.

A modelagem funcional e de função-forma têm sido estudadas por muitos pesquisadores. Alguns com enfoque na definição de *sketches* (rascunhos) quando há necessidade de definição do leiaute do produto ou peça, como McGown et al (1998), Kavakli, M. et al (1998), Rodgers et al (2000) e Qina et al (2000), todos convergindo para o fato de que o projeto com base em funções é importante na definição de forma geométrica e leiautes de produtos e peças.

Entende-se ser necessário a representação das funções do produto, seja por meio de um modelo gráfico, computacionalmente ou em banco de dados. Esse procedimento facilita o entendimento e a verificação dos inter-relacionamentos funcionais, além de possibilitar uma melhor visualização desse processo.

Considerando os níveis físicos de produto e de peça, é possível representar as correlações funcionais como mostrado nas Figuras 2.9 e 2.10. A Figura 2.9 mostra as correspondentes representações UML dos níveis físicos e funcionais de produto e a Figura 2.10, mostra as representações UML dos níveis físicos e funcionais de peça.

O losango pequeno entre os quadros de representação de cada nível funcional e físico, representa a agregação do quadro da representação associada. Isso significa que um PRODUTO é constituído de agregações de MONTAGENS. O símbolo de recursividade no quadro representativo de MONTAGEM, significa que uma MONTAGEM pode ser formada por agregações de várias outras MONTAGENS (submontagens) e, finalmente, no último nível dessa representação tem-se uma MONTAGEM (submontagem) como agregações de PEÇAS.

Os níveis de representação físicos têm seus respectivos níveis de representação funcional. Assim, o quadro superior direito da Figura 2.9, representa o nível de Função Global do produto (FG).

Essa representação usa a mesma lógica de composição utilizada para a representação dos correspondentes níveis físicos de produto. A Função Global agrega as Funções Parciais (FP) que, por sua vez agrega as Funções Elementares, todas relacionadas ao produto como um todo.

A representação do nível físico e funcional de produto é mais conhecida da comunidade científica que estuda modelos físicos hierárquicos de produto. A segunda representação, nem tanto, pois é fruto da necessidade de se representar os níveis físicos de produto além da representação específica da peça.

A peça contém particularidades geométricas essenciais ao desempenho no seu ciclo de vida. O que se pretende é externar as especificidades funcionais da peça do ponto de vista das fases finais do processo de projeto, onde as definições dos detalhes geométricos têm uma íntima relação com as definições de material, resistência, solicitações dinâmicas, entre outros requisitos específicos da peça.

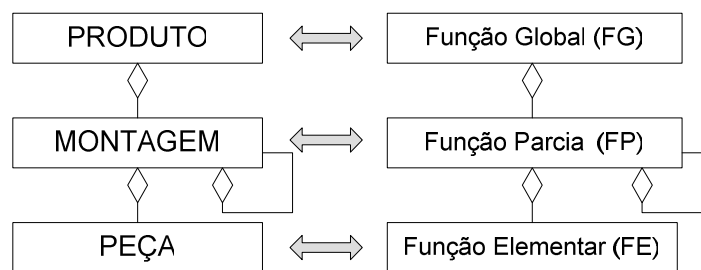


Figura 2.9 – Representação UML dos níveis físicos e funcionais de produto.

A mesma representação utilizada para produto pode ser utilizada agora na representação das regiões físicas e das funções da peça, como mostrado na Figura 2.10. A diferença marcante entre os dois tipos de representações está no fato da peça ser um objeto único em que as agregações não são compostas de objetos físicos distintos e sim de regiões físicas distintas da peça.

Desta forma, as diversas regiões funcionais da peça são agregadas para compor a peça e os diferentes detalhes físicos se agregam para formar distintas regiões funcionais. Isso leva aos níveis funcionais correspondentes, representados nos quadros da Figura 2.10 como Função Global da peça (FGp), Função Parcial da peça (FPp) e Função Elementar da peça (FEp) que, respectivamente, correspondem aos níveis físicos de PEÇA, Região Funcional da peça (RFp) e Detalhe, que se referem aos detalhes geométricos que compõem cada região funcional da peça.

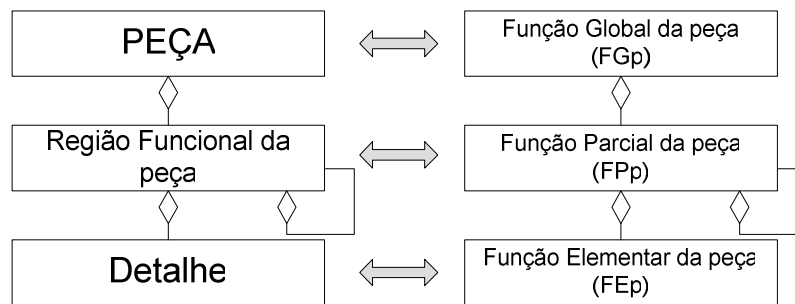


Figura 2.10 – Representação UML dos níveis físicos e funcionais de peça.

### 2.3.3 – Dinâmica das funções de peças

Um conjunto de peças se inter relaciona na execução de suas funções globais, quando compõe um dado sistema mecânico. Seja um produto ou parte dele, os relacionamentos funcionais entre as peças de um sistema mecânico podem ocorrer em ciclos repetitivos ou não. Dependendo do tipo de produto e do tipo de função global que deve realizar, a realização das funções de uma estrutura funcional se repete à medida que o produto é usado.

Equipamentos utilizados em linhas de produção contínua, por exemplo, apresentam a característica de repetirem a realização de sua estrutura funcional a cada unidade produzida. Normalmente, isso significa que todas as funções que compõem a estrutura funcional global do produto, são realizadas cada vez que uma unidade ou grupo de unidades produzido sai da máquina ou do equipamento considerado.

Visualizando esse processo, do ponto de vista apenas das peças de um sistema mecânico, isolado e fechando essa visualização ainda mais especificamente em duas peças contíguas, percebe-se que as relações funcionais entre elas se processam entre suas regiões funcionais.

No nível de representação funcional entre peças, Ullman (1992) chama a(s) interface(s) entre peças que se conectam fisicamente de interfaces funcionais.

Fechando ainda mais essa visualização espacial e analisando o contato entre as duas regiões funcionais das peças, é possível identificar que, o contato entre as duas regiões funcionais se dá, na verdade, no nível de seus detalhes geométricos, ou seja, entre dois detalhes geométricos sólidos, identificados aqui como *features* sólidas.

Esse “caminho” de realizações funcionais se repete nos ramos da árvore hierárquica funcional para cada função elementar de peça (FEp) realizada por cada *feature* sólida (folhas da árvore), na direção de sua correspondente função global do produto (FG), a cada ciclo funcional do produto, ou de um setor dele.

O estudo dessa dinâmica é importante, primeiro pelo mapeamento fragmentado até os níveis mais elementares das funções de um produto, o que possibilita o conhecimento mais específico das necessidades de cada detalhe da peça para seu dimensionamento e em segundo lugar, dá ao projetista a possibilidade de identificar que geometrias são mais adequadas para a realização dos detalhes funcionais da peça, na visão global do produto.

Cabe salientar que estudos preliminares estão sendo desenvolvidos como extensão desta pesquisa, acerca dos tipos possíveis de associações e correlações entre as árvores funcionais das peças que compõem uma dada montagem.

#### 2.3.4 – Conceitos de relações e funções da álgebra

Segundo Lipschutz (1972), o conceito de conjuntos é fundamental em todos os ramos da matemática. Um conjunto é uma lista, coleção ou classe de objetos bem definidos. Os objetos em um conjunto podem ser qualquer coisa: números, pessoas, letras, frases, funções de projeto, etc. Esses objetos são chamados de elementos de um conjunto. Pode-se, por exemplo, chamar de conjunto **A** o espaço das funções de projeto e de conjunto **B** o espaço das geometrias 3D de um sistema CAD.

Castrucci (1975) ressalta que uma relação de **A** em **B** é qualquer subconjunto do produto cartesiano **AxB**. Supondo que para cada elemento de um conjunto **A** exista uma correspondência, de uma maneira ou de outra, a um único elemento de um conjunto **B**, chama-se essa relação de função. Se desejarmos representar essa função por “*f*” pode-se escrever  $f: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$  (lê-se “*f* de **A** em **B**”). O conjunto **A** é chamado de “domínio de *f*” e o conjunto **B** de “contradomínio de *f*”. Além disso, se um elemento  $a \in \mathbf{A}$ , o elemento em **B**, que corresponde a “*a*” é chamado de “imagem de *a*” e é representado por  $f(a)$  (lê-se “*f* de *a*”).

Assim, a representação do espaço das funções de projeto no espaço das geometrias 3D e vice-versa, pode ser feita por meio de relações e não por funções, uma vez que é possível gerar mais de uma geometria 3D que realize uma mesma função de projeto e mais de uma função de projeto sendo realizada por uma mesma geometria. A Figura 2.11 ilustra os dois espaços com a representação dos dois tipos possíveis de elementos em cada um deles.

Tomando os conjuntos  $\mathbf{A} = \{f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8\}$  e  $\mathbf{B} = \{g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6, g_7\}$ , cujos elementos representam as funções de projeto e as geometrias sólidas criadas num sistema CAD capazes de realizá-las, respectivamente, o subconjunto relação “**R**” entre os dois espaços resulta em:

$$\mathbf{R} = \{(f_1, g_2), (f_4, g_1), (f_4, g_5), (f_2, g_5), (f_5, g_6), (f_3, g_4), (f_3, g_6), (f_6, g_5), (f_6, g_3)\}$$

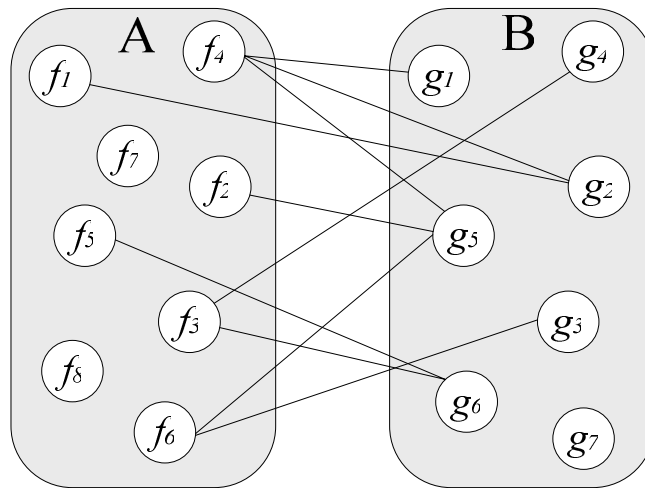


Figura 2.11 – Representação dos espaços envolvidos na relação entre funções de projeto e geometrias sólidas 3D.

Assim, parte-se do princípio de que o conceito de relação algébrica é mais apropriado à modelagem da transformação proposta nesta pesquisa uma vez que as relações algébricas não são unívocas, como ocorre na modelagem entre funções e geometrias no projeto preliminar de peças. Uma relação de **A** em **B** é qualquer subconjunto de **AxB** (produto cartesiano entre **A** e **B**), isto é, **R** é um conjunto tal que **R ⊂ AxB**. Se **A=B**, diz-se “relação em A” ao invés de “relação de A em A”.

## 2.4 – Conclusão

Neste capítulo foram abordados os trabalhos que compõem a base de conhecimento principal utilizada na elaboração tanto do problema apresentado como da busca da sua resolução. As referências aqui apresentadas possibilitam a aquisição do conhecimento necessário ao desenvolvimento da pesquisa. Foram ainda registradas fontes de consulta que serviram como ferramentas alternativas enquanto auxiliaram a elaboração das interfaces para a aquisição do conhecimento necessário ao trabalho de tese para que o mesmo fosse adequadamente realizado. Ainda, foram abordadas questões que têm relação com a interface conceitual/preliminar sob o ponto de vista do modelo apresentado, a classificação de funções, o modelo de representação funcional e a dinâmica das funções da peça.

## **Capítulo 3 – A relação “função-forma” na interface do projeto conceitual/preliminar**

### **3.1 – Introdução**

Este capítulo tem por objetivo discutir alguns pontos-chaves que integram a problemática e a busca de sua resolução, enfatizando os atores que integram a interface entre as fases de projeto conceitual e preliminar. A solução conceitual é visualizada pelo projetista como uma solução descritiva que deve ser, agora, resolvida geometricamente com a consideração dos requisitos de projeto preliminar.

### **3.2 – O papel do projetista no processo de projeto**

Após a fase de projeto informacional, o processo sistemático de projetar pode ser executado com base na especificação de projeto do produto, o que se define como a fase de projeto conceitual. É nela que há o encaminhamento efetivo de alternativas com vistas a elaboração da estrutura funcional do produto. O projetista deve considerar dois aspectos relevantes: em primeiro lugar, as informações essencialmente funcionais e, em segundo, as informações não-funcionais. O projeto funcional é considerado aqui, como o caminho mais apropriado para a definição da estrutura física do produto.

Na atividade de projeto mecânico, a comunicação entre projetistas é realizada em grande parte tendo como meio de comunicação a linguagem natural. Esta é verbalizada na busca de dados e informações, para a definição das formas geométricas do produto. Isso é geralmente realizado no ambiente físico de projeto, em que as questões relativas ao projeto são discutidas. Eventualmente, alguns *softwares* de projeto possibilitam a comunicação via *Web*, estando os projetistas de uma equipe de projeto localizados fisicamente em diferentes partes do mundo.

A definição geométrica das peças, na fase de projeto preliminar no processo de projeto é um momento fortemente pautado nas intenções de projeto do(a) projetista. Ali, ele(a) dá início à definição de volumes no leiaute do produto, buscando preencher os espaços geométricos destinados às partes integrantes do produto. Na definição da estrutura funcional do produto, foram abstraídas as possíveis soluções. Posteriormente foi escolhida a concepção alternativa mais adequada aos requisitos de projeto do produto globalmente. Agora, o enfoque está no desdobramento das estruturas funcionais das montagens e peças do produto.

As intenções do projetista são baseadas no nível de conhecimento do domínio de aplicação e no processamento de regras lingüísticas. A semântica é, normalmente entendida como o estudo do significado do objeto no contexto em que está inserido. Assim, na atividade de projeto mecânico, a comunicação verbal e escrita passa, necessariamente, pelas representações terminológicas utilizadas neste domínio da engenharia. Dessa forma, o ato de projetar requer habilidade no reconhecimento

desses padrões, cujos significados são estabelecidos ao longo do tempo pela experiência e prática nos domínios específicos de aplicação de engenharia. Isso não é taxativo, ou seja, a atualização do conhecimento resultante da pesquisa e conseqüente evolução tecnológica, faz com que os significados e as terminologias sejam customizados à proporção que novos produtos sejam projetados.

Na atividade de projeto de sistemas mecânicos (PSM), normalmente os projetistas trabalham num domínio específico. A intensidade de suas intenções está fundamentada no conhecimento, experiência prática, graduação e outras especialidades, o que leva à classificação hierárquica utilizada na grande maioria das empresas: projetistas juniores, projetistas plenos, projetistas seniores e projetistas especialistas.

Em contrapartida, o domínio de aplicação científico em que estão inseridos, emprega um conjunto de termos aplicados na expressão de idéias de projeto. Projetistas especialistas, por exemplo, expressam suas intenções usando palavras eminentemente técnicas. Esse comportamento expressivo se dá em qualquer ambiente, mas incisivamente, nos ambientes que têm relação com seu campo de atuação profissional. Já, projetistas juniores, expressam suas intenções por meio de uma linguagem coloquial, um tipo de linguagem natural por meio do qual estão habituados a comunicar suas intenções. Na interação com especialistas, a tendência é que aos poucos, os projetistas juniores desenvolvam um vocabulário mais técnico e adquiram uma linguagem essencialmente voltada às questões que norteiam o domínio de aplicação.

Para o entendimento da linguagem utilizada, é necessária a interpretação das idéias transmitidas. Esse processo provém da descrição de intenções de projeto em que a semântica de projeto pode ser gramaticalmente colocada e organizadamente utilizada. Interpretar gramaticalmente as intenções de projeto requer conhecimento do domínio e pressupõe a ocorrência de correlações terminológicas em que os significados do domínio de aplicação possam ser traduzidos na direção do entendimento.

No caso do projeto mecânico, a definição geométrica, na fase de projeto detalhado, deve ser precisa. Esse é o foco do projetista na fase de projeto preliminar. Significa que, se forem estabelecidas regras para o encaminhamento da modelagem geométrica sólida, anteriormente ao detalhamento do produto, isso auxiliará o projetista no encaminhamento de suas soluções.

A manipulação do sistema *CAD* na busca da definição de geometrias sólidas é guiada pelas intenções de projeto. Por isso, se suas intenções forem adequadamente guiadas na busca de soluções possíveis, o tempo de projeto será reduzido, acarretando um ganho global na atividade de projetar.

Durante o projeto, ao expressar suas intenções por meio das descrições das estruturas ligadas à definição das peças, o projetista costuma verbalizar uma linguagem que contém termos cujos valores gramaticais, adequadamente interpretados, podem identificar seqüências lógicas de operadores geométricos. Tais operadores são identificados nesta pesquisa como *features* sólidas.

As funcionalidades da peça podem ser realizadas por algumas dezenas ou mais de configurações geométricas, uma vez que o grupo de possíveis geometrias é muito extenso em cada domínio de aplicação. Todavia, a escolha das formas geométricas que realizam as funções pré-estabelecidas para as regiões físicas da peça é uma tarefa difícil de ser realizada, pois além dos requisitos funcionais, isso pressupõe uma série de outros requisitos não menos importantes para o atendimento aos requisitos de projeto do produto como um todo.

Por outro lado, existem princípios de projeto na fase de projeto preliminar que são “condutores” das formas necessárias às peças, por exemplo, o uso de certos princípios como “mínima massa”, “máxima resistência e rigidez”, “mínimo custo”, “estética agradável”, “fácil manipulação” (na fabricação/montagem), entre outros, pode direcionar a definição da forma mais adequada à realização de uma dada função.

Por conta da verificação contínua de dados e informações que alimentam a atividade de projetar produtos, vários requisitos restritivos podem ser especificados antes da definição da estrutura descritiva das funções da peça. Ressalta-se, novamente, que encontrar as formas físicas finais das peças demanda mais informações que a maioria dos sistemas *CAD* pode atualmente disponibilizar.

Assim, as intenções de projeto na definição de forma devem estar associadas ou orientadas por princípios de projeto preliminar, que vêm de estudos científicos e/ou da experiência prática e teórica do(a) projetista. Em decorrência disso, as necessidades ou requisitos auxiliados por princípios de projeto preliminar, podem conduzir aos operadores de forma ou à geometria mais adequada para a peça.

Essa escolha é um processo não trivial que pode gerar conflitos. Por exemplo, dada a necessidade “baixo custo na transmissão de torque”, um princípio de projeto preliminar é “minimizar massa”. Um condutor de forma pode levar à solução que prevê uma peça “esbelta”. No entanto, outro princípio de projeto preliminar para esse tipo de peça é “maximizar resistência”, cujo condutor de forma leva à solução de uma peça “robusta”. Nesse caso, o conflito deverá ser resolvido por outro método.

Tomando por base o processo sistemático de projeto, proposto inicialmente por Pahl & Beitz (1988), aperfeiçoado ao longo dos últimos anos, no início da fase de projeto preliminar, as questões de projeto estão voltadas à definição geométrica das peças que compõem as diversas partes do produto. Essa definição se dá na fase de projeto preliminar por meio do conhecimento de princípios de projeto preliminar, processo esse que envolve conhecimento e experiência do projetista. Essa tarefa vem sendo simplificada com a ajuda dos sistemas *CAD*. No entanto, sistemas *CAD* não incorporam o projeto funcional na modelagem geométrica, pois isso demanda o processamento computacional das descrições das funções do produto e de suas partes. Essa constatação repercute nas geometrias das



peças porque a realização física tem por base a organização de suas funções que, em última análise, descrevem o uso do produto.

Ainda, o processo de projeto implica em constantes alterações na busca de soluções otimizadas à luz da especificação de projeto do produto. Modificações no projeto são dispendiosas em termos de tempo, uma vez que modelos de baixo nível não preservam as intenções de projeto. É necessário então que as alterações de projeto se propagem através do modelo de projeto, mas as bases de dados que representam o projeto final do produto em sistema *CAD* tradicionais não contêm todas as informações necessárias para aplicações subseqüentes do ciclo de vida do produto como planejamento de processo, manufatura, uso, manutenção e descarte. O raciocínio utilizado em tais aplicações é baseado única e exclusivamente nas características da peça, que são disponíveis num modelo geométrico tradicional.

### **3.3 – A relação do projeto funcional à geometria**

As atividades na fase de projeto preliminar têm como principal objetivo definir o leiaute final do produto para, em seguida, na fase de projeto detalhado, compor a documentação do produto. Para elaborar os croquis e esboços das montagens e sub-montagens do produto, o projetista precisa pensar as peças que compõem cada uma das montagens e sub-montagens. Ele deve fazer isso individualmente até que, em cadeia, consiga conectar as peças de cada sub-montagem, as sub-montagens de cada montagem e as montagens no leiaute final do produto. É uma operação que requer conhecimento técnico e prático e, além disso, muita organização na atividade, uma vez que, o procedimento das tarefas no processo de projeto de produto prevê que cada passo deve ser dado à luz da especificação de projeto do produto, sistematicamente.

Ao analisar o comportamento em uso do produto, o projetista depara-se com dois modelos hierárquicos, muitas vezes sem se dar conta. O primeiro deles, é o modelo hierárquico físico que pode ser representado pelas partes que devem compor fisicamente o produto. O segundo é o modelo hierárquico das funções que cada uma dessas partes deverá realizar para que o produto, como um todo, cumpra sua função global, motivo pelo qual está sendo projetado e deverá ser construído.

#### **3.3.1 – A relação função-forma no projeto preliminar**

Uma maneira de auxiliar o projetista na busca dessas alternativas de solução é o mapeamento função-forma, o que implica a captura do significado de projeto embutido nas descrições de intenções. Por enquanto, a investigação prática dessa constatação estimula a criação de novos métodos de verificação científica que colaborem com o processo de projetar produtos, fazendo com que a semântica de projeto gere modelos indicativos das possíveis geometrias de realização física das

funções descritas. Isso caracteriza um problema que deve ser solucionado no âmbito do processo de projeto de produto.

O problema da relação função-forma pressupõe duas representações básicas. A primeira é a representação do produto em termos das descrições das funções necessárias às peças. A segunda é a representação geométrica para o encorpamento e relacionamento do modelo através das geometrias usadas. Portanto, a correlação entre função e forma, ou mais especificamente, entre uma descrição técnica funcional elementar e as *features* técnicas sólidas, é o centro do problema a ser resolvido.

A verificação das correlações entre as estruturas descritivas colocadas no modelo poderia ser feita através de uma análise matricial (matriz morfológica e de decisão) dos valores dos componentes de cada descrição. Isso é implementado localmente, isto é, por meio do estudo de caso de um produto ou grupo de produtos específicos ligados a um dado domínio de aplicação. O objetivo é encontrar “padrões de repetição” com significados de projeto, no nível semântico de interpretação de intenções de projeto. Não se tem claro, estatisticamente, quais são os mecanismos que levam o(a) projetista à formação de suas intenções mas, pode-se sugerir que isso se dá baseado no seu conhecimento no domínio de aplicação.

Pressupõe-se então, que a descrição funcional do que ele(a) objetiva encorpar, é a melhor forma de organizar sua criatividade e, conseqüentemente, seu projeto. De qualquer forma, a descrição das estruturas funcionais incorporam suas intenções de projeto conduzindo-o(a) à descrição das correspondentes estruturas descritivas de regiões físicas, principalmente se estas forem descritas com base numa terminologia própria.

Conclui-se que, dado um conjunto de necessidades localizadas, é mais provável que a organização das intenções de projeto segundo o modelo proposto, leve o(a) projetista às soluções de projeto mais adequadas, do ponto de vista dos requisitos funcionais. Com base neste núcleo semântico-geométrico, as correlações são implementadas e abordadas no Capítulo 5.

### 3.3.2 – Mapeamento das estruturas funcionais

A representação central das correlações propostas vem sendo descrita nos trabalhos publicados que têm referência às pesquisas neste domínio nos últimos seis anos. A idéia nasceu da verificação da existência da propagação de significados provenientes da linguagem natural utilizada no domínio de projeto de sistemas mecânicos, quando as funções necessárias aos objetos de projeto são descritas.

Inicialmente, notou-se que **funções** são descrições associadas a verbos e as **ações** executadas pelas regiões físicas de uma peça podem ser principalmente descritas por verbos. Observa-se ainda que o domínio de projeto de sistemas mecânicos possui verbos específicos que são eventualmente

utilizados na definição de necessidades de projeto e até mesmo diretamente para descrever funcionalidades das partes do produto.

Cada verbo pressupõe a existência ou a realização de outros tantos, abaixo de sua árvore hierárquica, que lhe dão sustentação para que possa ser realizado. Este é um processo de composição semântica, léxica e sintática que ocorre tanto como um fenômeno de interpretação como de comunicação da Língua. Assim, as descrições de uma estrutura funcional podem ser expressas por meio de uma árvore de verbos, desde o nível principal ou global, até o nível mais elementar, como representado na Figura 4.4 no Capítulo 4.

É necessário, portanto, que a descrição das funções, em qualquer nível, seja feita com base numa gramática própria. A composição de uma gramática nesse contexto implica a existência de uma linguagem específica sendo necessário a composição de léxicos, vocabulários, dicionários e de analisadores lingüísticos como *parsers*, *tokenizadores* (algoritmos que processam uma sentença em *tokens* que são as unidades que compõem a sentença, inclusive espaços em branco), segmentadores (algoritmos que separam uma texto em parágrafos característicos), etc., que atuem sobre esses componentes para a implementação do modelo. No entanto, devido à extensão de um trabalho desse gênero, a proposta implica na organização de uma plataforma que suporte a implementação das correlações identificadas nas estruturas descritivas estudadas. Essa limitação, viabiliza a continuidade da pesquisa na direção do desenvolvimento de um interpretador gramatical para projeto mecânico, uma segunda etapa que pode utilizar as informações levantadas na elaboração de aplicativos que façam a tradução em tempo real de uma descrição de função na correspondente geometria sólida.

A descrição da função na linguagem natural (Português) pode ser interpretada e, posteriormente, convertida numa linguagem que descreva as funções de projeto, ou seja, funções de produto, de montagens, de sub-montagens, de peças e ainda de seus detalhes. Para criar uma correlação mínima entre a descrição funcional e as geometrias sólidas que a realizam é necessário que esta descrição seja feita sob uma base gramatical e que, por conseguinte, os significados de cada termo possam ser identificados e processados. A linguagem de funções é, assim, descrita pelo projetista seguindo uma matriz terminológica de descrições contendo significados de projeto, nesse caso, como uma montagem de verbos, substantivos e qualificadores, que podem ser adjetivados e/ou adverbializados.

À medida que descreve a estrutura funcional da peça que quer projetar, o projetista transfere sua experiência e intenções de projeto sobre o que acha conveniente em termos funcionais ao produto. Ao transcrever suas necessidades funcionais, há um processo simultâneo de visualização de suas idéias acerca das geometrias envolvidas na realização da função que descreve. Esse processo continua até que todo o produto seja transcrito para uma base de processamento em que se possa, agora, estudar os mecanismos de propagação e herança dos significados das descrições funcionais feitas pelo projetista.

Por meio da filtragem de valores e significados envolvidos na morfologia das descrições funcionais, ou seja, nos significados dos verbos, substantivos e qualificadores, é possível chegar-se aos mecanismos de propagação da herança existentes entre significados das estruturas descritivas e correspondentes geometrias sólidas.

Três modelos de representação descritiva e geométrica são desenvolvidos: o descritivo de funções, o descritivo de regiões físicas e o descritivo das seqüências de *features* sólidas utilizadas na modelagem geométrica dessas regiões físicas, num modelador geométrico 3D, ou sistema *CAD*.

Interfaces computacionais de implementação auxiliam o processamento das descrições funcionais e geométricas. No modelo de descrição das funções, por exemplo, as funções são descritas pelo projetista na forma de uma frase composta de um verbo, um substantivo e um qualificador que especializa e amplia o significado do conjunto verbo + substantivo.

Por outro lado, no modelo de descrição das correspondentes regiões físicas da peça, a matriz de descrição terminológica é composta de um substantivo e um ou mais qualificadores, podendo conter advérbios e/ou adjetivos. Neste modelo, a peça é descrita em suas partes, isto é, desde o nível hierárquico que corresponde à função global da peça ao nível hierárquico que corresponde às suas funções elementares, as folhas da árvore de funções.

Por último, no modelo descritivo das seqüências de *features* sólidas, chamado aqui de modelo de *features* sólidas criadas no sistema *CAD*, são descritas as seqüências das operações 3D do sistema *CAD* utilizadas na criação do modelo geométrico das respectivas regiões funcionais da peça. Este modelo é composto por grupos de *features* sólidas que dão corpo à estrutura funcional descrita no primeiro modelo.

O desenvolvimento da base de dados é sustentado, portanto, pelas relações entre as descrições das estruturas hierárquicas das funções, das regiões funcionais e das *features* sólidas que dão origem ao modelo geométrico sólido 3D correspondente.

Os valores dos componentes gramaticais de cada modelo formam uma árvore de significados cujos nós propagam segundo um modelo de herança no qual a geração de geometria sólida pode ser realizada computacionalmente. A análise da estrutura funcional implica a inspeção em termos dos componentes principais da definição funcional a partir de catalogação de árvores funcionais. Isso significa que, se os mecanismos de propagação dos significados das descrições de funções em regiões funcionais e, posteriormente, em geometrias sólidas, forem identificados, é possível estabelecer automaticamente um caminho para a geração de geometrias sólidas à partir das descrições das funções correspondentes.

### 3.3.3 – Mapeamento função-forma

O modelo de representação física e conceitual de peças desenvolvido pressupõe a existência de dois principais grupos de informações: (1) requisitos funcionais e (2) requisitos não-funcionais. Dando ênfase ao primeiro grupo, composto por todas as informações de projeto que têm relação com os aspectos funcionais e de uso da peça ligada ao meio físico em que é inserida, as informações de projeto são obtidas a partir das descrições das funções em que a maior parte das intenções do projetista, é capturada. O segundo grupo inclui todas as demais informações necessárias à especificação de projeto e não é abordado nesta pesquisa

O processo de projetar usado pelo projetista pode ser sumarizado como representado esquematicamente na Figura 3.1. Nela, são vistos três módulos de processamento: o módulo de processamento da linguagem natural do projetista (LN), um módulo de processamento de linguagem técnica de projeto intermediária (LT) e o módulo de transformação de linguagem simbólica (LS). Aos módulos estarão associados dois bancos de dados que alimentarão o processo: um banco de dados associado aos significados das expressões e outro associado às geometrias desejadas organizadas em termos de *features* paramétricas de Sistemas CAD. Isso, de certa forma, resume o que deve ser a organização de um sistema computacional para tratar o problema.

Assim, a Figura 3.1 descreve os inter-relacionamentos dos módulos de processamento necessários à aquisição e produção de dados e informações na interface do projeto conceitual ao projeto preliminar. Ela mostra o diagrama do fluxo de informações para o processamento da linguagem natural (LN) no projeto. Supõe que, inicialmente (1), é preciso registrar as intenções funcionais relacionadas ao projeto da peça. Isso pode ser feito por meio da descrição (frase) que identifica a função desejada da peça, no nível hierárquico desejado (global, parcial ou elementar). Aqui, tem como resultado o registro das estruturas funcionais.

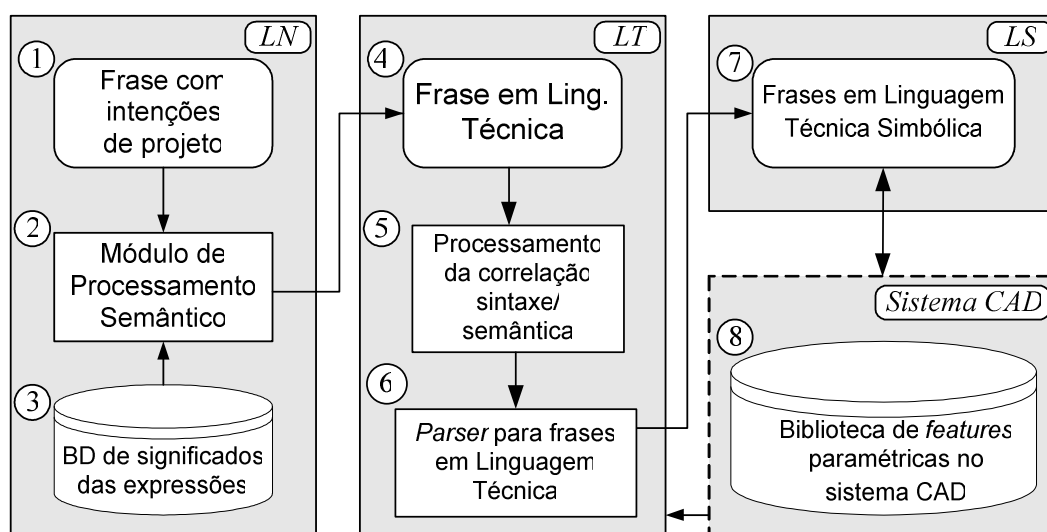


Figura 3.1 – Representação esquemática do processamento de linguagens no processo de projeto.

A informação registrada pode, agora, ser processada num módulo denominado de processamento semântico (2) para extrair das árvores funcionais os atributos com significado técnico. Este módulo precisa usar uma base de dados de significados semânticos, em que as intenções de projeto estão registradas e representadas (3). Isso faz com que o sistema seja realimentando para armazenar o modo de projetar, tal como o conhecimento vai sendo registrado no processo de aprendizagem lingüístico. O resultado deve ser agora registrado num sistema que possa filtrar as informações para um nível de linguagem técnica (LT). Esta filtragem deve produzir uma nova frase que é endereçada, então, à entrada do módulo (4) de processamento de linguagem técnica (LT). A informação deve ser tratada num processador de correlação sintaxe/semântica (5). Este, trabalha para achar correlações entre a semântica (significado) presente na frase técnica e sua correspondente sintaxe que expressa as funções da peça associadas às intenções do projetista. Estas, provenientes da linguagem técnica utilizada no domínio de aplicação característico.

O processamento da frase em linguagem técnica é representado pelo analisador gramatical da frase (*parser*) indicado por (6) na Figura 3.1. Assim, as intenções do projetista são traduzidas numa linguagem (7) técnica simbólica (LS). A idéia aqui é poder usar esta linguagem técnica simbólica na busca de *features* sólidas paramétricas que realizam as funções intencionadas da peça.

Desta forma, o processamento proposto e descrito na Figura 3.1, estabelece as condições para definir as possíveis formas de relacionamentos entre as funções e as geometrias da peça. Aqui, este relacionamento vai ser sumarizado pela Figura 3.2. Ou seja, de um lado a peça é descrita por um conjunto de descrições funcionais. Por outro lado, a peça é descrita em termos de sua geometria ou por um conjunto de *features* de um sistema *CAD*.

O espaço das funções é denominado de espaço das descrições funcionais. Este espaço pode ser pensado como um espaço vetorial  $n$ -dimensional, onde “ $n$ ” é o número máximo de vetores independentes, onde as estruturas funcionais são medidas. Assim, as descrições funcionais podem ser consideradas similares a vetores, do mesmo modo que a definição de vetores no espaço vetorial da matemática. Pensando na totalidade de informações do conjunto de peças de um produto, em todos os seus aspectos e em todo o ciclo de vida, o domínio do espaço das descrições funcionais pode ser definido como o hiperespaço das descrições funcionais.

Da mesma forma, a peça é ou pode ser descrita em termos de sua geometria ou por um conjunto de *features* de um sistema *CAD*. Similarmente, o espaço das *features* nas quais as peças são descritas pode ser pensado também como um espaço vetorial de *features*. Desta forma, a descrição geométrica das peças está contida também num espaço vetorial  $m$ -dimensional, onde “ $m$ ” é o número máximo de vetores independentes, onde as descrições em termos de *features* são medidas. E da mesma forma que foi escrito para o espaço das descrições funcionais, o domínio do espaço das descrições de *features* pode ser definido como o hiperespaço das descrições de *features*.

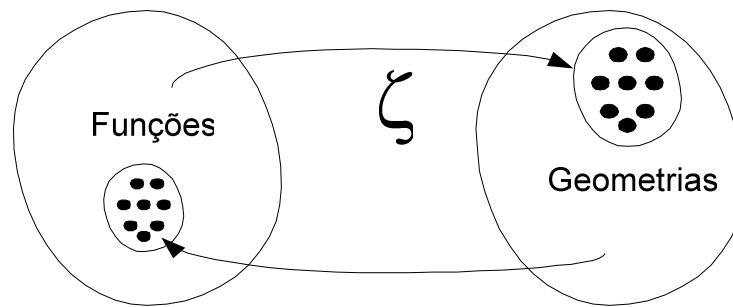


Figura 3.2 – Representação dos domínios funcional e geométrico e o operador *zeta* ( $\zeta$ ).

Assim, pode-se considerar que qualquer peça projetada é resultado de um conjunto de descrições funcionais do espaço vetorial das funções mapeadas por uma relação algébrica aqui denominada operador funcional *zéta* ( $\zeta$ ) no espaço vetorial das *features* – geometrias. Esse operador funcional representa uma transformação, ou de outra forma, um mapeamento que processa os valores dos componentes das estruturas descritivas funcionais da peça e indica operadores de geometria sólida. A correspondência ou relacionamento entre os espaços é, certamente, do tipo *n:m*. Portanto, este mapeamento *zéta* ( $\zeta$ ) é extremamente complexo, quando se olha os espaços que ele relaciona. Assim,

**Hipótese: dada uma necessidade de projetar uma peça e a descrição funcional que represente sua descrição semântica, existe um operador funcional *zéta* ( $\zeta$ ) que mapeia as estruturas funcionais descritivas nas suas correspondentes regiões físicas.**

Existe um conjunto específico de correlações descritivas para indicar o caminho que leva ao mapeamento de definição de geometrias sólidas, capaz de auxiliar o projetista na busca de sua solução de projeto.

O registro estruturado dessas correlações pode ser especificado no nível de padrões de intenções de projeto.

As correlações mapeadas concretizam a sistematização do processo de definição conceitual e funcional de peças;

A evolução do modelo é uma função do nível de intenções de projeto e está intimamente associado à intuição do(a) projetista, bem como aos recursos dos sistemas *CAD* usados.

A presente pesquisa objetivou desenvolver uma sistemática de projeto de peças ligada ao contexto de aplicação e sua respectiva implementação computacional. Entende-se que essa sistemática inicia com a organização estruturada dos conceitos resultantes do projeto conceitual do produto e segue com o processamento lingüístico das informações funcionais, baseado nas intenções do projetista em busca da definição das formas geométricas associadas e suportadas por *features* sólidas,

próprias de Sistemas *CAD*. Assim sendo, pôde-se realizar computacionalmente, as correlações e os confrontos entre as estruturas descritivas de funções de peça, as regiões físicas espaciais escolhidas para sua realização e suas respectivas repercussões em termos das *features* sólidas do sistema *CAD*, que as realizam. Isso leva à organização das informações de projeto, sistematiza a realização do projeto com base na descrição das funções do produto no nível de peças, gerando as melhores alternativas de forma geométrica para cada peça e o projeto como um todo.

Ao final, é descrita a primeira visão dos “padrões de repetição”, que são comprovações estatísticas derivadas da verificação das propagações de heranças dos elementos descritivos das estruturas funcionais, de regiões físicas das peças e de padrões terminológicos propostos para a organização da comunicação neste domínio da engenharia.

### 3.4 – Conclusão

Neste capítulo foi apresentada uma base de correlações conceituais e de representação relacionada com a resolução da problemática da tese. O papel do projetista e a relação função-forma são os pontos chaves abordados. Uma vez que, a busca da resolução gira em torno da captura das intenções de projeto durante a tarefa de projeto na interface das fases de projeto conceitual e preliminar, segundo o modelo de processo de projeto de produto adotado foi necessário discutir a maneira como se pretende atacar o problema, inserindo os elementos que compõem os espaços envolvidos, o operador de transformação desses elementos de um espaço no outro e vice-versa e as correlações funcionais e geométricas que geram a lista de resultados.



# **Capítulo 4 – Conceitos e modelos de representação aplicados à relação “função-forma”**

## **4.1 – Introdução**

Este capítulo tem por objetivo mostrar os modelos propostos e aplicados à implementação da tese, voltados à representação dos relacionamentos entre as descrições funcionais e as descrições de formas geométricas. Os modelos de representação das descrições funcionais do produto, de montagens/submontagens e peças, são contextualizados. Em seguida, a estrutura frasal da descrição semântica aplicada ao projeto de peças e as descrições terminológicas envolvidas na implementação, são abordadas.

## **4.2 – Modelos funcionais**

A organização sistemática da resolução do problema descrito no Capítulo 1, depende dos modelos de representação usados para trabalhar com as estruturas descritivas e físicas nas diversas camadas de informações que envolvem aos elementos envolvidos na resolução. A relação função-forma, segundo o modelo de transformação entre os dois espaços relacionados na tese, está baseada em dois principais abordagens: uma a representação descritiva funcional e uma representação descritiva. São apresentados, inicialmente, os modelos de representação física e, em seguida, o relacionado à representação frasal correspondente.

### **4.2.1 – Modelo funcional de produto**

A fase de projeto conceitual prevê a definição de estruturas funcionais do produto. Isso significa desdobrar o produto em funções segundo um modelo de representação adequado. Uma maneira de realizar esse desdobramento é projetar as funções do produto em árvores funcionais nas quais as descrições das intenções de projeto no nível físico de produto são compostas. A metodologia de projeto prescreve que ao menos duas estruturas funcionais devem ser desenvolvidas e, mediante a avaliação da equipe de projeto, é escolhida aquela que melhor traduz os requisitos de projeto ditados pela especificação de projeto do produto. Associada à representação funcional, a representação física do produto pode ser descrita.

A Figura 4.1 mostra o modelo de representação das estruturas funcional e física de produto. A descrição funcional deve ser dada em três níveis de funções: função global (FG), que é uma descrição de uma ação global a ser realizada pelo produto, função parcial (FP), descrição das ações parciais que, em conjunto, realizam a ação global do produto e, função elementar (FE), que são ações elementares das partes do produto, aquelas que organizadas em conjuntos de peças, realizam essas ações.

Esses três níveis funcionais correspondem três níveis físicos: o de produto, que representa o volume de controle do produto, o de montagens/submontagens, que representam os conjuntos e sub-conjuntos, dos quais o produto é composto e o de peças, que representa as células do produto, que são as peças que compõem cada sub-conjunto e conjunto ou submontagem e montagem do produto.

A representação desenhada para os níveis intermediários, o de funções parciais e de montagem/submontagem, respectivamente, permite que componentes de mesmo tipo possam ser representados recursivamente, antes do desdobramento final em peças, como já abordado no Capítulo 2. Lá, foi levantada a necessidade de se ter diferentes níveis de representação para a modelagem física e funcional de produto à peça. Aqui, a abordagem se pauta na busca das geometrias usando o mesmo modelo de representação descritiva das funções.

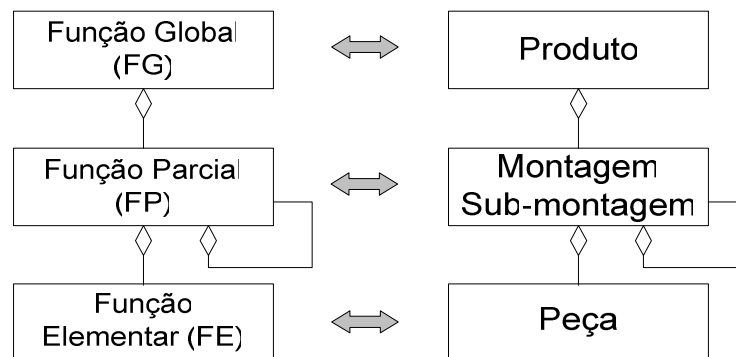


Figura 4.1 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de produto.

#### 4.2.2 – Modelo funcional de montagens/submontagens

A função global do produto é desdobrada para melhor organizar as partes inter-relacionadas do produto. Isso leva aos níveis intermediários de composição funcional e, em decorrência, aos correspondentes níveis físicos.

As estruturas funcionais e físicas dos níveis intermediários podem ser representadas separadamente. Aqui, a questão é eminentemente terminológica, pois o que é considerado “produto” para alguns pode ser considerado “montagem” ou “sub-montagem” para outros e vice-versa. Desta forma, cabe a mesma representação, mantendo-se a recursividade nos níveis intermediários. No entanto, para diferenciar a representação descritiva neste modelo, utiliza-se a letra “a” do inglês “assembly”, como indicativo na descrição simbólica das estruturas de montagens/submontagens, quando relacionada ao produto como um todo.

Portanto, a estrutura funcional citada é composta pela função global da montagem (FGa), função parcial da montagem (FPa) e função elementar da montagem (FEa), como mostrado na Figura 4.2.

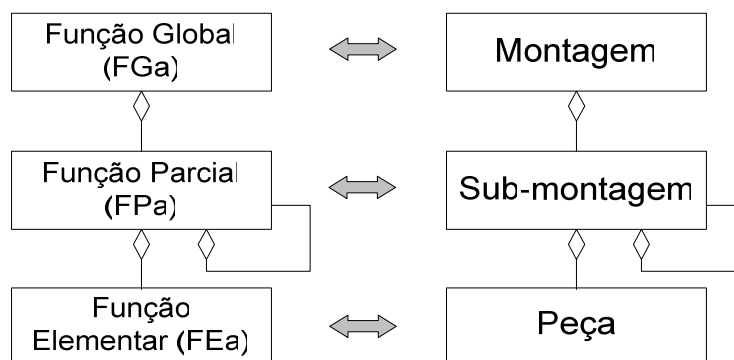


Figura 4.2 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de montagens/submontagens.

#### 4.2.3 – Modelo funcional de peças

Há um momento em que o desdobramento funcional e físico das estruturas correspondentes às montagens/submontagens do produto não é mais possível. Isso significa que, no último nível de informações da estrutura que define fisicamente o produto, estão as peças.

Para organizar as representações físicas e funcionais da peça, é proposto seu modelo de representação física. Nesse caso, o desdobramento se dá tendo por base a peça, um único volume de material. Assim, de acordo com as funções que a peça deve realizar, suas regiões funcionais podem ser representadas usando o mesmo modelo de recursividade utilizado nas representações de produto e de montagens.

A Figura 4.3 mostra a representação do modelo funcional e físico da peça. Nele, os níveis funcionais identificados como Função Global da peça (FGp), Função Parcial da peça (FPp) e Função Elementar da peça (FEp) e os níveis físicos identificados como “peça”, “região funcional da peça (RFp)” e “detalhe” geométrico (det), definidos no Capítulo 2, compõem uma estrutura que relaciona intenção e detalhamento.

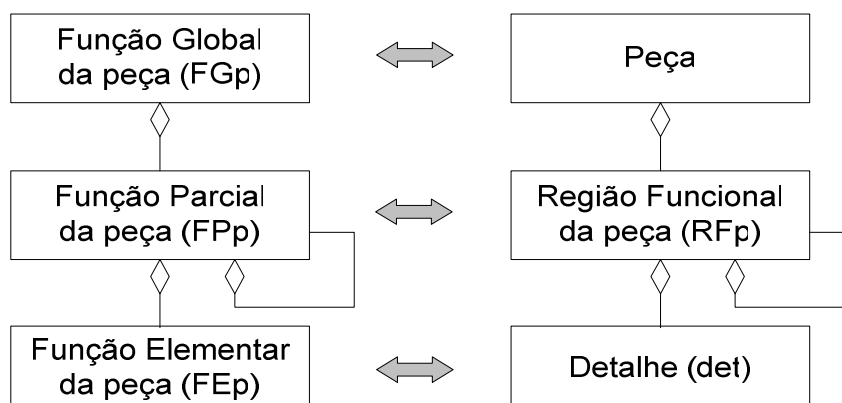


Figura 4.3 – Representação simplificada das estruturas funcional e física de peças.

O conhecimento desse modelo leva o(a) projetista ao raciocínio lógico, do ponto de vista do projeto. Isso porque, nesse caso, produtos, montagens e peças são sistemas mecânicos utilizados na

execução de cadeias funcionais no dia-a-dia da indústria e suas funções devem estar claras aos olhos do usuário, seja animado ou não.

Ao imaginar um usuário exigente perguntando: que função essa arruela tem, tantas são as definições para uma mesma função que seria bastante oneroso processar. Agora, imagina-se uma base de dados consultada em tempo real que traga a definição, se não precisa, mas ao menos padronizada de cada função da peça, no domínio de sua aplicação.

Estas questões devem ser respondidas, pelo(a) projetista. Eles(as) possuem um potencial inerte evidenciado na propagação das idéias contidas no seu subconsciente, levados por intenções de projeto e pela criatividade que se manifesta toda vez que uma dada necessidade é requerida. Por isso, essa visão é adequada aos propósitos de projeto mecânico.

#### 4.2.4 – Modelo de descrição frasal de peças

Os modelos abordados anteriormente formam cadeias hierárquicas, tanto do ponto de vista da representação funcional como no da representação física. Essas hierarquias podem ser representadas semanticamente nas descrições feitas pelos projetistas que propagam as heranças dos significados de projeto, segundo suas intenções de projeto.

Doravante, os passos do estudo se darão na direção das descrições das peças. São informações alinhadas às intenções de projeto, mas apoiadas no projeto informacional e conceitual do produto para serem geradas. Um exemplo de descrição funcional é mostrado na Figura 4.4, que representa a estrutura funcional de uma peça denominada “biela” integrante da montagem física do sistema mecânico de um compressor alternativo de refrigeração.

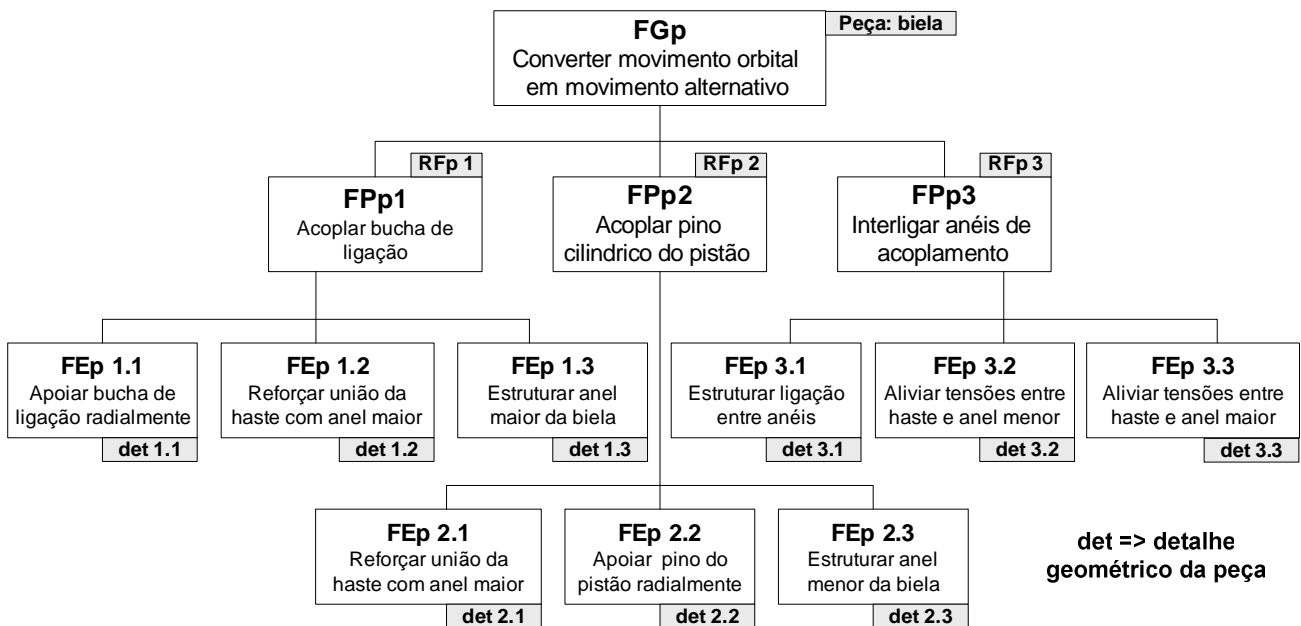


Figura 4.4 – Estrutura funcional da biela do compressor alternativo.

Observa-se nos blocos que correspondem às descrições desta estrutura funcional, a utilização de verbos, substantivos e complementos gramaticais que dão sentido e qualificam a intenção passada pelo projetista na definição das funções, por meio de frases. Cada descrição frasal caracteriza significativamente as necessidades funcionais relacionadas às diversas regiões funcionais da peça, identificadas simbolicamente acima de cada bloco no nível de funções parciais. Os nós que representam os dois últimos níveis hierárquicos de descrição funcional na Figura 4.4 são mostrados como regiões funcionais (RFp) e correspondentes detalhes (det) nas Figuras 4.5 e 4.6, respectivamente, onde “det” significa o detalhamento geométrico no encorpamento das descrições funcionais.

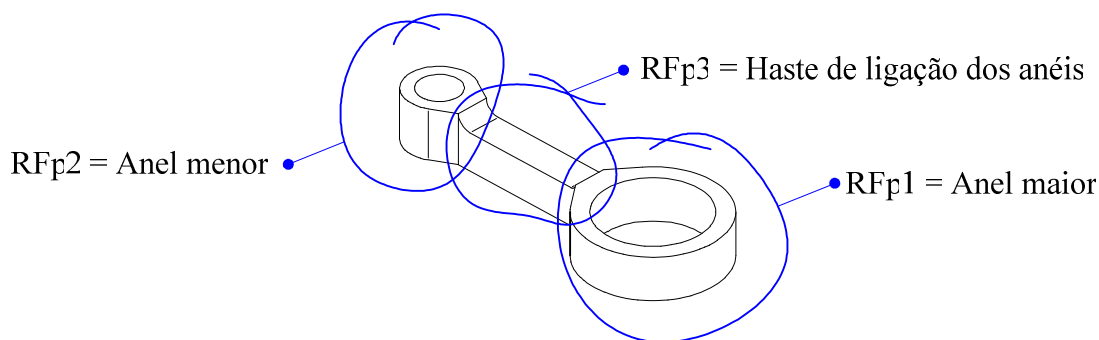


Figura 4.5 – Visualização das regiões funcionais do modelo geométrico 3D da biela de acordo com a estrutura funcional mostrada na Figura 4.4.

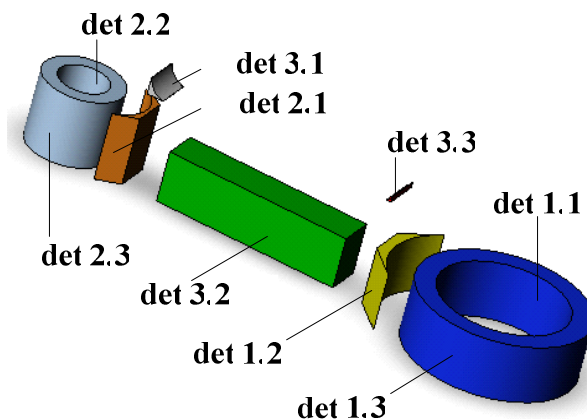


Figura 4.6 – Vista explodida dos “detalhes” do modelo geométrico 3D da biela.

No projeto mecânico com base em funções, a terminologia da descrição funcional baseia-se no significado de projeto, ou seja, na semântica da expressão frasal que caracteriza a descrição da função. A descrição da estrutura funcional da peça prescreve ações simultâneas a serem realizadas no uso do produto. No nível das funções parciais e das funções elementares da peça, há uma continuidade de ações no corpo da peça. Essas ações, aqui descritas por verbos, implicam a realização das funções das peças no produto.

O verbo exprime mais incisivamente a ação desejada pelo projetista. Assim, a ação expressa pelos verbos nas estruturas descritivas de funções de peça, recai sempre sobre um objeto que é um substantivo, concreto ou abstrato. Na qualificação da ação realizada pelo verbo ou do próprio substantivo, outras formas gramaticais podem ser utilizadas. Essa especialização da descrição funcional é necessária, muitas vezes, para que a intenção de projeto seja especificada mais detalhadamente no sentido de exprimir qualidade às idéias e intenções pela frase que corresponde à descrição da função.

Na Figura 4.4, a função elementar FEp 1.1, “apoiar bucha de ligação radialmente” é uma estrutura frasal composta pelo verbo “apoiar”, pelo substantivo seguido de uma locução adjetiva “bucha de ligação” e pelo advérbio “radialmente”. O advérbio “radialmente” é um advérbio de modo que exprime de que maneira o projetista intenciona apoiar a bucha de ligação na peça com a qual o anel maior da biela deverá compartilhar a função.

Nesta descrição, os componentes gramaticais importantes para expressar a idéia ou intenção de projeto do projetista e definir a necessidade daquela região funcional específica, são o verbo, o substantivo e um qualificador para o substantivo. Essa frase pode conter os complementos necessários ao projetista de maneira a chegar ao significado de projeto mais apropriado e tão específico quanto sua experiência no domínio de aplicação permitir. Isso depende de como o projetista irá compor sua estrutura descritiva de funções, antes de buscar as geometrias sólidas para sua realização física.

Ao enxergar as técnicas de modelagem atualmente utilizadas, foi observado que apesar dos projetistas buscarem formas diferenciadas de modelagem de sólidos as respostas em termos de geometrias são similares. O que muda, grandemente, é a seqüência do uso dos recursos fornecidos pelo sistema para adequar o modelo geométrico às suas intenções. Isso pressupõe uma dependência entre o modelo sólido final e a maneira de modelar do projetista e implica que as técnicas de modelagem sólida dependeram, nesse caso, mais dos recursos técnicos do sistema e menos das intenções do projetista, já que diferentes seqüências de modelagem levam a um mesmo sólido final.

A seqüência de modelagem sólida pode ser descrita em árvores. Apesar dos sistemas de modelagem sólida não hierarquizarem adequadamente a forma de modelar, a descrição da estrutura funcional da peça torna possível re-escrever o modelo geométrico ou a seqüência de aplicação das *features* sólidas modeladas, por meio de uma árvore. Não pelo fato de que as correlações devam ser sempre  $n:n$ , uma vez que o operador *zeta* ( $\zeta$ ) prevê que numa descrição funcional as geometrias possíveis a ela relacionadas têm um modelo padrão de definição, mas porque uma definição correta da função segundo intenções de projeto bem especificadas, permite que a criação da geometria sólida seja baseada nos significados da linguagem na qual é descrita e por conta disso leve a uma geometria mais adequada, quando avaliada segundo requisitos de projeto específicos para a peça que estiver sendo modelada.

### 4.3 – Estruturas descritivas para processamento computacional

O processamento computacional da descrição da função no projeto mecânico pode passar por uma análise de significado técnico com base num padrão lingüístico. Constrói-se uma linguagem sobre padrões gramaticais previamente estabelecidos declarando-a num sistema de análise gramatical. A lingüística, dentro da perspectiva computacional é operada por *parsers* definidos como analisadores gramaticais. Eles comparam uma descrição dada aos padrões da linguagem e apresentam a correspondente saída dentro dos padrões da linguagem a eles “ensinada”. A gramática de um *parser* é baseada num conjunto de regras estabelecidas pelos requisitos de significado da linguagem.

A correlação função-forma geométrica, nesta pesquisa, é auxiliada pelo processamento lingüístico das descrições sem o uso de um *parser*, mas baseada numa terminologia técnica que se adequa aos propósitos do trabalho. Assim, a organização dos dados para compor essa linguagem está pautada em dois pilares, de um lado, na necessidade de organizar as descrições das funções que compõem a árvore funcional da peça, do outro, na necessidade de padrão técnico para projeto mecânico, atualmente inexistente. Para a primeira, adota-se a classificação hierárquica encabeçada pela função global da peça (FGp), pelas funções parciais da peça (FPp) e pelas funções elementares da peça (FEP), abordadas no Capítulo 2. Para a segunda, as descrições dos termos que compõem a árvore de *features* sólidas geradoras das geometrias sólidas, abordadas posteriormente no Capítulo 5.

#### 4.3.1 – Modelos descritivos propostos

São três os modelos descritivos desenvolvidos para a implementação na busca das correlações entre função e forma. O modelo das descrições ou lingüístico, trata das descrições das funções, das regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas, estas resultantes da modelagem geométrica 3D das peças. O modelo de processamento, trata de processar computacionalmente essas três composições descritivas, buscando estabelecer correlações descritivas entre as mesmas. Por último, o modelo geométrico usa as correlações mencionadas anteriormente no segundo modelo e as compara às significações de projeto mecânico dos modelos geométricos 3D, cujas *features* sólidas são renomeadas no sistema *CAD*, por meio de uma descrição física específica, abordada posteriormente.

##### 4.3.1.1 – Modelo lingüístico ou das descrições

A proposta da organização da estrutura descritiva frasal prevê que uma seqüência lógica de componentes gramaticais, contendo significado de projeto, possa ser descrita sobre um padrão de composição gramatical. Por exemplo, no caso da descrição da função de uma peça, esse padrão é composto pela seqüência “verbo + substantivo + qualificador”. O verbo exprime a ação a ser realizada pelo nível hierárquico correspondente ao modelo físico adotado. O substantivo é o objeto sobre o qual a ação do verbo incide e o qualificador especializa a intenção do projetista, porque embute os demais

requisitos de projeto da peça. Assim, esse formato ou seqüência gramatical pode levar o projetista à descrição da necessidade funcional de maneira organizada no intuito de uniformizar a estrutura funcional em termos do significado de projeto.

Essa padronização se estende às descrições de regiões físicas e às seqüências de *features* sólidas. Nesses dois casos, a composição da descrição usa apenas o substantivo e o qualificador nas respectivas descrições. A descrição de uma região física é mais apropriada aos padrões coloquiais no domínio de projeto em engenharia, e a descrição da seqüência de *features* sólidas parte da gramática utilizada na interface com o usuário do sistema *CAD*. Uma é caracterizada pela intenção de projeto, a outra pela maneira que o desenvolvedor do sistema *CAD* visualiza a forma de encorpamento dessas intenções. As duas são construídas com base em diferentes *corpora* lingüísticos, mas que convergem para os mesmos objetivos, o projeto mecânico.

Nesta pesquisa, o *corpus* lingüístico do domínio de projeto mecânico, ou seja, os termos utilizados na composição da linguagem a ser analisada, são verbos, substantivos e elementos de qualificação ou qualificadores, por sua vez compostos de substantivos, adjetivos, advérbios e demais componentes da gramática, que caracterizam a semântica de projeto funcional e ainda pelos termos técnicos que identificam os operadores geométricos 3D.

O modelo das descrições de funções, de regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas geradas, denominado modelo lingüístico, pressupõe que as estruturas descritivas sejam definidas com base em padrões de composição, ou seja, cada estrutura descritiva é composta de acordo com seu correspondente padrão de composição. Os modelos de representação que correspondem aos padrões de composição são inseridos nas próximas seções.

#### 4.3.1.1.1 – Descrição de funções de peça

A descrição das funções da peça é feita com base nos requisitos de projeto ligados à montagem na qual está associada, à luz das intenções do projetista. Atualmente, um grande número de peças é especificado comercialmente. No entanto, as peças a serem projetadas, e em seguida, manufaturadas continua sendo uma tarefa preocupante para os(as) projetistas mecânicos. Uma forma de organizar essas informações é descrever as estruturas funcionais requeridas às peças tendo como ponto de partida a função global da peça.

Na descrição das funções da estrutura descritiva funcional da peça, a regra gramatical de descrição é válida para todos os níveis de descrição funcional na respectiva árvore. Os níveis de descrição funcional são assumidos como descritos anteriormente e representados da seguinte forma: 0 (zero) para funções globais da peça (FGp), 1 (um) para funções parciais da peça (FPp) e 2 (dois), para as funções elementares da peça (FEp). Uma vez que as descrições das funções e das regiões físicas são



feitas com base numa hierarquia em árvore, cada nó da árvore conterá a descrição de uma função no nível correspondente.

A Figura 4.7 mostra a representação do padrão de composição sobre o qual as descrições das funções devem ser feitas. O verbo exprime a ação que deve ser realizada pela respectiva função, o substantivo, o elemento concreto ou abstrato, objeto sobre o qual uma ação precisa ser realizada e o qualificador, como será realizada a ação sobre este objeto.

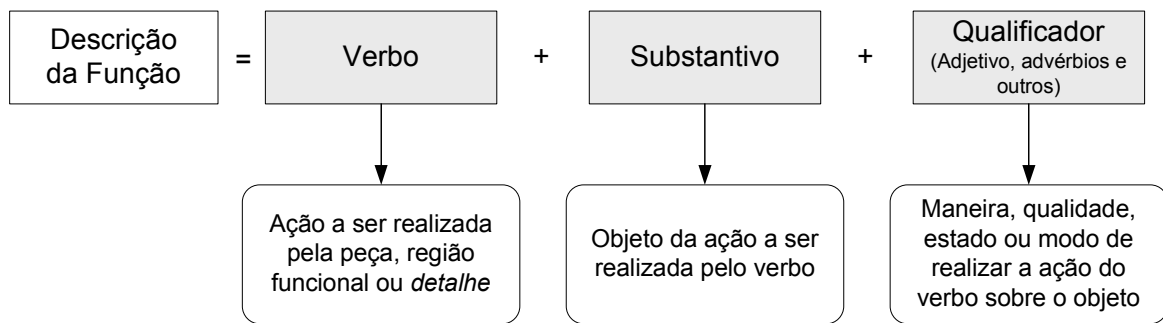


Figura 4.7 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma função de peça.

#### 4.3.1.1.2 – Descrição de regiões físicas

A descrição da região física é, agora, simplificada em relação à sua descrição funcional. Ela precisa somente de uma descrição através de substantivos e qualificadores. O modelo de regiões físicas subdivide a peça em três níveis: o nível de “peça”, propriamente dito, o nível (ou níveis) de “região funcional” da peça e o nível de “detalhe” da peça, que compõem a região funcional. Isso foi abordado na seção 4.2.3 e mostrado na Figura 4.3. A expressão “região física da peça”, em detrimento da expressão “região funcional da peça”, pressupõe que a peça pode ser desdobrada em elementos físicos diferenciados em termos de localização na peça. Da mesma maneira que as estruturas funcionais descritas na forma de árvores hierárquicas, as regiões físicas da peça são descritas aqui segundo o mesmo modelo de representação. Os relacionamentos são *n:n*, ou seja, as descrições das funções no espaço de funções correspondem às descrições nos níveis de peça, região funcional ou detalhe, no domínio das descrições de representações físicas e vice-versa.

Esse tipo de relacionamento pode ser diferenciado e assumir relações do tipom *m:n* ou de *n:m*, onde  $n \neq m$ . No entanto, escolheu-se para estudo o relacionamento do tipo *n:n*, considerando que a descrição da estrutura funcional terá a mesma árvore hierárquica que a descrição da estrutura física da peça; por exemplo, para cada função desejada, um detalhe geométrico será requerido.

A árvore de regiões físicas apresenta as descrições adotadas para os componentes geométricos sólidos a serem modelados posteriormente no sistema CAD em 3D por *features* sólidas. Um dado grupo de *features* sólidas e/ou operações de modelagem geométrica, sejam imediatamente seqüenciais ou não, diz respeito à criação de um ou mais componentes da árvore de regiões físicas.

Neste caso, o contexto não prevê a realização de ações, como no caso das descrições funcionais. Aqui, a ênfase está no objeto sobre o qual a ação deve ser realizada. Portanto, o componente principal de composição frasal é o substantivo que o representa, seja concreto ou abstrato. Por exemplo, na Figura 4.4, a função elementar “apoiar pino do pistão radialmente” é realizada pelo detalhe **det 2.2**, cuja descrição é “furo passante cilíndrico” e, cujo significado de projeto no estudo de caso está relacionado com o apoio necessário ao pino que faz a interligação entre a biela e o pistão alternativo do sistema mecânico do compressor. A frase “furo passante cilíndrico”, é construída segundo o padrão de composição dada por um substantivo e um qualificador, como representado na Figura 4.8.

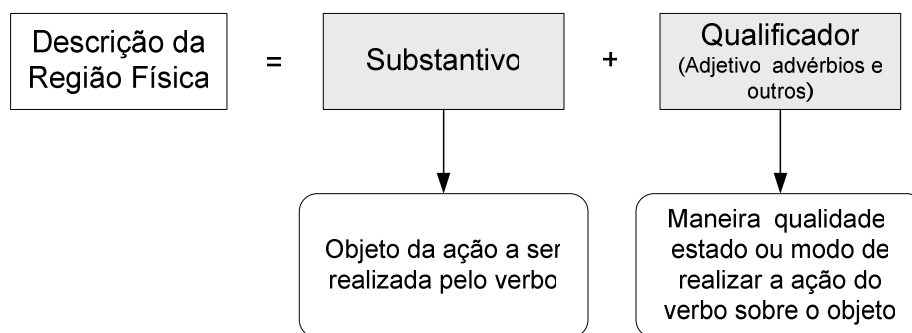


Figura 4.8 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma região física de peça.

#### 4.3.1.1.3 – Descrição da seqüência de *features* sólidas

O modelo lingüístico ou de descrições é complementado pela descrição das operações de criação de geometria 3D no sistema *CAD*, aqui denominadas *features* sólidas. As *features* sólidas ou operações de modelagem geométrica 3D utilizadas na criação das geometrias de cada peça são descritas com base nos termos técnicos propostos na definição-padrão de geometrias sólidas.

A descrição das seqüências de operadores de modelagem sólida pode ser feita com base no mesmo padrão de composição usado para a descrição de regiões físicas. No entanto, para fazer essa descrição, é necessário o uso de uma terminologia consistente para relacionar o campo das *features* sólidas. A Figura 4.9 mostra a representação desse padrão de composição descritiva. A *feature* sólida é caracterizada por operadores de modelagem sólida definidos posteriormente e propostos como solução terminológica para esses elementos.

Neste caso, as descrições são feitas com base na pesquisa sobre terminologia técnica para projeto mecânico publicada por Linhares (2003) e abordada no Capítulo 5.

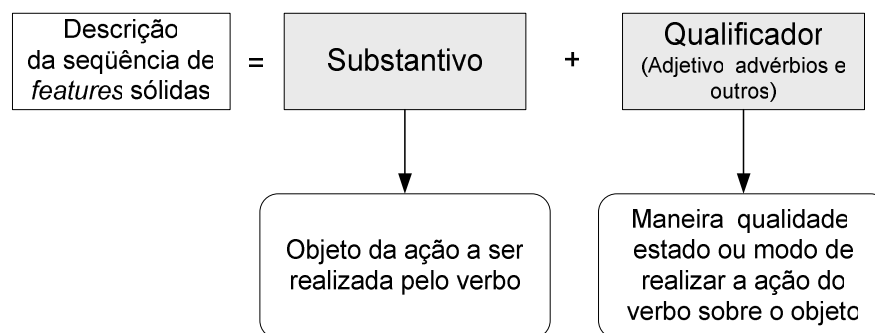


Figura 4.9 – Representação da estrutura básica para composição da descrição de uma região física de peça.

#### 4.3.1.1.4 – Componentes lingüísticos para a descrição função-forma

Os verbos de projeto, utilizados nas descrições funcionais de detalhes da peça (funções elementares da peça), de regiões físicas (funções parciais da peça) ou pela peça globalmente (função global da peça), são definidos no dicionário de verbos. Nele, os verbos contidos na linguagem técnica de um dado domínio de aplicação de projeto, podem ser adicionados, retirados ou substituídos, para a composição das descrições das intenções de projeto, sob o ponto de vista das funções.

A Tabela 4.1 mostra alguns exemplos de verbos de projeto utilizados nas descrições das ações necessárias à realização de funções. A relação completa dos verbos que constam do *corpus* lingüístico implementado encontra-se no Anexo E.

Tabela 4.1 – Lista de verbos de projeto.

absorver	acelerar	acionar	acoplar	aderir	adicionar
admitir	ajustar	alimentar	alinhar	alojar	amortecer
ampliar	balancear	bombear	captar	carregar	centrar
cisalhar	classificar	comprimir	conduzir	conectar	controlar
converter	cortar	derivar	desatar	descarregar	descer
desligar	deslizar	deslocar	desmontar	desviar	diferenciar
direcionar	dirigir	dissipar	distribuir	dobrar	dosar
elevar	encaixar	encher	engrenar	equilibrar	erguer
estruturar	evitar	extrair	fechar	filtrar	fixar
fletir	frear	friccionar	girar	guiar	impulsionar
inclinar	indicar	inflar	intercalar	interligar	interromper
introduzir	inverter	isolar	juntar	levantar	liberar
ligar	limitar	lubrificar	manipular	manter	modular
moer	montar	movimentar	nivelar	obstruir	orientar
oscilar	permitir	posicionar	prender	pressionar	prover
puxar	ramificar	receber	reduzir	reforçar	refrigerar
remover	resfriar	retardar	reter	retificar	retirar
revestir	rolar	rosquear	rotacionar	secar	seguir
segurar	selecionar	separar	sincronizar	sobrepôr	soltar
succionar	sustentar	tapar	tirar	torcer	trabalhar
tracionar	transferir	transformar	transmitir	transportar	trocar
unir	verificar	virar	zerar	isolar	misturar
acoplar	desacoplar	dividir	serrar		

Os substantivos de projeto que compõem a matriz de descrição funcional são definidos, também, no âmbito do projeto de sistemas mecânicos. É sempre importante identificar um conjunto de substantivos para o estudo das descrições que possa representar, ao menos preliminarmente, os valores deste componente semântico capazes de serem combinados com os verbos apresentados anteriormente.

A Tabela 4.2 mostra alguns exemplos de substantivos de projeto, utilizados nas descrições das regiões físicas e *features* sólidas necessárias à realização de funções. A relação completa de substantivos que constam no *corpus* lingüístico implementado, é mostrada no Anexo E.

Tabela 4.2 – Lista de substantivos de projeto.

abraçadeira	acabamento	acoplamento	afastamento	agitação	alicerce
alimentação	alívio	alojamento	amortecimento	anel	anteparo
apoio	área	aro	arranjo	arruela	aspersão
atuador	balanceamento	base	batente	biela	bloco
bomba	borda	braço	bucha	caixa	caixola
calota	camada	câmara	câmbio	canéco	canto
cantoneira	capacidade	categoria	caule	cavidade	centro
chanfro	chaveta	cilindrico	cilíndro	circular	círculo
cofre	coletor	coluna	compartimento	componente	compressão
condução	cone	conexão	conjugado	conjunto	contrapeso
coroa	corpo	corrente	cremalheira	cubo	cupilha
curvatura	dente	depressão	desaperto	descarga	deslocamento
direcionador	disco	dispositivo	distância	distribuição	divisão
dobradura	dutos	eixo	decaimento	elo	êmbolo
encaixe	encosto	energia	engrenagem	entrada	equalização
escareado	escora	esfera	espaço	espiral	estampo
estojo	estrutura	exaustão	excêntrico	extensão	filete
fixação	fixador	flange	flexão	fluido	flutuação
fluxo	folga	fortaleza	fundação	fundamento	furo
fuso	gás	gaveta	giração	giro	globo
haste	inflexão	interação	interligação	junção	justaposição
lado	lâmina	largura	lateral	letra	ligação
limite	longarina	lubrificação	lubrificante	mancal	manuseio
marcação	mecânico	mecanismo	mesa	mola	montagem
movimento	nível	objeto	óleo	orbital	orifício
oscilação	palheta	parafuso	parte	passadiço	passagem
substância	pendular	perna	peso	pilar	pilastra
pinhão	pino	pistão	placa	plano	plástico
plataforma	polia	porca	posição	potência	prendedor
presilha	pressão	pressurização	processo	pulmão	ranhura
rasgo	rebaixo	rebitamento	rebite	recipiente	reductor
reentrância	repartição	reforço	refrigerante	região	registro
régua	roda	resistência	ressalto	retenção	retentor
rigidez	saída	rodado	rodela	rolamento	roldana
rolete	sulco	rolo	rosca	rotação	rotativo
rótula	tampa	sistema	solda	subdivisão	subsistema

continua na página 56

sucção	torque	superfície	suporte	sustentação	sustento
tambor	transporte	tarracha	tensões	terminal	território
torção	vazado	torre	transição	translação	transmissão
transmissor	vergalhão	traslado	travessa	união	válvulas
variação	vibrações	viga	zona		

Os qualificadores podem ser formados por um ou mais adjetivos, por advérbios e por outras classes de palavras da gramática, dando sentido à qualificação ou especialização do conjunto verbo + substantivo, para o caso de uma descrição funcional, ou do substantivo apenas, para o caso das outras descrições. Os qualificadores também são definidos no âmbito do domínio do projeto de sistemas mecânicos. Identificou-se um conjunto de valores desse componente para composição das estruturas descritivas que pudesse representar algumas intenções de projeto. Como nos dicionários de valores de componentes descritivos, outros valores entendidos como utilizáveis na descrição destes elementos, podem ser inseridos durante a atividade de projeto funcional. Alguns dos valores de qualificação que vêm sendo utilizados na pesquisa são listados na Tabela 4.3. A relação completa de valores de qualificação frasal de projeto que consta no *corpus* lingüístico implementado, é mostrada no Anexo E.

Tabela 4.3 – Lista de qualificadores de projeto.

abaixo	acessória
acima	adequada
além	alternativo
angular	angularmente
anterior	anterior da válvula
anterior do pistão	antes
axialmente	bastante
bem	cego
central	central do pistão
de contrapeso inferior	de contrapeso superior
de deslocamento da haste da biela	de distribuição de pressões
de encaixe	de encosto inferior
de encosto superior	de entrada
de entrada de óleo lubrificante	de equalização de pressões
de estampo esquerdo	de fixação
de fixação da câmara	de fixação da tampa
de fixação da tampa plástica	de fixação da válvula de exaustão
de fixação da válvula de sucção	de fixação das cupilhas
de fixação das hastes do bloco	de fixação do lado esquerdo da lâmina
de fixação inferior da placa de válvulas	de fixação lateral
de fixação superior da placa de válvulas	de fixação vertical
de fluxo	de gás refrigerante
de ligação	de ligação central
de lubrificação inferior	de manuseio
de manuseio da lâmina	de manuseio e montagem
de mola dianteiro	de mola direito

continua na página 57

de mola esquerdo	de mola traseiro
de molas	de montagem
de montagem anterior	de montagem da válvula de sucção
de montagem posterior	de óleo
de óleo lubrificante	de óleo lubrificante da ranhura inferior
de passagem de gás refrigerante	de pressões
de pressurização	de válvulas superior
demais	demasiadamente
dentado	dentro
depois	derivado
desbastado	dianteira
diantes	dinamicamente
do anel maior	do anel maior da biela
do anel menor	do bloco
do rebite direito da lâmina	do rebite esquerdo da lâmina
do rebite lado direito	do rebite lado esquerdo
do refrigerante	duplo de saída
entrante	entre câmaras
equalizador direito	equalizador esquerdo
equalizar central	ergonômico
ergonômico da lâmina	excêntrico
excêntrico radialmente	excessivamente
externamente	externo
facilitada	facilmente
fresado	funcionais
fundido	helicoidal
helicoidal do pino	helicoidal inferior
horizontal	horizontalmente
inclinado	inferior
inferior da aba de balanceamento	inferior de apoio das câmaras
inferior direito	inferior esquerdo
intermediária	intermediário inferior
intermediário superior	longitudinal
longitudinalmente	lubrificante
maior	mal
mandrilado	mecânicas
mecânico	menor
montante	muito
plano	plano inferior
plano superior	posterior
posterior do pistão	pouco
pressão	primária
principal	radial
recartilhado	refrigerante
reto	rosqueado
ruim	superior direito
superior esquerdo	sustentação do eixo excêntrico
tarde	torneado
transversal de apoio do pino	traseiras
trefilado	tridimensionais inferiores

Exemplos de valores das formas gramaticais ou classes de palavras que têm relação com o domínio de projeto mecânico são apresentados na Tabela 4.4. No Capítulo 5, é abordada a forma de criação destes arquivos. Os dicionários terão uma repercussão positiva, uma vez que podem ser incrementados com valores novos à medida que os mesmos forem sendo criados.

A idéia é que um conjunto de termos, técnicos ou não, seja utilizado, cada vez que uma peça pertencente a um determinado domínio de aplicação, deva ser projetada. No futuro, isso auxiliará muito na definição automática de geometria sólida com base em descrições funcionais. O hábito de projetar com base no domínio de funções sobre um padrão descritivo permite ao projetista uma melhor familiarização com os termos técnicos que utiliza no seu domínio de aplicação.

Tabela 4.4 – Relação dos objetos que contêm os valores das formas gramaticais relacionadas ao domínio de projeto.

Nº	Classes de palavras	Possíveis valores
01	Adjetivo	perpendicular, axial, liso, reto, recartilhado, ranhurado, fundido, fresado, torneado, etc.
02	Advérbio	axialmente, acima, antes, dentro, fora, horizontalmente, radialmente, muito, etc.
03	Artigo	a, o, as, os.
04	Conjunção	e, nem, que, ou que como, desde que, embora, conforme, qual, como se, etc.
05	Interjeição	ufa, credo, viva, meu Deus, nossa, ave, mãe do céu, cruz credo, olha só, etc.
06	Numeral	um, dois, treze, mil e duzentos, primeiro, sexagésimo, terço, dobro, triplo, etc.
07	Preposição	desde, entre, até, contra, sem sob, sobre, para, sem, na, no, da, de, do, etc.
08	Pronome	meu, minha, este, essa, ele, todo, algum, vários, ambos, qualquer, muito, etc.
09	Substantivo	acoplamento, engrenagem, rosca, haste, torque, rotação, eixo, polia, ranhura, etc.
10	Verbo	ajustar, filtrar, posicionar, reter, transmitir, tracionar, unir, etc.

#### 4.3.1.2 – Modelo de processamento das correlações

Estando as descrições das estruturas de funções, regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas devidamente compostas, é necessário correlacioná-las posteriormente nos três níveis para buscar os padrões de repetição. Os métodos classificados a seguir podem ser utilizados na análise da correlação função-forma, pois implicam correspondências do domínio funcional ao domínio de geometrias.

A classificação segundo a taxonomia usada em processos de fabricação, por exemplo, é um deles, onde a terminologia utilizada e reconhecida na manufatura pode ser relacionada aos diferentes

tipos de peças existentes, na busca de padrões descritivos. Dessa forma a correlação função-forma estaria baseada no processo de obtenção da mesma, ou seja, se a peça é sinterizada, injetada, usinada, estampada, trefilada, etc.

Um outro método é o de regiões funcionais e correspondentes terminologias utilizadas na sua identificação. Nesse caso, o projetista busca a solução para uma necessidade funcional baseado na terminologia utilizada na identificação de regiões funcionais e não nas *features* sólidas que as compõem.

Por último, o método de análise aplicado a esta pesquisa, “funções elementares da peça *versus features* sólidas”, que correlaciona às entidades envolvidas no seu nível mais baixo de abstração. No domínio das descrições funcionais trata as funções elementares da peça, e, no domínio de geometrias, trata as *features* sólidas utilizadas na correspondente modelagem geométrica.

Tendo por base as descrições neste domínio, o modelo computacional implementado na pesquisa foi desenvolvido com vistas a dois tipos principais de correlações: os relacionamentos conceituais (RC), feitos sem a preocupação da correlação com as intenções de projeto e os relacionamentos topológicos (RT), cuja visão é a correlação no nível de detalhes geométricos. Essa subdivisão auxiliará na composição dos respectivos resultados e conclusões do trabalho, nos Capítulos 4 e 5.

A Figura 4.10 mostra a representação gráfica do modelo computacional a partir da qual são compilados os resultados. Comparando essa representação com a Figura 2.1 do Capítulo 2, pode-se observar que o quadro superior à esquerda representa os elementos que compõem a linguagem natural (LN), o quadro superior à direita, representa a linguagem técnica (LT) e, por último, o quadro inferior ao centro, representa a linguagem simbólica, de acordo com o modelo de análise e implementação proposto. Na implementação dos relacionamentos conceituais (RC), o objetivo é capturar os padrões de repetição entre quaisquer descrições, em qualquer nível hierárquico, de duas ou mais peças. Já, a implementação dos relacionamentos topológicos (RT), visa capturar os padrões de repetição que ocorrem na estrutura descritiva de uma única peça, o que permite verificar o comportamento dos significados das estruturas descritivas funcionais, físicas e de *features* sólidas numa única peça.

Para que as relações possam ser verificadas, a organização das estruturas descritivas deve ser organizada de tal forma que permita processar as correlações sem haver inconsistências nas descrições. Isso significa, por exemplo, que o número de descrições funcionais deve ser o mesmo que o número de regiões físicas para cada peça, caso contrário haverá uma incompatibilidade no processamento dos relacionamentos do tipo *n:n*. Isso pode ser feito computacionalmente entre as estruturas descritivas modeladas.



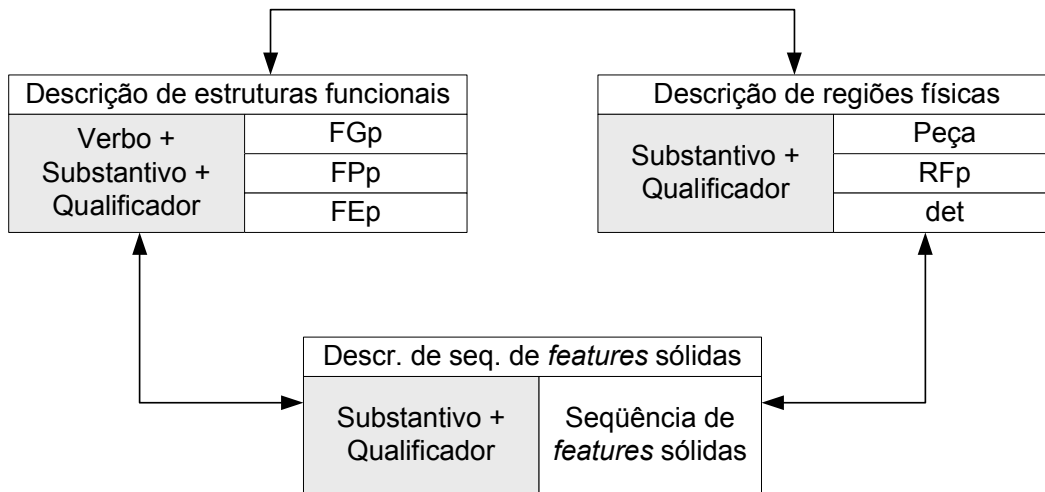


Figura 4.10 – Representação gráfica do modelo de descrições implementado computacionalmente no Capítulo 5.

As descrições de regiões físicas servem como um nível intermediário, associadas de maneira mais global às descrições funcionais e cujas partes de composição física são as *features* sólidas. Para permitir a análise de dados na busca de resultados sobre as correlações entre as descrições propostas, o modelo computacional processará três principais tipos de informações, listadas a seguir:

- (1) as informações contendo os valores das formas gramaticais de complementação significativa, pré-estabelecidas pela gramática da Língua Portuguesa, representado na Figura 4.11 (a);
- (2) as informações contendo valores das formas gramaticais que compõem o linguajar associado ao domínio de projeto de sistemas mecânicos, representado na Figura 4.11 (b); e
- (3) as informações contendo as descrições das funções e regiões físicas da peça e das seqüências de *features* sólidas 3D que dão corpo às regiões físicas da peça no sistema *CAD*, representado na Figura 4.11 (c).

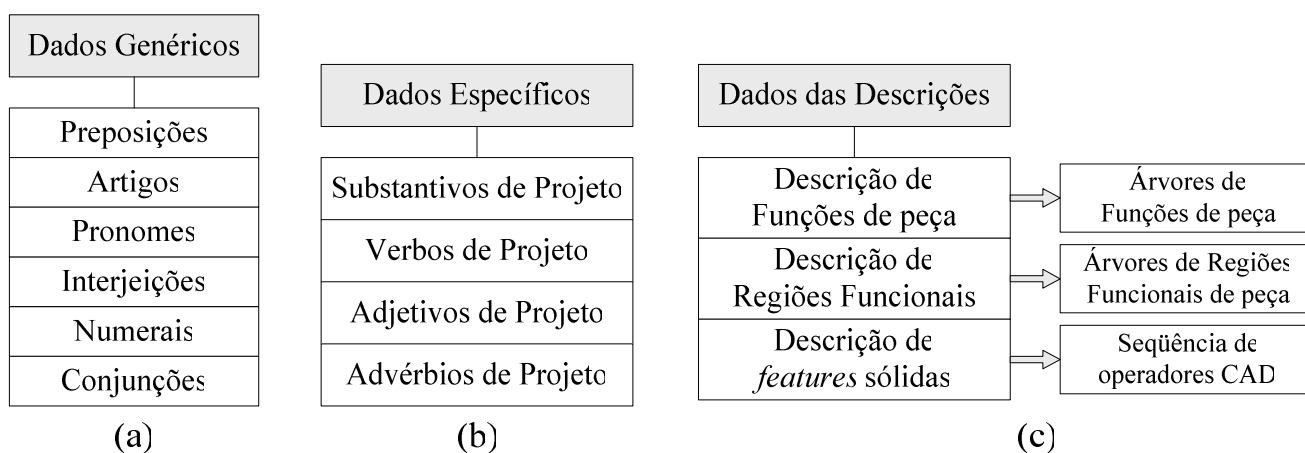


Figura 4.11 – Estrutura de dados das descrições da peça.

Com a utilização desses três tipos de informações, é possível obter descritivamente, diferentes tipos de relacionamentos entre os verbos, substantivos e qualificadores. Por exemplo, pode ser verificada a existência de propagações de significados entre esses componentes. A propagação desses mecanismos é de interesse primordial para a definição de procedimentos computacionais e algoritmos de busca, para que possa gerar geometrias sólidas a partir de comandos descritivos.

As informações de entrada do processamento computacional são as descrições pré-elaboradas das estruturas funcionais, das regiões funcionais e das *features* sólidas. As evidências estatísticas provenientes desses relacionamentos são formatadas em tabelas de onde o número de ocorrências das relações entre verbos, substantivos e qualificadores, é tirado. Isso pode ser feito para os três níveis, simultaneamente, ou para apenas um nível, isoladamente. O levantamento estatístico das ocorrências especifica qual a probabilidade de que uma dada seqüência de termos realiza, provavelmente, uma certa função. O processamento pode ser usado ainda na análise das descrições para a definição de listas de termos que, estatisticamente, ocorrem sempre que uma dada função é descrita pelo projetista.

#### **4.3.1.3 – Modelo geométrico de *features* sólidas**

O terceiro modelo é desenvolvido para relacionar computacionalmente as descrições pré-estabelecidas no modelo de processamento com a geometria da peça, elaborada no sistema *CAD*. Cada peça é composta geometricamente por sua seqüência de *features* sólidas, devidamente realizadas pelo projetista, no sistema *CAD* utilizado.

A criação de geometria sólida em sistemas *CAD* é, normalmente, registrada numa interface auxiliar ao projetista que indica a seqüência da modelagem sólida realizada por ele(a). Isso dá origem a uma seqüência de descrições que identificam as *features* sólidas usadas na criação do modelo sólido da peça. O *kernel* do sistema *CAD* executa as operações de modelagem com base nos comandos inseridos pelo projetista via *mouse* ou comandos de linha. Essas operações podem ser pré-estabelecidas pelas correlações entre a descrição da função e as correspondentes geometrias sólidas associadas, nesse caso, às *features* sólidas. De qualquer maneira, o sistema *CAD* registra os nomes das geometrias e os nomes dos comandos do projetista (usualmente no Inglês), à medida que o modelo é criado.

A geometria 3D mostrada na Figura 4.12, representa a peça “garfo do guidão” de um tipo de bicicleta criada no modelador sólido *Solid Edge V15*. A seqüência de *features* sólidas que geraram a peça visualizada na Figura 4.12, é mostrada nas Figuras 4.13 (a) e (b). Na forma como é mostrada para visualização do projetista, esta seqüência de *features* sólidas é composta por operações de remoção e adição de “material” além de operações de espelhamento e cópias de *features* sólidas. O modelo 3D da Figura 4.12 mostra que todas estas operações são possíveis. Nele, a peça apresenta três regiões funcionais, “conector esquerdo do guidão”, “conector direito do guidão” e “haste de conexão dianteira”, representadas pelas siglas RFp 22.1, RFp 22.2 e RFp 22.3, das respectivas descrições.

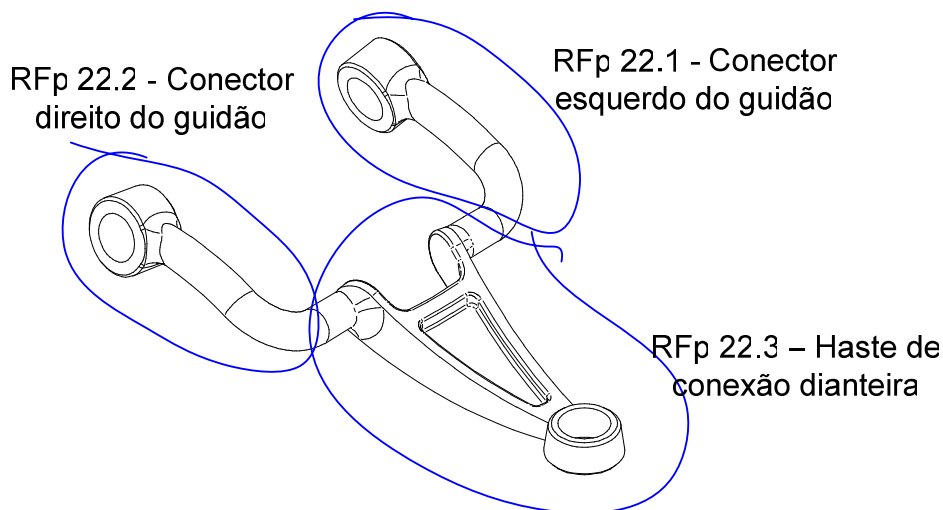


Figura 4.12 – Modelo sólido da peça exemplo (modelada em Solid Edge V15).

As Figuras 4.13 (a) e (b), mostram seqüências de *features* 2D (planas) e 3D (sólidas). Na Figura 4.13(a), é mostrada a terminologia original gerada pelo sistema *CAD* utilizado.

Os operadores de modelagem sólida recebem nomes diversos, dependendo do sistema *CAD* utilizado. A Tabela 4.5 mostra uma comparação dos nomes no Inglês de operadores de modelagem usados em diversos sistemas *CAD* e o seu respectivo significado em Português.

Tabela 4.5 – Exemplos da terminologia usada para alguns operadores de modelagem em sistemas *CAD* comerciais.

Operador de	Sistema <i>CAD</i>			
	Solid Edge V15	Pro-Engineer	Unigraphics	Catia
Adição	Protusion	Extruded Tool	Extruded Body	Pad
Retirada	Cutout	Shell Tool	Pocket	Pocket
Arredondamento	Round	Round Tool	Edge Blend	Edge Fillet
Chanfro	Chamfer	Chamfer Tool	Chamfer	Chamfer

Na Figura 4.13(b), é mostrada uma tradução dos significados de cada *feature* para uma linguagem comum de projeto, usando, como exemplo, o modelador de sólidos *Solid Edge V15*. Observa-se que as traduções aproximadas dos significados no Inglês não transmitem totalmente os respectivos significados de projeto no Português. Por conta disso, o processamento das linguagens envolvidas requer que as *features* sólidas ou operadores de modelagem geométrica no sistema *CAD* sejam mais adequadamente identificados.

Entende-se que, nesse caso, há a necessidade da existência de um padrão terminológico capaz de agregar significados de projetos mais adequados. Isso ajudará o mapeamento função-forma porque as geometrias definidas com base em significados de projetos resolvem melhor a relação das funções das quais decorrem e ainda são buscadas por meio de um exercício que incorpora intenções mais adequadamente.

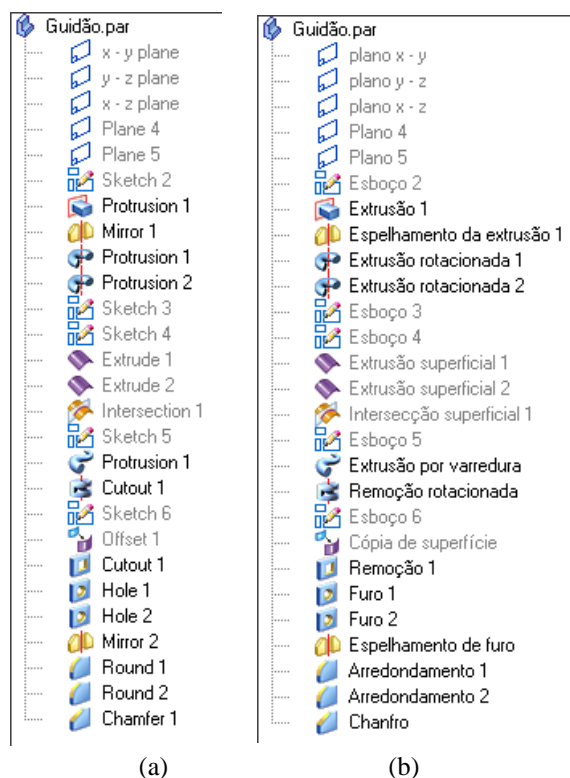


Figura 4.13 – Representação da árvore hierárquica de *features* sólidas que geraram o modelo sólido da peça mostrada na Figura 4.12. (a) terminologia original gerada pelo sistema *CAD* utilizado, (b) tradução dos significados de cada *feature* para uma linguagem comum de projeto usando como exemplo o modelador sólido *Solid Edge V15*.

Para uma correlação direta ou automática, pressupõe-se ser necessário capturar a seqüência de operações necessárias ao sistema *CAD* na criação da geometria que melhor corresponda à função descrita pelo projetista, a partir dos comandos internos do sistema *CAD*, pelas correlações entre as árvores hierárquicas funcionais e a seqüência de *features* sólidas. Dessa forma, fica clara a importância que as árvores ou seqüência de *features* sólidas definidas pelo projetista no sistema convencional de modelagem geométrica têm no processamento das correlações computacionais a partir da descrição da função decorrente da análise da intenção do projetista.

#### 4.3.2 – Padrão terminológico das descrições

Os modelos geométricos das peças de um sistema mecânico, para satisfazer as necessidades de mapeamento função-forma, deveriam ser descritos com base num padrão terminológico. Para definir um padrão terminológico foi necessário realizar uma pesquisa para conhecer o padrão de descrição dos operadores que os projetistas usam na maneira de projetar no sistema *CAD*. Os resultados dessa pesquisa serão abordados no Capítulo 5. Para isso, é necessário definir o que é termo técnico. Cada termo técnico é caracterizado por três tipos de definições: a definição conceitual, a definição geométrica e a definição de nomenclatura.

A **definição conceitual** deve responder à pergunta: Qual o significado de projeto da *feature* sólida? Essa definição prevê o significado e a semântica do termo técnico que a caracteriza. Aqui,

semântica é definida como o estudo do sentido das palavras de uma Língua, englobando os seguintes fenômenos semânticos:

- (a) *Família de idéias*: palavras que mantêm relações de sinonímia e que representam basicamente uma mesma idéia. Ex: residência, moradia, lar;
- (b) *Sinonímia*: É a relação que se estabelece entre duas palavras ou mais que apresentam significados iguais ou semelhantes. Ex: distante, afastado, remoto;
- (c) *Antonímia*: É a relação que se estabelece entre duas palavras ou mais que apresentam significados diferentes, contrários. Ex: bem - mal;
- (d) *Homonímia*: É a relação entre duas ou mais palavras que, apesar de possuírem significados diferentes, possuem a mesma estrutura fonológica. Ex: gosto (de gostar) e gosto (de paladar), conserto (de arrumar) e concerto (de orquestras);
- (e) *Paronímia*: É a relação entre duas ou mais palavras que têm significados diferentes, mas são muito parecidas na pronúncia e na escrita. Ex: cavalheiro e cavaleiro, absorver e absolver;
- (f) *Polissemia*: É a propriedade que uma mesma palavra tem de apresentar vários significados. Ex: Os convites eram de graça. Os fiéis agradecem a graça recebida.

Na definição conceitual, procura-se uma descrição neutra que possa estabelecer uma identificação livre de contexto no domínio da engenharia mecânica. No entanto, a semântica ou significado de projeto do termo, aliado aos sinônimos coloquiais, poderão ser entendidos pelo mesmo conceito. Assim, a definição conceitual do termo sobre o aspecto de engenharia, com ênfase no projeto mecânico é mantida. As palavras chave aqui são: “semântica de projeto” e “significado de projeto”.

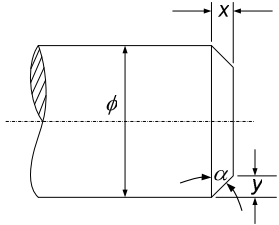
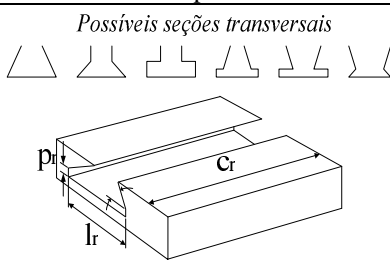
A **definição geométrica** deve responder à pergunta: que parâmetros de geometria são necessários para caracterizar completamente o termo técnico? A geometria correspondente ao termo técnico deve ser parametrizada, apresentando variáveis dependentes e independentes. Aqui, são considerados os atributos de forma, como tipo de dimensão preferencial, tipo de seção transversal ou perfis geradores de sólidos e vazios que a peça ou *features* sólidas têm.

Para a definição geométrica do termo técnico, busca-se ao máximo a parametrização da geometria que o caracteriza. Muitas das *features* sólidas, identificadas pela terminologia proposta, não permitem a completa parametrização do sólido, em função da diversidade das geometrias planas de geração, identificadas como perfis abertos ou fechados no plano 2D e ainda, em função das variáveis principais que muitas vezes não são diretamente dimensionadas. Por exemplo, o caso da pressão interna no projeto de um vaso de pressão ou a massa do bastão de um desodorante do tipo “*stick*”. Na definição geométrica do termo técnico é necessário, então, estabelecer que parâmetros são principais

ou independentes e quais deles serão considerados dependentes. As palavras chaves são “parâmetros associados”, “representação geométrica” e “variáveis dependentes e independentes” de projeto.

Por último, a **definição de nomenclatura** atribui ao termo técnico o seu respectivo significado de projeto numa língua de interesse. Na verdade, o objetivo é definir completamente o termo técnico para que possa ser utilizado ostensivamente pelo projetista na atividade de projeto mecânico, principalmente, na modelagem geométrica. Esta definição tem a intenção de estabelecer no âmbito dos significados técnicos de projeto de outras Línguas, os termos técnicos que melhor identificam o termo, quando traduzido para o Português (Brasil). Aqui, a palavra chave é o “significado de projeto” em Inglês, Espanhol, Alemão e outras Línguas”. Para melhor mostrar estes conceitos foram escolhidos dois exemplos característicos colhidos do estudo de caso. A Tabela 4.6 mostra esses exemplos de termos técnicos com suas respectivas definições. Os exemplos escolhidos são os correspondentes aos códigos 05 e 20, “chanfro rotacionado externo” e “ranhura prismática”, respectivamente.

Tabela 4.6 – Exemplos de definições conceituais, geométricas e de nomenclatura. (LINHARES & DIAS, 2004)

Nº	Termo Técnico	Definição Conceitual	Definição Geométrica	Definição de Nomenclatura
05	chanfro rotacionado externo	superfície cônica externa gerada sobre uma aresta circular a partir de uma primitiva reta.	 <p><b>Parâmetros:</b>  <math>x</math> = largura do chanfro  <math>y</math> = altura do chanfro  <math>\alpha</math> = ângulo de inclinação do chanfro, medido em relação ao eixo de simetria da peça;  <math>\phi</math> = diâmetro do corpo cilíndrico.</p>	<p>Inglês: <i>extern rotated chamfer</i></p> <p>Espanhol:.....</p> <p>Francês:.....</p> <p>Italiano:.....</p>
20	ranhura prismática	retirada retilínea e vazada de material numa superfície plana a partir de um perfil aberto de seção transversal qualquer, segundo um eixo de referência da peça	<p><i>Possíveis seções transversais</i></p>  <p><b>Parâmetros:</b>  <math>p_r</math> = profundidade da ranhura;  <math>l_r</math> = largura da ranhura;  <math>c_r</math> = comprimento da ranhura;  seção transversal = diversas.</p>	<p>Inglês: <i>prismatic groove</i></p> <p>Espanhol:.....</p> <p>Francês:.....</p> <p>Italiano:.....</p>

Este padrão de terminologia servirá às descrições das seqüências de *features* sólidas por meio das quais as peças serão modeladas e identificadas geometricamente. Posteriormente, nas implementações, as descrições correspondentes às *features* sólidas serão correlacionadas às descrições das funções e das regiões físicas correspondentes. Alguns termos foram tirados da pesquisa sobre *features* descrita por Shah & Mäntylä (1995).

Assim, para achar significados da modelagem de *features*, foi feito um ensaio com a peça “eixo excêntrico” do compressor alternativo usado em aparelhos de refrigeração. A Figura 4.14, mostra a peça modelada e a sua correspondente árvore de descrição onde a árvore de *features* agora é mostrada usando a terminologia proposta com base na pesquisa de campo realizada, que dá suporte à tese.

Na figura, a grade de operadores é mostrada parcialmente, as *features* sólidas são identificadas pelos respectivos termos técnicos propostos. A *feature* sólida de sigla **feat 21.15**, por exemplo, é identificada pelo termo técnico “ranhura helicoidal”, como destacado em vermelho na figura e evidenciada na cor azul no quadro que mostra a seqüência de *features* correspondente à modelagem sólida da peça.

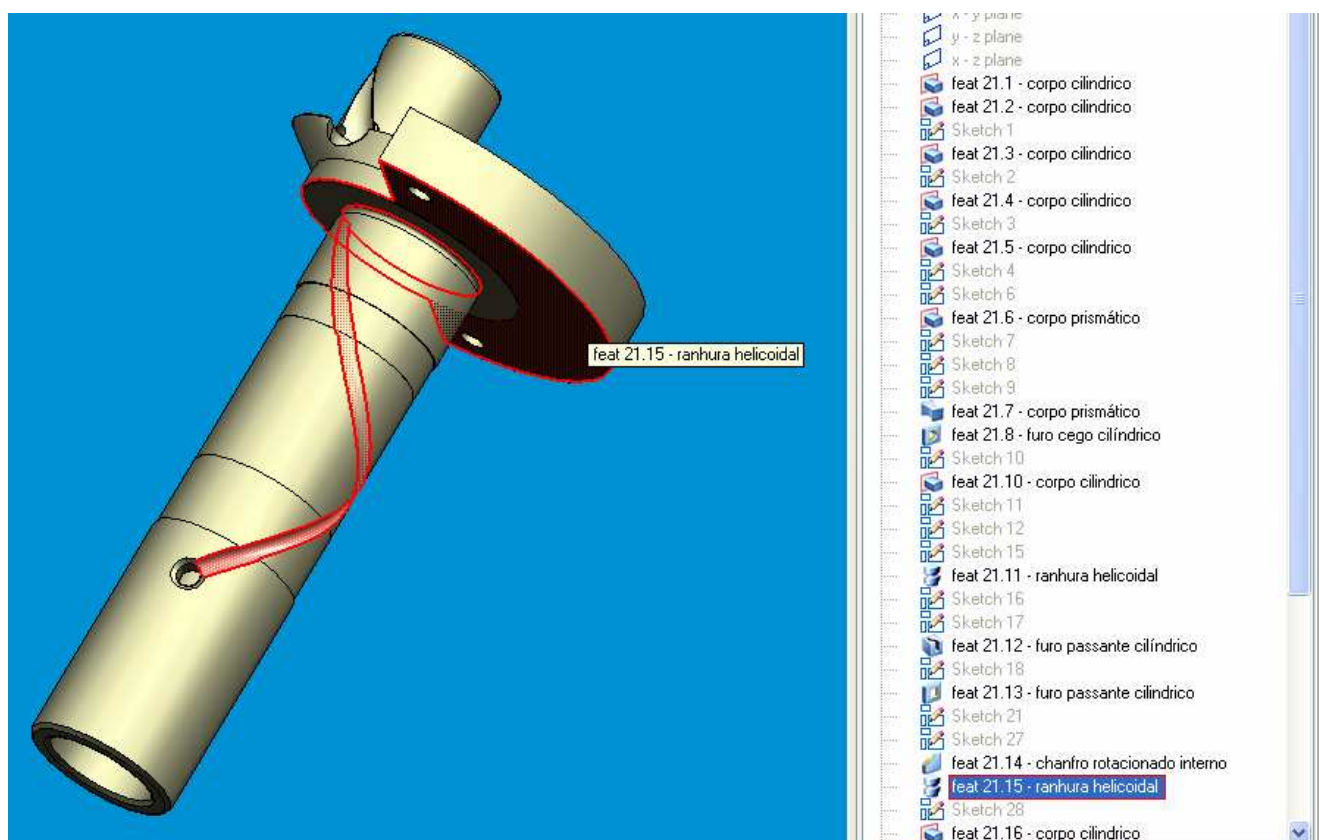


Figura 4.14 – Representação da seqüência de *features* sólidas do modelo sólido da peça eixo excêntrico.

A proposta de definições conceituais, geométricas e de nomenclatura dos 36 (trinta e seis) termos técnicos de projeto mecânico identificadores de *features* sólidas em sistemas *CAD* utilizadas no estudo de terminologia técnica, encontra-se no Apêndice G.

#### 4.4 – Conclusão

Neste capítulo foram abordados os modelos lingüístico e gramatical usados para a criação das estruturas descritivas de funções, regiões físicas e de *features* sólidas que podem ser utilizadas no projeto de peças, no contexto do projeto de produto. A proposta de como se deve escrever uma função de peça durante o projeto de produto é feita com base no que foi descrito na seção 2.3 do Capítulo 2, onde é abordada uma classificação de funções de produto e de peças, quanto ao tipo e quanto à sua qualificação funcional.

A idéia central de se estabelecer um padrão de composição a partir da descrição da estrutura funcional de peças está alinhada à organização das definições geométricas capazes de realizar a função desejada. Nesta direção, tenta-se inicialmente definir elementos básicos para o desenvolvimento de uma estrutura de dados sobre a qual uma necessidade funcional possa ser devidamente descrita e, em seguida, poder materializar sua solução num sistema de modelagem geométrica 3D. As descrições frasais que caracterizam as funções, regiões físicas e *features* sólidas são abordadas sistematicamente no sentido de se organizar a plataforma para a posterior implementação computacional no Capítulo 5. Ainda, é comentado o esboço do modelo computacional para a busca dos padrões de repetição entre as descrições correlacionadas e o padrão terminológico sugerido.



## Capítulo 5 – Implementações

### 5.1 – Introdução

Este capítulo trata da implementação da proposta da tese. Nele, são discutidas as implementações para lidar com a estrutura de dados necessária ao tratamento do problema função-forma. São mostradas as interfaces e os algoritmos programados na Linguagem *Java* e descritas, na forma de tabelas de correlações, as árvores de relacionamentos e o resultado global da análise.

Nas implementações, várias correlações entre as estruturas descritivas de funções, regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas são feitas. Isso possibilitou filtrar e identificar alguns padrões de repetição. São estruturas descritivas que se repetem cada vez que um determinado tipo de geometria é requerido para resolver uma função desejada. Esses padrões são os primeiros indicativos de que existem correlações entre a descrição da função e as geometrias sólidas utilizadas na representação das possíveis formas. Significa que as estruturas descritivas que caracterizam os padrões de repetição, de alguma maneira podem ser processados computacionalmente para indicar os operadores de criação de geometria sólida, mais apropriados às funções elementares da peça.

O conhecimento do uso das interfaces de geração de arquivos e das operações realizadas com as estruturas descritivas aqui estudadas é essencial para o entendimento das implementações, sendo, portanto, necessária a leitura da contextualização referente ao encaminhamento e desenvolvimento da proposta.

### 5.2 – A análise de um produto

Esta pesquisa é baseada no estudo das características funcionais e geométricas de um produto específico. O conteúdo do material exposto aqui refere-se ao compressor alternativo EGS80HLP, fornecido pela Empresa Brasileira de Compressores – EMBRACO, cujo sistema mecânico foi a base do desenvolvimento dos modelos de representação descritiva. Assim, todo estudo é feito tendo por plataforma o conhecimento adquirido sobre as funções e correspondentes geometrias desse produto.

As peças que compõem o sistema mecânico do compressor foram modeladas geometricamente no modelador geométrico Solid Edge V15 (2003), um sistema CAD da *UGS – Unigraphics Systems*. As *features* sólidas utilizadas no projeto detalhado das peças foram modeladas a partir de esboços de seção transversal plana e, em seguida, geradas pelos correspondentes operadores de geometria sólida, para a obtenção da forma final do modelo geométrico 3D da peça. A Figura 5.1 mostra uma reprodução fotográfica da parte interna do compressor onde está inserido o sistema mecânico estudado. As peças que compõem o sistema mecânico em estudo são descritas na Tabela 5.1 e mostradas nas Figuras 5.2 e 5.3.

Para organizar a estrutura de dados implementada e contextualizada, as peças foram classificadas de acordo com a sua forma predominante e pelo processo de manufatura usado, o que

permite antecipar os processos de fabricação e/ou obtenção das formas desejadas. Aqui, as peças estudadas são organizadas taxonomicamente e mostradas na Figura 5.4. A taxonomia apresenta quatro tipos de formas geométricas: rotacionais, prismáticas, laminares e mistas. A ligação com o quadro maior em tom cinza indica que as formas geométricas classificadas nos quadros intermediários podem ser obtidas por, pelo menos, um dos processos de manufatura. Por isso, o quadro cinza abraça os quadros indicativos dos processos.

Tabela 5.1 – Peças do sistema mecânico do compressor alternativo.

Peça N°	Nome
16	bomba de óleo
17	palheta da bomba do rotor
18	mola de amortecimento
19	suporte de mola dianteiro
20	suporte de mola traseiro
21	eixo excêntrico
23	lâmina de contrapeso superior
24	lâmina de contrapeso inferior
26	câmara de distribuição
31	placa de válvulas
42	bucha do excêntrico
43	biela de transmissão
44	pistão alternativo
45	pino do pistão
55	bloco central

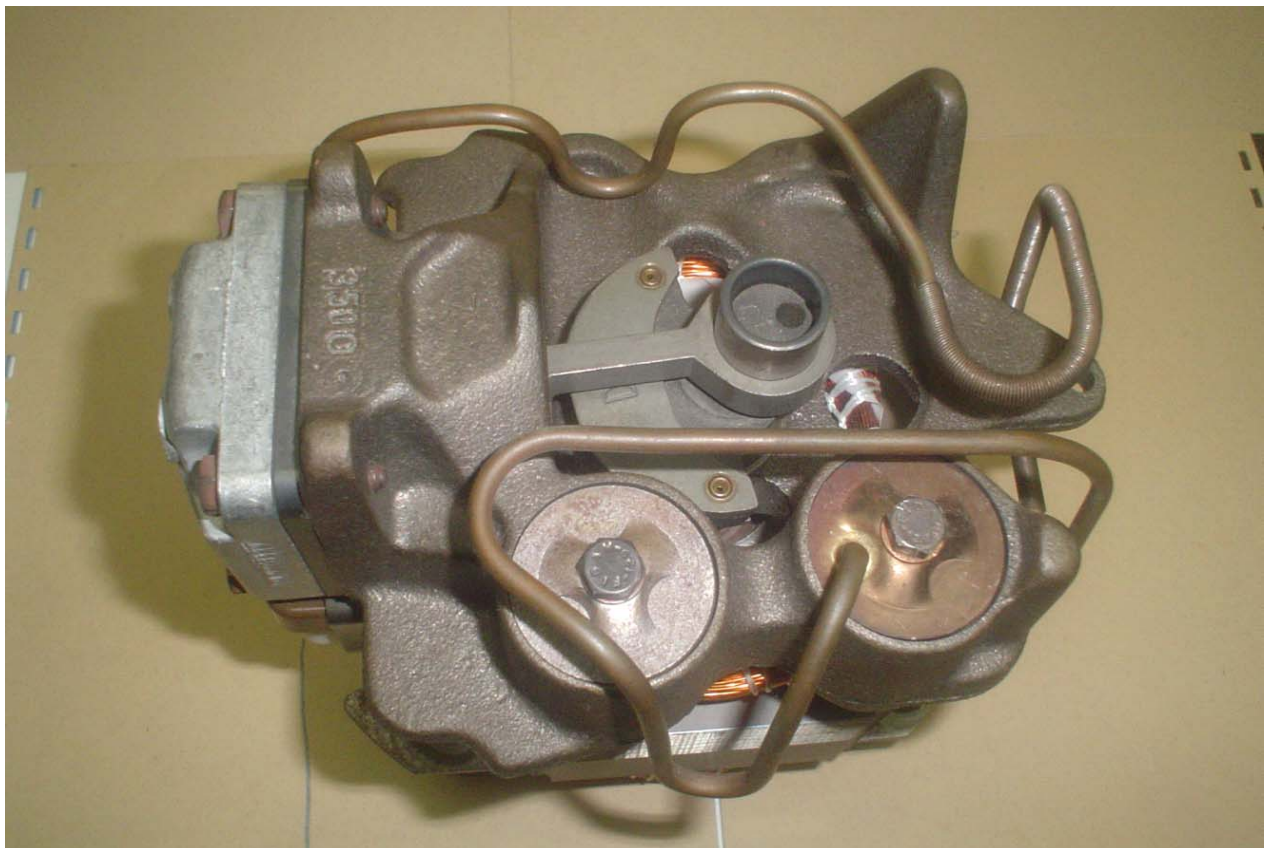


Figura 5.1 – Vista parcial do miolo do compressor EGS80HLP, (Gentilmente cedido pela EMBRACO).

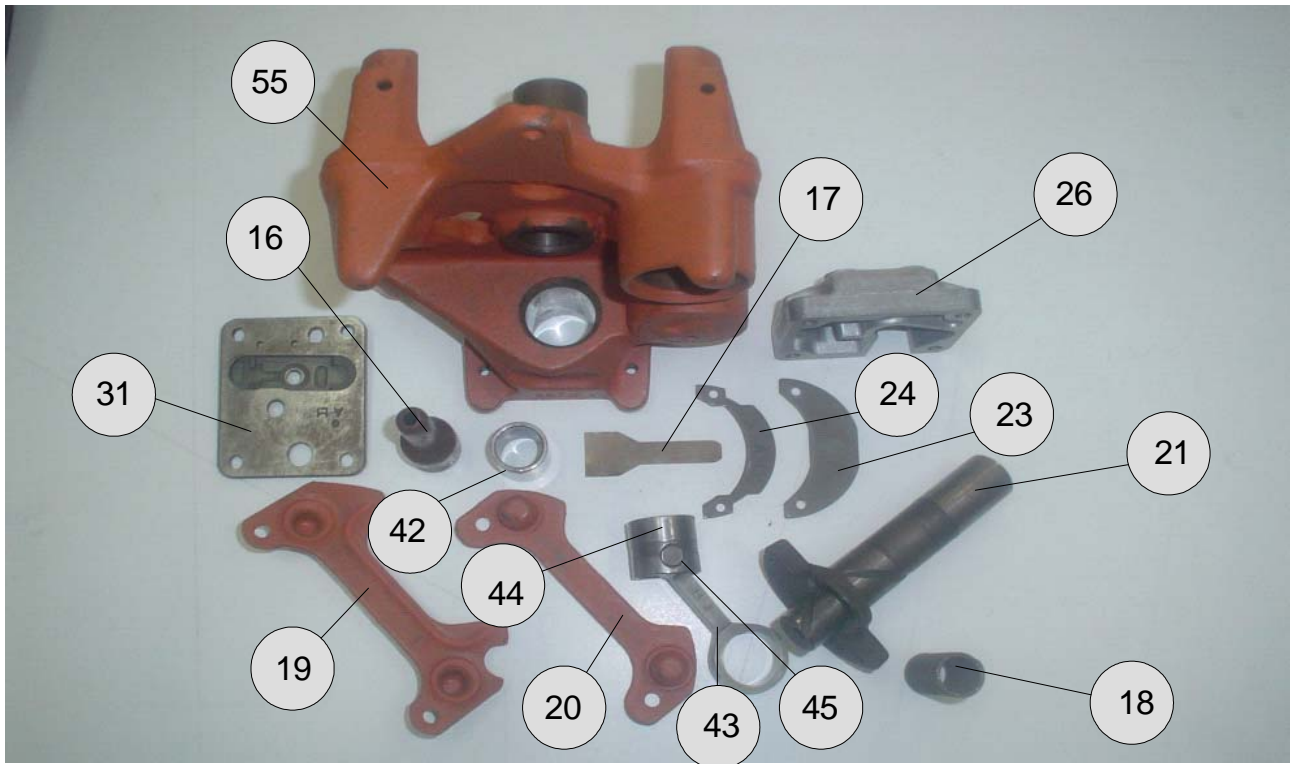


Figura 5.2 – Identificação das peças usadas no estudo de caso.

## Capítulo 5 – Implementações

### 5.1 – Introdução

Este capítulo trata da implementação da proposta da tese. Nele, são discutidas as implementações para lidar com a estrutura de dados necessária ao tratamento do problema função-forma. São mostradas as interfaces e os algoritmos programados na Linguagem *Java* e descritas, na forma de tabelas de correlações, as árvores de relacionamentos e o resultado global da análise.

Nas implementações, várias correlações entre as estruturas descritivas de funções, regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas foram feitas. Isso possibilitou filtrar e identificar alguns padrões de repetição. São estruturas descritivas que se repetem cada vez que um determinado tipo de geometria é requerido para resolver uma função desejada. Esses padrões são os primeiros indicativos de que existem correlações entre a descrição da função e as geometrias sólidas utilizadas na representação das possíveis formas. Significa que as estruturas descritivas que caracterizam os padrões de repetição, de alguma maneira podem ser processados computacionalmente para indicar os operadores de criação de geometria sólida, mais apropriados às funções elementares da peça.

O conhecimento do uso das interfaces de geração de arquivos e das operações realizadas com as estruturas descritivas aqui estudadas é essencial para o entendimento das implementações, sendo, portanto, necessária a leitura da contextualização referente ao encaminhamento e desenvolvimento da proposta.

### 5.2 – A análise de um produto

Esta pesquisa é baseada no estudo das características funcionais e geométricas de um produto específico. O conteúdo do material exposto aqui refere-se ao compressor alternativo EGS80HLP, fornecido pela Empresa Brasileira de Compressores – EMBRACO, cujo sistema mecânico foi a base do desenvolvimento dos modelos de representação descritiva. Assim, todo estudo é feito tendo por plataforma o conhecimento adquirido sobre as funções e correspondentes geometrias desse produto.

As peças que compõem o sistema mecânico do compressor foram modeladas geometricamente no modelador geométrico *Solid Edge V15* (2003), um sistema *CAD* da *UGS – Unigraphics Systems*. As *features* sólidas utilizadas no projeto detalhado das peças foram modeladas a partir de esboços de seção transversal plana e, em seguida, geradas pelos correspondentes operadores de geometria sólida, para a obtenção da forma final do modelo geométrico 3D da peça. A Figura 5.1 mostra uma reprodução fotográfica da parte interna do compressor onde está inserido o sistema mecânico estudado. As peças que compõem o sistema mecânico em estudo são descritas na Tabela 5.1 e mostradas nas Figuras 5.2 e 5.3.

Para organizar a estrutura de dados implementada e contextualizada, as peças foram classificadas de acordo com a sua forma predominante e pelo processo de manufatura usado, o que

permite antecipar os processos de fabricação e/ou obtenção das formas desejadas. Aqui, as peças estudadas são organizadas taxonomicamente e mostradas na Figura 5.4. A taxonomia apresenta quatro tipos de formas geométricas: rotacionais, prismáticas, laminares e mistas. A ligação com o quadro maior em tom cinza indica que as formas geométricas classificadas nos quadros intermediários podem ser obtidas por, pelo menos, um dos processos de manufatura. Por isso, o quadro cinza abraça os quadros indicativos dos processos.

Tabela 5.1 – Peças do sistema mecânico do compressor alternativo.

Peça N°	Nome
16	bomba de óleo
17	palheta da bomba do rotor
18	mola de amortecimento
19	suporte de mola dianteiro
20	suporte de mola traseiro
21	eixo excêntrico
23	lâmina de contrapeso superior
24	lâmina de contrapeso inferior
26	câmara de distribuição
31	placa de válvulas
42	bucha do excêntrico
43	biela de transmissão
44	pistão alternativo
45	pino do pistão
55	bloco central

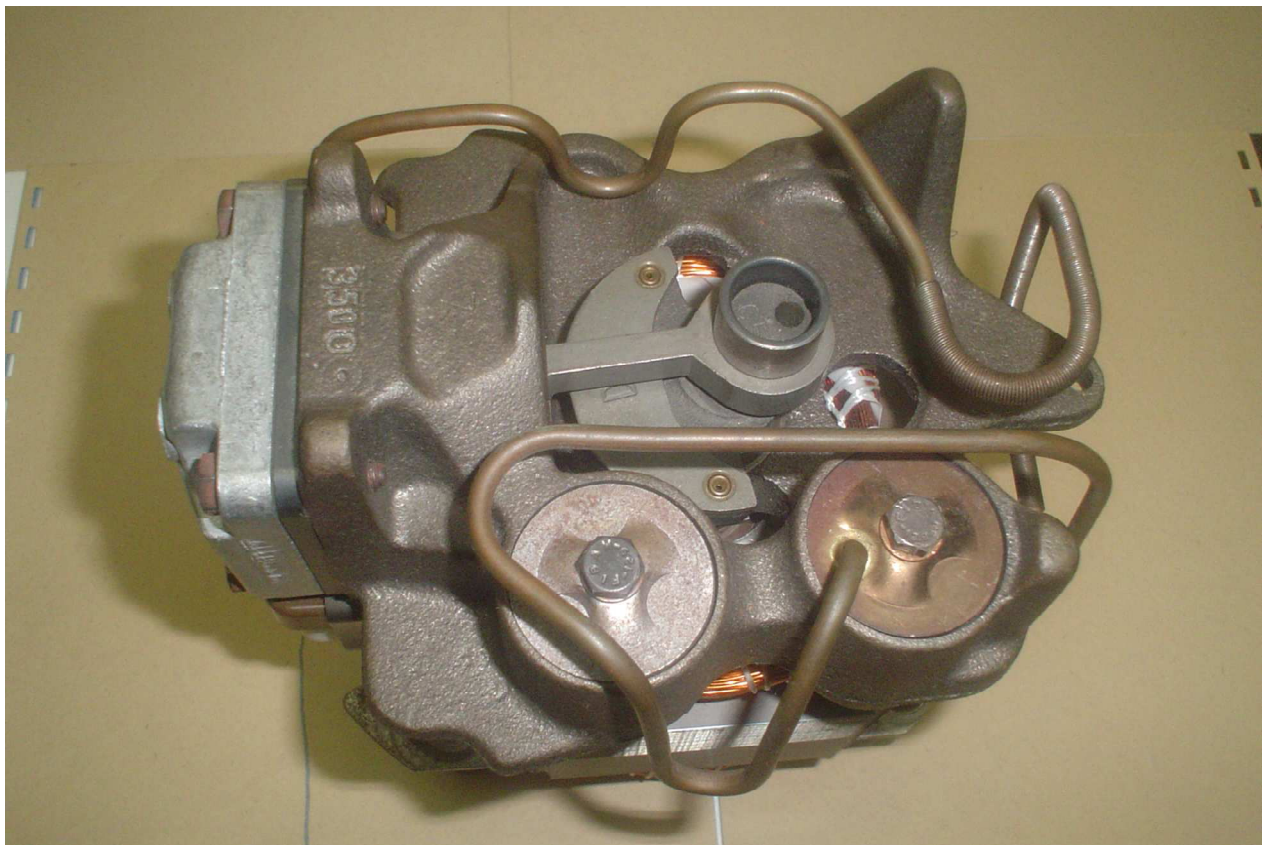


Figura 5.1 – Vista parcial do miolo do compressor EGS80HLP, (Gentilmente cedido pela EMBRACO).

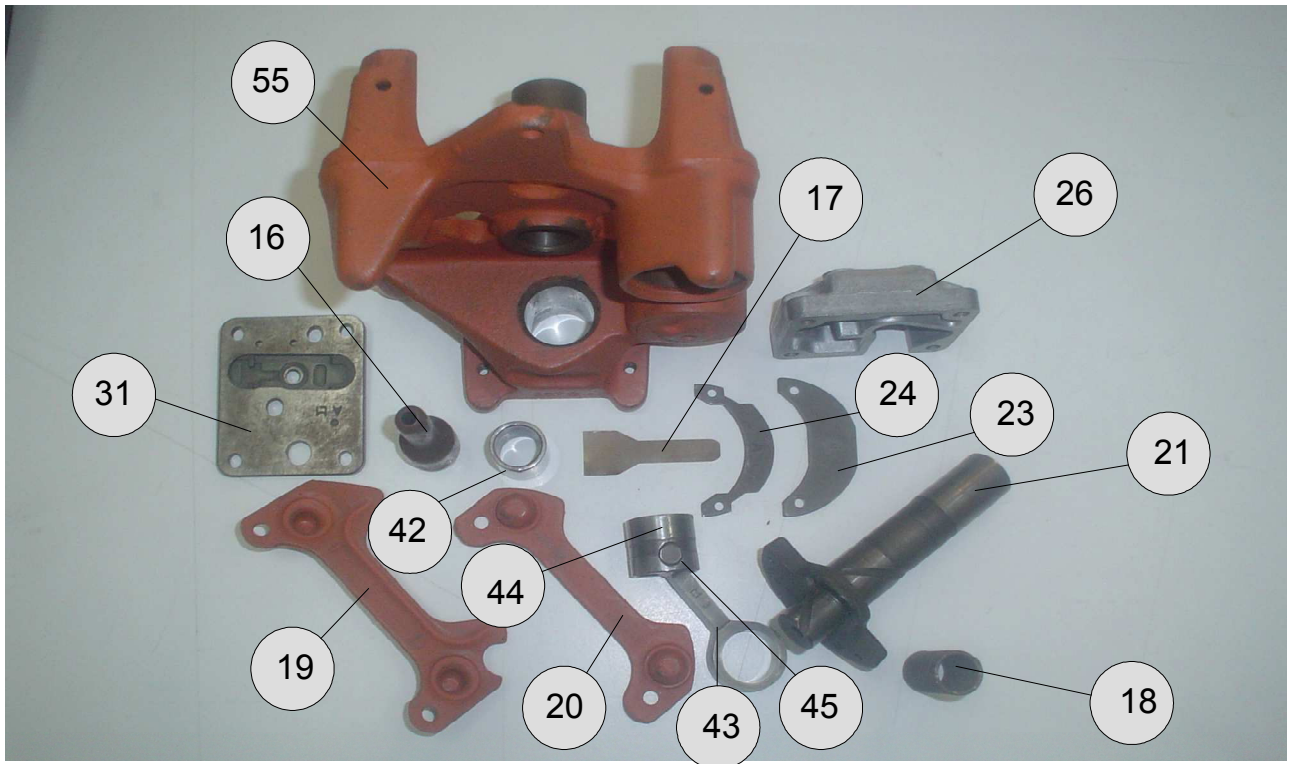


Figura 5.2 – Identificação das peças usadas no estudo de caso.



Figura 5.3 – Peças do sistema mecânico do compressor EGS80HLP.

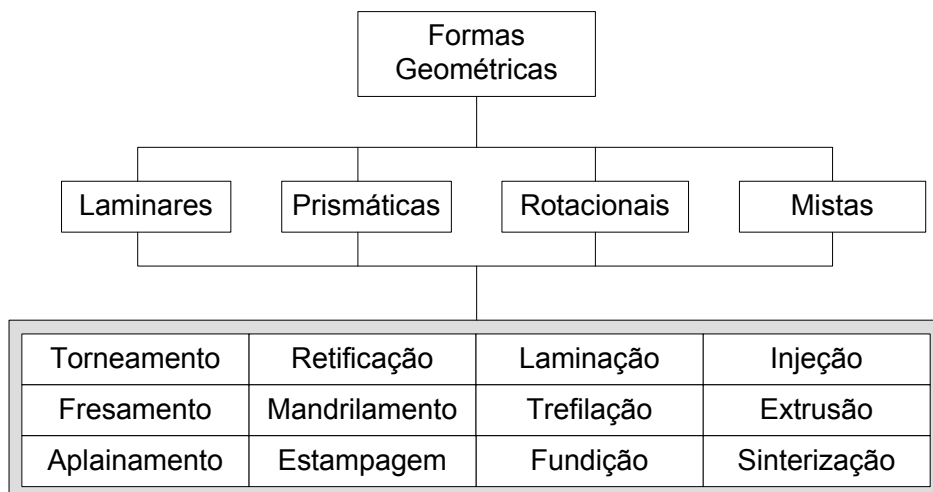


Figura 5.4 – Taxonomia e processos de obtenção de peças que podem ser modeladas geometricamente.

A taxonomia utilizada na classificação dos tipos de peças por forma geométrica final é baseada na orientação espacial dos eixos de referência sobre os quais as peças são modeladas. Disso, decorrem:

- (1) **peças Rotacionais** (pR): apresentam um eixo de simetria em torno do qual uma seção qualquer pode ser rotacionada. Geralmente são obtidas por processos em que predomina a usinagem por torneamento, retífica circular, etc;
- (2) **peças Prismáticas** (pP): podem apresentar nenhum, um ou mais eixos de simetria. São obtidas normalmente em processos predominantemente de usinagem por deslocamento alternativo, tipicamente por fresamento, aplainamento, retífica plana, etc;
- (3) **peças Laminares** (pL): apresentam pequena espessura em relação às demais dimensões. São obtidas principalmente a partir de chapas e por processos predominantemente de laminação, estampagem, extrusão, trefilação, injeção plástica, calandrage, etc;
- (4) **peças Mistas** (pM): peças que apresentam características de dois ou mais tipos descritos anteriormente.

A Tabela 5.2 relaciona as peças do compressor alternativo, classificadas de acordo com a descrição feita. O modelo geométrico das peças do compressor, cujas peças são descritas nas Tabelas 5.1 e 5.2, foi utilizado na composição das descrições dos detalhes das regiões físicas correspondentes. Isso é feito para traçar as correlações descritivas entre os detalhes e suas correspondentes *features* sólidas no modelo geométrico. Por sua vez, as descrições das seqüências das *features* sólidas utilizadas no modelamento geométrico em sistema *CAD* são feitas com base no padrão de terminologia técnica que as identificam.



Tabela 5.2 – Classificação das peças do sistema mecânico do compressor alternativo, segundo o tipo de processo de manufatura e correspondente forma geométrica.

Nº	Código (Figura 5.1)	Nome	Processo de manufatura	Forma geométrica
01	<b>16</b>	bomba de óleo lubrificante	usinagem	rotacional
02	<b>17</b>	palheta da bomba do rotor	estampagem	laminar
03	<b>18</b>	mola de amortecimento	trefilação	rotacional
04	<b>19</b>	suporte de mola dianteiro	estampagem	laminar
05	<b>20</b>	suporte de mola traseiro	estampagem	laminar
06	<b>21</b>	eixo excêntrico	sinterização	mista
07	<b>23</b>	lâmina de contrapeso superior	estampagem	laminar
08	<b>24</b>	lâmina de contrapeso superior	estampagem	laminar
09	<b>26</b>	câmara de distribuição	fundição	prismática
10	<b>31</b>	placa de válvulas	usinagem	prismática
11	<b>42</b>	bucha do excêntrico	usinagem	rotacional
12	<b>43</b>	biela de transmissão	sinterização	mista
13	<b>44</b>	pistão alternativo	sinterização	rotacional
14	<b>45</b>	pino do pistão	usinagem	rotacional
15	<b>55</b>	bloco central	fundição	mista

### 5.3 – Terminologia técnica

A forma como foi planejada a implementação das correlações entre as estruturas descritivas de funções, regiões físicas e *features* sólidas implicou que a descrição de *features* sólidas fosse feita com base num padrão terminológico descrito no Português, uma vez que os sistemas *CAD* atuais trazem suas definições tanto de operadores de modelamento geométrico sólidos como dos perfís ou *sketches* básico de geração, no Inglês. A pesquisa com vistas à proposição da terminologia técnica de projeto mecânico aqui apresentada, teve como principal objetivo o levantamento e a identificação dos nomes atribuídos às regiões físicas das peças e, principalmente, à identificação das funções das quais essas regiões físicas decorrem. Isso trouxe à tona um indicativo dos significados de projeto dado pelos projetistas no seu modo de projetar peças.

A pesquisa foi realizada em empresas do ramo metal-mecânico na região do meio-oeste de Santa Catarina, que resultou na identificação de um *corpus* lingüístico composto de 758 (setecentos e cinquenta e oito) termos técnicos e suas respectivas funções. Esse processo foi encaminhado com destaque às visitas pessoais de pesquisadores, às empresas do ramo metal-mecânico, selecionadas. Essas empresas são descritas a seguir:

- (1) Zametal, Concórdia – SC, (Máquinas e equipamentos industriais);
- (2) Dalmaq, Concórdia – SC, (Máquinas e equipamentos industriais);
- (3) Maqtron, Concórdia – SC, (Máquinas e equipamentos industriais);
- (4) Medal, Luzerna – SC, (Bombas hidráulicas, máquinas e equipamentos industriais);
- (5) Wieser & Pichler, Joaçaba – SC, (Peças diversas, máquinas e equipamentos industriais);

- (6) HISA, Joaçaba – SC (Turbinas Pelton, Francis e Kaplan, equipamentos industriais);
- (7) Máquinas Bruno, Campos Novos – SC (Máquinas e equipamentos para indústria de papel);
- (8) Coppi, Joaçaba – SC (Máquinas e equipamentos industriais).

O modelo utilizado para a etapa de coleta de dados, é mostrado na Figura 5.5 que é um fluxograma apresentando as atividades desenvolvidas desde o primeiro contato com a empresa à inserção das informações coletadas num banco de dados. Após cada entrevista foram feitas as anotações de comentários sobre as respostas e também descritas algumas curiosidades observadas.

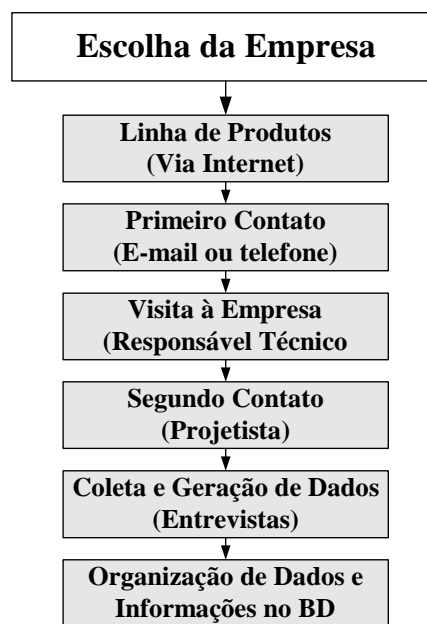


Figura 5.5 – Modelo de representação das etapas de coleta de dados.

Posteriormente estes dados foram armazenados num banco de dados relacional a partir do qual foram analisadas as informações pertinentes à pesquisa. O banco de dados escolhido foi o MSAccess, por sua facilidade de utilização e desenvolvimento.

Para fundamentar melhor a pesquisa de campo, foi feita uma análise da terminologia utilizada na identificação de operadores de modelagem nos modeladores sólidos descritos na Tabela 4.5 do Capítulo 4. Ainda, observou-se que a tradução desses termos freqüentemente não apresenta o significado técnico correto da operação no Português.

O objeto de estudo principal dessa pesquisa foi a peça. Assim, a pesquisa identificou as terminologias, designações e as definições atribuídas às regiões funcionais das peças que compõem produtos escolhidos aleatoriamente dentre os manufaturados pelas empresas visitadas. A Figura 5.6 mostra uma peça com algumas regiões funcionais e seus respectivos números de identificação. O exercício da coleta de dados foi pedir ao projetista que identificasse, de acordo com a nomenclatura

usualmente utilizada na empresa, cada região funcional ou detalhe funcional da peça, conforme indicado. Essas descrições foram feitas e repassadas ao banco de dados da pesquisa.

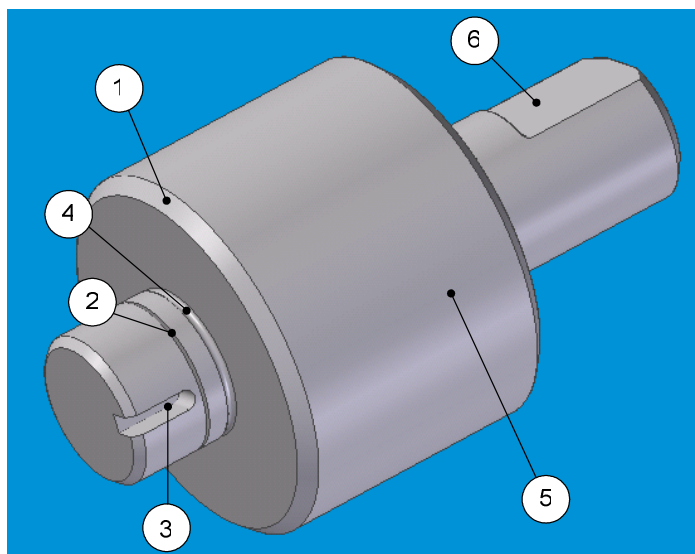


Figura 5.6 – Exemplo de abordagem para a identificação das regiões ou detalhes funcionais da peça pelo(s) projetistas.

De acordo com a visão do projetista, as regiões ou detalhes funcionais assinalados e identificados, têm uma função característica, no domínio de aplicação considerado, que deve estar associada e ser também descrita, como mostra a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Identificação das regiões e/ou detalhes funcionais da peça mostrada na Figura 5.6.

Detalhe	Nome	Função
1	Chanfro	Manusear peça
2	Sangramento	Alojar anel elástico
3	Rasgo de chaveta	Transmitir torque
4	Alívio	Aliviar tensões
5	Deslizador	Transmitir movimento
6	Rasgo plano	Transmitir rotação

As visitas às empresas citadas foram feitas mediante o encaminhamento de uma solicitação via telefone ou e-mail. Um contato com um responsável técnico foi feito evoluindo-se para o agendamento de uma visita à empresa. No primeiro encontro, foram colocadas as características e as metas da pesquisa, quando então foi solicitada a forma de colaboração da empresa. Aprovada a participação da empresa, o contato posterior foi diretamente com a área de projeto, normalmente com o(s) projetista(s) designado(s). A disponibilidade de projetistas foi acordada antecipadamente em função das dificuldades de agendamento. No entanto, as entrevistas realizadas alcançaram os objetivos traçados. A coleta de dados foi feita com base na planilha mostrada no Apêndice H.

Durante as visitas, os projetistas demonstraram interesse pelo assunto comprometendo-se com o fornecimento das informações. No entanto, a tarefa de coletar dados foi agilizada por visitas às páginas da *Internet* relacionadas às empresas. Isso tornou possível a verificação de dados que o projetista muitas vezes não conhece como razão social, endereço, ramo de atuação, linha de produtos e outros. Os objetivos da coleta de dados com a pesquisa junto aos projetistas foram os seguintes:

(1) Definir um produto potencial: Considerando os diversos níveis de representação física de produto, conforme mostrados na Figura 5.7, escolher um nível que contenha um número entre 1 e 20 peças, aproximadamente;

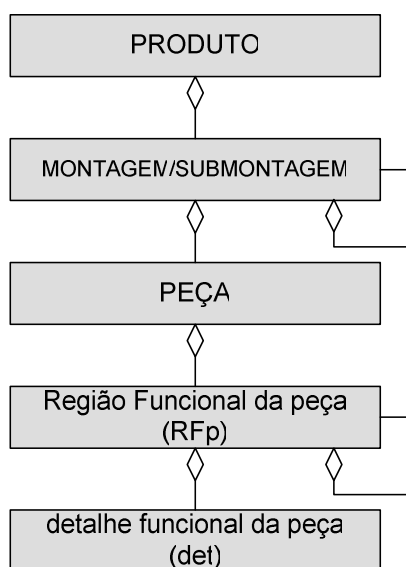


Figura 5.7 – Níveis de representação física de produtos.

- (2) Solicitar cópias em papel dos desenhos das peças;
- (3) Identificar, em cada desenho de peça, as regiões funcionais da peça, de interesse;
- (4) Analisar em cada peça, as regiões funcionais ou detalhes e solicitar ao projetista que descreva os nomes utilizados usualmente na identificação das mesmas;
- (5) Anotar as descrições para posteriormente serem lançadas no banco de dados.

A coleta de dados foi realizada conforme disponibilidade da empresa. Durante a pesquisa foi necessário que, ao menos, um projetista se dedicasse, no mínimo, por um período de 1 (uma) hora para que as questões descritas pudessem ser respondidas adequadamente.

Na elaboração do item (4), pesquisador e projetista analisaram os desenhos fornecidos, cujas peças e/ou montagens são produtos manufaturados por sua empresa.

No decorrer da análise são levantadas questões com relação à terminologia técnica utilizada para cada região ou detalhe funcional da peça, mas sem direcionamento do pesquisador no desenvolvimento das respostas verbais às questões nem na descrição das mesmas.

Assim, o pesquisador/entrevistador procurou não estabelecer tendências, isto é, influenciar às intenções de projeto dos(as) projetistas entrevistados(as) nas respostas por eles(as) encaminhadas. As questões básicas relacionadas ao objeto de estudo em análise foram as seguintes:

- Qual o nome da região funcional ou detalhe da peça?
- Qual a terminologia utilizada para designar essa região funcional ou detalhe da peça?
- Qual a função da região funcional ou do detalhe, na peça?

Cada tabela contém um identificador que pode ser usado como referência no caso de consultas de dados cruzados. Os dados obtidos nas entrevistas foram descritos manualmente e, posteriormente, ordenados e agrupados no banco de dados relacional, em suas respectivas tabelas. Assim, a etapa de coleta e tratamento de dados foi feita de forma organizada e sistemática. A obtenção final do mapeamento terminológico das regiões funcionais e de detalhamentos de cada peça, sub-montagem, montagem e do produto final, foi à meta inicial traçada para esta pesquisa sobre terminologia técnica de projeto mecânico.

Após a inserção no banco de dados, os nomes similares de regiões funcionais e detalhes da peça foram filtrados e em seguida foram identificadas as definições e as funções atribuídas pelos projetistas para os detalhes e regiões funcionais. Isso foi feito na busca da proposição de uma terminologia técnica padrão a ser utilizada como identificador das *features* no sistema *CAD* para a implementação da tese. Os termos técnicos e suas respectivas definições então, são propostos e sustentados pelas definições conceitual, geométrica e de nomenclatura contextualizadas na seção 4.3.2 do Capítulo 4 e apresentados no Apêndice G.

A análise de similaridade com base no significado atribuído a cada termo, mostrou uma convergência de significados de projeto para 36 (trinta e seis) termos técnicos descritos na Tabela 5.4.

Uma vez que as geometrias sólidas são criadas com base num perfil ou *sketch*, que são geometrias planas, o símbolo “X” na Tabela 5.4, indica que a geometria final correspondente à descrição do termo técnico assinalado depende do tipo de seção transversal 2D utilizada na operação de sua modelagem sólida. Com isso, foram descritos os detalhes correspondentes às regiões físicas de maior nível de desdobramento, que correspondem às funções elementares da peça.

#### **5.4 – Aplicação de terminologia técnica às peças do compressor**

As estruturas funcionais das peças foram descritas e representadas em árvores hierárquicas em que são prescritos os três níveis principais de funções modelados: as globais, as parciais e as elementares. Similarmente, foram criadas as estruturas descritivas das regiões físicas de cada peça obedecendo aos mesmos níveis, conforme modelo de representação apresentado no Capítulo 2: o de peça, regiões funcionais e detalhes.

As descrições correspondentes às estruturas de regiões físicas da peça “eixo excêntrico” do compressor, são mostradas na Tabela 5.5.

Tabela 5.4 – Relação de termos técnicos propostos usados para identificar os detalhes das *features* sólidas no sistema CAD

No	Termos Técnicos	perfil	No	Termos Técnicos	perfil
01	furo passante cilíndrico		19	ressalto cônico	
02	furo cego cilíndrico		20	ranhura prismática	X
03	furo não cilíndrico	X	21	ranhura helicoidal	X
04	chanfro rotacionado interno		22	rasgo prismático	X
05	chanfro rotacionado externo		23	rasgo helicoidal	X
06	chanfro prismático interno		24	corpo cilíndrico	
07	chanfro prismático externo		25	corpo cilíndrico vazado	
08	arredondamento rotacionado interno		26	corpo cônico	
09	arredondamento rotacionado externo		27	corpo cônico vazado	
10	arredondamento prismático interno		28	corpo prismático	
11	arredondamento prismático externo		29	corpo esférico	
12	rebaixo rotacionado radial	X	30	calota esférica	
13	rebaixo rotacionado axial	X	31	calota elíptica	X
14	rebaixo prismático	X	32	rosca	X
15	rebaixo cônico		33	dente	X
16	ressalto rotacionado radial	X	34	rebaixo esférico	
17	ressalto rotacionado axial	X	35	corpo helicoidal	X
18	ressalto prismático	X	36	superfície livre	X

Tabela 5.5 – Relação das composições descritivas das regiões físicas e correspondentes terminologias da peça “eixo excêntrico”, mostrado na Figura 5.7b, do sistema mecânico do compressor alternativo.

Região física			Descrição do termo técnico
Peça	Região funcional	Detalhe	
Peça 21 (eixo excêntrico)	RFp 21.1	det 21.1.1	corpo cilíndrico
		det 21.1.2	corpo cilíndrico
		det 21.1.3	furo cego cilíndrico
		det 21.1.4	ranhura helicoidal
		det 21.1.5	rebaixo rotacionado radial
		det 21.1.6	chanfro rotacionado externo
		det 21.1.7	corpo cilíndrico
		det 21.1.8	furo passante cilíndrico
		det 21.1.9	chanfro rotacionado interno
		det 21.1.10	chanfro rotacionado interno
		det 21.1.11	corpo cilíndrico
		det 21.1.12	corpo cilíndrico
	RFp 21.2	det 21.2.1	corpo prismático
		det 21.2.2	corpo prismático
		det 21.2.3	corpo prismático
		det 21.2.4	corpo cilíndrico
		det 21.2.5	rebaixo esférico
		det 21.2.6	rasgo prismático
	RFp 21.3	det 21.2.7	furo passante cilíndrico
		det 21.3.1	corpo cilíndrico
		det 21.3.2	furo passante cilíndrico
det 21.3.3		ranhura helicoidal	
det 21.3.4		rebaixo rotacionado radial	
det 21.3.5	chanfro rotacionado externo		

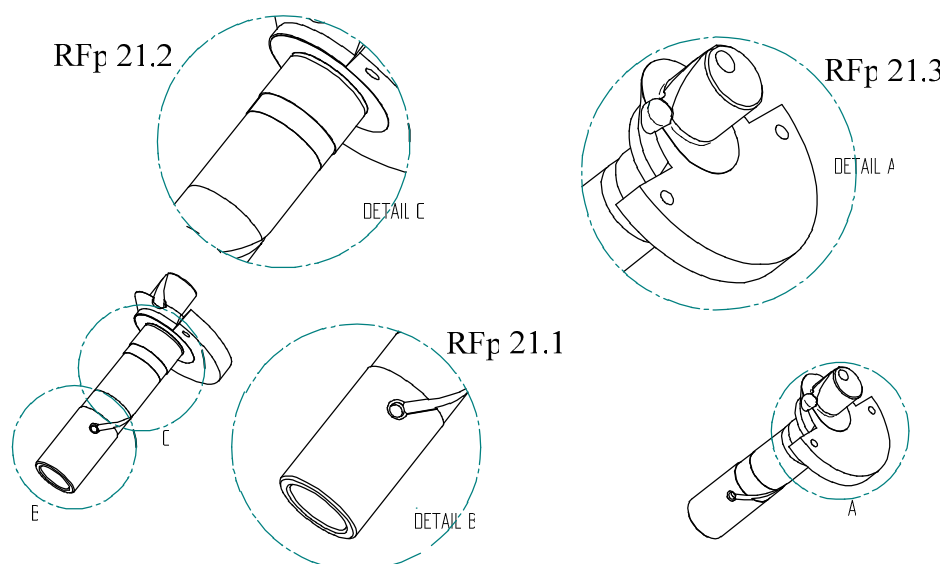


Figura 5.7b – Indicação das regiões funcionais do eixo excêntrico (peça 21) do sistema mecânico do compressor alternativo, conforme descrito nas Tabelas 5.5 e 5.6. Detalhe A = RFp 21.3 (cabeça do excêntrico); Detalhe B = RFp 21.1 (cilindro inferior); Detalhe C = RFp 21.2 (cilindro de apoio).

A Tabela 5.6 trata da mesma seqüência da Tabela 4.5, no entanto apresenta a descrição das correspondentes *features* sólidas utilizadas na modelagem sólida 3D da respectiva peça do compressor.

Tabela 5.6 – Relação das composições descritivas das regiões físicas, correspondentes terminologias e *features* sólidas da peça “eixo excêntrico” do sistema mecânico do compressor alternativo.

Região física			feature sólida	Descrição da feature sólida
Peça	Região funcional	Detalhe		
Peça 21 (eixo excêntrico)	RFp 21.1	det 21.1.1	feat 21.1	corpo cilíndrico
		det 21.1.2	feat 21.5	corpo cilíndrico
		det 21.1.3	feat 21.8	furo cego cilíndrico
		det 21.1.4	feat 21.14	ranhura helicoidal
		det 21.1.5	feat 21.18	rebaixo rotacionado radial
		det 21.1.6	feat 21.20	chanfro rotacionado externo
		det 21.1.7	feat 21.3	corpo cilíndrico
		det 21.1.8	feat 21.12	furo passante cilíndrico
		det 21.1.9	feat 21.13	chanfro rotacionado interno
		det 21.1.10	feat 21.19	chanfro rotacionado interno
		det 21.1.11	feat 21.2	corpo cilíndrico
		det 21.1.12	feat 21.4	corpo cilíndrico
	RFp 21.2	det 21.2.1	feat 21.6	corpo prismático
		det 21.2.2	feat 21.7	corpo prismático
		det 21.2.3	feat 21.16	corpo prismático
		det 21.2.4	feat 21.15	corpo cilíndrico
		det 21.2.5	feat 21.23	rebaixo esférico
		det 21.2.6	feat 21.22	rasgo prismático
		det 21.2.7	feat 21.24	furo passante cilíndrico
	RFp 21.3	det 21.3.1	feat 21.9	corpo cilíndrico
		det 21.3.2	feat 21.11	furo passante cilíndrico
det 21.3.3		feat 21.10	ranhura helicoidal	
det 21.3.4		feat 21.17	rebaixo rotacionado radial	
det 21.3.5		feat 21.21	chanfro rotacionado externo	

As siglas correspondentes às *features* sólidas apresentadas na coluna “*feature* sólida”, são as mesmas que identificam as respectivas operações de modelamento sólido da peça no sistema *CAD*.

### 5.5 – Sistema computacional para tratamento das estruturas descritivas de dados de peças

Com vistas à implementação do trabalho, foi criado um sistema computacional para armazenamento das estruturas funcionais, das descrições das regiões físicas e das seqüências de *features* usadas na modelagem geométrica das peças.

As “interfaces com o usuário”, foram criadas na linguagem *Java* e modeladas orientadas a objetos. A linguagem orientada a objetos foi escolhida por possibilitar a reutilização de objetos de programação. Isso simplifica a busca de soluções dos problemas inerentes ao projeto funcional possibilitando o processamento das implementações de forma mais leve, o que requer um baixo nível de memória para sua concretização. Os arquivos para armazenamento dos dados resultantes das implementações em *Java* frequentemente não ultrapassam 50 KB.

A interface principal contém dois menus, o de criação e “salvamento” de arquivos e o de “operações” com os arquivos. Isso foi organizado como mostram as Figura 5.8 e 5.11 e descrito como organizado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Opções constantes nos menus do aplicativo.

<b>Criação e salvamento dos arquivos</b>	<b>Operações com os arquivos das descrições</b>
<b>Nova Árvore de Funções</b>	<b>Remover elementos</b>
<b>Nova Árvore de Regiões Físicas</b>	<b>Gerar Árvore de Verbos</b>
<b>Nova Seqüência de <i>features</i> sólidas</b>	<b>Gerar Árvore de Substantivos</b>
<b>Abrir arquivos</b>	<b>Gerar Árvore de Qualificadores</b>
<b>Salvar arquivos</b>	<b>Gerar Árvores VSQ</b>
<b>Exportar JPEG</b>	<b>Relacionar Topologia</b>
<b>Imprimir estrutura</b>	<b>Relacionar Conceito</b>
<b>Sair da interface</b>	



### 5.5.1 – Interfaceamento: criação e armazenamento de árvores funcionais

Em relação aos operadores constantes no primeiro menu “Arquivo”, mostrado na Figura 5.8, na opção “Nova Árvore de Funções”, são elaboradas as estruturas funcionais da peça, que disponibiliza as janelas que possibilitam a otimização do método. Foi digitado, inicialmente, o número de controle da peça que passa a ser o código da peça no aplicativo. Em seguida, é feita a inserção das descrições das funções de toda árvore de funções segundo as intenções/necessidades de projeto.

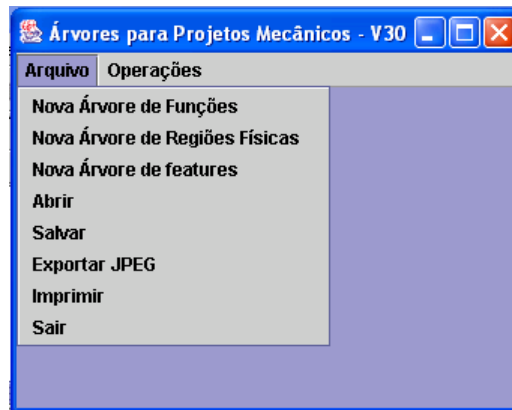
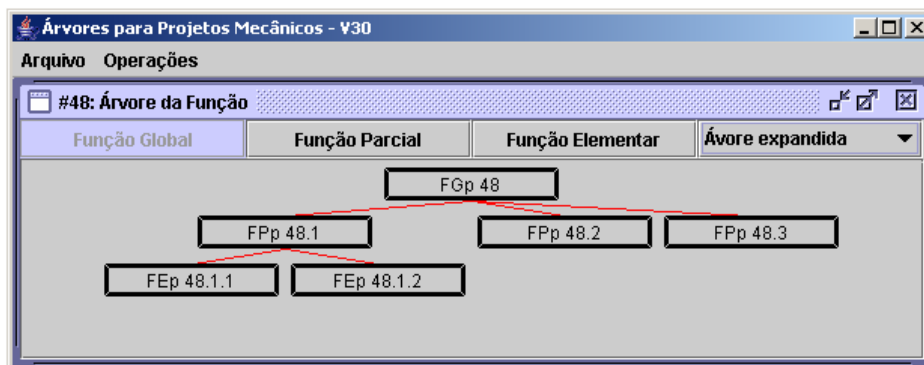
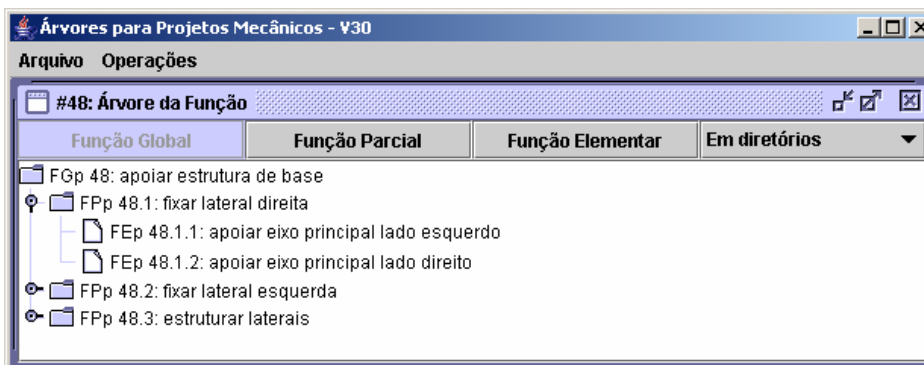


Figura 5.8 – Interface principal com o menu de geração de árvores e operações convencionais do aplicativo.

A estrutura elaborada pode ser acompanhada por meio da visualização da árvore, graficamente ou por meio de diretórios, como mostram as Figuras 5.9 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 5.9 – Janela de orientação para descrição da função desejada.

A opção “Nova Árvore de Regiões Físicas”, mostrada na Figura 5.8, permite modelar a estrutura de regiões físicas que corresponde à estrutura funcional modelada anteriormente. O procedimento é similar, pois as árvores hierárquicas são espelhadas pela condição de correlação que sugere que os relacionamentos devam ser do tipo *n:n* para todos os nós. As estruturas podem ser visualizadas em cada correlação para melhor controle das verificações.

A opção “Nova Sequência de *features* sólidas” foi criada para a seleção das descrições de *features* sólidas, cadastradas como termos técnicos de projeto mecânico. Ela permite criar a seqüência de *features* sólidas, mais adequada à intenção de projeto. A associação de *features* sólidas com as duas primeiras estruturas descritivas é manual, ou seja, é necessário escolher o tipo de descrição que irá associar às *features* sólidas. Para tal, as árvores dessas duas descrições devem estar abertas. A correlação com as *features* pode ser feita para as duas estruturas descritivas anteriores, ou seja, a estrutura de funções ou a estrutura de regiões físicas, em qualquer nível hierárquico. A Figura 5.10 mostra uma seqüência das telas de criação da associação de uma *feature* sólida com um detalhe da estrutura descritiva de regiões físicas.

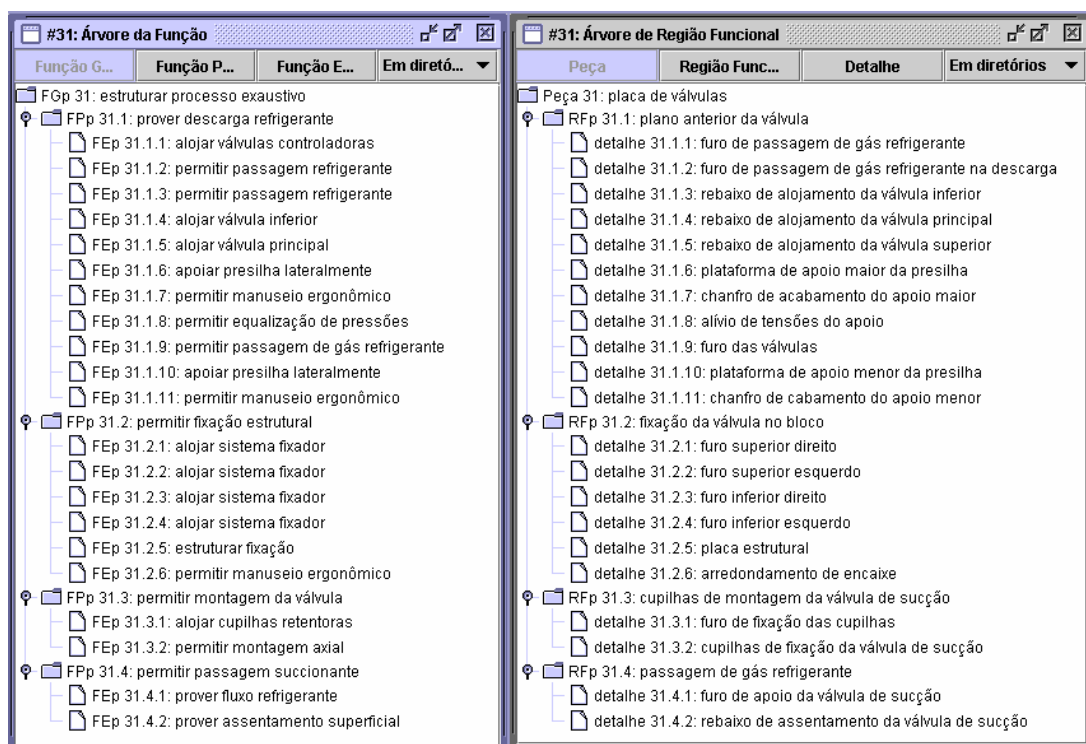


Figura 5.10 – Sequência da criação de uma associação entre *features* sólidas e estruturas descritivas de funções ou de regiões físicas.

As opções “Abrir” e “Salvar” arquivos são opções de gerenciamento de arquivos. Aqui, deve-se manter a estrutura de diretórios compatível com o projeto, pois os arquivos devem, preferencialmente, ser salvos em diretórios diferentes ao menos no início da utilização para facilitar o processo de criação e manipulação dos mesmos durante o projeto. Os comandos “Imprimir” e “Sair”,

igualmente, servem para a impressão do conteúdo que estiver sendo visualizado e sair do aplicativo, respectivamente. Já, a opção “Exportar JPEG”, se presta a exportar um arquivo na extensão (.jpeg) da figura com a visualização disposta na tela no momento da exportação.

### 5.5.2 – Operações com as estruturas descritivas

O segundo menu recebe o nome “Operações”, como mostrado na Figura 5.11. Ele dispõe o operador “Remover Elemento”, que possibilita ao projetista alterar descrições em qualquer nível hierárquico, quando necessário. Aqui, a remoção de um elemento implica sua substituição por outro mais adequado.

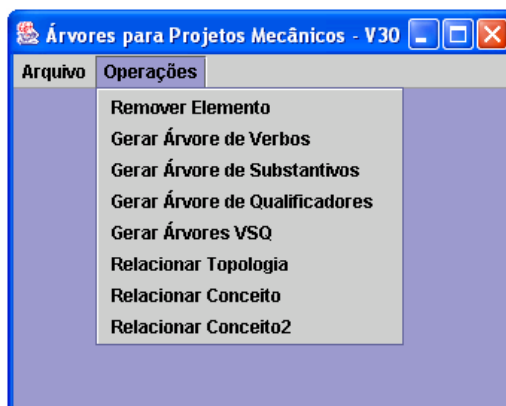


Figura 5.11 – Interface principal com o menu de operações com as estruturas descritivas do aplicativo.

As opções “Gerar Árvore de Verbos”, “Gerar Árvore de Substantivos” e “Gerar Árvore de Qualificadores” permitem a geração de árvores contendo os verbos, substantivos e qualificadores de uma estrutura específica, não simultaneamente com qualquer outra estrutura descritiva. Esse tipo de correlação, objetiva levantar as heranças de verbos, substantivos e qualificadores existentes numa dada árvore. Por exemplo, a estrutura de funções da peça 43, “biela de transmissão”, apresenta a estrutura hierárquica de verbos, substantivos e qualificadores, mostrado na Tabela 5.8. A opção “Gerar àrvore VSQ” possibilita gerar as três árvores citadas anteriormente num único comando, simultaneamente.

A opção “Relacionar Topologia” processa as correlações entre as estruturas descritivas de uma mesma peça, com a finalidade de verificar as relações de topologia entre descrições de funções, de regiões físicas e de *features* sólidas. Já a opção “Relacionar Conceito”, permite ao projetista verificar relações de repetição e ocorrências de elementos entre um número qualquer de estruturas descritivas de funções e/ou de regiões físicas. Nesse caso, as relações descritivas de *features* sólidas não são permitidas. A organização das descrições permite obter vários resultados a partir dos relacionamentos topológicos e conceituais. Para entender melhor os tipos de correlação, a análise de resultados foi organizada em três tipos principais de implementações: Relações Topológicas (RT), Relações Conceituais (RC) e Relações de Topologia Lingüística (RL).

A primeira implementação, chamada “Relações Topológicas” (RT), processa as correlações entre três estruturas descritivas: a de funções, a de regiões físicas e a da respectiva seqüência de *features* sólidas. Essa opção é mostrada na Figura 5.11, opção “Relacionar Topologia” do menu “Operações” e gera três tipos de resultados:

Tabela 5.8 – Herança de componentes descritivos da estrutura funcional da peça 43 “biela de transmissão”.

Herança de valores – peça 43 “biela de transmissão”		
<b>Verbo Global: nível 0</b>	<b>Verbo Parcial: nível 1</b>	<b>Verbo Elementar: nível 2</b>
<b>converte</b>	<b>acoplar</b>	<b>apoiar</b>
		<b>reforçar</b>
		<b>estruturar</b>
	<b>acoplar</b>	<b>reforçar</b>
		<b>apoiar</b>
		<b>estruturar</b>
	<b>interligar</b>	<b>estruturar</b>
		<b>aliviar</b>
		<b>aliviar</b>
<b>Substantivo Global: nível 0</b>	<b>Substantivo Parcial: nível 1</b>	<b>Substantivo Elementar: nível 2</b>
<b>movimento</b>	<b>ligação</b>	<b>bucha</b>
		<b>união</b>
		<b>anel</b>
	<b>pino</b>	<b>união</b>
		<b>pino</b>
		<b>anel</b>
	<b>anéis</b>	<b>ligação</b>
		<b>tensões</b>
		<b>tensões</b>
<b>Qualificador Global: nível 0</b>	<b>Qualificador Parcial: nível 1</b>	<b>Qualificador Elementar: nível 2</b>
<b>orbital</b>	<b>radialmente</b>	<b>radialmente</b>
		<b>maior</b>
		<b>maior</b>
	<b>cilíndrico</b>	<b>menor</b>
		<b>radialmente</b>
		<b>menor</b>
	<b>acoplantes</b>	<b>intermediária</b>
		<b>residuais</b>
		<b>residuais</b>

(1) Imprime as relações num arquivo texto na forma de relatórios em que aparecem as ocorrências de verbos, substantivos e qualificadores em cada nível hierárquico. A Figura 5.12 ilustra um relatório típico que registra as ocorrências desses elementos e suas correlações de todas as estruturas funcionais do estudo de caso. O relatório global apresenta as ocorrências entre todas as estruturas descritivas das peças do sistema mecânico do compressor, usado como estudo de caso.

A figura mostra o início das ocorrências do nível 0 (zero) que corresponde ao nível de função global da peça de código 42 (bucha do excêntrico).

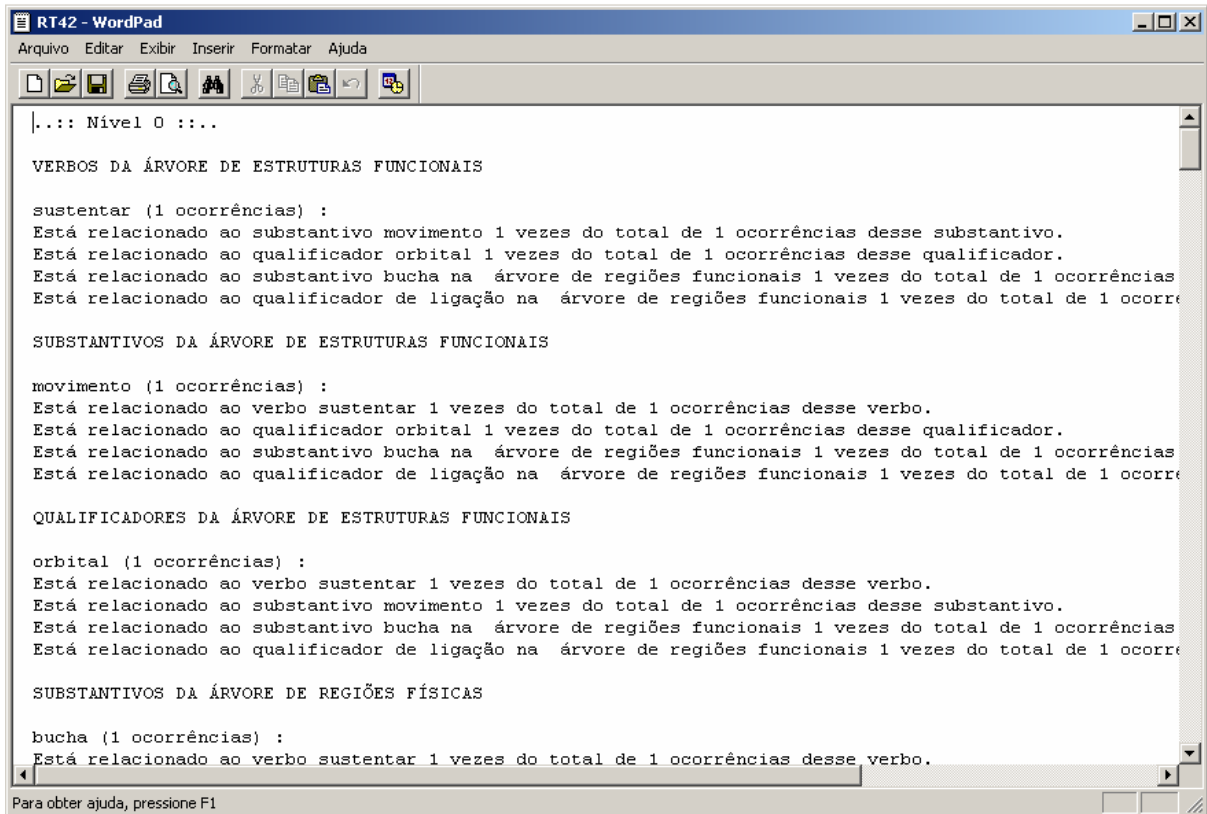


Figura 5.12 – Relatório parcial das correlações entre os componentes das estruturas descritivas das peças do compressor. Em destaque, verbos, substantivos e qualificadores do nível zero (função global) da peça 42 “bucha do excêntrico”.

(2) Imprime na tela o gráfico da árvore e, para cada nó, apresenta sinteticamente as descrições da função e de sua respectiva região física na forma de tabelas, como mostrado na Figura 5.13.

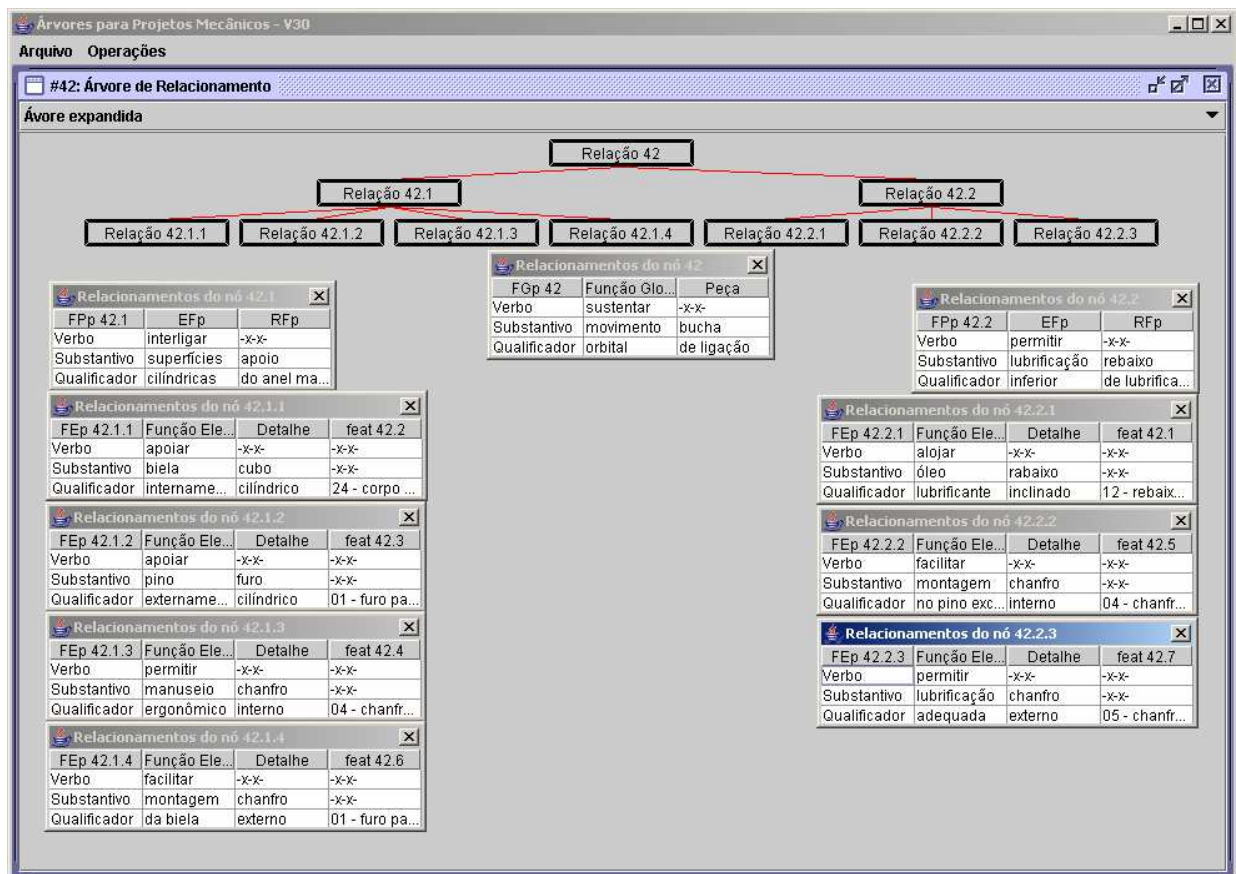


Figura 5.13 – Árvore de relacionamentos entre estruturas descritivas de funções, regiões físicas e *features* sólidas da peça 42 do compressor, “bucha do excêntrico”.

(3) Imprime na tela as tabelas de relacionamentos contendo as correlações entre os componentes das descrições (verbos, substantivos e qualificadores) para cada nível hierárquico, como mostrado na Figura 5.14, tabelas maiores.

Tabela dos Termos Técnicos das Features																													
feature	apoiar...	facilita...	permiti...	alojar (...)	biela (1)	pino (1)	monta...	manu...	óleo (1)	lubrific...	interna...	extern...	da biel...	ergon...	no pin...	lubrifi...	adequ...	cubo (1)	furo (1)	chanfr...	rabaix...	cilindri...	intern...	extern...	inclina...	24 - co...	01 - f...	04 - c...	
24 - corpo cilíndrico (1)	1				1																								
01 - furo passante cilíndrico (2)	1	1				1					1		1														1		1
04 - chanfro rotacionado interno (2)			1									1																	1
12 - rebaixo rotacionado radial (1)				1																									1
05 - chanfro rotacionado externo (1)												1																	1
Tabela dos Verbos da Estrutura Funcional																													
verbo	biela (1)	pino (1)	manu...	lubrific...	monta...	óleo (1)	interna...	extern...	ergon...	adequ...	da biel...	no pin...	lubrific...	cubo (1)	furo (1)	chanfr...	rabaix...	cilindri...	intern...	extern...	inclina...	24 - co...	01 - f...	04 - c...					
apoiar (2)	1	1																											
permitir (2)			1	1																									
facilitar (2)					2																								
alojar (1)						1																							
Tabela dos Substantivos da Estrutura Funcional																													
substantivo	apoiar...	permiti...	facilitar...	alojar (1)	interna...	extern...	ergonô...	da biel...	no pino...	lubrific...	adequa...	cubo (1)	furo (1)	chanfro...	rabaixo...	cilindri...	interno...	externo...	inclina...	24 - co...	01 - fu...	04 - c...							
biela (1)	1				1																								
pino (1)	1					1																							
manuseio (1)			1																										
montagem (2)			2																										
óleo (1)				1																									
lubrificação (1)			1																										
Tabela dos Qualificadores da Estrutura Funcional																													
qualificador	apoiar (...)	permitir...	facilitar...	alojar (1)	biela (1)	pino (1)	manus...	montag...	óleo (1)	lubrific...	cubo (1)	furo (1)	chanfr...	rabaix...	cilindri...	interno...	externo...	inclina...	24 - c...	01 - f...	04 - c...								
internamente (1)	1																												
ergonômico (1)	1																												
da biela (1)				1																									
lubrificante (1)					1																								
no pino excêntrico (1)																													
adequada (1)			1																										
Tabela dos Substantivos das Regiões Físicas																													
substantivo	apoiar...	permiti...	facilita...	alojar (...)	biela (1)	pino (1)	manu...	monta...	lubrific...	óleo (1)	intern...	extern...	ergon...	da biel...	no pin...	adequ...	lubrifi...	cilindri...	intern...	externo...	inclina...	24 - co...	01 - f...	04 - c...					
cubo (1)	1				1																								
furo (1)	1					1																							
chanfro (4)		2	2				1	2	1																				2
rabaixo (1)				1																									
Tabela dos Qualificadores das Regiões Físicas																													
qualificador	apoiar (...)	permitir...	facilita...	alojar (1)	biela (1)	pino (1)	manu...	monta...	lubrific...	óleo (1)	intern...	externa...	ergon...	no pin...	da bie...	adequ...	lubrifi...	cubo (1)	furo (1)	chanfr...	rabaix...	24 - c...	01 - f...	04 - c...					
cilíndrico (2)	2				1	1												1	1										
interno (2)		1	1				1	1																					2
externo (2)		1	1					1	1																				2
inclinado (1)				1																									

Figura 5.14 – Tabelas de relacionamentos topológicos entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.

A segunda implementação, chamada “Relações Conceituais” (RC), processa as correlações entre duas ou mais estruturas descritivas de funções e/ou regiões físicas. Essa opção é mostrada na Figura 5.11, na opção “Relacionar Conceito” do menu “Operações” e gera dois tipos de resultados:

- (4) Imprime as relações num arquivo texto na forma de relatórios, conforme mostrado na Figura 5.15, em que aparecem as ocorrências de verbos, substantivos e qualificadores em cada nível hierárquico.
- (5) Imprime na tela as tabelas de relacionamentos contendo as correlações entre os componentes das descrições processadas (verbos, substantivos e qualificadores) para cada nível hierárquico, como mostrado na Figura 5.16.

Os nomes dos arquivos que guardam os relatórios do tipo texto dos relacionamentos topológicos (RT) e conceituais (RC) realizados na implementação, constam no Apêndice A.

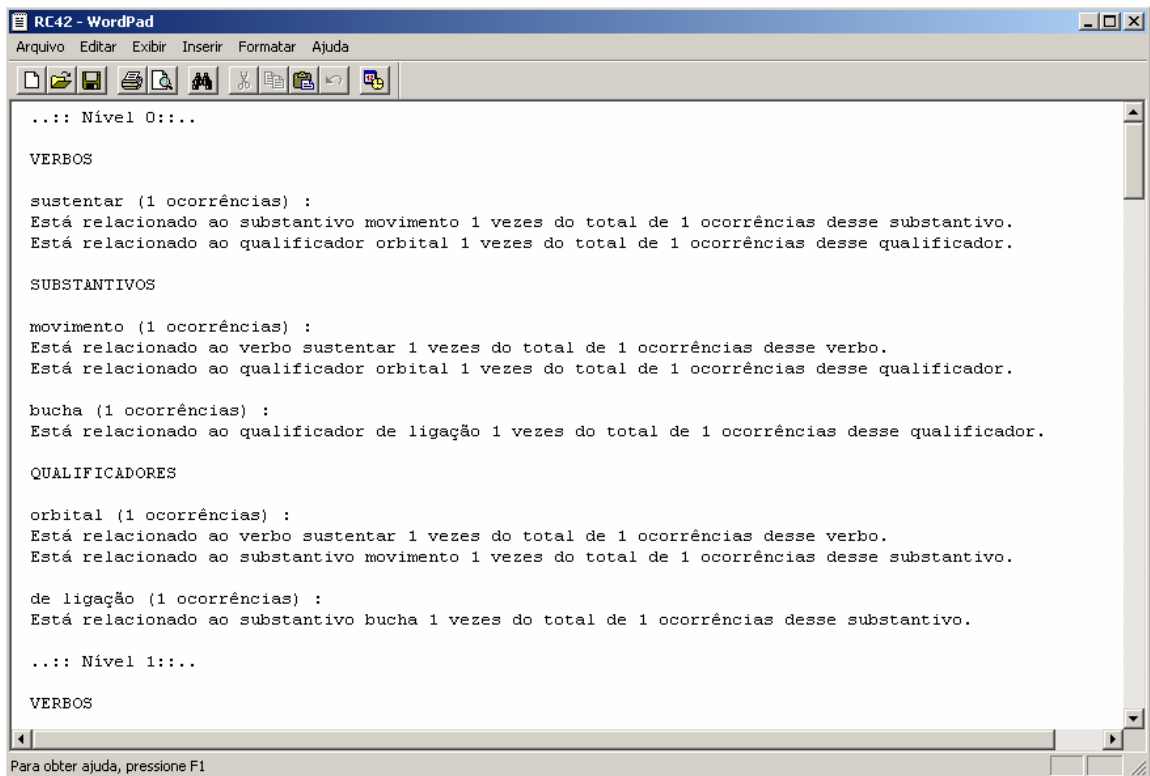


Figura 5.15 – Relatório parcial das correlações entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.

**Funções Globais**

**Funções Parciais**

**Funções Elementares**

**Tabela dos Verbos**

verbo	movimento ...	orbital (1)
verbo	movimento ...	orbital (1)
sustentar (1)	1	1

**Tabela dos Substantivos**

substantivo	sustentar (1)	de ligação (...)	orbital (1)
substantivo	sustentar (1)	de ligação (...)	orbital (1)
bucha (1)	1	1	1
movimento...	1	1	1

**Tabela dos Qualificadores**

qualificador	sustentar (1)	bucha (1)	movimento ...
qualificador	sustentar (1)	bucha (1)	movimento ...
de ligação ...	1	1	1
orbital (1)	1	1	1

**Tabela dos Verbos**

verbo	superfícies ...	lubrificação...	cilíndricas (1)	inferior (1)
verbo	superfícies ...	lubrificação...	cilíndricas (...)	inferior (1)
interligar (1)	1	1	1	1
permitir (1)				1

**Tabela dos Substantivos**

substantivo	interligar (1)	permitir (1)	do anel ma...	de lubrifica...	cilíndricas (1)	inferior (1)
substantivo	interligar (1)	permitir (1)	do anel ma...	de lubrifica...	cilíndricas (...)	inferior (1)
apoio (1)			1			
rebaixo (1)				1		
superfícies...	1				1	
lubrificação...		1				1

**Tabela dos Qualificadores**

qualificador	interligar (1)	permitir (1)	apoio (1)	rebaixo (1)	superfícies ...	lubrificação...
qualificador	interligar (1)	permitir (1)	apoio (1)	rebaixo (1)	superfícies ...	lubrificação...
do anel ma...			1			
de lubrifica...				1		
cilíndricas (...)	1				1	
inferior (1)		1				1

**Tabela dos Verbos**

verbo	biela (1)	pino (1)	manuseio (1)	lubrificação...	montagem ...	óleo (1)	internamen...	externamen...	ergonômico...	adequada (1)	da biela (1)	no pino exc...	lubrificante ...
verbo	biela (1)	pino (1)	manuseio (1)	lubrificação...	montagem ...	óleo (1)	internamen...	externamen...	ergonômico...	adequada (1)	da biela (1)	no pino exc...	lubrificante ...
apoiar (2)	1	1					1	1					
permitir (2)			1	1					1	1			
facilitar (2)					2						1	1	
alojar (1)						1							1

**Tabela dos Substantivos**

substantivo	apoiar (2)	permitir (2)	facilitar (2)	alojar (1)	cilíndrico (2)	interno (2)	externo (2)	inclinado (1)	internamen...	externamen...	ergonômico...	da biela (1)	no pino exc...	lubrificante ...	adequada (...)
substantivo	apoiar (2)	permitir (2)	facilitar (2)	alojar (1)	cilíndrico (2)	interno (2)	externo (2)	inclinado (1)	internamen...	extername...	ergonômico...	da biela (1)	no pino exc...	lubrificante ...	adequada (...)
cubo (1)					1										
furo (1)					1										
chanfro (4)						2	2								
rabaixo (1)								1							
biela (1)	1								1						
pino (1)	1									1					
manuseio (...)		1									1				
montagem ...			2									1	1		
óleo (1)				1										1	
lubrificação...															1

**Tabela dos Qualificadores**

qualificador	apoiar (2)	permitir (2)	facilitar (2)	alojar (1)	cubo (1)	furo (1)	chanfro (4)	rabaixo (1)	biela (1)	pino (1)	manuseio (1)	montagem ...	óleo (1)	lubrificação...	
qualificador	apoiar (2)	permitir (2)	facilitar (2)	alojar (1)	cubo (1)	furo (1)	chanfro (4)	rabaixo (1)	biela (1)	pino (1)	manuseio (...)	montagem ...	óleo (1)	lubrificaçã...	
cilíndrico (2)					1	1									
interno (2)							2								
externo (2)							2								
inclinado (1)								1							
internamen...	1								1						
extername...	1									1					
ergonômico...		1									1				
da biela (1)			1									1			
lubrificante ...				1									1		
no pino exc...			1											1	
adequada (...)		1													1

Figura 5.16 – Tabelas de relacionamentos conceituais entre os componentes das estruturas descritivas da peça 42.



A terceira e última implementação, são as “Relações de Topologia Lingüística” (RL). A verificação de herança de significados entre os componentes das descrições nos vários níveis hierárquicos das estruturas descritivas é uma abordagem que auxilia o entendimento sobre relações função-forma. Entende-se que determinadas estruturas descritivas levam estatisticamente aos grupos de *features* sólidas e disso resultam os padrões de repetição.

Aqui, a verificação de herança se dá numa mesma estrutura descritiva, mas para todos os componentes da descrição, separadamente. Os comandos de geração de árvores do menu “Operações” estão associados a esse tipo de relação. Esta opção permite gerar e apresentar o seguinte resultado:

(6) Cria uma tabela, mostrando na tela, hierarquicamente, os valores do componente descritivo escolhido. A Figura 5.17, mostra as tabelas correspondentes às heranças de verbos e substantivos da peça 21 “eixo excêntrico”.

Herança dos verbos			Herança dos Substantivos		
Verbo Global: nível 0	Verbo Parcial: nível 1	Verbo Elementar: nível 2	Substantivo Global: nível 0	Substantivo Parcial: nível 1	Substantivo Elementar: nível 2
converter	receber	fixar	movimento	movimento	eixo
		apoiar			eixo
		conduzir			óleo
		conduzir			óleo
		aliviar			tensões
		facilitar			montagem
		interligar			regiões
		conduzir			óleo
		captar			óleo
		direcionar			fluxo
		interligar			regiões
		interligar			regiões
	apoiar	prover		eixo	balanceamento
		prover			balanceamento
		apoiar			bucha
		apoiar			bloco
		captar			óleo
		permitir			aspersão
		apoiar			rebites
	transmitir	apoiar		movimento	bucha
		conduzir			óleo
		conduzir			óleo
		aliviar			tensões
		facilitar			montagem

Figura 5.17 – Tabelas de relacionamentos de topologia lingüística dos significados provenientes das intenções de projeto do projetista que elaborou a estruturas descritivas da peça 21 “eixo excêntrico”

Foram listados e mostrados 6 (seis) tipos de implementações. Os dados decorrentes apontam, no caso das relações topológicas (RT) e topológicas lingüísticas (RL), para mecanismos de propagação de herança entre as várias descrições envolvidas. Para o caso das relações conceituais (RC), apontam para a ocorrência de padrões de repetição entre os componentes descritivos das mesmas estruturas descritivas. As tabelas geradas de todas as estruturas descritivas possibilitaram o mapeamento das heranças de significados de projeto ou de descrições significativas de projeto, que são indicativos de padrões de repetição marcados pela presença de determinados valores de componentes descritivos na caracterização física de grupos geométricos ou grupos de *features* sólidas.

Para melhor elucidar os resultados obtidos, mais especificamente discutidos nas próximas seções, as verificações das correlações mostram que para peças de forma geométrica mista, os verbos *apoiar*, *fixar*, *reforçar* e *conduzir*, indicam que a função elementar correspondente é realizada mais provavelmente pela *feature* sólida “furo passante cilíndrico”. Para a mesma classe de peças, os verbos

*apoiar*, *interligar*, *estruturar* e *permitir* representam evidências de que as funções elementares, cuja descrição é por eles encabeçada, são realizadas mais adequadamente pela *feature* sólida “corpo cilíndrico”.

A mesma análise, feita agora para peças de forma geométrica rotacional, aponta que a *feature* sólida “furo passante cilíndrico” realiza, mais provavelmente, aquelas funções elementares que tenham como ação os verbos *apoiar*, *facilitar* e *conduzir*.

O modelo de implementação utilizado é mostrado esquematicamente na Figura 5.18 onde pode ser observada a representação simplificada da estrutura de dados descrita anteriormente. A base de correlação descritiva são os arquivos contendo as árvores de funções, regiões físicas e correspondentes *features* sólidas.

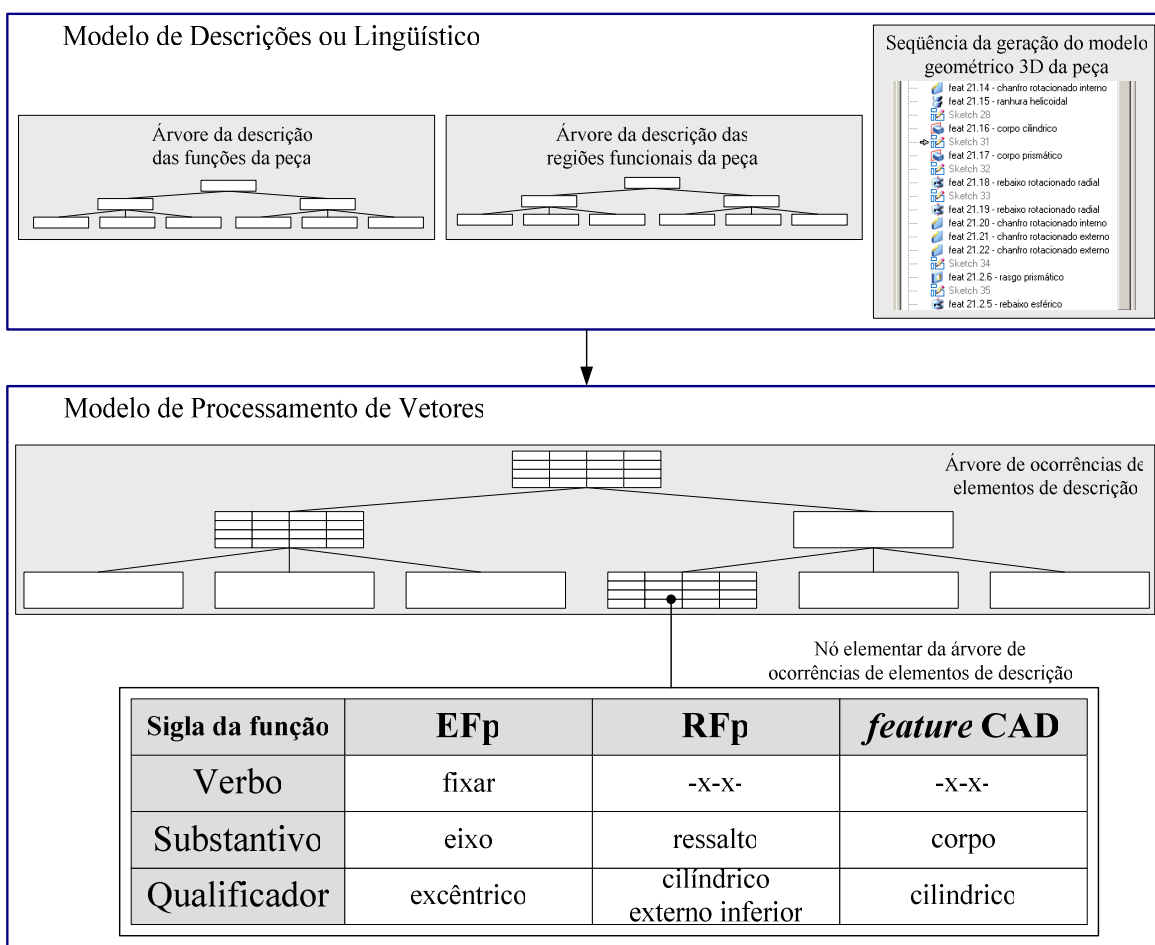


Figura 5.18 – Representação esquemática das árvores e valores correspondentes às estruturas descritivas utilizadas nas implementações.

## 5.6 – Levantamento de ocorrências

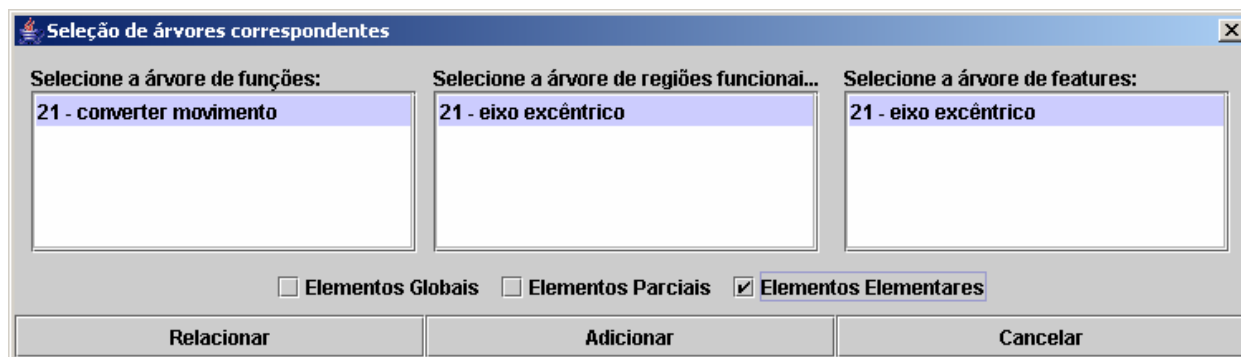
As árvores de relacionamentos entre as estruturas descritivas das funções e regiões físicas são analisadas pela ocorrência de elementos lingüísticos principais da frase: verbos, substantivos e qualificadores. Foi usada a técnica de transparência para verificar as coincidências.

No caso das descrições funcionais, caracterizadas por um padrão de composição do tipo VERBO + SUBSTANTIVO + QUALIFICADOR (adjetivo, advérbio e complementos gramaticais), o resultado é gerado através de relatórios “.txt ou .rtf”. Neles são descritos todos os relacionamentos ocorridos na estrutura da peça. Essa correlação pode ser feita como mostrado na Tabela 5.9.

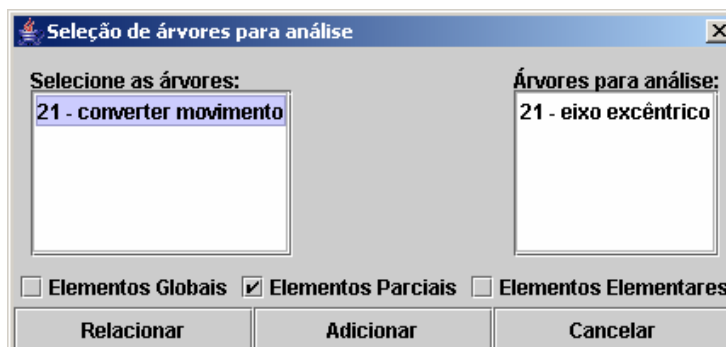
Tabela 5.9 – Formas de relacionar estruturas descritivas.

Nº	Estruturas descritivas
1	de funções com regiões físicas
2	de funções com regiões físicas e <i>features</i> sólidas
3	de funções com <i>features</i> sólidas
4	de regiões físicas com <i>features</i> sólidas

Para relacionar estas estruturas, duas “interfaces com o usuário”, são disponibilizadas: uma para a escolha das estruturas a serem relacionadas topologicamente e, uma segunda para aquelas escolhidas para relacionamentos conceituais. As Figuras 5.19 (a) e (b) mostram essas interfaces. Nelas, pode-se observar que há possibilidade de escolher os níveis hierárquicos para o processamento dos relacionamentos nas opções “globais, parciais ou elementares”. Isso permite selecionar os níveis em que as relações são processadas: em um, dois, ou mais níveis hierárquicos das estruturas descritivas em árvores correlacionadas, segundo o interesse do projetista.



(a)



(b)

Figura 5.19 – Interfaces para escolha dos relacionamentos (a) topológicos e (b) conceituais.

Ao observar as tabelas geradas pelo processamento das correlações, pôde-se verificar que cada componente da descrição de uma estrutura é correlacionado com cada componente da descrição da outra estrutura, em todos os níveis hierárquicos. Isso ocorre tanto em termos de Relações Topologias (RT), onde são confrontadas funções, regiões físicas e *features* sólidas, como em termos das Relações Conceituais (RC), em que são confrontados os componentes descritivos das funções e das regiões físicas de cada peça. Observa-se que os resultados apresentados na forma de relatórios podem ser bastante extensos podendo somar muitas páginas impressas a partir dos arquivos-texto gerados. Estes relatórios podem apresentar um alto nível de detalhamento. Isso vai depender do tipo de correlações atribuídas na verificação computacional, ou seja, quantas e quais as estruturas descritivas estão participando da correlação realizada.

Dos relatórios gerados a partir das estruturas descritivas das peças do compressor, é possível obter a estatística de ocorrências, pautada nas árvores de relacionamentos de heranças e da estatística de ocorrências entre as três estruturas descritivas da peça. A Tabela 5.10 mostra um resumo tirado dos registros gerados nas correlações entre as estruturas de funções, regiões físicas e *features* sólidas envolvidas no projeto das peças do sistema mecânico do compressor. Ela apresenta as simbologias e correspondentes descrições das estruturas hierárquicas funcionais, de regiões físicas e de seqüência de *features* sólidas da peça 16 “bomba de óleo” do estudo de caso. A tabela está inserida nos arquivos de implementação no subitem “todas as peças”, conforme especificado no gráfico A1 do Apêndice A. No projeto da peça, a última coluna à direita da Tabela 5.10 deve ser imaginada vazia, pois as geometrias que têm relação com as estruturas descritivas dos detalhes geométricos ainda não estão disponíveis.

Tabela 5.10 – Registro de correlações entre estruturas de funções, regiões físicas e *features* da peça 16 “bomba de óleo”.

Descrição da Estrutura Hierárquica Funcional da peça				Descrição da Estrutura Hierárquica de Regiões Físicas da peça				Descrição da seqüência de <i>features</i> sólidas		
Global	Parcial	Elementar	Descrição da função elementar	Peça	Região Funcional	Detalhe	Descrição do detalhe	<i>feature</i>	código	Descrição da <i>feature</i> sólida
FGp 16	FPp 16.1	FEp 16.1.1	admitir óleo lubrificante	16	RFp 16.1	det 16.1.1	furo passante de entrada	feat 16.1	30	calota esférica
		FEp 16.1.2	impedir ação turbulenta			det 16.1.2	calota de entrada de óleo lubrificante	feat 16.2	25	corpo cilíndrico vazado
	FPp 16.2	FEp 16.2.1	conduzir óleo lubrificante		RFp 16.2	det 16.2.1	cilindro vazado de entrada	feat 16.3	01	furo passante cilíndrico
	FPp 16.3	FEp 16.3.1	interligar dutos condutores		RFp 16.3	det 16.3.1	cone vazado de transição	feat 16.4	27	corpo cônico vazado
	FPp 16.4	FEp 16.4.1	conduzir óleo lubrificante		RFp 16.4	det 16.4.1	cilindro vazado de saída	feat 16.5	25	corpo cilíndrico vazado
		FEp 16.4.2	permitir saída uniforme			det 16.4.2	chanfro duplo de saída	feat 16.6	17	ressalto rotacionado axial

## 5.7 – Padrões de repetição

Ao olhar para as árvores funcionais, das regiões físicas e de *features* sólidas, a pergunta que surgiu foi se haveria um padrão de repetição de VSQ (verbos, substantivos e qualificadores) para as diversas peças analisadas, pois, um dos objetivos da pesquisa foi achar tais padrões. Padrões são desenvolvidos na busca de uma representação que possa ser utilizada como plataforma de comparação, fundamentada na definição de características inerentes ao domínio de aplicação. No domínio de projeto de sistemas mecânicos, os padrões são importantes quando se pretende definir conceitos, geometrias e significados. Daí, a importância das definições de conceito, de geometria sólida e de nomenclatura dos termos técnicos propostos.

Para o estabelecimento de correlações entre descrições de funções e descrições geométricas, as regiões funcionais correspondentes às funções parciais da peça fazem esse papel no modelo como elo de ligação. Durante a análise das funções a serem realizadas pela peça em projeto, as atenções do projetista estão voltadas à peça como um todo, depois às regiões funcionais e, finalmente, para os detalhes. Percebe-se que, na grande maioria dos casos, essa análise inicial é feita mais direcionada às regiões funcionais da peça. Por exemplo, no projeto de um eixo de transmissão, a questão relacionada à definição das geometrias, giram em torno das regiões funcionais normalmente denominada “**ponta de eixo**”, que recebe o torque transmitido, nas regiões denominadas de “**apoios do eixo**”, em que os mancais de rolamento são montados e na região denominada “**ponta de transmissão**”, local da peça em que o torque recebido deve ser transmitido para um outro componente rotativo da linha de transmissão. Portanto, os padrões de repetição associados às regiões funcionais são, a priori, muito mais importantes para o projetista do que aqueles associados aos detalhes e, por conseguinte, às *features* sólidas do sistema *CAD* que as realizam geometricamente no espaço previsto para peça. Isso significa que, os padrões de repetição, são grupos de seqüências de *features* sólidas que compõem uma geometria sólida característica e que, normalmente, se repetem quando a função característica de uma região funcional é requerida.

A Tabela 5.11 mostra o registro de correlações entre a estrutura descritiva de funções parciais, as correspondentes regiões funcionais e as ocorrências de *features* sólidas da peça 55 “bloco central” do estudo de caso. Nas tabelas contidas na árvore de diretórios mostrada no Apêndice A, as ocorrências das *features* sólidas são registradas numericamente no centro de cada quadro, indicando quantas vezes essa *feature* sólida foi utilizada durante a operação de modelamento geométrico 3D.

Há uma tendência natural relacionada às intenções de projeto na criação de geometrias sólidas. Normalmente, num domínio de aplicação característico, como o de compressores alternativos, as questões acerca de um modelo sólido são guiadas pela experiência do projetista com base em novas necessidades, apontadas momentaneamente. Contudo, diferentes projetistas num mesmo domínio de

aplicação, podem chegar a uma mesma solução geométrica 3D por caminhos consideravelmente diferentes em termos das seqüências de operações de modelamento sólido.

Os relacionamentos entre necessidades funcionais e as geometrias sólidas que podem realizá-las são guiados, portanto, pelas intenções de projeto, ou melhor, pela maneira como cada projetista costuma modelar geometricamente um sólido com significado de projeto. Nos relacionamentos função-forma, tipos diferenciados de correlações podem existir. Este trabalho pressupõe que as correlações entre função e forma ou função e geometria se dão sobre o paradigma das descrições semânticas entre estruturas funcionais, regiões físicas e seqüências de *features* sólidas, criadas na intenção de realizar as funções necessárias às peças do produto.



Considerando que uma função pode ser resolvida por inúmeras alternativas geométricas e que uma dada geometria pode resolver, igualmente, um número considerável de funções, trabalhou-se, nesse caso, com o relacionamento “*n*” para “*m*” ou *n:m*.

Tomando como base o nível hierárquico de funções elementares (FEp), detalhes (det) e de *features* sólidas (*feat*), as relações mais importantes são feitas em torno do termo técnico. A idéia do termo técnico padrão vem, em primeiro lugar, da necessidade que se teve durante a pesquisa de estabelecer uma terminologia técnica para utilização na área de projeto mecânico. Em segundo lugar, porque ele proporciona, de um lado, a identificação da correspondente representação geométrica (*feat*), com quem mantém uma relação *m:1* e, do outro, na identificação do detalhe (det), que é o nível mais baixo de representação física da peça, com quem mantém relação *n:1*. A relação entre detalhe físico e função elementar é representada aqui como sendo *1:1*, o que indica que a mesma pode assumir essa paridade a partir da relação genérica *n:n*. As relações supra citadas, são representadas na Figura 5.20.

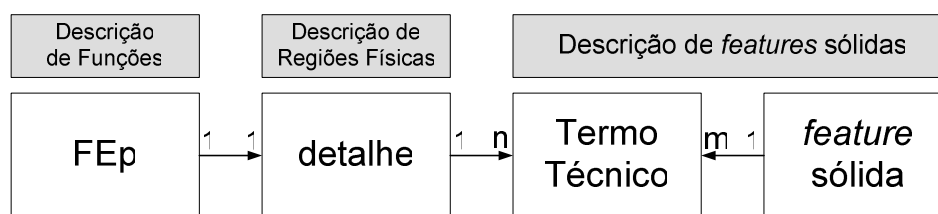


Figura 5.20 – Relacionamentos entre os níveis básicos de representação das descrições envolvidas no modelo proposto.

A implementação computacional das comparações entre as estruturas descritivas supracitadas levou ao registro de dois grupos principais de resultados: o das heranças dos termos das descrições e o das ocorrências desses termos. Cada vez que se submetem relacionamentos de topologia (RT) entre dois dos três tipos de estruturas descritivas possíveis neste modelo de representação, chega-se aos relacionamentos de heranças possíveis daquele par de estruturas. Já, na submissão de duas ou mais estruturas descritivas de tipos diferentes ou do mesmo tipo, obtém-se os números de ocorrências dos termos e seus relacionamentos com os outros termos das descrições analisadas, nos relacionamentos conceituais (RC).

O resultado desta análise é o mapeamento de tendências segundo as intenções de projeto. Contando com a análise citada, são realizadas ao todo, três verificações de padrões de repetição, descritas a seguir:

- (a) Padrões de repetição definidos pela herança das descrições funcionais e de regiões físicas;
- (b) Padrões de repetição definidos pelas quantidades de ocorrências dos termos das descrições;
- (c) Padrões de repetição definidos pelos significados de projeto dos termos das descrições, analisados na planilha eletrônica.



É ressaltado que, para verificar os comportamentos das descrições foram usados três diferentes abordagens de análise e implementação:

- (1) Considera todas as peças, indistintamente;
- (2) Considera as peças pelo tipo de forma geométrica final;
- (3) Considera as peças pelo processo de manufatura.

A abordagem que inclui todas as peças indistintamente foi a escolhida inicialmente para compor o primeiro grupo de implementações. Em seguida, as outras duas abordagens serão comentadas e seus resultados mostrados.

#### 5.7.1 – Padrões de repetição entre funções e regiões físicas (RT)

A análise de resultado dessa implementação é fazer o mapeamento das heranças com base na propagação dos significados de verbos, substantivos e dos qualificadores das descrições correlacionadas, nas estruturas descritivas de funções, de regiões físicas e de seqüências de *features* sólidas.

Essa verificação indica, a partir dos valores dos termos das descrições das funções, em que termos das descrições das regiões físicas e das descrições das seqüências de *features* sólidas, eles provavelmente vão repercutir e vice-versa. Essa repercussão significa que determinados termos estão frequentemente relacionados aos mesmos tipos de geometrias e que determinadas geometrias estão frequentemente relacionadas aos mesmos tipos de descrição funcional. Isso é exemplificado por meio da peça 21 “eixo excêntrico”, nas Tabelas 5.12, 5.13 e 5.14 para sua estrutura funcional, mostrada na Figura 5.21.

Na Tabela 5.12, o substantivo *movimento* da descrição da estrutura funcional do eixo excêntrico apresenta repercussão no nível de detalhes por meio de substantivos como *eixo*, *óleo*, *montagem* e *balanceamento*.

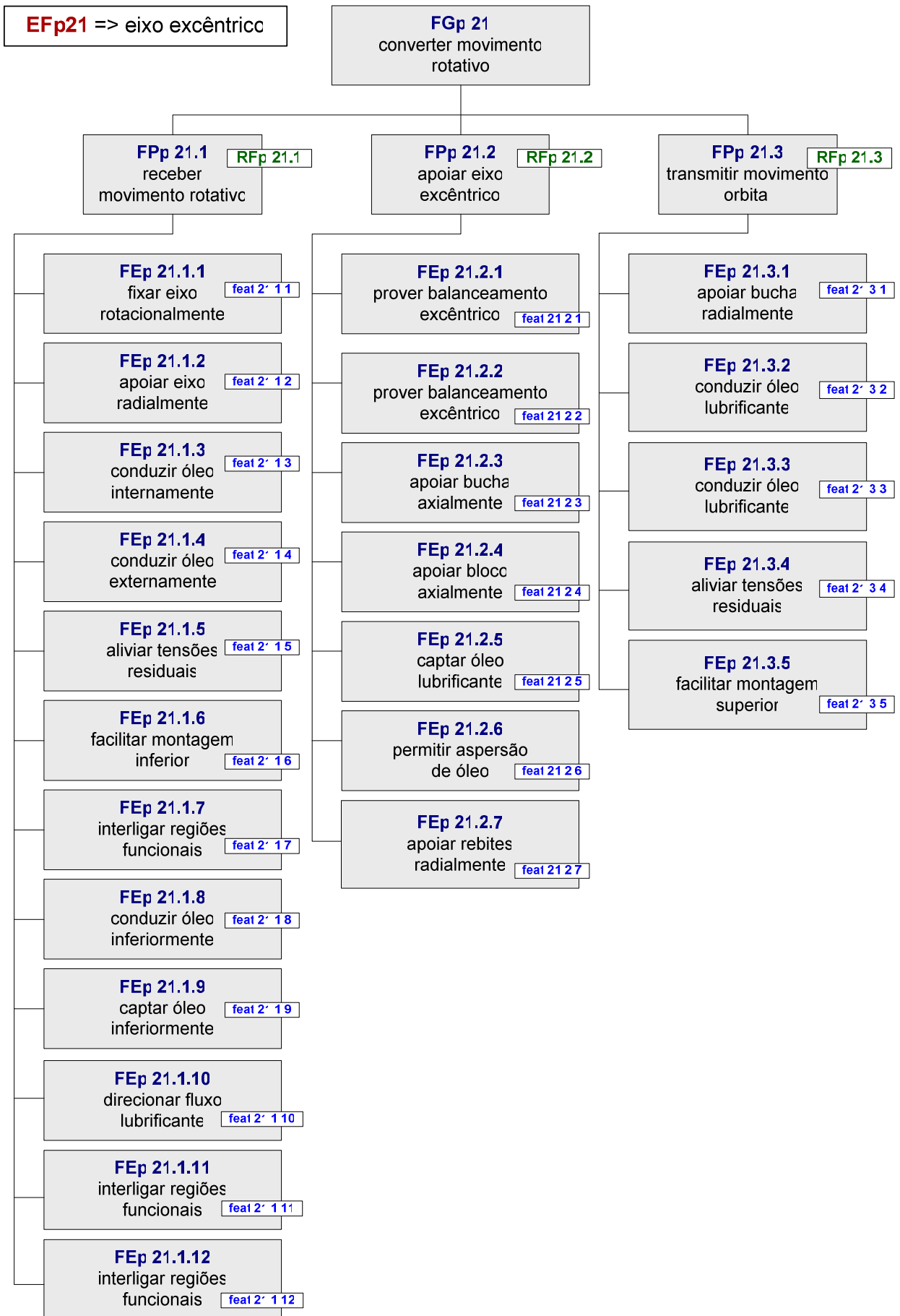


Figura 5.21 – Estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico”.

Tabela 5.12 – Herança e propagação de substantivos na estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico”.

Substantivo Global: nível 0	Substantivo Parcial: nível 1	Substantivo Elementar: nível 2
movimento	movimento	eixo
		eixo
		óleo
		óleo
		tensões
		montagem
		regiões
		óleo
		óleo
		fluxo
		regiões
		regiões
	eixo	balanceamento
		balanceamento
		bucha
		bloco
		óleo
		aspersão
		rebites
	movimento	bucha
		óleo
		óleo
		tensões
		montagem

Na Tabela 5.13, o qualificador *rotativo*, da descrição da estrutura funcional do eixo excêntrico, repercute em termos de seus qualificadores elementares correspondentes, que são: *radialmente*, *lubrificante* e *funcionais*, entre outros.

Tabela 5.13 – Herança e propagação de qualificadores na estrutura funcional da peça 21 “eixo excêntrico”.

Qualificador Global: nível 0	Qualificador Parcial: nível 1	Qualificador Elementar: nível 2
rotativo	rotativo	radialmente
		radialmente
		internamente
		externamente
		residuais
		inferior
		funcionais
		lubrificante
		lubrificante
		lubrificante
		funcionais
		funcionais
	axialmente	do eixo

continua na página 100

Qualificador Global: nível 0	Qualificador Parcial: nível 1	Qualificador Elementar: nível 2
		do eixo
		axialmente
		axialmente
		lubrificante
		lubrificante
		radialmente
	orbital	radialmente
		lubrificante
		lubrificante
		residuais
		superior

A mesma verificação de herança é mostrada nas Tabelas 5.14 e 5.15, agora, para a correspondente estrutura de regiões físicas.

Na Tabela 5.14, o substantivo *eixo*, da descrição do maior nível de descrição das regiões físicas do eixo excêntrico, repercute com mais intensidade nos substantivos elementares *chanfro*, *furo*, *rebaixo*, *ressalto*, *apoio*, entre outros.

Tabela 5.14 – Herança e propagação de substantivos na estrutura de regiões físicas da peça 21 “eixo excêntrico”.

Substantivo Global: nível 0	Substantivo Parcial: nível 1	Substantivo Elementar: nível 2
eixo	cubo	ressalto
		ressalto
		furo
		ranhura
		alívio
		chanfro
		rebaixo
		furo
		chanfro
		chanfro
		rebaixo
		rebaixo
	aba	setor
		setor
		apoio
		apoio
		rebaixo
		cavidade
		furos
	pino	cubo
		furo
		ranhura
		alívio
		chanfro

Na Tabela 5.15, o qualificador *excêntrico*, da descrição do maior nível de descrição de qualificadores da peça, repercute mais nos qualificadores elementares que apresentam as expressões: *cilíndrico externo, cilíndrico externo inferior, superior da aba de balanceamento*, entre outras.

Tabela 5.15 – Herança e propagação de qualificadores na estrutura de regiões físicas da peça 19 “suporte de mola dianteiro”.

Qualificador Global: nível 0	Qualificador Parcial: nível 1	Qualificador Elementar: nível 2
excêntrico	de fixação e alimentação de óleo lubrificante	cilíndrico externo inferior
		cilíndrico externo superior
		cilíndrico central
		helicoidal inferior
		de tensões inferior
		cilíndrico externo
		cilíndrico externo
		de óleo lubrificante da ranhura inferior
		de captação de óleo lubrificante
		cilíndrico interno
		cilíndrico externo inferior
		cilíndrico externo superior
	de balanceamento	inferior da aba de balanceamento
		superior da aba de balanceamento
		plano superior
		plano inferior
		esférico de captação de óleo lubrificante
		de aspersão de óleo lubrificante
		das placas de balanceamento
	do excêntrico	cilíndrico do pino
		cilíndrico inclinado
		helicoidal do pino
		de tensões superior
		cilíndrico externo do pino

Ainda, a Tabela 5.16 mostra as relações entre as descrições das seqüências de *features* sólidas e os verbos das estruturas descritivas de funções no nível hierárquico elementar da peça 21 “eixo excêntrico”. Nos cruzamentos da tabela, em tom cinza, está registrado o número de ocorrências dos verbos no nível de funções elementares da estrutura funcional da peça. Os arquivos completos com as planilhas que contêm as tabelas com os dados de todas as peças do estudo de caso, estão organizados no CD que acompanha o texto da tese.

A herança entre os valores descritivos das estruturas de funções e de regiões físicas pôde ser observada mais adequadamente durante as implementações das árvores específicas dos componentes descritivos. Dessa forma, após as heranças das estruturas descritivas envolvidas no estudo de caso ser plotadas, chegou-se aos resultados preliminares mostrados.

Para essa constatação, os valores correspondentes às descrições das estruturas descritivas, de funções, de regiões físicas e de seqüências de *features* sólidas foram sobrepostos, resultando nos dados descritos nas Tabelas 5.17, 5.18 e 5.19, que se referem aos padrões de repetição de verbos, substantivos e qualificadores, respectivamente.

A Tabela 5.17 condensa a amostragem resultante do processamento de relações topológicas das estruturas descritivas de funções de todas as peças para os verbos de projeto. Novamente, no caso do termo técnico “furo passante cilíndrico” que caracteriza a *feature* sólida de mesmo nome, os verbos *apoiar*, *conduzir* e *fixar* ocorrem com maior freqüência nas descrições feitas. A *feature* sólida caracterizada pelo termo técnico de nome “chanfro rotacionado externo”, muito provavelmente será modelada quando a descrição da função elementar requerida for feita com os verbos *facilitar*, *permitir* e *aliviar*. Outras ocorrências são bastante interessantes em relações ao seu significado de projeto, por exemplo, a *feature* sólida identificada como “arredondamento prismático externo” é, normalmente usada na realização de funções elementares cujos verbos são *aliviar* e *permitir*.

Na Tabela 5.16, os códigos no início de cada descrição, correspondem aos termos identificados na Tabela 5.4.

Tabela 5.16 – Relações entre as descrições das seqüências de *features* sólidas e os verbos das estruturas descritivas de funções no nível hierárquico elementar para a peça 21 “eixo excêntrico”.

<b>Peça 21: eixo excêntrico</b>	<b>fixar (1)</b>	<b>apoiar (5)</b>	<b>interligar (3)</b>	<b>conduzir (5)</b>	<b>aliviar (2)</b>	<b>facilitar (2)</b>	<b>captar (3)</b>	<b>direcionar (1)</b>	<b>prover (2)</b>	<b>permitir (1)</b>
24 - corpo cilíndrico (7)	1	3	3							
02 - furo cego cilíndrico (1)				1						
21 - ranhura helicoidal (2)				2						
12 - rebaixo rotacionado radial (2)					2					
05 - chanfro rotacionado externo (2)						2				
01 - furo passante cilíndrico (4)		1		2			1			
04 - chanfro rotacionado interno (2)							1	1		
28 - corpo prismático (3)		1							2	
34 - rebaixo esférico (1)							1			
22 - rasgo prismático (1)										1

Tabela 5.17 – Padrões de repetição de “verbos” identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT).

<b>Cód.</b>	<b>Termo Técnico de Projeto Mecânico</b>	<b>Verbos de Projeto Mecânico</b>
1	furo passante cilíndrico	conduzir (3), apoiar (5), captar, fixar(4), facilitar, permitir, aliviar, interligar, reforçar,
2	furo cego cilíndrico	conduzir, fixar, amortecer, rosquear,
3	furo não cilíndrico	
4	chanfro rotacionado interno	captar, direcionar, facilitar, permitir,
5	chanfro rotacionado externo	facilitar(3), permitir(3), aliviar,
6	chanfro prismático interno	
7	chanfro prismático externo	
8	arredondamento rotacionado interno	
9	arredondamento rotacionado externo	estruturar, permitir, aliviar(2), sustentar(2), direcionar,
10	arredondamento prismático interno	equalizar(3), permitir,
11	arredondamento prismático externo	aliviar(5), estruturar, permitir(7)
12	rebaixo rotacionado radial	aliviar(2), alojar,
13	rebaixo rotacionado axial	alojar(2), apoiar, equalizar(2),
14	rebaixo prismático	alojar(3), marcar, permitir, amortecer(2), prover, estruturar, reduzir,
15	rebaixo cônico	
16	ressalto rotacionado radial	
17	ressalto rotacionado axial	permitir, apoiar,
18	ressalto prismático	sustentar
19	ressalto cônico	
20	ranhura prismática	
21	ranhura helicoidal	conduzir(2),
22	rasgo prismático	permitir, apoiar,
23	rasgo helicoidal	
24	corpo cilíndrico	fixar, apoiar(4), interligar(3), estruturar(6), aliviar, permitir(2), reforçar,
25	corpo cilíndrico vazado	impedir, conduzir,
26	corpo cônico	
27	corpo cônico vazado	interligar
28	corpo prismático	apoiar(4), prover(3), unir, estruturar(3), reforçar,
29	corpo esférico	
30	calota esférica	admitir,
31	calota elíptica	
32	rosca	
33	dente	
34	rebaixo esférico	captar,
35	corpo helicoidal	acoplar(2), absorver(2),
36	superfície livre	

A Tabela 5.18 condensa a amostragem resultante do processamento de relações topológicas das estruturas descritivas de funções de todas as peças para os substantivos de projeto. Fazendo-se a verificação dos mesmos termos técnicos destacados na análise anterior, observa-se que para a *feature* sólida “furo passante cilíndrico” os substantivos de maior repetição são, *furo*, *câmara*, *lubrificante* e *óleo*. Para a *feature* “chanfro rotacionado externo”, as repetições se dão com os substantivos, *chanfro*, *montagem* e *fixação*. A *feature* sólida “arredondamento prismático externo” tem como principais elementos de repetição os substantivos, *tensões*, *arredondamento*, *manuseio* e *alívio*.

Tabela 5.18 – Padrões de repetição de “substantivos” de projeto mecânico, identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT).

Cód.	Termo Técnico de Projeto Mecânico	Substantivos de Projeto Mecânico
1	furo passante cilíndrico	óleo (4), lubrificante(4), cilindro(1), furo(9), chanfro, câmara(5), ebatimento(2), bucha, união, tensões, deslocamento, placa(2), eixo, estrutura(2), alívio, apoio
2	furo cego cilíndrico	óleo, furo, cupilhas, fluxo(2), parafuso(2), pinos, rebaixo(2), rosca(2),
3	furo não cilíndrico	
4	chanfro rotacionado interno	óleo, fluxo, lubrificante(2), chanfro(4), montagem,
5	chanfro rotacionado externo	montagem(2), chanfro(5), lubrificação, tensões, deslocamento, fixação(3), rebaixo, alívio, haste,
6	chanfro prismático interno	
7	chanfro prismático externo	
8	arredondamento rotacionado interno	
9	arredondamento rotacionado externo	tensões(2), fixação(3), apoio(4), montagem, alívio(2), furos, direcionador,
10	arredondamento prismático interno	fluxos(3), alívio(3), manuseio, arredondamento,
11	arredondamento prismático externo	tensões(5), arredondamento(6), manuseio(7), rebaixo, ligação, alívio(6),
12	rebaixo rotacionado radial	tensões(2), alívio(2), óleo, rebaixo,
13	rebaixo rotacionado axial	fluxo(2), fixação, tampa(2), corpo(2), rebaixo(2), bloco,
14	rebaixo prismático	suporte, batente, plano(2), lado, marcação, alojamento, vibrações(2), exaustão, rebaixo(4), corpo, peso, estrutura, rebaixo, rasgo,
15	rebaixo cônico	
16	ressalto rotacionado radial	
17	ressalto rotacionado axial	saída, chanfro, fixação, bloco
18	ressalto prismático	eixo, mancal
19	ressalto cônico	
20	ranhura prismática	
21	ranhura helicoidal	óleo, ranhura(2),
22	rasgo prismático	aspersão, cavidade
23	rasgo helicoidal	

continua na página 105



Cód.	Termo Técnico de Projeto Mecânico	Substantivos de Projeto Mecânico
24	corpo cilíndrico	eixo(2), regiões(3), bloco, bucha, ressalto(2), rebaixo(3), apoio, cubo(4), biela, anel(2), tensões, corpo(4), câmara, ligação, estrutura(2), apoio(2), cones, extensão(2),
25	corpo cilíndrico vazado	óleo, ação, calota, cilindro,
26	corpo cônico	
27	corpo cônico vazado	duto, cone,
28	corpo prismático	bucha, balanceamento(2), apoio(4), setor(2), fixação(2), extremidades, elementos, bloco(2), união, pino, reforço(2), do anel maior, do anel menor, sistema, sustentação, placa, corpo(2),
29	corpo esférico	
30	calota esférica	óleo, furo,
31	calota elíptica	
32	rosca	
33	dente	
34	rebaixo esférico	óleo, rebaixo,
35	corpo helicoidal	óleo(2), vibrações(2), transição(2), corpo(2),
36	superfície livre	

Considerando a Tabela 5.19, onde são analisados os qualificadores das descrições das funções e, ainda, concentrando essa análise sobre os termos técnicos das duas últimas verificações, foi observado que para o caso da *feature* sólida “furo passante cilíndrico”, as repetições quase não ocorrem, uma vez que o qualificador é um componente bastante diversificado. Esse qualificador permite a utilização de diversos elementos de composição gramatical quando utilizado. No entanto, é percebido um alinhamento em relação aos termos, *cilíndrico*, *válvulas*, *radial*, *lateral*, entre outros, que têm significado de projeto coerente com a *feature* analisada. Em relação à *feature* sólida “chanfro rotacionado externo”, os substantivos *cilíndrico* e *externo* se destacam. Já na aplicação da *feature* sólida “arredondamento prismático externo” os termos, *ergonômico*, *na base da câmara*, *de manuseio* e *de tensões*, aparecem com maior frequência.

Tabela 5.19 – Padrões de repetição de “qualificadores” de projeto mecânico identificados nas implementações de Relações Topológicas (RT).

Cód.	Termo Técnico de Projeto Mecânico	Qualificadores de Projeto Mecânico
1	furo passante cilíndrico	vazado de entrada, cilindro inclinado, ergonômico e estrutural, de fixação lateral, lateralmente, radialmente, menor, cilíndrico, de válvulas superior, volumétrico do pistão, de válvulas inferior, excêntrico radialmente, de tensões, do pistão, de fixação inferior da placa de válvulas, de fixação superior da placa de válvulas, de reforço, de rigidez, radial do eixo excêntrico
2	furo cego cilíndrico	internamente, cilíndrico central, de gás refrigerante, de fixação da tampa, de fixação da válvula de exaustão, de amortecimento(2), de fixação(2),

continua na página 106

<b>Cód.</b>	<b>Termo Técnico de Projeto Mecânico</b>	<b>Qualificadores de Projeto Mecânico</b>
3	furo não cilíndrico	
4	chanfro rotacionado interno	de captação de óleo lubrificante, cilíndrico interno, no pino excêntrico, ergonômico, interno(2),
5	chanfro rotacionado externo	inferior, superior, cilíndrico externo, cilíndrico externo do pino, adequada, externo, pendular da biela, do parafuso da tampa, do bloco, de tensões, de fixação, de deslocamento da haste da biela, de fixação vertical,
6	chanfro prismático interno	
7	chanfro prismático externo	
8	arredondamento rotacionado interno	
9	arredondamento rotacionado externo	do parafuso da tampa, do bloco, da tampa(2), do eixo excêntrico, de tensões(2), de fixação(3), de fixação das hastes do bloco, axial do eixo excêntrico,
10	arredondamento prismático interno	para ajustes de pressões(3), ergonômico(2),
11	arredondamento prismático externo	estruturais, ergonômico e estrutural, ergonômico(11), residuais, intermediária, de tensões do anel maior, de tensões do anel menor, na base da câmara, da placa, de manuseio, de tensões(4)
12	rebaixo rotacionado radial	residuais(2), de tensões superior, de tensões inferior, lubrificante, inclinado,
13	rebaixo rotacionado axial	de gás refrigerante(2), do parafuso da tampa, da câmara primária, da câmara secundária, de fixação, da tampa da câmara primária(2), interno da câmara primária, interno da câmara secundária,
14	rebaixo prismático	radialmente(2), de encosto superior, de encosto inferior, de fixação, da letra de fixação, da tampa de plástico, mecânicas(2), de refrigerante, de sustentação da tampa plástica, equalizador direito, equalizador central, equalizador esquerdo, de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, do corpo de apoio da placa de válvulas, de apoio do bloco da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, estrutural,
15	rebaixo cônico	
16	ressalto rotacionado radial	
17	ressalto rotacionado axial	uniforme, duplo de saída, do parafuso da tampa, de fixação
18	ressalto prismático	axialmente, do eixo excêntrico,
19	ressalto cônico	
20	ranhura prismática	
21	ranhura helicoidal	externamente, lubrificante, helicoidal inferior, helicoidal do pino,
22	rasgo prismático	lubrificante, de aspersão de óleo lubrificante
23	rasgo helicoidal	
24	corpo cilíndrico	funcionais(3), axialmente, cilíndrico externo inferior(2), cilíndrico externo superior(2), cilíndrico externo, plano inferior, internamente, cilíndrico(3), menor, maior(2), residuais, da ligação, de bloco, primária, secundária, entre câmaras, de apoio da câmaras, do mancal, sustentação do eixo excêntrico, de rigidez, da ca~mara primária(2), inferiorde apoio das câmaras,de sustentação do bloco central, de apoio superior do eixo excêntrico, de apoio inferior do eixo excêntrico,
25	corpo cilíndrico vazado	lubrificante, turbulenta, de entrada de óleo lubrificante, vazado de saída,
26	corpo cônico	

continua na página 107

<b>Cód.</b>	<b>Termo Técnico de Projeto Mecânico</b>	<b>Qualificadores de Projeto Mecânico</b>
27	corpo cônico vazado	condutores, vazado de transição
28	corpo prismático	axialmente, inferior da aba de balanceamento, superior da aba de balanceamento, plano superior, superficial(2), fixadoras, da fixação do lado direito da lâmina, da base central da lâmina, de fixação do lado esquerdo da lâmina, vazados de pressurização, principal, radialmente, maior, de compressão e distribuição, estrutural, estrutural vertical, de apoio de sistema, de sustentação das câmaras,
29	corpo esférico	
30	calota esférica	lubrificante, passante de entrada,
31	calota elíptica	
32	rosca	
33	dente	
34	rebaixo esférico	lubrificante, esférico de captação de óleo lubrificante,
35	corpo helicoidal	superior, tridimensionais superiores, tridimensionais inferiores, inferior(2), superior, de absorção superior,
36	superfície livre	

### 5.7.2 – Padrões de repetição nas ocorrências de termos (RC)

A diversidade de correlações neste tipo de relacionamento permite investigar as ocorrências dos termos das estruturas descritivas do modelo, sejam funcionais ou de regiões físicas e em qualquer quantidade. Por isso, nesta seção, as ocorrências e seus respectivos padrões de repetição são avaliados globalmente, para todas as peças do estudo de caso.

A estatística das ocorrências pôde, assim, ser verificada através da plotagem desses resultados numa planilha eletrônica a partir das tabelas de relacionamentos. A análise dessas tabelas permite identificar as tendências e os padrões de repetição mais facilmente e pode ser implementado seguindo a mesma classificação feita anteriormente, ou seja, por tipo de relacionamentos.

Em todos os casos possíveis listados anteriormente, as tabelas podem ser geradas globalmente, ou seja, são geradas as tabelas das relações descritivas dos termos em todos os níveis hierárquicos das estruturas em árvores. No entanto, é possível investigar relações mais localizadas e ainda em níveis hierárquicos específicos, entre as relações nos níveis de funções parciais e de regiões funcionais, respectivamente, de estruturas descritivas de funções e de regiões físicas correspondentes, de um grupo de peças rotativas e prismáticas, por exemplo.

São geradas para cada relacionamento solicitado, três tabelas: a de verbos, de substantivos e de qualificadores. Cada uma delas relaciona nas linhas, os valores do componente descritivo correspondente ao nome da tabela e nas colunas, os valores dos componentes remanescentes. Assim, a tabela de verbos, relaciona os valores dos verbos nas linhas e os valores dos substantivos e qualificadores, nas colunas. Esta estatística de ocorrências identifica visualmente “nuvens” de

tendências dos padrões de repetição para o relacionamento processado, quando a tabela é observada e visualizada globalmente.

As Figuras 5.22 (a), (b) e (c), mostram as tabelas de verbos, substantivos e de qualificadores do nível de funções parciais e suas relações com as correspondentes regiões funcionais da peça 21 “eixo excêntrico” do sistema mecânico do compressor alternativo.

verbo	movimento (2)	eixo (1)	orbital (1)
verbo	movimento (2)	eixo (1)	orbital (1)
receber (1)	1		
apoiar (1)		1	
transmitir (1)	1		1

(a)

substantivo	receber (1)	transmitir (1)	apoiar (1)	de fixação e aliment...	de balanceamento (1)	do excêntrico (1)	orbital (1)
substantivo	receber (1)	transmitir (1)	apoiar (1)	de fixação e aliment...	de balanceamento (1)	do excêntrico (1)	orbital (1)
cubo (1)				1			
aba (1)					1		
pino (1)						1	
movimento (...)	1	1					1
eixo (1)			1				

(b)

qualificador	transmitir (1)	cubo (1)	aba (1)	pino (1)	movimento (2)
qualificador	transmitir (1)	cubo (1)	aba (1)	pino (1)	movimento (2)
de fixação e alimentação de óleo lubrificante (1)		1			
de balanceamento (1)			1		
do excêntrico (1)				1	
orbital (1)	1				1

(c)

Figura 5.22 – Interfaces com os relacionamentos entre as descrições das estruturas, funcional e de regiões físicas da peça 21 “eixo excêntrico” – peça de forma geométrica mista.

Ainda, as implementações para esse tipo de relacionamento podem ser classificadas em tipos de estruturas descritivas conforme segue:

- (01) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas de funções no nível de funções globais;
- (02) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas no nível de funções parciais;
- (03) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas no nível de funções elementares;
- (04) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas de regiões físicas no nível de peças;
- (05) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas de regiões físicas no nível de regiões funcionais;

- (06) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas de regiões físicas no nível de detalhes;
- (07) Relacionamentos conceituais entre estruturas descritivas de funções e regiões físicas no nível 0 (zero), no nível 1 (um) e no nível 2 (dois).

A Figura 5.23 mostra a janela de preparação para a implementação resultante mostrada na Figura 5.24, que é um exemplo de implementação referente ao caso descrito no item (06) da listagem citada anteriormente.

Na tabela da implementação mostrada na Figura 5.23, as ocorrências são evidenciadas nos cruzamento das colunas com as linhas, para cada componente das descrições dos detalhes das estruturas de regiões físicas das peças 21 (eixo excêntrico) e 42 (bucha do excêntrico) do estudo de caso.

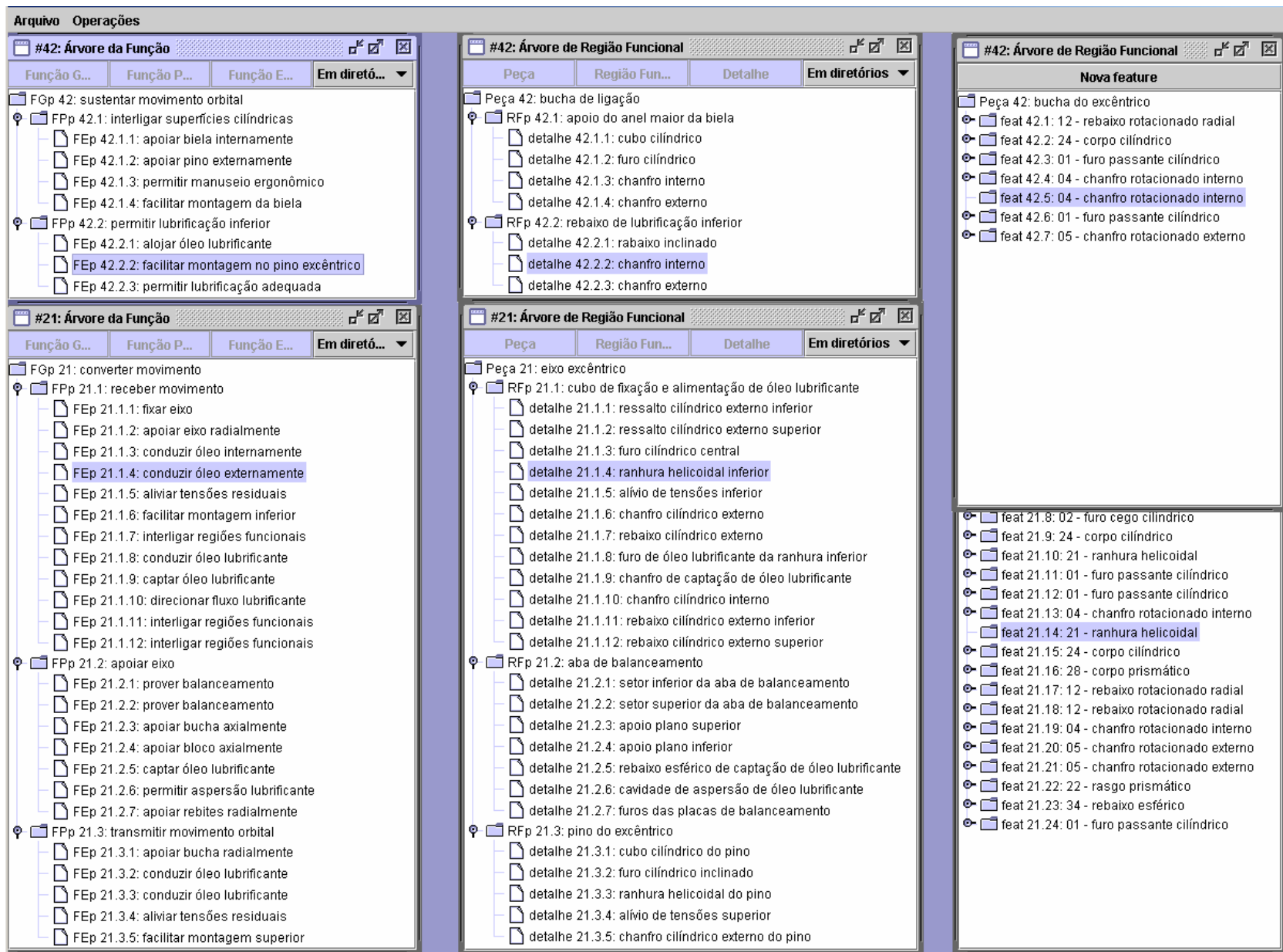


Figura 5.23 – Tela de preparação da implementação das correlações referentes ao item (06) da listagem para as peças 21 e 42.

qualificador	cubo (2)	furo (4)	chanfro (8)	rabaixo (1)	ressalto (2)	rebaixo (4)	ranhura (2)	alívio (2)	setor (2)	apoio (2)	cavidade ...	furos (1)
cilíndrico (2)	1	1										
interno (2)			2									
externo (2)			2									
inclinado (1)				1								
cilíndrico externo inferior (2)					1	1						
cilíndrico externo superior (2)					1	1						
cilíndrico central (1)		1										
helicoidal inferior (1)							1					
de tensões inferior (1)								1				
cilíndrico externo (2)			1			1						
de óleo lubrificante da ranhura inferior (1)		1										
de captação de óleo lubrificante (1)			1									
cilíndrico interno (1)			1									
inferior da aba de balanceamento (1)									1			
superior da aba de balanceamento (1)									1			
plano superior (1)										1		
plano inferior (1)										1		
esférico de captação de óleo lubrificante (1)						1						
de aspersão de óleo lubrificante (1)											1	
das placas de balanceamento (1)												1
cilíndrico do pino (1)	1											
cilíndrico inclinado (1)		1										
helicoidal do pino (1)							1					
de tensões superior (1)								1				
cilíndrico externo do pino (1)			1									

Figura 5.24 – Resultado da implementação referente ao item (06) da listagem descrita anteriormente, para os detalhes das peças 21 e 42 do estudo de caso mostrando os “qualificadores” *versus* substantivos.

A partir dos relacionamentos conceituais, que geraram as tabelas de correlações nas correspondentes implementações, foram criadas as planilhas no aplicativo *MSExcels*, organizadas nos diretórios conforme a árvore de implementação mostrada no Apêndice A.

Os processamentos de correlações realizados permitiram observar os padrões de repetição descritos nas Tabelas 5.20 à 5.28, apresentadas na seção 5.7.3. Eles identificam as tendências observadas a partir dos diversos tipos de relacionamentos implementados.

Embora a ênfase relacionada às intenções de projeto seja dada na análise de soluções no nível de regiões funcionais, as verificações foram feitas no nível de detalhes da peça. Dessa forma, procurou-se implementar as estruturas descritivas, na direção da obtenção dos resultados que levam aos padrões de repetição, considerando-se as descrições funcionais e de regiões físicas no nível de *features* sólidas, ou seja, o de funções elementares da peça (FEp).

Portanto, os padrões mostrados na Tabela 5.20 estão associados às seqüências de *features* sólidas utilizadas na criação do modelo geométrico das peças do compressor. Os termos que identificam as descrições das funções elementares e correspondentes descrições de detalhes físicos são os mais relevantes nesse estudo.

Para tal, a terminologia técnica utilizada na identificação das descrições de detalhes físicos, aqui denominados de termos técnicos, é considerada como elemento de identificação das seqüências de *features* sólidas no sistema *CAD*.

### 5.7.3 – Análise de padrões de repetição por taxonomia

É possível investigar as ocorrências dos termos das descrições em diversos casos. Aqui, são avaliadas as peças por forma geométrica e por processo de manufatura, conforme especificado na

Tabela 5.1. Da listagem a seguir, apenas as implementações que se referem às formas geométricas e por tipo de processo de manufatura no nível de funções elementares, detalhes e *features* sólidas, são processadas e analisadas para apontar seus respectivos padrões de repetição. Os tipos de implementações possíveis são:

- (01) Entre descrições funcionais de todas as peças do compressor;
- (02) Entre descrições de regiões físicas de todas as peças do compressor
- (03) Entre descrições funcionais e de regiões físicas de todas as peças do compressor;
- (04) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças prismáticas;
- (05) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças rotacionais;
- (06) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças laminares;
- (07) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças mistas;
- (08) Entre descrições funcionais de peças prismáticas;
- (09) Entre descrições funcionais de peças rotacionais;
- (10) Entre descrições funcionais de peças laminares;
- (11) Entre descrições funcionais de peças mistas;
- (12) Entre descrições de regiões físicas de peças prismáticas;
- (13) Entre descrições de regiões físicas de peças rotacionais;
- (14) Entre descrições de regiões físicas de peças laminares;
- (15) Entre descrições de regiões físicas de peças mistas;
- (16) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças estampadas;
- (17) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças fundidas;
- (18) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças sinterizadas;
- (19) Entre descrições funcionais e de regiões físicas das peças usinadas;
- (20) Entre descrições funcionais de peças estampadas;
- (21) Entre descrições funcionais de peças fundidas;
- (22) Entre descrições funcionais de peças sinterizadas;
- (23) Entre descrições funcionais de peças usinadas;
- (24) Entre descrições de regiões físicas de peças estampadas;
- (25) Entre descrições de regiões físicas de peças fundidas;
- (26) Entre descrições de regiões físicas de peças sinterizadas;
- (27) Entre descrições de regiões físicas de peças usinadas.

As implementações por taxonomia, por forma geométrica e por manufatura, foram avaliadas com base no processamento das estruturas descritivas específicas de acordo com a classificação das



peças. As implementações foram realizadas em dois grupos: o grupo em que estão caracterizadas as peças por forma geométrica: laminares, mistas, prismáticas e rotacionais e o grupo em que estão caracterizadas as peças por processo de manufatura: estampagem, fundição, sinterização e usinagem.

Uma vez que, para essa implementação é necessário fazer a ligação entre as três estruturas descritivas, de funções, de regiões físicas e de *features* sólidas, no nível de funções elementares, detalhes e *features*, respectivamente, apenas os relacionamentos neste nível foram implementados.

As tabelas com os resultados podem ser visualizadas em planilha eletrônica a partir dos diretórios “Relacionamentos Topológicos (RT)” tanto para o grupo de formas geométricas como para o grupo de processo de manufatura, mostrados no Apêndice A.

Nesta verificação, os grupos das peças classificadas como de “forma geométrica final idêntica” e por “processos de manufatura”, são implementados separadamente. Disso, resultaram diferentes padrões de repetição para cada grupo. Esses padrões de repetição são os apresentados nas Tabelas 5.20 a 5.28.

A Tabela 5.20 mostra, novamente, os padrões de repetição filtrados com base nas implementações realizadas para o conjunto de todas as peças. Isso já foi mostrado nas Tabelas 5.17, 5.18 e 5.19, para verbos, substantivos e qualificadores, separadamente. Aqui, é feita uma aglutinação dos dados numa mesma tabela.

Tabela 5.20 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas de todas as peças do estudo de caso *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

Código	Termo Técnico <i>feature</i> sólida	Verbos	Substantivos	Qualificadores
01	furo passante cilíndrico	apoiar, conduzir, fixar, interligar, permitir, reforçar, aliviar,	rebitamento, vertical, furo, eixo, bucha, tensões câmara, óleo, deslocamento, rebite, união, placa, câmaras, alívio, pino, montagem, chanfro, cilindro,	do rebite direito da lâmina, do rebite esquerdo da lâmina, radialmente, menor, lubrificante, volumétrico do pistão, de válvula superior, de válvula inferior, excêntrico radialmente, cilíndrico, de rigidez, de tensões, de óleo lubrificante da ranhura inferior, das placas de balanceamento, cilíndrico inclinado, do pistão, de fixação inferior da placa de válvulas, de fixação superior da placa de válvulas, de reforço, radial do eixo excêntrico, lateralmente, de fixação lateral, externamente, da biela, externo, vazão de entrada,
02	furo cego cilíndrico	conduzir, amortecer, fixar, rosquear,	óleo, cupilhas, fluxo, parafuso, furo, pinos, rebaixo, rosca,	internamente, de gás refrigerante, de fixação da tampa, cilíndrico central, de fixação da válvula de exaustão, de amortecimento, de fixação,
03	furo não cilíndrico			
04	chanfro rotacionado interno	captar, direcionar, facilitar, permitir,	óleo, fluxo, chanfro, montagem, manuseio,	lubrificante, de captação de óleo lubrificante, cilíndrico interno, ergonômico, no pino excêntrico, interno,

continua na página 114

Código	Termo Técnico <i>feature sólida</i>	Verbos	Substantivos	Qualificadores
05	chanfro rotacionado externo	facilitar, permitir, aliviar,	lubrificação, chanfro, tensões, montagem, deslocamento, fixação, rebaixo, alívio, hastes,	adequada, externo, do bloco, inferior, superior, pendular da biela, do parafuso da tampa, cilíndrico externo, de fixação, cilíndrico externo do pino, de deslocamento da haste da biela, de fixação vertical, de tensões,
06	chanfro prismático interno			
07	chanfro prismático externo			
08	arredondamento rotacionado interno			
09	arredondamento rotacionado externo	estrutura, permitir, aliviar,	tensões, apoio, montagem, fixação, alívio, furos, direcionador	do bloco, do parafuso da tampa, da tampa, do eixo excêntrico, de fixação, de tensões, de fixação das hastes do bloco, axial do eixo excêntrico,
10	arredondamento prismático interno	permitir,	manuseio, arredondamento, fluxos, alívio,	ergonômico, para ajuste de pressões,
11	arredondamento prismático externo	permitir, aliviar, estruturar,	tensões, ligação, manuseio, alívio, arredondamento, tensões, chanfro,	residuais, intermediária, ergonômico, na base da câmara, de tensões do anel menor, de tensões do anel maior, da placa, de manuseio, estruturais, ergonômico e estrutural,
12	rebaixo rotacionado radial	aliviar, alojar,	tensões, alívio, óleo, rebaixo,	residuais, de tensões inferior, de tensões superior, lubrificante, inclinado,
13	rebaixo rotacionado axial	apoiar,		
14	rebaixo prismático	estruturar, prover, alojar, permitir, amortecer,	lado, marcação, corpo, furos, peso, rebaixo, estrutura, rasgo, alojamento, vibrações, exaustão, suporte, batente, plano,	de fixação, da letra de fixação, de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, do corpo de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, de apoio do bloco da placa de válvulas, estrutural, da tampa plástica, mecânicas, do refrigerante, de sustentação da tampa plástica, equalizador direito, equalizar central, equalizador esquerdo, radialmente, de encosto superior, de encosto inferior,
15	rebaixo cônico			
16	ressalto rotacionado radial			
17	ressalto rotacionado axial	apoiar, permitir,	fixação, bloco, saída, chanfro,	do parafuso da tampa, de fixação, uniforme, duplo de saída,
18	ressalto prismático		eixo, mancal,	axialmente, do eixo excêntrico,
19	ressalto cônico			
20	ranhura prismática			
21	ranhura helicoidal	conduzir,	óleo, ranhura,	lubrificante, externamente, helicoidal inferior, helicoidal do pino,
22	rasgo prismático	permitir,	aspersão, cavidade,	lubrificante, de aspersão de óleo lubrificante,

continua na página 115

Código	Termo Técnico <i>feature</i> sólida	Verbos	Substantivos	Qualificadores
23	rasgo helicoidal			
24	corpo cilíndrico	fixar, apoiar, interligar, estruturar, permitir, reforçar, aliviar,	eixo, regiões, bloco, bucha, anel, tensões, câmara, ligação, estrutura, apoio, rebaixo, ressalto, cubo, corpo, cones, extensão, biela,	maior, radialmente, funcionais, axialmente, menor, residuais, primária, secundária, entre câmaras, de apoio das câmaras, do bloco, do mancal, sustentação do eixo excêntrico, cilíndrico externo inferior, cilíndrico externo superior, cilíndrico externo, plano inferior, cilíndrico do pino, cilíndrico, da ligação, da câmara primária, de rigidez, inferior de apoio das câmaras, de sustentação do bloco central, de apoio superior do eixo excêntrico, de apoio inferior do eixo excêntrico, internamente,
25	corpo cilíndrico vazado	conduzir, impedir,	óleo, ação, cilindro, calota,	lubrificante, turbulenta, de entrada de óleo lubrificante, vazado de saída,
26	corpo cônico			
27	corpo cônico vazado	interligar,	duto, cone,	condutores, vazado de transição,
28	corpo prismático	apoiar, prover, estruturar, reforçar, unir,	fixação, extremidades, apoio, bloco, bucha, união, balanceamento, pino, sistema, sustentação, corpo, reforço, placa, elementos,	superficial, fixadoras, da fixação do lado direito da lâmina, da base central da lâmina, de fixação do lado esquerdo da lâmina, radialmente, axialmente, maior, de compressão e distribuição, estrutural, inferior da aba de balanceamento, superior da aba de balanceamento, plano superior, do anel maior, do anel menor, estrutural vertical, de apoio do sistema, de sustentação das câmaras, vazados de pressurização, principal,
29	corpo esférico			
30	calota esférica	admitir,	óleo, furo,	lubrificante, passante de entrada,
31	calota elíptica			
32	rosca			
33	dente			
34	rebaixo esférico	captar,	óleo, rebaixo,	lubrificante, esférico de captação de óleo lubrificante,
35	corpo helicoidal	acoplar, absorver,	estrutura, vibrações, transição, corpo,	superior, tridimensionais superiores, tridimensionais inferiores, inferior, superior, de absorção superior, de absorção inferior,
36	superfície livre			

As Tabelas 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 mostram os padrões de repetição, resultantes das implementações realizadas, com base na estrutura de dados que classificam as peças do compressor pela forma geométrica final como laminares, mistas, prismáticas e rotacionais, respectivamente.

Tabela 5.21 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “laminares” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

Código	Termo Técnico <i>feature</i> sólida	Verbos	Substantivos	Qualificadores
01	furo passante cilíndrico	apoiar, fixar	rebitamento, furo	vertical, do rebite direito da lâmina, do rebite esquerdo da lâmina,
11	arredondamento prismático externo	aliviar,	tensões, arredondamento	estruturais, ergonômico e estrutural,
14	rebaixo prismático	marcar,	lado, marcação,	de fixação, da letra de fixação,
28	corpo prismático	apoiar, unir,	fixação, extremidades, apoio,	superficial, fixadoras, da fixação do lado direito da lâmina, da base central da lâmina, de fixação do lado esquerdo da lâmina,

Tabela 5.22 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “mistras” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	apoiar, fixar, interligar, aliviar, reforçar, permitir, conduzir,	eixo, bucha, tensões, câmara, óleo, deslocamento, rebites, união, placa, câmaras, apoio, estrutura, furo, alívio, furos,	radialmente, menor, lubrificante, volumétrico do pistão, de válvulas superior, de válvulas inferior, excêntrico radialmente, cilíndrico, de rigidez, de tensões, de óleo lubrificante da ranhura inferior, das placas de balanceamento, cilíndrico inclinado, do pistão, de fixação inferior da placa de válvulas, de fixação superior da placa de válvulas, de reforço, radial do eixo excêntrico,
02	furo cego cilíndrico	fixar, conduzir, amortecer, rosquear	óleo, cupilha, fluxos, parafuso, furo, pinos, rosca,	internamente, de gás refrigerante, de fixação da tampa, cilíndrico central, de fixação da válvula de exaustão, de amortecimento, de fixação,
04	chanfro rotacionado interno	captar, direcionar,	óleo, fluxos, chanfro,	lubrificante, de captação de óleo lubrificante, cilíndrico interno,
05	chanfro rotacionado externo	aliviar, permitir, facilitar,	tensões, montagem, deslocamento, fixação, rebaixo, alívio, chanfro, hastes,	do bloco, inferior, superior, pendular da biela, do parafuso da tampa, cilíndrico externo, de fixação, cilíndrico externo do pino, de deslocamento da haste da biela, de fixação vertical, de tensões,
09	arredondamento rotacionado externo	estruturar, aliviar, permitir, direcionar, sustentar,	tensões, apoio, montagem, fixação, alívio, furos, direcionador	do parafuso da tampa, do bloco, do eixo excêntrico, da tampa, de fixação, de tensões, de fixação, de fixação das hastes do bloco, axial do eixo excêntrico,
10	arredondamento prismático interno	permitir,	manuseio, arredondamento,	ergonômico,
11	arredondamento prismático externo	aliviar, estruturar, permitir,	tensões, ligação, manuseio, alívio, arredondamento,	residuais, intermediária, ergonômico, na base da câmara, de tensões, de tensões do anel menor, de tensões do anel maior, da placa, de manuseio,
12	rebaixo rotacionado radial	aliviar,	tensões, alívio,	residuais, de tensões inferior, de tensões superior,
13	rebaixo rotacionado axial	apoiar, alojar, equalizar,	fluxo, fixação, tampa, rebaixo, corpo, bloco,	de gás refrigerante, do parafuso da tampa, da câmara primária, da câmara secundária, de fixação, da tampa da câmara primária, interno da câmara primária, interno da câmara secundária,
14	rebaixo prismático	estruturar, alojar, reduzir, marcar,	corpo, furos, peso, rebaixo, estrutura, rasgo,	de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, do corpo de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, de apoio do bloco da placa de válvulas, estrutural,
17	ressalto rotacionado axial	apoiar,	fixação, bloco,	do parafuso da tampa, de fixação,
18	ressalto prismático	sustentar,	eixo, mancal,	axialmente, do eixo excêntrico,
21	ranhura helicoidal	conduzir,	óleo, ranhura,	externamente, lubrificante, helicoidal inferior, helicoidal do pino,
22	rasgo prismático	permitir,	aspersão,	lubrificante, de aspersão de óleo lubrificante,

continua na página 117

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
24	corpo cilíndrico	fixar, apoiar, interligar, estruturar, aliviar, reforçar, permitir,	eixo, regiões, bloco, bucha, anel, tensões, câmara, ligação, estrutura, apoio, ressalto, cubo, rebaixo, corpo, estrutura, cones, extensão,	maior, radialmente, funcionais, axialmente, maior, menor, residuais, primária, secundária, entre câmaras, de apoio das câmaras, do bloco, do mancal, sustentação do eixo excêntrico, cilíndrico externo inferior, cilíndrico externo superior, cilíndrico externo, plano inferior, cilíndrico do pino, cilíndrico, da ligação, da câmara primária, de rigidez, inferior de apoio das câmaras, de sustentação do bloco central, de apoio superior do eixo excêntrico, de apoio inferior do eixo excêntrico
28	corpo prismático	apoiar, estruturar, reforçar, prover,	bloco, bucha, união, balanceamento, pino, sistema, sustentação, apoio, corpo, setor, reforço, placa,	radialmente, axialmente, maior, de compressão e distribuição, estrutural, inferior da aba de balanceamento, superior da aba de balanceamento, plano superior, do anel maior, do anel menor, estrutural vertical, de apoio do sistema, de sustentação das câmaras,
34	rebaixo esférico	captar,	óleo, rebaixo,	lubrificante, esférico de captação de óleo lubrificante,

Tabela 5.23 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “prismáticas” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	fixar,	câmara, furo,	lateralmente, de fixação lateral
10	arredondamento prismático interno	equalizar,	fluxos, alívio,	para ajuste de pressões,
11	arredondamento prismático externo	permitir,	manuseio, chanfro,	ergonômico,
14	rebaixo prismático	permitir, amortecer, prover,	alojamento, vibrações, exaustão, rebaixo,	da tampa plástica, mecânicas, do refrigerante, de sustentação da tampa plástica, equalizador direito, equalizador central, equalizador esquerdo,
28	corpo prismático	estruturar,	elementos, bloco,	vazados de pressurização, principal,

Tabela 5.24 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como “rotacionais” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	apoiar, facilitar, conduzir,	pino, montagem, óleo, furo, chanfro, cilindro, plano,	externamente, da biela, lubrificante, vazado de entrada, externo, cilíndrico,
04	chanfro rotacionado interno	facilitar, permitir,	montagem, manuseio, chanfro,	ergonômico, no pino excêntrico, interno,
05	chanfro rotacionado externo	permitir,	lubrificação, chanfro,	adequada, externo,
12	rebaixo rotacionado radial	alojar,	óleo, rebaixo,	lubrificante, inclinado,
14	rebaixo prismático	alojar,	suporte, batente, plano,	radialmente, de encosto inferior, de encosto superior,

continua na página 118

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
17	ressalto rotacionado axial	permitir,	saída, chanfro,	uniforme, duplo de saída,
24	corpo cilíndrico	apoiar,	biela, cubo,	internamente, cilíndrico,
25	corpo cilíndrico vazado	conduzir, impedir,	óleo, ação, cilíndro, calota,	lubrificante, turbulenta, de entrada de óleo lubrificante, vazado de saída,
27	corpo cônico vazado	interligar,	dutos, cone,	condutores, vazado de transição,
30	calota esférica	admitir,	óleo, furo,	lubrificante, passante de entrada,
35	corpo helicoidal	acoplar, absorver,	estrutura, vibrações, transição, corpo,	superior, tridimensionais superiores, tridimensionais inferiores, inferior, de absorção superior, de absorção inferior,

As Tabelas 5.25, 5.26, 5.27 e 5.28 mostram os padrões de repetição, resultantes das implementações realizadas, com base na estrutura de dados que classificam as peças do compressor pelo processo de manufatura como de estampagem, fundição, sinterização e usinagem.

Tabela 5.25 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “estampagem” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	apoiar,	rebitamento, furo,	vertical, do rebite direito da lâmina, do rebite esquerdo da lâmina
11	arredondamento prismático externo	aliviar,	tensões, arredondamento,	estruturais, ergonômico e estrutural,
14	rebaixo prismático	marcar,	lado, marcação,	de fixação, da letra de fixação,
28	corpo prismático	apoiar, unir,	fixação, extremidades, apoio,	superficial, fixadoras, da fixação do lado direito da lâmina, da base central da lâmina, de fixação do lado esquerdo da lâmina,

Tabela 5.26 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “fundição” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	permitir, aliviar, fixar, reforçar, interligar, apoiar,	tensões, deslocamento, placa, câmara, eixo, câmaras, estrutura, alívio, furo, apoio, furos,	volumétrico do pistão, de válvulas superior, de válvulas inferior, excêntrico radialmente, lateralmente, de tensões, do pistão, de fixação inferior da placa de válvulas, de fixação superior da placa de válvulas, de reforço, de rigidez, radial do eixo excêntrico, de fixação lateral,
02	furo cego cilíndrico	fixar, amortecer, rosquear,	cupilhas, fluxo, parafuso, pinos, rebaixo, rosca,	de gás refrigerante, de fixação da tampa, de fixação da válvula de exaustão, de amortecimento, de fixação,
05	chanfro rotacionado externo	permitir, aliviar, facilitar,	tensões, deslocamento, fixação,	pendular da biela, do parafuso da tampa, do bloco, rebaixo, alívio, chanfro, hastes, de tensões, de fixação, de deslocamento da haste da biela, de fixação vertical,

continua na página 119

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
09	arredondamento rotacionado externo	estruturar, permitir, aliviar, sustentar, direcionar,	tensões, fixação, apoio, montagem, alívio, furos, direcionador,	do parafuso da tampa, do bloco, da tampa, do eixo excêntrico, de tensões, de fixação, das hastes do bloco, axial do eixo excêntrico, da fixação,
10	arredondamento prismático interno	permitir, equalizar	manuseio, fluxos, arredondamento, alívio,	ergonômico, para ajuste de pressões,
11	arredondamento prismático externo	permitir, aliviar,	manuseio, tensões, arredondamento, alívio, chafro,	ergonômico, na base da câmara, da placa, de manuseio, de tensões,
13	rebaixo rotacionado axial	alojar, apoiar, equalizar,	fluxo, fixação, tampa, corpo, bloco, rebaixo,	de gás refrigerante, do parafuso da tampa, da câmara primária, da câmara secundária, de fixação, da tampa da câmara primária, interno da câmara primária, interno da câmara secundária,
14	rebaixo prismático	estruturar, prover, alojar, reduzir, permitir, amortecer,	corpo, furo, peso, alojamento, vibrações, exaustão, estrutura, rebaixo, rasgo,	de apoio da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, do corpo de apoio da placa de válvulas, da tampa plástica, mecânicas, do refrigerante, de apoio do bloco da placa de válvulas, de fixação da válvula de exaustão, estrutural, de sustentação da tampa plástica, equalizador direito, equalizador central, equalizador esquerdo,
17	ressalto rotacionado axial	apoiar,	fixação, bloco,	do parafuso da tampa, de fixação,
18	ressalto prismático	sustentar,	eixo, mancal,	axialmente, do eixo excêntrico,
24	corpo cilíndrico	estruturar, permitir, reforçar,	câmra, ligação, apoio, estrutura, corpo, cones, extensão,	maior, do bloco, primária, secundária, entre câmaras, de apoio das câmaras, do mancal, sustentação do eixo excêntrico, de rigidez, da câmara primária, inferior de apoio das câmaras, de sustentação do bloco central, de apoio superior do eixo excêntrico, de apoio inferior do eixo excêntrico,
28	corpo prismático	estruturar, prover,	bloco, sistema, sustentação, elementos, placa, corpo, bloco,	de compressão e distribuição, vazados de pressurização, estrutural, estrutural vertical, de apoio do sistema, de sustentação das câmaras, principal,

Tabela 5.27 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “sinterização” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	apoiar, conduzir,	óleo, rebites, furo, furos,	radialmente, lubrificante, das placas de balanceamento, cilíndrico inclinado,
02	furo cego cilíndrico	conduzir,	óleo, furos,	internamente, cilíndrico central,
04	chanfro rotacionado interno	captar, direcionar,	óleo, fluxo, chanfro,	lubrificante, de captação de óleo lubrificante, cilíndrico interno,
05	chanfro rotacionado externo	facilitar,	montagem, chanfro,	inferior, superior, cilíndrico externo, cilíndrico externo do pino,

continua na página 120

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
12	rebaixo rotacionado radial	aliviar,	tensões, alívio,	residuais, de tensões inferior, de tensões superior,
21	ranhura helicoidal	conduzir,	óleo, ranhura,	externamente, lubrificante, helicoidal inferior, helicoidal do pino,
22	rasgo prismático	permitir,	aspersão, cavidade,	lubrificante, de aspersão de óleo lubrificante,
24	corpo cilíndrico	fixar, apoiar, interligar,	eixo, regiões, bloco, bucha, ressalto, rebaixo, apoio, cubo,	radialmente, funcionais, axialmente, cilíndrico externo inferior, cilíndrico externo superior, cilíndrico externo, plano inferior, cilíndrico do pino,
28	corpo prismático	apoiar, prover,	bucha, balanceamento, apoio, setor,	axialmente, inferior da aba de balanceamento, superior da aba de balanceamento, plano superior,
34	rebaixo esférico	captar,	óleo, rebaixo,	lubrificante, esférico de captação de óleo lubrificante,

Tabela 5.28 – Padrões de repetição encontrados nas descrições das estruturas de funções e de regiões físicas das peças do estudo de caso classificadas como de “usagem” *versus* termos técnicos ou *features* sólidas propostos.

<b>Código</b>	<b>Termo Técnico <i>feature</i> sólida</b>	<b>Verbos</b>	<b>Substantivos</b>	<b>Qualificadores</b>
01	furo passante cilíndrico	apoiar, facilitar, conduzir,	pino, montagem, furo, chanfro, cilindro,	externamente, da biela, lubrificante, cilíndrico, externo, vazado de entrada,
04	chanfro rotacionado interno	facilitar, permitir,	montagem, manuseio, chanfro,	ergonômico, no pino excêntrico, interno,
05	chanfro rotacionado externo	permitir,	lubrificação, chanfro,	adequada, externo,
12	rebaixo rotacionado radial	alojar,	óleo, rebaixo,	lubrificante, inclinado,
17	ressalto rotacionado axial	permitir,	saída, chanfro,	uniforme, duplo de saída,
24	corpo cilíndrico	apoiar,	biela, cubo	internamente, cilíndrico,
25	corpo cilíndrico vazado	conduzir, impedir,	óleo, ação, cilindro, calota,	lubrificante, turbulenta, de entrada de óleo lubrificante, vazado de saída,
27	corpo cônico vazado	interligar,	duto, cone,	condutores, vazado de transição,
30	calota esférica	admitir.	óleo, furo,	lubrificante, passante de entrada,

#### 5.7.4 – Padrões de repetição por significados de projeto

Essa análise é feita em planilha eletrônica e mostra as correlações e tendências entre os verbos das descrições das estruturas descritivas de funções e os termos técnicos de projeto propostos. Neste caso, as correlações são feitas elemento-a-elemento. Considerando, 204 (duzentos e quatro) verbos de projeto *versus* 36 (trinta e seis) termos técnicos, a matriz totalizou 7344 (sete mil trezentos e quarenta e quatro) análises pontuais. A mesma análise pode ser feita, agora, para os 313 (trezentos e treze) substantivos e 312 (trezentos e doze) qualificadores usados nas descrições de funções, regiões físicas e *features* sólidas.

O modelo aqui apresentado pressupõe que os valores dos termos descritivos são os mais utilizados atualmente nas áreas de projeto de sistemas mecânicos. O registro dos valores é feito com



base na experiência em projeto mecânico do autor, devendo ser reavaliado e atualizado periodicamente. Entretanto, como há uma grande diversidade de terminologia técnica no português do Brasil, muitos são os significados dos termos técnicos nas diversas regiões do país, no âmbito da ciência da engenharia. Um exemplo é o caso do atuador hidráulico, uma peça que integra o sistema de freio hidráulico de alguns automóveis, que na região norte e nordeste recebe a denominação de “burrinho de freio” e que nas regiões sudeste e sul recebe a denominação de “cilindro mestre”.

Para as implementações realizadas, criou-se um repositório composto de dicionários para todos os componentes descritivos utilizados nas estruturas descritivas estudadas. Os dicionários contêm os possíveis valores dos componentes descritivos, usados nas descrições das estruturas estudadas e ainda valores tomados como identificadores de características inerentes ao domínio de projeto de sistemas mecânicos.

Cada vez que o projetista criar/descrever uma função, sua terminologia é verificada nos dicionários. Quando o termo usado não constar nos dicionários, a descrição da correspondente função aparece sem o referido termo. Caso o termo deva ser inserido no dicionário, procede-se à inserção por meio da interface apresentada no Apêndice B.

## 5.8 – Conclusão

Neste capítulo foram abordadas as implementações e as diretrizes para o uso e desenvolvimento do aplicativo de processamento das descrições nas quais foi pautada. A ênfase se deu na elaboração das estruturas descritivas de funções, regiões funcionais e das seqüências de *features* sólidas utilizadas no modelamento das peças do estudo de caso, um compressor alternativo de pistão. O processamento das descrições mencionadas enfatizou relações conceituais (RC), relações topológicas lingüísticas (RL) e relações topológicas (RT), cujos resultados foram compilados para a análise dos padrões repetitivos.

Para correlacionar os domínios de manufatura e projeto, algumas implementações com ênfase na taxonomia das peças, foram realizadas. Como resultados são apontados padrões de repetição classificados por tipo de processo de obtenção da peça e por tipo de forma geométrica principal.

## Capítulo 6 – Conclusões

### 6.1 - Introdução

Neste trabalho, foi implementada uma abordagem computacional em direção ao mapeamento função-forma, baseada nas descrições de funções de peças, relacionadas às regiões físicas e as *features* sólidas usadas no seu modelamento geométrico. O modelamento das estruturas descritivas de funções, regiões físicas e *features* sólidas, correspondentes às peças de um estudo de caso foi realizado na plataforma de um aplicativo computacional. O resultado, representado por padrões de repetição, mostra que existem correlações entre os componentes das descrições das funções da peça com as descrições das *features* sólidas utilizadas na sua modelagem geométrica sólida. Isso decorreu do processamento entre as estruturas descritivas entre o domínio funcional e o das possíveis geometrias sólidas que podem resolvê-las. Esses resultados podem ser usados na composição de regras para geração automática de geometria sólida.

O modelo hierárquico em árvores foi utilizado nas representações das estruturas descritivas de funções e de regiões físicas. Da mesma forma foi utilizado um modelo de representação de *features* sólidas, similar às seqüências de operações usadas pelo projetista, durante o modelamento sólido no sistema CAD.

Para a criação das estruturas descritivas citadas, foi desenvolvido um aplicativo contendo interfaces com o usuário. Ela permite a criação das descrições funcionais de peças em três ou mais níveis hierárquicos e a denominação de suas correspondentes estruturas de regiões físicas. Essa mesma interface é utilizada na composição dos dicionários que reservam as classes de palavras usadas nas verificações de validade das descrições.

As descrições são feitas com base em padrões de composição gramatical, tanto para as funções de peças, como para as regiões físicas e *features* sólidas. Essas composições são feitas, no caso das descrições de funções da peça, com um verbo, um substantivo e um qualificador. Para as descrições de regiões físicas, o padrão prevê a utilização de um substantivo e um qualificador. As *features* sólidas são identificadas por um padrão terminológico resultante de uma pesquisa de campo realizada em empresas do ramo metal-mecânico na região do meio oeste de Santa Catarina.

O aplicativo computacional desenvolvido permite o processamento das descrições estudadas sobre três principais enfoques:

(01) Verificar correlações conceituais entre as descrições de todas as estruturas funcionais e de regiões físicas de um grupo de peças;

(02) Verificar correlações topológicas entre as descrições de estruturas funcionais e suas correspondentes estruturas de regiões físicas e *features* sólidas;

(03) Verificar as ocorrências de herança entre os componentes descritivos numa dada estrutura, seja de funções ou de regiões físicas;

Como resultado, essa pesquisa apontou uma convergência de descrições de funções e seus respectivos significados de projeto, para 36 (trinta e seis) termos técnicos, que englobam os operadores mais utilizados no modelamento geométrico sólido em sistemas CAD atualmente. Assim, a representação de *features* sólidas nas correlações com as demais estruturas descritivas implementadas, é feita usando esses termos técnicos para organizar as ocorrências descritivas.

## 6.2 – O relacionamento função-forma

O texto relata o desenvolvimento da pesquisa que implementou uma forma de correlacionar descrições de funções com descrições de formas geométricas. O aperfeiçoamento da relação função-forma no projeto de peças requer o estabelecimento de requisitos de projeto decorrentes da especificação do projeto do produto, mas que estejam mais diretamente associados aos detalhes geométricos e funcionais de cada peça que compõem o produto.

Em conseqüência, há o entendimento de que a representação e o modelamento de peças aqui apresentados são uma necessidade na indústria, quanto ao processamento de informações que decorrem de seus projetos mecânicos, uma vez que, a documentação de projeto ainda não é eficientemente gerenciada. Tal constatação, ainda repercute num considerável distanciamento entre o processo de definição do problema e o estabelecimento dos requisitos primordiais à busca de soluções geométricas, no projeto de peças. Naturalmente, o projetista quer melhorar o processo de definição de suas soluções, mas não está claro até que ponto isso está resolvido. O processo de busca de soluções alternativas é vinculado ao conhecimento profissional do projetista, sobretudo, à sua familiarização com métodos alternativos de projeto cujo fim seja, a partir do desdobramento funcional das funções mais elementares no nível hierárquico de produto, chegar mais rapidamente às geometrias sólidas dos detalhes das peças que o compõem.

Ao descrever as relações da tese aqui problematizada, levantou-se a hipótese de que é necessário estabelecer associatividades entre o modelo que mapeia as intenções de projeto com o modelo que realiza as representações das formas geométricas que resolvem essa necessidade. Para tal, foram desenvolvidos os modelos de representação das funções e o que representa as regiões físicas que as sustentam. Daí foi necessário realizar o estudo de caso com o compressor alternativo cujos dados foram essenciais às implementações das correlações descritivas decorrentes das suas descrições funcionais e físicas. O compressor alternativo de refrigeração EGS80HLP (EMBRACO) foi escolhido para esse estudo.

Para o mapeamento de resultados, a significação dos componentes das estruturas descritivas apresentadas estabeleceu um paradigma, o que implica na necessidade de se organizar descritivamente

as intenções de projeto para definição de soluções geométricas da peça. O modelo apresentado propõe uma nova maneira de trabalhar o conhecimento sobre funções a partir das peças, suas regiões funcionais e dos detalhes geométricos que as caracterizam.

Os modelos que correspondem às geometrias sólidas das peças do sistema mecânico do compressor alternativo estudado foram re-criados para a definição da base de conhecimento sobre as estruturas descritivas de funções, regiões físicas e as seqüências de *features* sólidas.

O desdobramento funcional necessário de produto à peça permite discretizar o comportamento em uso do produto porque as peças, quando simultaneamente em uso, podem ser representadas por modelos de inter-relacionamento. Nesta pesquisa, o modelo em árvore foi pensado como sendo a melhor forma de representar relacionamentos funcionais, pois o foco principal aqui foi o modelamento geométrico sólido resultante e não, propriamente, o comportamento em uso da peça. Futuramente, pode-se concluir que o modelo em rede seja o mais adequado para esse tipo de representação. O modelo de relacionamento entre funções em rede, pressupõe que as relações entre funções não são eminentemente estáticas, como mostra o modelo em árvores. Ao contrário, prevê que existem relações entre funções de diferentes níveis e em várias direções e, ainda, que os nós formados pelas junções entre os vários possíveis relacionamentos são objetos que contêm mais informações do que simplesmente o nome e a direção de atuação daquela função.

Por isso, o mapeamento função-forma se alinha à significação de projeto dada ao produto pelo projetista, pois suas intenções são expressas verbalmente e quase sempre, representadas num croqui como uma junção de quadros organizados em nós numa árvore hierárquica. A base de conhecimento aqui gerada tenta esclarecer porque a representação funcional de peças na busca das definições geométricas do produto é importante.

Na atividade de projeto mecânico, as tecnologias de CAE/CAD/CAM são ainda beneficiadas por tratarem de modelos cuja repercussão decorre do modelamento funcional. As solicitações estáticas e dinâmicas sofridas pelo produto, podem ser verificadas sob a ótica do modelo funcional de cada peça. Outra repercussão, é na manufatura da peça, quando as funções que se alinham com os processos de fabricação, podem ser antecipadamente definidas.

Normalmente, o projetista não realiza o modelamento sólido de peças com base numa estrutura funcional bem definida. É necessário que além de buscar apenas a definição geométrica das peças, sejam também definidos os requisitos de manufatura (fabricação e montagem) e de uso do produto devem ser previstos já no projeto funcional da peça. Os parâmetros das peças que têm relação com a manufatura e, sobretudo, com o uso do produto, podem auxiliar na descrição das funções da peça segundo uma estrutura hierarquizada e organizada. Isso configura o mapeamento do desdobramento das funções das peças e pode auxiliar na definição de suas geometrias sólidas.

### 6.3 – A implementação

As descrições das estruturas funcionais, de regiões físicas e das seqüências de *features* sólidas das peças apresentadas aqui, são processadas num modelo computacional, cujas características se apoiam na orientação a objetos. Isso significa que sua extensão e atualização podem ser feitas quando necessário for, sem comprometimento do código. Uma vantagem que este tipo de linguagem apresenta, é sua versatilidade e a facilidade de reprogramação.

As classes programadas para o aplicativo de implementação da tese, são disponibilizadas no CD que acompanha a tese. O usuário deverá instalar na raiz da partição “C” de seu *Hard Disk*, os pacotes *J2SDK* e *J2RE* da tecnologia *Java* para poder criar e operar as estruturas descritas.

Como implementação, as relações de topologia e conceituais foram processadas e registradas em diretórios distintos. As relações de topologia mapearam as ocorrências que dizem respeito exclusivamente às correlações entre *features* sólidas, regiões físicas e descrições funcionais. As relações conceituais são mais abrangentes, pois foram processadas para um grupo maior de estruturas descritivas, inclusive para todas as peças do estudo de caso, simultaneamente.

As tabelas resultantes das implementações formam mapas de ocorrências dos componentes que correspondem às frases das descrições. São matrizes de ocorrências que identificam quando provavelmente uma determinada descrição tem uma repercussão em termos de geometrias, representadas pelas *features* sólidas cuja terminologia segue o padrão proposto. Isso levou ao levantamento dos padrões de repetição já mencionados.

### 6.4 – Resultados alcançados

Como resultado, essa pesquisa apontou uma convergência de descrições, funções e respectivos significados de projeto para 36 (trinta e seis) termos que englobam os operadores mais utilizados no modelamento geométrico sólido em sistemas CAD. Assim, a representação das *features* sólidas nas correlações com as demais estruturas descritivas implementadas é feita usando trinta e seis termos técnicos propostos na organização das ocorrências descritivas.

Uma vez que um detalhe ou grupo de detalhes está associado a uma ou mais *features* sólidas, isso permitiu a indicação dos padrões de repetição, descritos nas Tabelas 5.20 à 5.28. À medida que os dicionários forem sendo alimentados com a terminologia técnica utilizada num dado domínio de aplicação, há probabilidade de se fazer o mapeamento de ocorrências dos componentes das estruturas descritivas de funções e de regiões físicas no espaço de geometrias possíveis mais facilmente, por meio de uma terminologia indicativa de *features* sólidas, customizada para aquele domínio.

Por meio da interface do aplicativo de implementação, pode-se processar uma grande quantidade de correlações descritivas entre as estruturas funcionais, de regiões físicas e *features*

sólidas. As tabelas dos padrões de repetição e os valores de cada componente descritivo, agora podem ser utilizados na indicação de correlações com as *features* sólidas lá descritas.

Obviamente, não apenas 36 (trinta e seis) *features* sólidas completam o universo dos tipos de geometrias sólidas possíveis. No entanto, pressupõe-se aqui que essa quantidade de geometrias 3D seja capaz de representar a grande maioria de tipos de operações de modelamento geométrico 3D de peças laminares, mistas, prismáticas e rotacionais, o que permite a descrição dos padrões de repetição relacionados às geometrias 3D básicas.

O indicativo apontado por este trabalho acerca dos padrões de repetição classificados por taxonomia, tanto na direção de forma geométrica como na direção de tipo de processos de manufatura é o embrião do operador zéta ( $\zeta$ ). A continuidade deste trabalho prevê dois caminhos naturais: o primeiro voltado ao aperfeiçoamento da maneira de projetar por meio de descrições funcionais e, um segundo, que deve objetivar a construção de um *parser*, simbólico ou conexionista. Esse último deverá utilizar as regras construídas sobre os padrões de repetição, para a conversão automática função-forma, transformando descrições funcionais e operadores de modelagem geométrica, a priori, identificados aqui como *features* sólidas. Esta forma de modelagem engloba, não apenas o conteúdo intencional de projeto, como organiza as estruturas sobre as quais o projeto das peças deve ser realizado.

## 6.5 – Limitações do modelo

Todos os modelos aqui desenvolvidos tiveram como base árvores hierárquicas. Isso restringiu as representações e os processamentos, uma vez que o modelo em árvore hierárquica é rígido, pois mostra que as relações entre funções são conectadas univocamente, o que se assemelha às conexões físicas onde as associações se fazem pelo contato físico dos materiais que compõem as peças.

Na verdade, ao verificar o comportamento em uso de um produto, nota-se que as funções podem se relacionar não-univocamente, mas estabelecerem conexões com diferentes níveis hierárquicos numa mesma estrutura funcional. Isso é mais fácil de ser representado num modelo em rede. Por isso, o modelo em rede pode tornar-se uma representação mais adequada permitindo que os relacionamentos entre os nós da árvore possam ser feitos multi-direcionalmente, ou seja, em várias direções e não em apenas uma direção, como é o caso do modelo rígido de árvores hierárquicas.

Os dados que alimentaram o modelo caracterizam também uma limitação. Obviamente, um número maior de peças analisadas o tornaria mais consistente. Isso possibilitaria uma definição mais precisa dos padrões de repetição.

Uma outra limitação é a abordagem de geração de forma a partir de interfaces funcionais. Pensando nas alternativas de soluções geométricas para cada região funcional da peça, existem inúmeros princípios de solução que podem atender à função desejada. Nesse caso, há a necessidade de se desenvolver um método que aponte requisitos de projeto de peça para levar à uma escolha

adequada. Existem princípios de projeto preliminar que são “condutores” das formas necessárias à peça, por exemplo, “minimizar massa”, “maximizar resistência”, etc. Na definição de forma, as intenções de projeto devem estar associadas ou orientadas por esses princípios de projeto preliminar, que vêm de estudos científicos e/ou da experiência do projetista.

Em contrapartida, o desempenho técnico da geometria a ser escolhida para a peça deve ser levado em consideração mediante uma análise de solicitação *versus* geometria com a utilização de *softwares* de análise dinâmica. Pode-se, por exemplo, escolher a resistência, em detrimento da rigidez, como principal requisito de definição de geometria. Assim, a ênfase na escolha será dada à geometria que repercuta na peça uma maior resistência mecânica.

Do ponto de vista computacional, como o processamento da escrita tem por objeto a facilidade e rapidez na comunicação de idéias e intenções, no âmbito da atividade de projeto mecânico, há uma considerável dificuldade do(a) projetista(a) em registrar suas intenções sistematicamente por meio de descrições funcionais, por força do hábito não sistemático de projetar.

Por isso, as vantagens que se pode obter a aplicação do método indicado por esta pesquisa, apenas deverão ser evidenciadas com o enriquecimento do modelo a partir de estudos de casos que possam apresentar uma maior quantidade de dados e informações sobre suas estruturas descritivas de funções, regiões físicas e as correspondentes seqüências de *features* sólidas.

Essa prática poderá levar à definição de rotinas computacionais capazes de filtrar mais adequadamente as informações obtidas no processo de projeto em direção ao modelamento geométrico automático de peças, a partir da descrição manual de suas funções.

## 6.6 – Direcionamento para trabalhos futuros

Alguns direcionamentos relevantes na direção do pós-processamento dos resultados são colocados. Parte-se do princípio de que o trabalho deva continuar tendo dois principais caminhos: a continuidade do aprimoramento computacional de implementação, em que a busca e a realização de estudos de casos é o ponto chave, para especializar a sistemática proposta, que precisa ser aperfeiçoada tanto no modelo como na metodologia.

Em segundo lugar, incrementar o conteúdo do *corpus* lingüístico específico da área de projeto de sistemas mecânicos no domínio de aplicação de projeto mecânico em que está inserido. Isso irá permitir desenvolver mais rapidamente o *parser*, permitindo a interpretação das linguagens descritivas propostas e o apontamento dos operadores de gerar as geometrias sólidas, automaticamente, no sistema *CAD*.

### 6.6.1 – A necessidade do “*parser*”

O aprimoramento dos resultados deste trabalho deve passar pelo desenvolvimento de um *parser*. Ele deverá conter regras de projeto baseadas na experiência do projetista e nos princípios de projeto preliminar que servirão à definição automática de geometrias a partir da interpretação dos significados de projeto estabelecidos nas descrições funcionais pelo projetista. A terminologia usada e a proposta de padronização dos nomes dos operadores de geometria 3D, anteriormente abordadas, foram construídas com ênfase no estudo de caso do compressor.

Durante as implementações, foram geradas tabelas de correlações para os três tipos de verificações mencionadas na seção 5.1. Isso possibilitou apontar padrões de repetição que mostraram a existência de correlações entre as descrições funcionais e as geometrias que as realizam no uso do produto nos vários níveis hierárquicos modelados.

Os padrões de repetição encontrados e mostrados no Capítulo 5 são indicativos de que existem regras no relacionamento função-forma. Estas regras podem ser aperfeiçoadas e utilizadas na composição dos algoritmos de programação de um analisador gramatical, denominado também de *parser*, cujo resultado é a indicação automática ao projetista das geometrias sólidas a partir de descrições funcionais. Como existem diferentes princípios de solução como alternativas para a realização de uma função, esse processo deve passar por uma avaliação criteriosa antes da definição aproximada da geometria. Diferentes tipos de solução devem ser avaliados segundo os requisitos de projeto da peça, montagem e/ou produto.

Logicamente, um ou mais elementos direcionadores ou “condutores” da melhor geometria para um dado detalhe da peça, será requerido. Um método que auxilie na busca das soluções detalhadas mais adequadas à geometria da peça deve ser desenvolvido e “acoplado” ao processo de definição final do modelo sólido da peça, o que evitará o aparecimento de soluções geométricas “fantasmas” ou “*franksteins*” geométricos.

Isso pode ser feito tão especializadamente quanto maior for o número de informações sistematizadas que estejam ligadas aos requisitos de projeto para cada peça do produto. Dessa forma, a escolha da geometria mais adequada fica condicionada às análises inerentes ao *parser* pelo processamento simultâneo destas com as correlações das descrições provenientes das intenções de projeto do projetista, que por sua vez, provêm das necessidades funcionais do grupo de peças em projeto.

Uma gramática é uma coleção de regras associadas à linguagem. Essa coleção de regras determina as sentenças da linguagem, como as sentenças que correspondem às descrições aqui trabalhadas. O *parser*, ao “ler” a descrição ou a sentença funcional, inicia um processo de verificação em cadeia. Esse processo começa com a *tokenização*, ou seja, com a separação da sentença em *tokens*. *Tokens* são pedaços da sentença, por exemplo, não apenas os termos da sentença, mas os espaços em



branco entre os termos podem ser considerados como *tokens*. Os *tokens* podem ser terminais e não-terminais. As regras de uma gramática são compostas de *tokens* não-terminais. As regras têm a seguinte estrutura lógica: regra 1 = [ação1, objeto 3, qualidade 2,...,etc], em que as ações podem ser os tipos de verbos, os objetos podem ser os tipos de substantivos e as qualidades, os tipos de qualificadores, como prescreve o modelo de implementação desta pesquisa.

A função do *parser* passa pela verificação de quê termos são válidos para uma dada linguagem. O que não for pertencente à linguagem é “lixo” e, portanto, deve ser eliminado. No entanto, existem termos que apresentam significados diversos. Por isso, são necessários os dicionários para cada tipo de termo da estrutura da linguagem.

#### 6.6.2 – Propostas de pesquisas

A análise descrita anteriormente é uma das análises que um *parser* deve fazer. Outra verificação importante é a análise semântica e a análise pragmática que, naturalmente terão que ser feitas no desenvolvimento de um trabalho com esse objetivo.

Um *parser* indica a implementação de um analisador. Isso não foi feito aqui em função da indisponibilidade de tempo. Esse tipo de pesquisa fica como sugestão para a continuidade do trabalho, por pesquisadores que tenham esse entendimento na área de projeto de sistemas mecânicos com ênfase em *CAD*.

As regras do *parser* podem ser alimentadas pelos padrões de repetição detectados nas implementações deste trabalho. Portanto, a sugestão imediata para futuros trabalhos é o desenvolvimento do *parser* usando regras baseadas nos padrões de repetição aqui descritos. Este passo pode implicar num considerável avanço da tecnologia de modelamento sólido porque a partir daí dicionários com um maior número de termos técnicos poderão ser desenvolvidos para o aperfeiçoamento do modelo.

Outra sugestão é um trabalho que envolva uma ampla pesquisa, via *Internet* por meio de um portal, direcionada especificamente aos projetistas mecânicos e profissionais de projeto. A resposta à questionários com blocos de questões estruturadas, podem alimentar um banco de dados e com o tratamento adequado dessas informações, enriquecer a proposta de terminologia aqui iniciada.

#### 6.6.3 – Aplicação da metodologia à realidade virtual

Como o processamento da voz passa, inicialmente, pelo processamento da escrita, o aperfeiçoamento de técnicas de processamento da escrita ou do processamento de descrições aqui implementadas é um caminho para o modelamento de realidade virtual, pensando na comunicação do projetista com seu modelador geométrico, por meio da vocalização das funções necessárias às peças em projeto. Naturalmente, o processo de projeto como um todo seria beneficiado com tal tecnologia,

desde que uma estrutura de dados pudesse ser acoplada adequadamente às entradas e saídas que contêm as informações controladas pelo modelo de sistematização usado.

Quanto à operação computacional imediata para a obtenção de formas geométricas, poderá ser feita a partir da estruturação de regras que estejam associadas às operações de visualização sólida do sistema *CAD* utilizado. Certamente, isso deverá passar por uma melhor organização de como evidenciar os requisitos de projeto da peça, simultaneamente com a operação de descrição funcional e conseqüente, criação do modelo sólido que corresponde à peça, baseado na especificação de projeto da peça.

## 6.7 – Algumas vantagens apontadas

Algumas vantagens, em relação a sistemas convencionais de projeto, podem ser alcançadas por meio do sistema proposto e são descritas a seguir:

(1) Sistematização da atividade de modelar geometricamente peças e sistema mecânicos na fase de projeto preliminar;

(2) Organização das informações funcionais do projeto de produto por meio de uma estrutura de dados associada a um sistema computacional integrado que pode migrar às demais etapas do ciclo de vida do produto, principalmente na manufatura e manutenção;

(3) Treinamento técnico e acessibilidade para a atividade de projeto, uma vez que pode fornecer soluções alternativas ao projetista;

(4) Futuramente, poderá aprender com sua própria experiência. Novos produtos podem ser projetados sem que o projetista corra o risco de cometer os mesmos erros de projetos anteriores, apesar da criatividade ser consideravelmente onerada;

(5) A fácil expansão do sistema computacional por sua modularidade é outra vantagem. A linguagem utilizada na programação dos algoritmos é leve, portátil em qualquer sistema operacional, totalmente gratuita, orientada a objetos e fácil de reusar;

(6) A sistematização aqui proposta pode levar à redução do tempo de projeto em comparação aos procedimentos convencionais para esse tipo de tarefa;

Considerando que, na busca de soluções alternativas para a realização de uma função necessária a um projeto, o(a) projetista processa mentalmente suas alternativas de solução geométricas de maneira sólida e não plana, entende-se que o mais lógico é fazer a correlação da função com as possíveis formas geométricas tridimensionais, sólidas ou 3D.

No entanto, nos sistemas *CAD* convencionais, que ainda não suportam projeto com base em funções de forma sistemática, a criação da peça depende da pré-definição de geometrias planas,

denominadas de *sketches* ou *profiles* para posteriormente gerar o sólido correspondente. Assim, este trabalho contribui para a organização do conhecimento sobre funções para futuros trabalhos que busquem a definição de geometrias planas e sólidas a partir do desdobramento funcional da peça.

Com relação à interface computacional ou aplicativo de implementação da proposta da tese, apesar de atender aos requisitos durante seu uso nas implementações, não foi exaustivamente utilizada para que se tivesse obtido melhores indicativos de sua performance no uso, ou na prática de projeto. A avaliação por diferentes usuários foi feita apenas localmente, não em termos de escritórios de projeto, a exemplo, da pesquisa realizada sobre terminologia técnica para a proposição dos 36 (trinta e seis) termos técnicos de projeto mecânico usados na pesquisa para identificar as *features* sólidas do sistema CAD. Portanto, salienta-se que, em laboratório e com vistas às implementações realizadas, o aplicativo apresentou uma ótima performance, de forma amigável e sem problemas de manipulação via “mouse” e de “*bugs*” de programação.

De âmbito geral, supõe-se ter levantado as questões necessárias à elaboração da proposta do trabalho ao nível de tese, acrescentando que embora seu planejamento, desenvolvimento e implementação tenham sido demorados, isso dependeu sobremaneira do correto dimensionamento de seu escopo no início da pesquisa. Por isso, entende-se que na verificação de conteúdo e profundidade do tema o ponto de maior relevância é sua abrangência e originalidade no âmbito do projeto mecânico do domínio da engenharia mecânica.

## 7 – Referências bibliográficas e bibliografia

### Referências bibliográficas

BERZTISS, A. T., Natural-language-based development of information systems, *Data & Knowledge Engineering*, Vol 23, pp. 47-57, 1997;

BLANCHARD, B. S. & FABRYCKY, W. J., *Systems Engineering and Analysis*, Prentice-Hal, 1990;

BOUZEGHOUB, M., Natural language for data bases, *Data & Knowledge Engineering*, Vol 21, pp. 109-110, 1997;

CARBALIHO, J. P-. & STRZALKOWSKI, T., Natural language information retrieval: progress report, *Information Processing and Management*, Vol. 36, pp. 155-178, 2000;

CASE, K. & HOUNSELL, M.S., Feature modelling: a validation methodology and its evaluation, *Journal of Materials Processing Technology* 4655, 1-9, 2000;

CASTRUCCI, B., *Elementos de teoria de conjuntos*, Livraria Nobel S.A, São Paulo, 1975;

DENG, P. -S. & TSACLE, E. G., Coupling genetic algorithms and rule-based systems for complex decisions, *Expert Systems with Applications*, Vol. 19, pp. 209-218, 2000;

FERNÁNDEZ, P. M. & SERRANO, A. M. G., The role of knowledge-based technology in language applications development, *Expert Systems with Applications*, Vol 19, pp. 31-44, 2000;

FONSECA, A. J. H., *Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e Sua Implementação Computacional*, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, outubro de 2000;

FRENCH, M. J. *Conceptual Design for Engineers*, 2<sup>a</sup> Ed.– Springer Verlag – London, 1985;

GUI, J-K., et al, Functional deployment of semantic product modeling in a virtual enterprise, *International Conference on Engineering Design, ICED'99*, vol. 2, pp.691-696, Munich, August, 1999;

HUBKA, V. & EDER, W. E., *Theory Technical Systems – A Total Concept Theory for Engineering Design*, Springer Verlag, New York, 1988;

HUNDAL, M.S. and Byrne, J.F., Computer-assisted generation of function block diagrams in a methodical design procedure, New York, ASME, pp 252-258, 1990;

HUNDAL, M.S., A systematic method for developing function structures, solution and concept variants, *Mechanisms and Machines Theory*, Vol 25, N0 3, pp 243-256, 1990;

HUNDAL, M.S., A methodical procedure for search of solutions from function structures, ICED'91 proceedings, pp 9-16, 1991;

JAVA TECHNOLOGY, Sun Microsystems, Inc. – Nasdaq: SUNW, <http://www.sun.com/>, (2000);

KAVAKLI, M. et al., Structure in idea sketching behaviour, Design Studies, Vol. 19, pp. 485–517, Elsevier Science Ltd ., 1998;

KIRSCHMAN, C. F. & FADEL, G. M., Classifying Functions for Mechanical Design, Journal of Mechanical design, Vol. 120. pp. 475-482, ASME, 1998;

LINHARES, J. C. DIAS, A. Part Design: Functional and geometric Modeling Domain Relationship, Proceedings of FAIM'03- Flexible Automation & Intelligent Manufacturing - FAIM'2003, p. 519-529, Tampa, Flórida, 2003;

LINHARES, J. C. DIAS, A. Uma abordagem computacional para projeto de peças baseado em funções para projeto preliminar de produto. In: CONEM'02 - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, João Pessoa - PB. CD - II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. v. I, p. 137-137, 2002;

LINHARES, J. C. DIAS, A., A Linguistic Approach Proposal for Mechanical Design using Natural Language Processing. In: IV Encontro para o processamento computacional da língua portuguesa escrita e falada, Faro. Proceedings of IV Encontro para o Processamento Computacional da Língua Portuguesa Escrita e Falada. 2003;

LINHARES, J. C. DIAS, A., Functional and geometric modeling domain relationship to part design. In: Proceedings of CIRP'03 – 17th International Conference on Production Research, Blacksburg, Virginia, 2003;

LINHARES, J. C. DIAS, A., Mechanical Design: Relationship between Funcional semantic and geometric domain modeling for parts. 17 th International Congress of Mechanical Engineering, Celso Pupo Pesce, v. 1, p. 260-resum, São Paulo, 2003;

LINHARES, J. C. DIAS, A., Relationship between functional and geometric modeling domain on preliminary part design. Proceedings of ICCE-11, 2004, Eleventh International Conference on Composites or Nano Engineering, South Carolina, 2004;

LINHARES, J. C. e DIAS, A., A new approach to integrated mechanical part design, Proceedings of the Flexible Automation & Intelligent Manufacturing - FAIM'01, Dublin, Irlanda, 2001;

LINHARES, J. C. e DIAS, A., Integrated computational interface in preliminary design applied to mechanical part design, Proceedings of the International CIRP Design Seminar - CIRP'01, pp. 283-288, Estocolmo, Suécia, 2001;

LINHARES, J. C. e DIAS, A., Interface computacional integrada para projeto preliminar de peças, Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM'01, Uberlândia, SP, 2001;

- LINHARES, J. C. e DIAS, A., Proposta de uma interface computacional integrada para projeto preliminar aplicada ao projeto de peças, Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto - CBGDP'01, Florianópolis, SC, 2001;
- LINHARES, J. C. e DIAS, Uma nova abordagem para o projeto preliminar de peças, Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica - CIDIM'01, Mérida, Venezuela, 2001;
- LINHARES, J. C., et al , A linguistic approach using natural language processing for mechanical parts design, Sociedad Española para el Procesamiento Del Lenguaje Natural - SEPLN'01, Jaén, Espanha, 2001;
- LINHARES, J. C., Modelamento de Dados para o Desenvolvimento e Representação de Peças – Estudo de Casos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2000;
- LIPSCHUTZ, S., Teoria dos conjuntos, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1972;
- MCGOWN, A. et al., Visible ideas: information patterns of conceptual sketch activity, Design Studies, Vol. 19, pp. 431–453, Elsevier Science Ltd 1998;
- METAIS, E. & MAYR, H. C., NLDB'99: Applications of natural language to information systems, Data & Knowledge Engineering, Vol 35, pp. 107-109, Elsevier, 2000;
- OGLIARI, A., Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Julho de 1999;
- PAHL, G. & BEITZ, W., Engineering Design – A systematic approach, Springer Verlag, Berlin, 1988;
- PAHL, G. & BEITZ, W., Engineering Design – A systematic approach, Springer Verlag, New York, 1996;
- PRABHU, B. S., BISWAS, S. & PANDE, S. S., Intelligent system for extraction of product data from CADD models, Computers in Industry, Vol. 44, pp. 79-95, 2001;
- PUGH, S., Total design Integrated Methods for Successful Product Engineering, Addison Wesley Publishing Company, 1991;
- QINA, S.F, et al., From on-line sketching to 2D and 3D geometry: a system based on fuzzy knowledge, Computer-Aided Design, vol, 32, pp. 85-866, 2000;
- RODENACKER, W.G., Methodisches Konstruieren, Spring Verlag Berlin, New York, 1984;
- RODGERS,P.A. et al, Using concept sketches to track design progress, Design Studies Vol, pp451-464, Elsevier Science Ltd, 2000;
- ROTH, K., Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Spring Verlag, Berlin, New York, 1982;

- ROY, U. et al., Function-to-form mapping: model, representation and applications in design synthesis, *Computer-Aided Design* 33, pp. 699-719, Elsevier, 2001;
- SANCHEZ, de Zavala V., *Semantica y sintaxis en la linguistica transformatoria*, Alianza, Madrid, 1974;
- SCHULTE, WEBER & STARK - The relationship between function and shape. *ICED'93* pp 87-98, 1993;
- SHAH, J. J. & MÄNTYLÄ, M., *Parametric and Feature-Based CAD/CAM - Concepts, Techniques, Applications*, Wiley Interscience, New York, 1995;
- SHIMOMURA, Y. et al. Representation of design object based on the functional evolution process model, *Proceedings of Design Theory and methodology - DTM'95*, ASME, 1995;
- SNIKE, Enciclopédia, [http://encyclopedie-pt.snyke.com/index\\_pt.html](http://encyclopedie-pt.snyke.com/index_pt.html), (2005);
- SOLID EDGE, Unigraphics Systems – UGS, <http://www.ugs.com>, (2002);
- TAKEDA et al., *Function modeling: Confluence of process modeling and object modeling*, Nara Institute of Science and Technology, Takayama, Ikoma, Japan, 1994;
- TOMIYAMA, T. & UMEDA, Y., *A CAD for Functional Design*, *Ann. CIRP*, Vol. 42, pp. 143-14, 1993;
- ULLMAN, D. G., *The Mechanical Design Process*. McGraw-Hill, Inc., New York, 1992;
- ULRICH, K. T. & EPPINGER, S. D., *Product Design and Development*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1995;
- UMEDA et al, *Supporting Conceptual Design Based on the Function-Behavior-State Modeler*, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 10, 1995;
- VDI GUIDELINE 2221, "Systematic approach to the design of technical systems and products". Düsseldorf: VDI Verlag. 1987;
- YOSHIOKA et al, *Functional modeling on the basis of functional flow and verb-noun models*, *International Conference on Engineering Design, ICED'99*, vol. 2, pp.1195-1198, Munich, August, 1999;

## Bibliografia

- ADUNKA, R. & MEERKMAMM, H., *Function structures in TRIZ e VDI 2222- Contradiction or completion*, *International Conference on Engineering Design, ICED'99*, vol. 3, pp.1707-1710, Munich, August, 1999;

- ADUNKA, R. AND MEERKAMM, H., “*Function structures in TRIZ and VDI 2222 – contradiction or completion*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.1707-1710, Agosto de 1999;
- AGARWAL M. AND CAGAN. J., “*Systematic form and function design of mems resonators using shape grammars*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.823-828, Agosto, 1999;
- ALENCAR F<sup>o</sup>., E., *Relações e funções*, Livraria Nobel S.A., São Paulo, 1972
- ALONSO, F., FUERTES, J.L., MARTÍNEZ, L. & MONTES, C., An incremental solution for developing knowledge-based software: its application to an expert system for isokinetics interpretation, *Expert Systems with Applications*, Vol. 18, 99. 165-184, 2000;
- AMMERAAL, L., *Computer Graphics for Java Programmers*, John Wiley & Sons, USA, 1998;
- ASIMOV, M. *Introdução ao Projeto de Engenharia*. Editora Mestre Jou, 1968;
- AZEVEDO, G. *Gramática da Língua Portuguesa*. Editora Brasiliense, São Paulo, 1985;
- BACK, N. *Metodologia de Projeto de Produtos Industriais*. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983;
- BACK. N., e FORCELLINI, F. Apostila sobre Projeto Conceitual e notas de aula. Disciplina. *EMC 6605*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, *UFSC*, 1998;
- BASSO, d., *Teoria de conjuntos*, Editora Sgra, Porto Alegre, 1977;
- BIDARRA, R. AND BRONSVOOT, W.F., “*Semantic feature modelling*”, *Computer Aided Design*, Vol. 32, N<sup>o</sup> 3, Março de 2000, pp. 201-225;
- BRITO, G.S. , *Linguistas e computadores: que relação é essa?*, *Working Papers em Lingüística – UFSC. CCE – Curso de Pós-Graduação em Lingüística*, Florianópolis, CPGLg, 2000;
- ESPÍNDOLA, J. C. Apostila de “*Computer Aided Process Plain*” *CAPP, GRUCON/EMC/ UFSC*, 1996;
- FENG, C.-X. (JACK), ET AL., *Representation of functions and features in detail design*, *Computer-Aid Design*, Vol. 28, N<sup>o</sup>. 12, pp. 961-971, 1996;
- FIOD, M. *Desenvolvimento de Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais*. Tese em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, setembro, 1993;
- FUJITA, K., NAKAYAMA, T. AND AKAGI, S., “*Integrated product design methodology for aesthetics, functions and geometry with feature-based modeling and constraint management*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.1753-1756, Agosto de 1999;



- FURLAN, J. D. Modelagem de Objetos através da *UML* – Análise e Desenhos Orientados a Objetos. Makron Books São Paulo, 1998;
- HOUNSELL, M. - Feature-based Validation Reasoning for Intent-driven Engineering Design – Loughborough University, Tese de Doutorado em Engenharia, 1998;
- JIANG, M. F., TSENG, S. S. & TSAI, C. J., Intelligent query agent for structural document databases, Expert System with Applications, Vol. 17, pp. 105-113, 1999;
- JIN-KANG, G., Launonem, R., Salminen, E.V. and Sonera, T.K., “*Functional deployment of semantic product modelling in a virtual enterprise*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.691-696, Agosto, 1999;
- JOHNSON, R. C., Optimum Design of Mechanical Elements, Cap. 7, John Wiley & Sons, Inc. Introduction to Optimum Design for Mechanical Elements, 1961;
- KOPSCH, J et al., Semantic modeling – A new concept to create design models simultaneously;
- LI, X. & ROSANO, F. L., Adaptive fuzzy petri nets for dynamic knowledge representation and inference, Expert System with Applications, Vol. 19, pp. 235-241, 2000;
- LINHARES, J.C., & DALIACOSTA, D., Pesquisa sobre Terminologia técnica de projeto aplicada ao domínio de projeto de sistemas mecânicos, Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnologias em Engenharias, CRICTE'03, Itajaí, SC, 2003;
- LIU, Y.C., CHAKRABARTI, A. AND BLIGH, T., “*A strategy for functional design*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.1187-1190, Agosto, 1999;
- LIU, Y.C., et al., A strategy for functional design, International Conference on Engineering Design, *ICED'99*, vol. 2, pp.1187-1190, Munich, August, 1999;
- MANTYLÄ, M. An Introduction to Solid Modelling – Helsinki University of Technology, Computer Science Press, 1988;
- MAZIERO, N. Um Sistema Computacional Inteligente de Suporte ao Projeto, Manufatura e Montagem de Peças baseado em Features: uma abordagem com Sistemas Especialistas. Tese em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, junho, 1998;
- MEERKAMM, H. & ADUNKAN, R., Function Structures in Triz and VDI 2222 – Contradiction or Completion, *ICED 1999*, Vol. 3, pp. 1707- 1710, 1999;
- MOREIRA, N. Uma proposta de modelagem de informações para integração da manufatura e engenharia concorrente. Dissertação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, setembro, 1993;
- MORTENSEN, N. H., Function Concepts for Machine Parts – Contribution a Part Design Theory, *Annals of the ICED 1999*, Vol. 2, pp. 841-846, 1999;

MORTENSEN, N.H., “*Function concepts for machine parts – contribution to a part design theory*”, International Conference on Engineering Design – *ICED 99*, Munich, pp.841-846, Agosto de 1999;

MOSS, M. A., JAMBUNATHAN, K. & LAI, E., A knowledge based database system for engineering correlations, *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 13, pp. 201-210, 1999;

NIELSEN, J., *Usability Engineering*, AP Professional, New York, 1993;

PUTZMAN, A. & WELP, E.G., Product structures and structuring methods, International Conference on Engineering Design, *ICED’99*, vol. 2, pp.841-846, Munich, August, 1999;

RINGSTAD, P., The transition between concept and layout-early component design, International Conference on Engineering Design, *ICED’99*, vol. 2, pp.1171-1174, Munich, August, 1999;

SACHSE, P & SPECKER, A., Design thinking: analysis and support of design, International Conference on Engineering Design, *ICED’99*, vol. 2, pp.941-946, Munich, August, 1999;

SCHULTE, WEBER AND STARK - The relationship between function and shape. *Annals of the ICED 1993*, pp. 87-98, 1993;

SHAH, J. at al. Current Status of Features Technology – Arizona State University, CAM-I, nov, 1988;

SHIGLEY, J. L. D., *Mechanical Engineering Design*, New York, McGraw Hill, 1983;

SONAR, R. M., Integrating Intelligent System using an SQL-database, *Expert System with Applications*, Vol. 17, pp. 45-49, 1999;

SUH, N. P. & Albano, L. D., Axiomatic design and concurrent engineering, *Computer-Aided Design*, Elsevier Engineering Information, Inc., Vol 26 Issue 7 pp 499-504, 1994;

SUH, N. P., Axiomatic design theory for systems, *Research in Engineering Design - Theory, Applications, and Concurrent Engineering*, Elsevier Engineering Information, Inc., Vol 10 Issue 4 pp 189-209, 1998;

SUH, N. P., Theory of complexity, periodicity and the design axioms, *Research in Engineering Design - Theory, Applications, and Concurrent Engineering*, Elsevier Engineering Information, Inc., Vol 11 Issue 2 pp 116-131, 1999;

TAKEDA et al, *Analysis of Design Processes by Function, Behavior and Structure - Preliminary Reports*, Nara Institute of Science and Technology, Takayama, Ikoma, Japan, 1994;

TOMIYAMA, T., *Sysfund Versão 1.0 - Introduction*, Tomiyama Laboratory, The University of Tokyo, 1994;

ULLMANN, D. G., The Importance of Drawing in the Mechanical design Process, *Computer & Graphics*, vol. 14, N° 2, pp. 263-274, 1990;

VDI GUIDELINE 2221. "Systematic approach to the design of technical systems and products". Düsseldorf: VDI Verlag. 1987;

WATERMAN, D.A., A guide to expert systems, Addison-Wesley Publishing Company, England, 1986;

XU, X. & HINDUJA, S. Recognition of rough machining features in 2 ½ D components. Computer-Aided Design, vol. 30, N<sup>o</sup> 7, pp 503-516, 1998;

YAHIA, M. E., MAHMOD, R., SULAIMAN, N. & AHMAD, F., Rough neural expert systems, Expert Systems with Applications, Vol. 18, 99. 87-99, 2000;

ZEID, I., CAD/CAM Theory and Practice, McGraw-Hill, Inc, São Paulo, 1991;

## Apêndice A

### Seqüências de implementações e arquivos gerados

A Figura A1 mostra um gráfico com a árvore das implementações resumida, ou seja, apenas das implementações das estruturas descritivas que correspondem às peças classificadas por forma geométrica final. O objetivo é levar o leitor ao entendimento de como foram realizadas as verificações baseadas nos processamentos das correlações entre as estruturas descritivas propostas. O primeiro quadro é desdobrado inicialmente em dois outros em que estão representadas as implementações para todas as peças e as implementações com base na taxonomia de forma geométrica e processo de manufatura.

Apenas as seqüências das implementações com as estruturas descritivas das peças classificadas por forma geométrica, são apresentadas. As outras duas seqüências de implementações não são esquematizadas por apresentarem a mesma lógica.

As três seqüências de implementações são inseridas em diretórios denominados “correlações” e “tabelas de resultados”. Apenas, na implementação para “todas as peças” é adicionado o diretório, que é o correspondente às “tabelas de correlações”.

O diretório denominado “**correlações**” agrupa 5 (cinco) outros diretórios:

- (01) **árvores de relacionamentos**: onde estão gravadas os gráficos das árvores de relacionamentos processados no aplicativo;
- (02) **EFp**: onde estão gravadas as relações conceituais (RC) das peças, por tipo de forma geométrica, realizadas apenas para suas estruturas funcionais;
- (03) **EFp-RFp**: onde estão gravadas as relações conceituais (RC) das peças, por tipo de forma geométrica, realizadas para suas estruturas funcionais em confronto com as respectivas regiões físicas;
- (04) **EFp-RFp-feat**: onde estão gravadas as relações topológicas (RT) das peças, por tipo de forma geométrica, realizadas para suas estruturas funcionais, regiões físicas e respectivas *features* sólidas;
- (05) **RFp**: onde estão gravadas as relações conceituais (RC) das peças, por tipo de forma geométrica, realizadas apenas para suas regiões físicas.

O diretório denominado “**tabelas de resultados**” agrupa 3 (três) outros diretórios:

- (01) **tabelas de resultados (RC)**: onde estão gravadas as tabelas contendo os resultados do processamento das relações conceituais, realizadas para os quatro tipos de formas geométricas finais, sendo que para cada tipo, os diretórios e arquivos correspondentes as implementações para estruturas funcionais apenas, para estruturas funcionais confrontadas com estruturas de regiões físicas e apenas

para as estruturas de regiões físicas. Ainda, cada uma delas subdivididas para os três níveis: Global (nível 0), Parcial (nível 1) e Elementar (nível 2)

(02) **tabelas de resultados (RL)**: onde estão gravadas as tabelas contendo os resultados do processamento das relações topológicas lingüísticas, cujos resultados encontram-se embutidos nas implementações realizadas para para “todas as peças”;

(03) **tabelas de resultados (RT)**: onde estão gravadas as tabelas contendo os resultados do processamento das relações topológicas, realizadas com base nas três estruturas descritivas: de funções, de regiões físicas e de *features* sólidas, para os quatro tipos de formas geométricas finais.

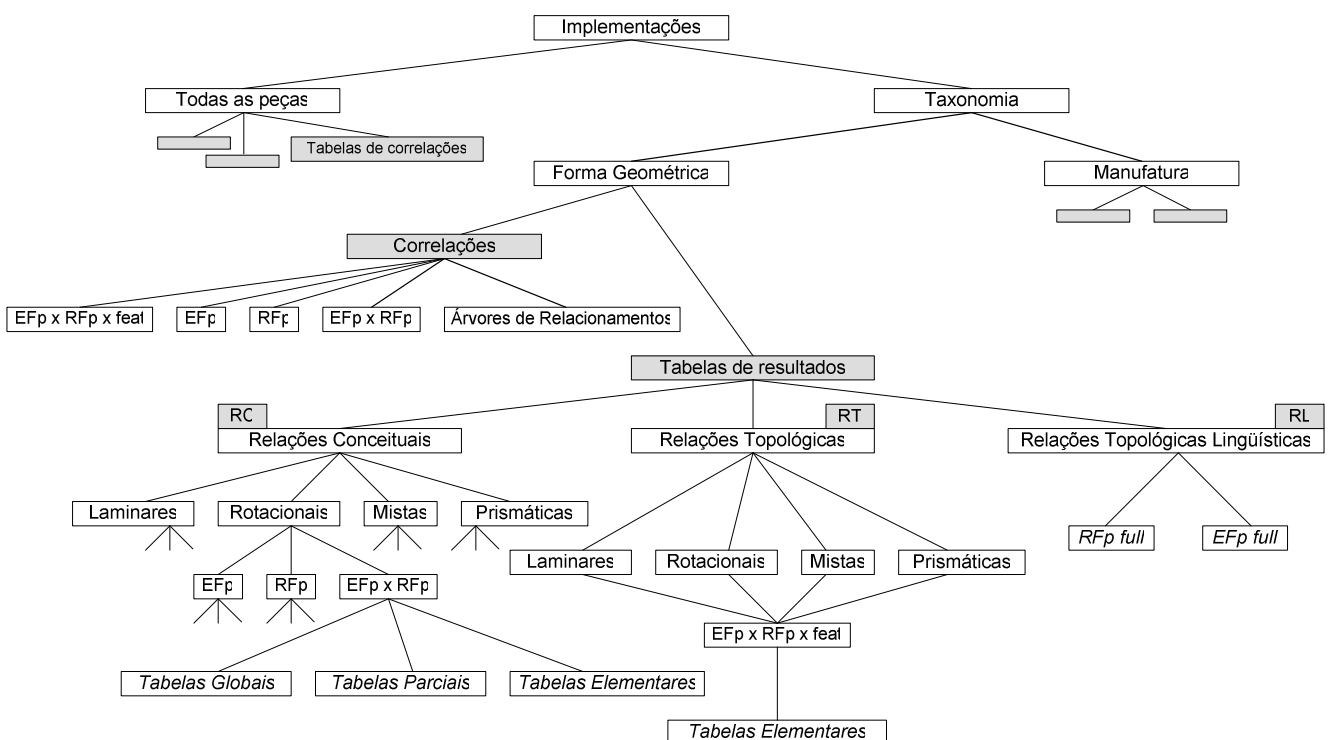


Figura A1 – Gráfico das implementações realizadas no levantamento das correlações entre as estruturas descritivas de funções, regiões físicas e *features* sólidas.

A Figura A2 mostra a estrutura dos diretórios em que os arquivos correspondentes aos resultados das implementações, foram inseridos. Trata-se da mesma estrutura de diretórios gravada no CD que acompanha o texto da tese.

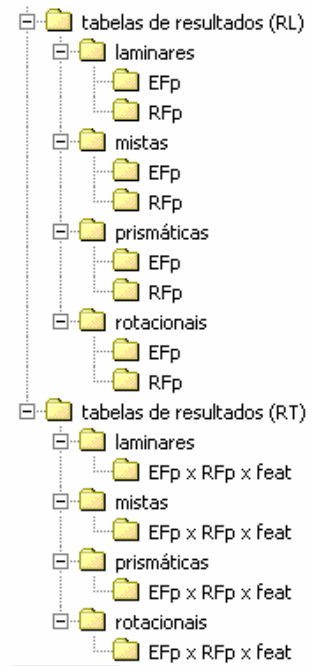
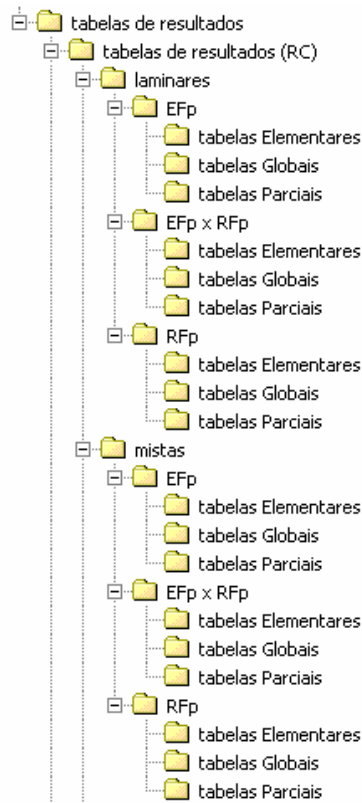
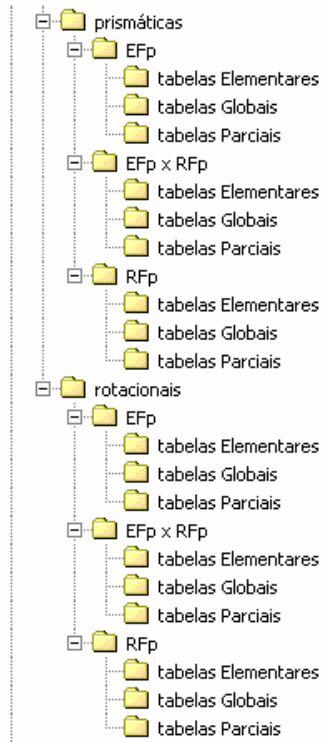
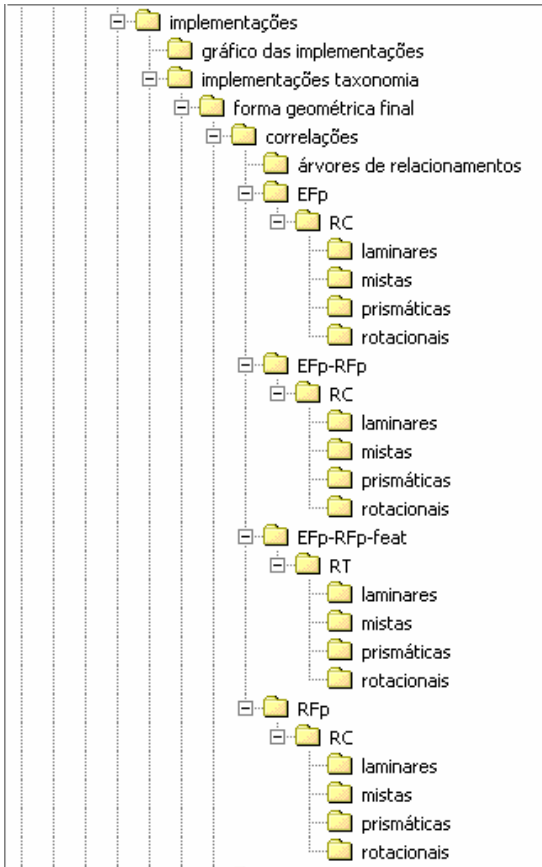


Figura A2 – Representação da estrutura de diretórios das implementações da tese para as peças classificadas por tipo de forma geométrica e pelo processo de manufatura.

## Apêndice B

### Visualização das interfaces de geração do dicionário de termos

Essas interfaces são utilizadas para a obtenção dos arquivos contendo os valores das formas gramaticais da língua portuguesa. A interface mostrada na Figura B.1 gera arquivos “.dat” de vetores com os valores das formas gramaticais, após uma *tokenização* dos *strings* correspondentes, a partir de uma determinada quantidade de valores inseridos. Esse algoritmo separa em *tokens* uma dada descrição ou sentença inserida, podendo ainda, classificar os *tokens* por ordem alfabética como mostrado na Figura B2. Os códigos correspondentes à criação das interfaces encontram-se descritos no Anexo C que mostra os algoritmos da implementação.

Os vetores do tipo “estruturas de descrições”, referentes ao modelo de descrições ou lingüístico, que são as descrições funcionais, descrições de regiões físicas e as descrições das seqüências de *features* sólidas e as árvores de relacionamentos, são criados nas interfaces mostradas na Figura 5.8 e 5.11 do Capítulo 5 que, além de trabalhar à criação das estruturas em árvore e em diretórios, permite a filtragem e a verificação da propagação de herança entre os valores dos nós das árvores relacionadas e as ocorrências de verbos, substantivos e qualificadores.

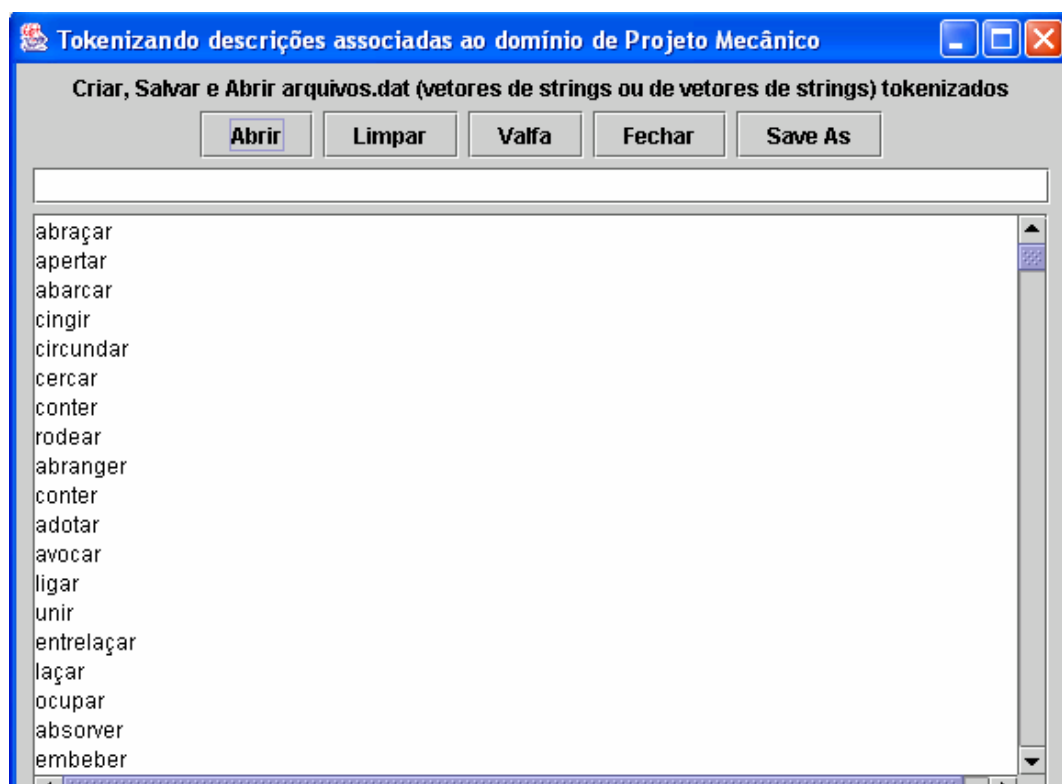


Figura B.1 – Interface de criação de arquivos com vetores *tokens*.

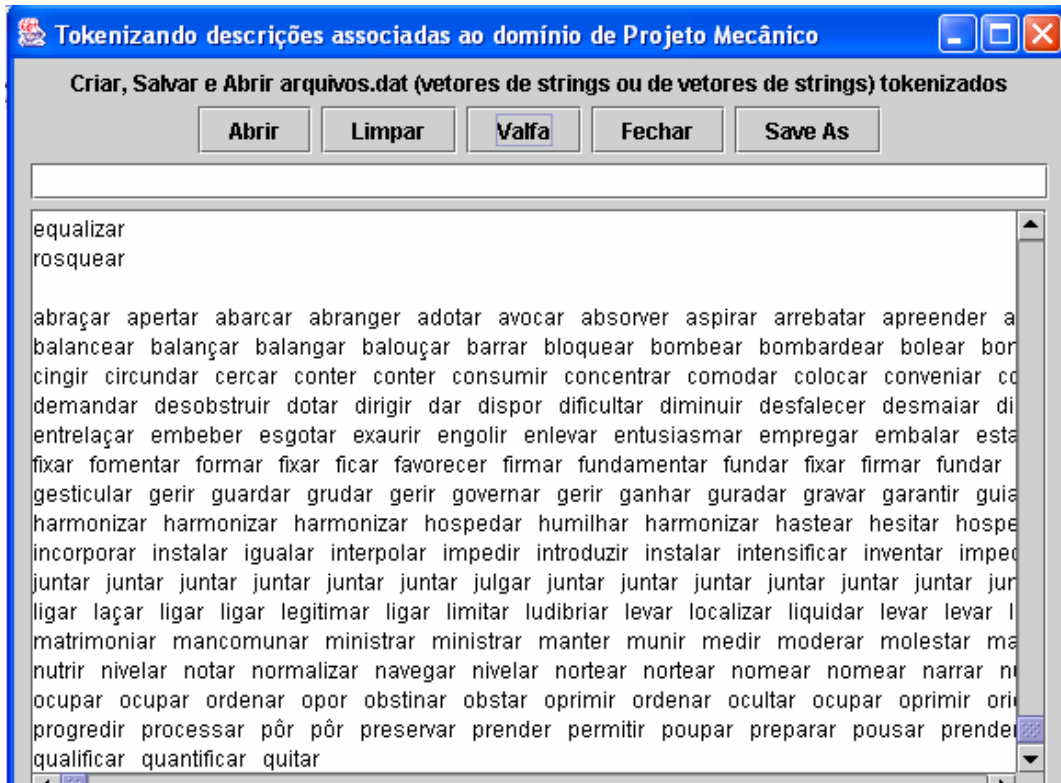


Figura B.2 – Interface de criação de arquivos com “vetores de vetores” de *tokens* organizados em ordem alfabética.



## Apêndice C

### Códigos *Java* utilizados na programação dos algoritmos de implementação da tese

#### Classe para criação dos vetores contendo os valores das formas gramaticais e dos dicionários

```
// Classe VetorAlfa.java

//Para ler um arquivo (.dat), que é um vetor de tokens
//e classifica-o em vetores por ordem alfabética

import java.awt.Container;
import java.awt.FlowLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.WindowAdapter;
import java.awt.event.WindowEvent;
import java.io.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.util.Enumeration;
import java.util.Hashtable;
import java.util.StringTokenizer;
import java.util.Vector;
import javax.swing.*;
import javax.swing.JOptionPane;

public class VetorAlfa extends JFrame {
    private JLabel prompt;
    private JTextField input;
    private JTextArea output;
    private Vector v, Valfa[];
    private String arquivo;

    public VetorAlfa()
    {
        super( "Tokenizando descrições associadas ao domínio de Projeto Mecânico" );

        Container c = getContentPane();
        c.setLayout( new FlowLayout() );

        final JLabel status = new JLabel();

        this.v = new Vector();

        prompt = new JLabel( "Abra um arquivo .dat (vetor de strings ou de vetores
de strings) tokenizado. ||| Crie um arquivo .dat com vetores de strings e o
Salve tokenizado." );

        c.add( prompt );

        JButton AbrirBtn = new JButton ( "Abrir" );
        AbrirBtn.addActionListener(
            new ActionListener() {
                public void actionPerformed( ActionEvent e )
                {
                    openFile();
                }
            }
        );
    }
}
```

```

    }
);
c.add(AbrirBtn);

JButton LimpaBtn = new JButton ("Limpar");
LimpaBtn.addActionListener(
    new ActionListener(){
        public void actionPerformed((ActionEvent e) )
        {
            status.setText(input.getText() );
            input.setText("");
        }
    }
);
c.add(LimpaBtn);

JButton ValfaBtn = new JButton ("Valfa");
ValfaBtn.addActionListener(
    new ActionListener(){
        public void actionPerformed((ActionEvent e) )
        {
            ValfaGlobal();
        }
    }
);
c.add(ValfaBtn);

JButton FechaBtn = new JButton ("Fechar");
FechaBtn.addActionListener(
    new ActionListener(){
        public void actionPerformed((ActionEvent e) )
        {
            closeFile();
        }
    }
);
c.add(FechaBtn);

JButton saveasBtn = new JButton ("Save As");
saveasBtn.addActionListener(
    new ActionListener(){
        public void actionPerformed((ActionEvent e) )
        {
            SaveAsFile();
        }
    }
);
c.add(saveasBtn);

input = new JTextField( 74 );
input.addActionListener(
    new ActionListener() {
        public void actionPerformed( ActionEvent e )
        {
            String stringToTokenize = e.getActionCommand();
            StringTokenizer tokens = new StringTokenizer( stringToTokenize );

            output.setText( "Numero de verbos: " +
                tokens.countTokens() + "\n \nOs verbos são:\n" + "\n");

            while ( tokens.hasMoreTokens() )
                v.add(tokens.nextToken());
            System.out.println(v);
            //Valfa = v;
            output.append(mostra_vector().toString());
        }
    }
);

```

```

        }
    }
);
c.add( input );

output = new JTextArea( 27, 74 );
output.setEditable( false );
c.add( new JScrollPane( output ) );

setSize( 860, 560 );
show();
}

public StringBuffer mostra_vector()
{
    Enumeration enum = v.elements();
    StringBuffer output = new StringBuffer();

    while (enum.hasMoreElements() )
        output.append(enum.nextElement() + "\n");

return output;
}

//
// public StringBuffer mostra_vectorAlfa()
// {
//     Vector vl[] = new Vector[23];
//     for ( int i = 0; i < vl.length; i++ )
//         {vl[i] = new Vector();
//           Enumeration enum = vl[i].elements();
//           while (enum.hasMoreElements() )
//               vl[enum.nextElement()];
//         }
//     Enumeration enum1 = vl.elements()
//     StringBuffer output = new StringBuffer();
//
//     while (enum.hasMoreElements() )
//         vl[1] = enum.nextElement();
//
// return output;
// }

private void openFile()
{
    JFileChooser fileChooser = new JFileChooser();

    fileChooser.setFileSelectionMode(
        JFileChooser.FILES_ONLY );
    int result = fileChooser.showOpenDialog( this );

    if ( result == JFileChooser.CANCEL_OPTION )
        return;

    File fileName = fileChooser.getSelectedFile();
    this.arquivo = fileName.getPath();
    if ( fileName == null ||
        fileName.getName().equals( "" ) )
        JOptionPane.showMessageDialog( this,
            "Invalid File Name",
            "Invalid File Name",
            JOptionPane.ERROR_MESSAGE );

    else {
        try {
            System.out.println(this.arquivo);
            LerArquivoVetorMorfo(fileName.getPath());
            output.append(mostra_vector().toString());
        }
    }
}

```

```

    }
    catch ( IOException e ) {
        JOptionPane.showMessageDialog( this,
            "Error Opening File", "Error",
            JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
    }
}

```

```

private void SaveAsFile()
{
    JFileChooser fileChooser = new JFileChooser();

    fileChooser.setFileSelectionMode(
        JFileChooser.FILES_ONLY );
    int result = fileChooser.showOpenDialog( this );

    if ( result == JFileChooser.CANCEL_OPTION )
        return;

    File fileName = fileChooser.getSelectedFile();
    this.arquivo = fileName.getPath();
    if ( fileName == null ||
        fileName.getName().equals( "" ) )
        JOptionPane.showMessageDialog( this,
            "Invalid File Name",
            "Invalid File Name",
            JOptionPane.ERROR_MESSAGE );

    else {

        try {
            System.out.println(this.arquivo);
            SalvarArquivoVetorMorfo();
            output.append(mostra_vector().toString());

        }
        catch ( IOException e ) {
            JOptionPane.showMessageDialog( this,
                "Error Opening File", "Error",
                JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
        }
    }
}

```

```

private synchronized void SalvarArquivoVetorMorfo ( ) throws IOException
{
    File f = new File(this.arquivo);
    //    StringBuffer filename = new StringBuffer(arquivo);
    //    filename.append();
    ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(
        new FileOutputStream(f));

    if(f.exists()) {
        try{
            out.writeObject(v);
            out.close();
        }
        catch(IOException io){System.out.println(
            "Arquivo não achado" + io);
            out.close();
        }
    }
}

```

```

private synchronized void LerArquivoVetorMorfo (String arquivo) throws IOException
{
    File f = new File(arquivo);

    if(f.exists())
    {
        try{
            ObjectInputStream in =
                new ObjectInputStream(new FileInputStream(f));
            this.v = (Vector)(in.readObject());
            in.close();
        }
        catch(FileNotFoundException e1){
            System.out.println("Arquivo nao achado 1" + e1);
        }
        //end catch e1
        catch(IOException io){
            System.out.println("Problemas em ler o arquivo 1" + io);
        }
        //end catch io
        catch(ClassNotFoundException cnfex){
            System.out.println("Problemas em ler o arquivo 2" + cnfex);
        }
        //end catch cnfex
    }
    else{System.out.println("Arquivo não encontrado em LerArquivoVetorMorfo");}
}

private void closeFile()
{
    try {
        SalvarArquivoVetorMorfo();
        System.exit( 0 );
    }
    catch ( IOException e ) {
        JOptionPane.showMessageDialog( this,
            "Error closing file",
            "Error", JOptionPane.ERROR_MESSAGE );
        System.exit( 1 );
    }
}

private void ValfaGlobal()
{
    String alfab[] = { "a", "b", "c", "d", "e", "f", "g", "h", "i", "j",
"l", "m", "n", "o", "p", "q",
"r", "s", "t", "u", "v", "x", "z" };

    this.Valfa = new Vector[alfab.length];

    // criando objetos vetores Valpha[j]
    for ( int i = 0; i < Valfa.length; i++ ) Valfa[i] = new Vector();
    String output1 = "OK - entrei e sai";

    // alocando as palavras por ordem alfabética
    Enumeration enum1 = v.elements();
    // StringBuffer buf1 = new StringBuffer();
    while (enum1.hasMoreElements() )
    {
        StringBuffer buf1 = new StringBuffer();
        buf1.append(enum1.nextElement());
        String aux = buf1.toString();
        for ( int j = 0; j < alfab.length; j++ ) {
            if ( aux.startsWith(alfab[ j ]) )
                {Valfa[j].add(aux);
            }
        }
        break;
    }
}

// exibindo palavras por ordem alfabética
StringBuffer buf = new StringBuffer();
for ( int j = 0; j < alfab.length; j++)

```

```

        {
            buf.append("\n");
            Enumeration enum = Valfa[j].elements();
            while ( enum.hasMoreElements() )
                buf.append(enum.nextElement()).append(" ");
        }
//      buf.replace(", ", " ");
//      output.append(buf.toString());
//
//    }
}




























public static void main( String args[] )
{
    VetorAlfa app = new VetorAlfa();


























































    app.addWindowListener(
        new WindowAdapter() {
            public void windowClosing( WindowEvent e )
            {
                JOptionPane.showMessageDialog( null,
                    "Já salvou o arquivo de dados",
                    "Atenção", JOptionPane.WARNING_MESSAGE );

                System.exit( 0 );
            }
        } );
}
}

```

### Classes para criação da interfaces de implementação

 vetorVerbos.dat	 vetorAdverbios.dat	 TreeStructureRoot.class
 vetorSubstantivos.dat	 vetorAdjetivos.dat	 TreeStructureLeaf.java
 vetorQualificadores.dat	 VerbTreeStructure.java	 TreeStructureLeaf.class
 vetorPronomes.dat	 VerbTreeStructure.class	 TreeStructureElement.java
 vetorPreposicoes.dat	 VerbHierarchy.java	 TreeStructureElement.class
 vetorNumerais.dat	 VerbHierarchy.class	 TreeStructure.java
 vetorInterjeicoes.dat	 Verb.java	 TreeStructure.class
 vetorConjuncoes.dat	 Verb.class	 TreeRelationship.java
 vetorArtigos.dat	 TreeStructureRoot.java	 TreeRelationship.class

		
SubstantiveTreeStructure.java	PhysicalRegion.class	Hierarchy.class
		
SubstantiveTreeStructure.class	PartialVerb.java	GlobalVerb.java
		
SubstantiveHierarchy.java	PartialVerb.class	GlobalVerb.class
		
SubstantiveHierarchy.class	PartialSubstantive.java	GlobalSubstantive.java
		
Substantive.java	PartialSubstantive.class	GlobalSubstantive.class
		
Substantive.class	PartialFunction.java	GlobalFunction.java
		
SingleRelation.java	PartialFunction.class	GlobalFunction.class
		
SingleRelation.class	PartialAdjective.java	GlobalAdjective.java
		
ResultsTable.java	PartialAdjective.class	GlobalAdjective.class
		
ResultsTable.class	Main.java	FunctionTreeStructure.java
		
RelationTreeStructure.java	Main.class	FunctionTreeStructure.class
		
RelationTreeStructure.class	JPEGFilter.java	FunctionalRegion.java
		
Relation.java	JPEGFilter.class	FunctionalRegion.class
		
Relation.class	JInternalFrame.java	Function.java
		
Piece.java	JInternalFrame.class	Function.class
		
Piece.class	JInternalFrame\$1.class	FeatureTreeStructure.java
		
PhysicalRegionTreeStructure.java	IndexTable.java	FeatureTreeStructure.class
		
PhysicalRegionTreeStructure.class	IndexTable.class	FeatureHierarchy.java
		
PhysicalRegion.java	Hierarchy.java	FeatureHierarchy.class



Feature.java



Feature.class



ElementarVerb.java



ElementarVerb.class



ElementarSubstantive.java



ElementarSubstantive.class



ElementarFunction.java



ElementarFunction.class



ElementarAdjective.java



ElementarAdjective.class



CADFeature.java



CADFeature.class



AdjectiveTreeStructure.java



AdjectiveTreeStructure.class



AdjectiveHierarchy.java



AdjectiveHierarchy.class



Adjective.java



Adjective.class



# Apêndice D

## Relacionamentos Topológicos e Conceituais

### 1. Relatório de identificação hierárquica da correlação Relações Topológicas (RT)

Esse relatório evidencia os verbos ocorridos na árvore da estrutura funcional, a descrição da função em que esse verbo ocorre e correspondentes descrições de suas regiões físicas. Indica, ainda, as função-pai e funções-filhas relacionadas.

#### **apoiar**

FEp 42.1.1: apoiar anel internamente  
feat 42.1.1: cubo cilíndrico

#### **Função-pai:**

FPp 42.1: interligar superfícies cilíndricas

#### **Função-filhas:**

FEp 42.1.2: apoiar pino externamente  
feat 42.1.2: furo cilíndrico

#### **Função-pai:**

FPp 42.1: interligar superfícies cilíndricas

#### **Função-filhas:**

=====

#### **sustentar**

FGp 42: sustentar movimento orbital  
Peça 42: bucha de ligação

#### **Função-pai: null**

#### **Função-filhas:**

FPp 42.1: interligar superfícies cilíndricas  
FPp 42.2: permitir lubrificação inferior

=====

#### **permitir**

FPp 42.2: permitir lubrificação inferior  
RFp 42.2: rebaixo de lubrificação inferior

#### **Função-pai:**

FGp 42: sustentar movimento orbital

#### **Função-filhas:**

FEp 42.2.1: alojar óleo lubrificante  
FEp 42.2.2: facilitar montagem vertical

=====

#### **alojar**

FEp 42.2.1: alojar óleo lubrificante  
feat 42.2.1: rabaixo inclinado

#### **Função-pai:**

FPp 42.2: permitir lubrificação inferior

#### **Função-filhas:**

=====

#### **facilitar**

FEp 42.1.3: facilitar montagem vertical  
feat 42.1.3: chanfro interno e externo

#### **Função-pai:**

FPp 42.1: interligar superfícies cilíndricas

#### **Função-filhas:**

FEp 42.2.2: facilitar montagem vertical  
feat 42.2.2: abaulamento de montagem

#### **Função-pai:**

FPp 42.2: permitir lubrificação inferior

#### **Função-filhas:**

=====

#### **interligar**

FPp 42.1: interligar superfícies cilíndricas  
RFp 42.1: apoio do anel maior da biela

#### **Função-pai:**

FGp 42: sustentar movimento orbital

#### **Função-filhas:**

FEp 42.1.1: apoiar anel internamente  
FEp 42.1.2: apoiar pino externamente  
FEp 42.1.3: facilitar montagem vertical

Esse relatório indica a propagação de heranças entre as descrições das estruturas funcionais, de regiões físicas e da correspondente seqüências de *features* sólidas da peça. Isso possibilita verificar que valores de verbos, substantivos e qualificadores especificados nas estruturas descritivas de funções, provavelmente, irão gerar os operadores geométricos definidos pelos termos técnicos de projeto propostos.

## 2. Relatório de ocorrências de verbos, substantivos e qualificadores Relações Conceituais (RC)

Na forma de relatórios em arquivos texto, como mostrado a seguir, imprime todas as ocorrências de todos os verbos, substantivos e qualificadores nos três níveis hierárquicos, separadamente. Os dados a seguir referem-se à peça 42 (biela).

### Nível 0 (Global)

#### VERBOS

##### **sustentar (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo movimento 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador orbital 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

#### SUBSTANTIVOS

##### **movimento (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo sustentar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao qualificador orbital 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

##### **bucha (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador de ligação 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

#### QUALIFICADORES

##### **orbital (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo sustentar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao substantivo movimento 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

##### **de ligação (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo bucha 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

### Nível 1 (Parciais)

#### VERBOS

##### **interligar (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo superfícies 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador cilíndricas 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O verbo sustentar aparece como pai em 1 ocorrências.

O verbo permitir aparece como filho em 1 ocorrências.  
O verbo permitir aparece como filho 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo

**permitir (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo lubrificação 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
Está relacionado ao qualificador inferior 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O verbo sustentar aparece como pai em 1 ocorrências.  
O verbo permitir aparece como filho em 1 ocorrências.  
O verbo permitir aparece como filho 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo

**SUBSTANTIVOS**

**superfícies (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo interligar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao qualificador cilíndricas 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo movimento aparece como pai em 1 ocorrências.

**lubrificação (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao qualificador inferior 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo movimento aparece como pai em 1 ocorrências.  
O substantivo lubrificação aparece como filho em 1 ocorrências.  
O substantivo lubrificação aparece como filho 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo

**apoio (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador do anel maior da biela 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo bucha aparece como pai em 1 ocorrências.

**rebaixo (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador de lubrificação inferior 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo bucha aparece como pai em 1 ocorrências.

**QUALIFICADORES**

**cilíndricas (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo interligar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao substantivo superfícies 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador orbital aparece como pai em 1 ocorrências.

**inferior (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao substantivo lubrificação 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador orbital aparece como pai em 1 ocorrências.

**do anel maior da biela (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo apoio 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador de ligação aparece como pai em 1 ocorrências.

**de lubrificação inferior (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo rebaixo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

O qualificador de ligação aparece como pai em 1 ocorrências.

## Nível 2 (Elementares)

### VERBOS

#### **apoiar (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo biela 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao substantivo pino 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador internamente 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

Está relacionado ao qualificador externamente 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O verbo interligar aparece como pai em 2 ocorrências.

#### **permitir (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo manuseio 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao substantivo lubrificação 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador ergonômico 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

Está relacionado ao qualificador adequada 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O verbo interligar aparece como pai em 1 ocorrências.

O verbo permitir aparece como pai em 1 ocorrências.

#### **facilitar (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo montagem 2 vezes do total de 2 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador da biela 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

Está relacionado ao qualificador no pino excêntrico 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O verbo interligar aparece como pai em 1 ocorrências.

O verbo permitir aparece como pai em 1 ocorrências.

#### **alojar (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo óleo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao qualificador lubrificante 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O verbo permitir aparece como pai em 1 ocorrências.

### SUBSTANTIVOS

#### **biela (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo apoiar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao qualificador internamente 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O substantivo superfícies aparece como pai em 1 ocorrências.

#### **pino (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo apoiar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao qualificador externamente 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O substantivo superfícies aparece como pai em 1 ocorrências.

#### **manuseio (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao qualificador ergonômico 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.

O substantivo superfícies aparece como pai em 1 ocorrências.

#### **montagem (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo facilitar 2 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao qualificador da biela 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
Está relacionado ao qualificador no pino excêntrico 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo superfícies aparece como pai em 1 ocorrências.  
O substantivo lubrificação aparece como pai em 1 ocorrências.

**óleo (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo alojar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao qualificador lubrificante 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo lubrificação aparece como pai em 1 ocorrências.

**lubrificação (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao qualificador adequada 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo lubrificação aparece como pai em 1 ocorrências.

**cubo (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador cilíndrico 1 vezes do total de 2 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo apoio aparece como pai em 1 ocorrências.

**furo (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador cilíndrico 1 vezes do total de 2 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo apoio aparece como pai em 1 ocorrências.

**chanfro (4 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador interno 2 vezes do total de 2 ocorrências desse qualificador.  
Está relacionado ao qualificador externo 2 vezes do total de 2 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo apoio aparece como pai em 2 ocorrências.  
O substantivo rebaixo aparece como pai em 2 ocorrências.

**rebaixo (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao qualificador inclinado 1 vezes do total de 1 ocorrências desse qualificador.  
O substantivo rebaixo aparece como pai em 1 ocorrências.

**QUALIFICADORES**

**internamente (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo apoiar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao substantivo biela 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador cilíndricas aparece como pai em 1 ocorrências.

**externamente (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo apoiar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao substantivo pino 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador cilíndricas aparece como pai em 1 ocorrências.

**ergonômico (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.  
Está relacionado ao substantivo manuseio 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.  
O qualificador cilíndricas aparece como pai em 1 ocorrências.

**da biela (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo facilitar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao substantivo montagem 1 vezes do total de 2 ocorrências desse substantivo.

O qualificador cilíndricas aparece como pai em 1 ocorrências.

**lubrificante (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo alojar 1 vezes do total de 1 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao substantivo óleo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

O qualificador inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

**no pino excêntrico (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo facilitar 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao substantivo montagem 1 vezes do total de 2 ocorrências desse substantivo.

O qualificador inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

**adequada (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao verbo permitir 1 vezes do total de 2 ocorrências desse verbo.

Está relacionado ao substantivo lubrificação 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

O qualificador inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

**cilíndrico (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo cubo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

Está relacionado ao substantivo furo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

O qualificador do anel maior da biela aparece como pai em 2 ocorrências.

**interno (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo chanfro 2 vezes do total de 4 ocorrências desse substantivo.

O qualificador do anel maior da biela aparece como pai em 1 ocorrências.

O qualificador de lubrificação inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

**externo (2 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo chanfro 2 vezes do total de 4 ocorrências desse substantivo.

O qualificador do anel maior da biela aparece como pai em 1 ocorrências.

O qualificador de lubrificação inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

**inclinado (1 ocorrências) :**

Está relacionado ao substantivo rabaixo 1 vezes do total de 1 ocorrências desse substantivo.

O qualificador de lubrificação inferior aparece como pai em 1 ocorrências.

## Apêndice E

### Componentes descritivos e seus valores no projeto mecânico

#### Lista de verbos de projeto:

absorver	carregar	desprender	esticar
acelerar	centrar	destacar	estruturar
acionar	cisalhar	desviar	evitar
acomodar	clarear	deter	exaurir
acionar	classificar	diferenciar	expelir
acoplar	cobrir	diminuir	extrair
acumular	coleccionar	direcionar	facilitar
aderir	começar	dirigir	fechar
adicionar	compensar	dissipar	filtrar
administrar	comprimir	dissolver	firmar
admitir	conduzir	distribuir	fixar
ajuntar	conectar	dividir	fletir
ajustar	contrabalançar	dobrar	flexionar
alimentar	contrair	dosar	formar
alinhar	controlar	elevar	fracionar
aliviar	converter	encaixar	frear
alojar	corrigir	encanar	friccionar
amarrar	cortar	encher	girar
amortecer	cunhar	engastar	guiar
ampliar	derivar	engatar	içar
apertar	desacoplar	engraxar	imantar
apoiar	desagregar	engrenar	impedir
armazenar	desarmar	envazar	impulsionar
assentar	desatar	equalizar	inclinare
aumentar	descarregar	equilibrar	indicar
balancear	descer	erguer	induzir
barrar	desligar	escorar	inflar
bloquear	deslizar	espalhar	intercalar
bombear	deslocar	estabilizar	interligar
captar	desmontar	estender	interromper

introduzir	ramificar	suportar
inverter	reagir	suspender
isolar	receber	sustentar
juntar	recolher	tapar
levantar	reconduzir	testar
liberar	recuperar	tirar
libertar	reduzir	torcer
ligar	refinar	trabalhar
limitar	reforçar	tracionar
localizar	refrigerar	traduzir
lubrificar	regular	transferir
magnetizar	rejuntar	transformar
manipular	remover	transmitir
manter	repartir	transportar
marcar	resfriar	trocar
misturar	retardar	unir
modular	reter	verificar
moer	retificar	virar
montar	retirar	zerar
mover	revestir	
movimentar	rolar	
mudar	rosquear	
nivelar	rotacionar	
obstruir	saturar	
orientar	secar	
oscilar	seguir	
parar	segurar	
permitir	selecionar	
posicionar	separar	
prender	serrar	
pressionar	sincronizar	
proteger	sobrepor	
prover	soltar	
puxar	succionar	



### Lista de substantivos de projeto:

abertura	banco	cilindrico	descarga
abraçadeira	base	cilíndro	desengraxante
absorção	batente	circular	deslocamento
acabamento	biela	círculo	direcionador
ação	bloco	coação	disco
acoplamento	bola	cofre	disposição
acoplantes	bomba	coletor	dispositivo
afastamento	borda	coluna	distância
agitação	braço	companário	distribuição
alicerce	brasão	compartimento	divisão
alimentação	bucha	componente	dobradura
alívio	buffer	compressão	duplo
alojamento	buraco	condução	duto
amortecimento	cadência	condutores	eixo
amparo	caixa	cone	elemento
anel	caixeta	conexão	elo
animação	caixola	conjugado	êmbolo
anotação	caixote	conjunto	encaixe
anteparo	calota	contato	encaixo
apoio	camada	contrapeso	encosto
apontamento	câmara	controladoras	endentação
arca	câmbio	coroa	energia
área	canéco	corpo	engrenagem
aro	canto	corrediço	entrada
arranjo	cantoneira	corrente	equalização
arredondamento	capacidade	cremalheira	escareado
arruela	captação	cubo	escora
arrumação	categoria	cume	esfera
aspersão	caule	cupilha	espaço
assentamento	cavidade	curvatura	espiral
assento	centro	dente	estampo
atuador	chanfro	depressão	estojo
balanceamento	chaveta	desaperto	estrutura

exaustão	junção	passadiço	reductor
excêntrico	juntura	passagem	reentrância
extensão	justaposição	passante	referência
filete	lado	pendular	reforço
fixação	lâmina	perna	refrigerante
fixador	largueza	peso	região
flange	largura	pilar	registro
flexão	lateral	pilastra	régua
fluido	letra	pilote	repartição
flutuação	ligação	pinhão	resistência
fluxo	limite	pino	ressalto
folga	longarina	pistão	retenção
força	lubrificação	pistom	retentor
fortaleza	lubrificante	placa	retentores
fundação	lume	plano	rigidez
fundamento	mancal	plástico	roda
fundilho	manuseio	plataforma	rodado
furo	marcação	polia	rodela
fuseira	mecânico	porca	roel
fuso	mecanismo	posição	rolamento
fuste	mesa	potência	roldana
gás	mola	prendedor	rolete
gaveta	molas	presilha	roliço
giração	montagem	pressão	rolimã
giro	movimento	pressurização	rolo
globo	nicho	processo	rombo
grilhão	nível	progressão	rosca
harmonização	objeto	pulmão	rotação
haste	óleo	ranhura	rotativo
hastilha	orbital	rasgo	rótula
hesitação	orifício	rebaixo	saída
incerteza	oscilação	rebitamento	sistema
inflexão	palheta	rebite	situação
interação	parafuso	receptáculo	solda
interligação	parte	recipiente	subdivisão

subsistemas	vazado
substância	vergalhão
sucção	vibrações
succionadora	viga
succionante	vigor
sulco	volante
superfície	zona
suporte	
sustentação	
sustentáculo	
sustento	
tambor	
tampa	
tarracha	
tensões	
terminal	
território	
tona	
torção	
torcedura	
torque	
torre	
transição	
translação	
transladação	
transmissão	
transmissor	
transporte	
trasladação	
traslado	
travessa	
união	
válvulas	
vão	
variação	

## Lista de qualificadores de projeto:

abaixo	cilíndrico externo superior
acessória	cilíndrico inclinado
acima	cilíndrico interno
acoplantes	condutores
adequada	controladoras
além	da base central da lâmina
alternativo	da biela
angular	da bomba de óleo lubrificante
angularmente	da bucha de ligação
anterior	da câmara
anterior da válvula	da câmara primária
anterior do pistão	da câmara secundária
antes	da extremidade direita
aplainado	da extremidade esquerda
assaz	da fixação
atrás	da fixação do lado direito da lâmina
avante	da lâmina
axial	da lâmina no eixo excêntrico
axial do eixo excêntrico	da letra de fixação
axialmente	da ligação
balanceantes	da mola
bastante	da placa
bem	da tampa
cego	da tampa da câmara primária
central	da tampa plástica
central do pistão	da válvula
cilíndricas	da válvula no bloco
cilíndrico	das fixações da lâmina
cilíndrico central	das placas de balanceamento
cilíndrico do pino	das válvulas
cilíndrico externo	de absorção inferior
cilíndrico externo do pino	de absorção superior
cilíndrico externo inferior	de acabamento do apoio maior

de alojamento da válvula inferior  
de alojamento da válvula principal  
de alojamento da válvula superior  
de amortecimento  
de apoio  
de apoio da lâmina  
de apoio da mola  
de apoio da placa de válvulas  
de apoio da válvula de sucção  
de apoio das câmaras  
de apoio do bloco da placa de válvulas  
de apoio do eixo excêntrico  
de apoio do sistema  
de apoio do sistemas do bloco  
de apoio inferior do eixo excêntrico  
de apoio maior da presilha  
de apoio menor da presilha  
de apoio superior do eixo excêntrico  
de aspersão de óleo lubrificante  
de assentamento da válvula de sucção  
de balanceamento  
de cabamento do apoio menor  
de canéco direito  
de canéco esquerdo  
de captação de óleo lubrificante  
de compressão  
de compressão e distribuição  
de conexão anterior com pistão  
de conexão com anel da biela  
de conexão posterior com pistão  
de contato com o gás refrigerante  
de contrapeso inferior  
de contrapeso superior  
de deslocamento da haste da biela  
de distribuição de pressões  
de encaixe  
de encosto inferior  
de encosto superior  
de entrada  
de entrada de óleo lubrificante  
de equalização de pressões  
de estampo esquerdo  
de fixação  
de fixação da câmara  
de fixação da tampa  
de fixação da tampa plástica  
de fixação da válvula de exaustão  
de fixação da válvula de sucção  
de fixação das cupilhas  
de fixação das hastes do bloco  
de fixação do lado esquerdo da lâmina  
de fixação e alimentação de óleo lubrificante  
de fixação inferior da placa de válvulas  
de fixação lateral  
de fixação superior da placa de válvulas  
de fixação vertical  
de fluxo  
de gás refrigerante  
de ligação  
de ligação central  
de lubrificação inferior  
de manuseio  
de manuseio da lâmina  
de manuseio e montagem  
de mola dianteiro  
de mola direito  
de mola esquerdo  
de mola traseiro  
de molas  
de montagem

de montagem anterior  
de montagem da válvula de sucção  
de montagem posterior  
de óleo  
de óleo lubrificante  
de óleo lubrificante da ranhura inferior  
de passagem de gás refrigerante  
de passagem de gás refrigerante na descarga  
de pressões  
de pressurização  
de reforço  
de rigidez  
de saída  
de sustentação da tampa plástica  
de sustentação das câmaras  
de sustentação do bloco central  
de sustentação vertical do bloco  
de tensões  
de tensões do anel maior  
de tensões do anel menor  
de tensões do apoio  
de tensões inferior  
de tensões superior  
de válvulas  
de válvulas inferior  
de válvulas superior  
demais  
demasiadamente  
dentado  
dentro  
depois  
derivado  
desbastado  
dianteira  
dianteiras  
dinamicamente  
do anel maior  
do anel maior da biela  
do anel menor  
do bloco  
do corpo de apoio da placa de válvulas  
do eixo excêntrico  
do estampo direito  
do excêntrico  
do lado direito da lâmina  
do lado esquerdo da lâmina  
do mancal  
do parafuso da tampa  
do pino do pistão  
do pistão  
do rebite direito da lâmina  
do rebite esquerdo da lâmina  
do rebite lado direito  
do rebite lado esquerdo  
do refrigerante  
duplo de saída  
e fixação horizontal  
entrante  
entre câmaras  
equalizador direito  
equalizador esquerdo  
equalizar central  
ergonômico  
ergonômico da lâmina  
ergonômico e estrutural  
esférico de captação de óleo lubrificante  
espelhado  
estampado  
estruturais  
estrutural

estrutural vertical	jusante
exaustivo	lado direito
excêntrico	lado esquerdo
excêntrico radialmente	laminado
excessivamente	lateral de apoio radial
externamente	lateralmente
externo	liso
facilitada	longe
facilmente	longitudinal
fixador	longitudinalmente
fixadoras	lubrificante
fora	maior
frente	mal
fresado	mandrilado
funcionais	mecânicas
fundido	mecânico
helicoidal	menor
helicoidal do pino	montante
helicoidal inferior	muito
horizontal	na base da câmara
horizontalmente	no pino excêntrico
inclinado	orbital
inferior	oxidado
inferior da aba de balanceamento	para ajuste de pressões
inferior de apoio das câmaras	passante
inferior direito	passante de entrada
inferior esquerdo	pendular da biela
intermediária	perpendicular
intermediário inferior	perpendicularmente
intermediário superior	perto
internamente	pintado
internas	plano
interno	plano inferior
interno da câmara primária	plano superior
interno da câmara secundária	posterior

posterior do pistão	superficialmente
pouco	superior
pressão	superior da aba de balanceamento
primária	superior direito
principal	superior esquerdo
radial	sustentação do eixo excêntrico
radial do eixo excêntrico	tarde
radialmente	torneado
ranhurado	transversal de apoio do pino
recartilhado	traseira
refrigerante	traseiras
residuais	trefilado
retentoras	tridimensionais inferiores
retificado	tridimensionais superiores
retilíneo	turbulenta
reto	uniforme
rosqueado	vazado de entrada
ruim	vazado de saída
secundária	vazado de transição
secundário	vazados de pressurização
soldado	vertical
succionante	verticalmente
superficial	volumétrico do pistão



# Apêndice F

## PARTE I – MORFOLOGIA DAS PALAVRAS

As classes de palavras existentes na língua portuguesa podem ser subdivididas em verbo, substantivo, adjetivo, pronome, artigo, numeral, advérbio, preposição, conjunção e interjeição.

### 1. Substantivo

É a palavra com as quais os *seres em geral* (concretos) e as *qualidades ações ou estados* (abstratos) são nomeadas, consideradas em si mesmas, independentemente dos seres com que se relacionam. Os substantivos concretos designam seres materiais ou espirituais, reais ou não, que têm existência independente ou que o pensamento apresenta como tal, ao passo que os substantivos abstratos designam nomes de qualidades, ações ou estados imaginados, independentemente dos seres vivos de onde provém, ou onde se manifestam. As tabelas F.1 e F.2 mostram os tipos de substantivos concretos e abstratos e exemplos.

Tabela F.1 – Substantivos concretos e exemplos

Substantivos Concretos							
Tipos	Pessoas	Lugares	Entidades	Objetos	Fenômenos	Instituições	Concepções
<b>Exemplos</b>	<i>João, Marcelo, Luigi</i>	<i>Brasil, Terra, Laguna, Estreito</i>	<i>Gato, alma, estrela, anjo</i>	<i>Lápis, pedra, peça, eixo</i>	<i>Chuva, Nevoeiro, vento</i>	<i>Parlamento, dinheiro, moeda, tribunal</i>	<i>Círculo, algarismo, símbolo</i>

Tabela F.2 – Substantivos abstratos e exemplos

Substantivos Abstratos			
Tipos	Qualidades	Ações	Estados
<b>Exemplos</b>	<i>Bondade, palidez, coragem, frio, calor, inteligência</i>	<i>Agradecimento, encontro, caça, resolução</i>	<i>Vida, sonho, cegueira, graça,</i>

Muitos substantivos podem ser concretos e/ou abstratos, dependendo do sentido em que são empregados, por exemplo, a palavra *redação* é substantivo abstrato, quando significa “o ato de realizar” e é substantivo concreto quando significa “o trabalho escolar”.

Substantivos abstratos de qualidade tornam-se concretos quando se usam no plural, por exemplo, a riqueza (abstrato) → as riquezas (concreto), o bem (abstrato) → os bens (concretos).

Substantivos de diferentes extensões podem ser comuns ou próprios. Um exemplo ocorre com classes e objetos. Muitas vezes são comuns quando expressam uma classe de objetos e próprios quando expressam instâncias desta classe, por exemplo, classe homem → instância João, classe cidade → instância Florianópolis, classe rio → instância São Francisco.

Os gêneros de substantivos subdividem-se em masculino e feminino. O número indica se o ser nomeado é um ou mais de um e quanto ao grau, são aumentativo e diminutivo, que se podem expressar analiticamente sinteticamente, conforme Tabela F.3.

Tabela F.3 – Classificações de substantivos concretos e abstratos com exemplos.

Classes	Extensão		Gênero		Número		Grau			
							Aumentativo		Diminutivo	
Tipos	Comum	Próprio	Masc.	Fem.	Um	+ de um	Ana-lítico	Sinté-tico	Ana-lítico	Sintético
Ex.	<i>Homem, cidade, rio</i>	<i>João, Manaus, Reno</i>	<i>Carro, sistema, produto</i>	<i>Casa, peça, máquina</i>	<i>Carro, sistema, produto</i>	<i>Carros peças, aviões</i>	<i>Carro grande, peça grande</i>	<i>Carrão, estradão ventão</i>	<i>Sistema pequeno peça pequena</i>	<i>Carrinho, casinha, ventinho</i>

## 2. Adjetivos

São palavras que modificam os substantivos exprimindo aparência, modo de ser ou qualidade, por exemplo, homem magro, gramática histórica, criança inteligente. Seu gênero pode ser: *uniforme*, quando acompanham substantivos de ambos os gêneros e terminam em *a, e, o, l, r, z, m, s*; ou *biforme*, quando possuem formas distintas para acompanhar substantivos de gênero masculino e feminino, como o gordo, a gorda, o belo, a bela, como mostra a Tabela F.4. Existem outros tipos de adjetivos, mas fogem ao escopo deste estudo. Quanto ao número, sua classificação é idêntica a dos substantivos.

Tabela F.4 – Adjetivos uniformes e biformes

Gêneros de Adjetivos		
Tipos	Uniforme	Biforme
Exemplos	<i>Carioca, paulista, breve, regular, forte, só, azul, geral, feliz, feroz, comum, ruim, simples. Exceções: espanhol/espanhola, bom/boa</i>	<i>Gordo – gorda, belo – bela, cru – crua, ateu – atéia, impostor – impostora, português – portuguesa</i>

## 3. Numeral

São palavras que designam os números, ou a ordem de sua sucessão, por exemplo, três, dezesseis, terceiro, vigésimo. Podem ser cardinais como *um, dois, dez, dezoito*, ordinais como *primeiro, segundo, oitavo, décimo*, fracionários como *meio* ou *metade, terço, quarto*, multiplicativos como *dobro* ou *duplo, triplo, sêxtuplo*, dual como *ambos*, como mostra a Tabela F.5.

Tabela F.5 – Classificação dos numerais e exemplos.

<b>Numerais</b>					
<b>Tipos</b>	<b>Cardinais</b>	<b>Ordinais</b>	<b>Fracionários</b>	<b>Multiplicativos</b>	<b>Dual</b>
<b>Exemplos</b>	<i>Um, dois, dez, dezoito, vinte e seis, treze</i>	<i>Primeiro, segundo, vigésimo, décimo</i>	<i>Meio ou metade, terço, quarto, quinto</i>	<i>Dobro ou duplo, triplo, sêxtuplo, quántuplos</i>	<i>Ambos</i>

#### 4. Pronome

É a palavra que denota o ente ou a ele se refere, considerando-o apenas como pessoa do discurso. *Pessoa do discurso* → *é o indivíduo que fala, com quem se fala ou o indivíduo ou coisa de quem se fala*. Os pronomes podem ser: pessoais, possessivos, demonstrativos, indefinidos, relativos e interrogativos, conforme descrito a seguir e mostrado na Tabela F.6.

**Pessoais**: representam as três pessoas do discurso, indicando-as simplesmente, sem nomeá-las.

**Possessivos**: fazem referência às pessoas do discurso, apresentando-as como possuidoras de alguma coisa.

**Demonstrativos**: assinalam a posição dos objetos designados em relação às pessoas do discurso.

**Indefinidos**: aplicam-se à terceira pessoa gramatical, quando esta tem sentido vago ou exprimem quantidade indeterminada. Podem referir-se à pessoas, coisas e lugares. O mais comum é o que se refere à coisas.

**Relativos**: são palavras que reproduzem numa oração, o sentido de um termo ou o sentido da totalidade de uma oração anterior.

**Interrogativos**: são pronomes indefinidos que recebem o nome de interrogativos quando são mencionados numa pergunta.

Tabela F.6 – Classificação dos pronomes e exemplos.

<b>Pronomes</b>						
<b>Tipos</b>	<b>Pessoais</b>	<b>Possessivos</b>	<b>Demonstrativos</b>	<b>Indefinidos</b>	<b>Relativos</b>	<b>Interrogativos</b>
<b>Exemplos</b>	Eu, tu, ele/ela, Nós, vós, eles/elas	Meu, minha, meus, minhas, Teu, tua, teus, tuas, etc.	Este, isto, esse, isso, aquele, aquilo, etc.	Todo, toda, alguma, várias, nenhuma, certos, outro, muito, quanto, umas, uma, qualquer, cada, etc.	Que (a árvore que era azul) Quem (quem espera sempre alcança), etc.	Quem (quem são?), quanto (quanto custa?), etc.

## 5. Verbo

É a parte de uma oração que denota ação, estado ou fenômeno, sendo rico em variações de forma ou acidentes gramaticais que fazem com que ele mude de forma para exprimir cinco idéias: de voz, de modo, de tempo, de pessoa e de número.

**Voz:** acidente que indica se a ação verbal é produzida ou recebida pelo sujeito. São três as vozes verbais – ativa, passiva e reflexiva.

**Modo:** caracteriza as diversas maneiras sob as quais a pessoa que fala encara a significação contida no verbo. São três os modos verbais – indicativo, subjuntivo e imperativo. A gramática clássica ainda considera a forma do infinitivo, particípio e gerúndio.

**Tempo:** informa de maneira geral, se o quê expressa o verbo ocorre no momento em que se fala, numa época anterior, ou numa ocasião que ainda esteja por vir. São três os tempos verbais – presente, pretérito (passado) e futuro.

**Pessoa e número:** são acidentes que designam a qual das três classes de sujeito se refere o verbo e ainda, se tal sujeito está no singular ou no plural.

**Conjunção do verbo** – é o conjunto dos acidentes verbais podendo ser de três tipos, caracterizando-se em função da terminação de cada uma delas que é formada pela consoante “r” (desinência do infinitivo) precedida de uma vogal que caracteriza a conjugação nas formas seguintes:

- vogal “a” → para a primeira conjugação (cortar, fechar, etc.);
- vogal “e” → para a segunda conjugação (correr, ferver, etc.);
- vogal “i” → para a terceira conjugação (partir, dirigir, etc.).

Os verbos, em função do tipo de complemento que requerem para uma oração com sentido semântico ou que tenha significação, podem ser classificados em:

- Intransitivos** – que encerram em si mesmos a noção predicativa e dispensam quaisquer complementos.
- Transitivos diretos** – que exigem a presença de um objeto direto.
- Transitivos indiretos** – que pedem a presença de um objeto indireto.
- Transitivos relativos** – que apresentam um complemento preposicional, chamado de complemento relativo.
- Transitivos circunstanciais** – que requerem um complemento preposicional ou não, chamado complemento circunstancial.
- Bitransitivos** – que tem um objeto direto e um indireto, ou um objeto direto, um indireto e um complemento relativo.

## 6. Advérbio

São palavras modificadoras do verbo que servem para expressar as várias circunstâncias que cercam a significação verbal. Podem ser de cinco tipos: de dúvida, de intensidade, de lugar, de modo e de tempo, conforme Tabela F.7.

Tabela F.7 – Classificação dos advérbios e exemplos.

<b>Advérbios</b>					
<b>Tipos</b>	<b>de Dúvida</b>	<b>de Intensidade</b>	<b>de Lugar</b>	<b>de Modo</b>	<b>de Tempo</b>
<b>Exemplos</b>	<i> Talvez, quiçá, acaso, provavelmente, eventualmente, etc.</i>	<i> Muito, pouco, assaz, bastante, demais, excessivamente, demasiadamente, etc.</i>	<i> Abaixo, acima, além, aí, ali, aqui, cá, dentro, lá, avante, atrás, fora, longe, perto, axialmente, radialmente, verticalmente, etc.</i>	<i> Bem, mal, assim, ruim, e muitos adjetivos adverbializados com sufixo “mente”, como atentamente, etc.</i>	<i> Ainda, agora, amanhã, logo, tarde, antes, depois, imediatamente, diariamente, etc.</i>

**Locução adverbial** – acontece quando duas ou mais palavras juntas funcionam como um advérbio como por exemplo: às vezes, às claras, de repente, de propósito, por atacado, por milagre, por pouco, etc.

## 7. Preposição

São palavras que subordinam um termo a outro termo da frase, o que vale dizer que tornam o segundo dependente do primeiro. Exemplo: Livro de Pedro → O segundo termo “Pedro”, chamado termo conseqüente, é dependente do primeiro termo, “Livro”, chamado de termo antecedente. A preposição “de” une os dois dando sentido à oração.

Uma preposição mostra que entre o termo antecedente e o conseqüente há uma relação tal que o sentido do primeiro é explicado ou completado pelo segundo. As preposições essenciais da língua portuguesa são: a, ante, até, após, com, contra, de, desde, em, entre, para, por, perante, sem, sob, e sobre, algumas delas detalhadas na Tabela F.8.

Tabela F.8 – Classificação das preposições e exemplos.

<b>Preposições</b>	
<b>Tipos</b>	<b>Características e exemplos</b>
<b>a, até</b>	Noção de limite, condição
<b>com</b>	Relações de: companhia, instrumento, simultaneidade, causa, oposição, conteúdo.
<b>contra</b>	Oposição, direção contrária.
<b>de (do, desta, etc.)</b>	Introduz o complemento relativo de muitos verbos (precisar <i>de...</i> , abster-se <i>de...</i> etc.). Expressa: ponto de partida (vinha <i>do</i> poço), origem, procedência (filho <i>de</i> Florianópolis), causa (cego <i>de</i> ver miragens), efeito (não é mal <i>de</i> morte), assunto (faletos <i>do</i> Direito), meio (ofício <i>do</i> trabalho), instrumento (picam <i>de</i> esporas), modo ( <i>de</i> rosto reto), lugar ( <i>desta</i> altura), tempo ( <i>de</i> noite e <i>de</i> dia).
<b>desde</b>	Ponto de partida de um movimento ou extensão, no espaço, no tempo ou numa série qualquer, para assinalar espacialmente uma distância.
<b>em</b>	Lugar onde (interior, exterior), tempo (em minutos), estado (em flor), mudança de estado (converte-se carne <i>em</i> terra adubada), preço, juntamente com os verbos: avaliar, estimar, taxar, etc. (avaliaram o presente <i>em</i> um milhão)
<b>entre</b>	Designa posição do meio no espaço e no tempo e ainda figuradamente, como no exemplo: “...oscilas <i>entre</i> a crença e o desengano, <i>entre</i> esperanças e desinteresses”
<b>para</b>	Introduz o objeto indireto em relação à: lugar para onde (e para casa partiu), direção (para o norte inclinando-se a bússola), fim (algumas vezes ficava para jantar), conseqüência (vivo muito feliz para ser triste assim).
<b>sem</b>	Indica negação, ausência, desacompanhamento.
<b>sob</b>	Exprime posição inferior, embaixo de...
<b>sobre</b>	Exprime posição superior, em cima de (com as mãos <i>sobre</i> o peito), tempo aproximado ( <i>sobre</i> a tarde, quando o colorido...), assunto (falar <i>sobre</i> religião é...)

## 8. Conjunção

São palavras que relacionam dois elementos da mesma natureza (substantivo + substantivo; adjetivo + adjetivo; advérbio + advérbio; oração + oração; etc.) ou duas orações de natureza diversa, das quais a que começa pela conjunção completa a anterior ou lhe junta uma determinação. Podem ser coordenativas (*aditivas, adversativas, alternativas conclusivas e explicativas*) ou subordinativas (*comparativas, concessivas, condicionais, conformativas, causais, consecutivas, finais, proporcionais temporais e integrantes*).

Nas Tabelas F.9 e F.10 são mostrados alguns exemplos de cada tipo de conjunção. As conjunções coordenativas: aditivas e alternativas e as subordinativas: proporcionais e temporais são as mais prováveis de serem utilizadas na nomenclatura de funções na análise gramatical de funções de projeto de sistema mecânicos.

Tabela F.9 – Classificação das conjunções coordenativas e exemplos.

<b>Conjunções Coordenativas</b>		
<b>Classes</b>	<b>Características</b>	<b>Tipos e exemplos</b>
<b>Aditivas</b>	Relacionam pensamentos similares.	<i>e</i> = une duas afirmações (veio e telefonou) <i>nem</i> = une duas negações (não veio nem telefonou)
<b>Adversativas</b>	Relacionam pensamentos Contrastantes.	<i>mas</i> (gosto de sistemas, <i>mas</i> prefiro as peças), <i>porém, todavia, contudo, entretanto, no entanto.</i>
<b>Alternativas</b>	Relacionam pensamentos que se excluem.	<i>ou</i> , podendo repetir-se ou não ( <i>ou</i> vais <i>ou</i> ficas!, vais <i>ou</i> ficas?), <i>ora...ora, quer...quer, já...já, etc.</i>
<b>Conclusivas</b>	Relacionam pensamentos tais que o segundo a conclusão do que foi enunciado no primeiro.	<i>logo, pois, portanto</i> (a peça está gasta, <i>portanto</i> não poderá ser usada), <i>consequentemente, por conseguinte</i>
<b>Explicativas</b>	Relacionam pensamento em seqüência justificativa, de tal forma que a segunda frase explica a razão de ser da primeira.	<i>que, pois, porque</i> (espere um pouco, porque ele não demora) <i>portanto</i>

Tabela F.10 – Classificação das conjunções subordinativas e exemplos.

<b>Conjunções Subordinativas</b>		
<b>Classes</b>	<b>Características e exemplos</b>	<b>Tipos</b>
<b>Causais</b>	Relacionamento de causa: Ele foi embora <i>porque</i> não podia pagar a pensão.	<i>que, porque, porquanto, como, já que, desde que, pois que, visto que, uma vez que, etc.</i>
<b>Concessivas</b>	Relacionam concessão: Comprarei o Windows 98, <i>embora</i> o ache muito pesado.	<i>embora, conquanto, ainda que, posto que, se bem que, etc.</i>
<b>Condicionais</b>	Relacionam condição: Irei à Johnson antes do Natal, <i>se</i> puder.	<i>se, caso, contanto que, sem que, uma vez que, dado que, desde que, etc.</i>
<b>Conformativas</b>	Relacionam conformidade: Resolvi o problema, <i>conforme</i> o professor ensinou	<i>como, conforme, consoante, segundo, etc.</i>
<b>Comparativas</b>	Relacionam comparação: Este dicionário é mais completo <i>que</i> o meu; A prata vale menos <i>do que</i> o ouro; Nada é <i>tão</i> importante <i>como</i> a verdade.	<i>que, do que</i> (quando relacionados a <i>mais, menos, maior, menor, melhor e pior</i> ), <i>qual</i> (relacionado a <i>tal</i> ), <i>como</i> (relacionado a <i>tal, tão e tanto</i> ), como <i>se, etc.</i>
<b>Consecutivas</b>	Relacionam consequência: Quase ninguém foi ao teatro, <i>tanto que</i> não houve.	<i>que</i> (relacionado com <i>tal, tão, tanto e tamanho</i> ), <i>de modo que, de maneira que, de sorte que e de forma que.</i>
<b>Finais</b>	Relacionam finalidade: Ele mentiu <i>para que</i> o deixassem sair.	<i>para que, a fim de que, porque, que, etc.</i>
<b>Integrantes</b>	Relacionam afirmação e incerteza: Percebi <i>que</i> alguém entrou na sala: Não vi <i>se</i> os alunos já chegaram.	<i>que</i> (para a afirmação certa) e <i>se</i> ( para a afirmação incerta)
<b>Proporcionais</b>	Relacionam proporção: O ruído aumenta <i>à proporção que</i> a peça se desgasta	<i>à medida que, ao passo que, à proporção que, etc.</i>
<b>Temporais</b>	Relacionam temporização: <i>Apenas</i> a vi, verteram-se-me as lágrimas	<i>apenas, mal, quando, até que, assim que, antes que, depois que, logo que, tanto que, etc.</i>

## 9. Derivação

É o processo pelo qual de uma palavra formam-se outras, por meio da agregação de certos elementos que lhe alteram o sentido, sempre referido à palavra primitiva. Muitas vezes formam grupos de palavras que denotam o mesmo sentido, uma vez que são derivadas de um mesmo radical. A derivação pode ser prefixal, sufixal, parassintética e regressiva. Alguns exemplos são mostrados na Tabela F.11.

Tabela F.11 – Classificação das derivações e exemplos.

Derivações		
Tipos	Partículas	Exemplos
Prefixal (gregos e latinos)	<i>abs, ab</i> - afastamento	abstrair, adjunto
	<i>ad</i> - aproximação	adjunto, adorar
	<i>aná</i> – movimento de baixo para cima, inversão, repetição	análise, analogia, anagrama
	<i>circun</i> – movimento em torno	circunferência, circunscrito
	<i>com</i> - reunião	combater, compor, comprimir
	<i>de</i> – movimento de cima para baixo	demolir, deformar, decrescer
	<i>dia</i> – movimento, através	diâmetro, diafragma, diagonal
	<i>ex</i> – movimento de dentro para fora	expelir, expor, exterminar
	<i>intro</i> – movimento para dentro	introduzir, introspectar
	<i>pará</i> – ao lado de	paradigma, paralelo, paradoxo
	<i>per</i> – movimento através de	percorrer, perfurar
	<i>pró</i> – posição em frente, movimento para frente	problema, prognóstico, programa
	<i>re</i> – movimento para trás, repetição	regredir, reconstruir, reformatar
	<i>syn</i> – simultaneidade, reunião	sincronismo, sinfonia, simpatia, simetria, sintaxe, síntese, sistema
	<i>sub</i> – movimento de baixo para cima	subir, submeter, submergir
<i>trans</i> - passar além de	transpor, transportar, transbordar	
<i>ultra</i> – posição além do limite	ultrapassar, ultrasonar	
Sufixal (gregos e latinos)	<i>ada, agem</i> – formar substantivos de substantivos	boiada, laranjada, noitada, pedrada, ferragem, aprendizagem
	<i>al</i> – formar adjetivos e substantivos de substantivos	genial, mortal, pantanal, arrozal
	<i>dade</i> – formar substantivos de adjetivos	Bondade, dignidade, facilidade, divindade
	<i>dor, tor, sor</i> – formar substantivos de verbos	Armador, tradutor, confessor, comprador, instrutor, salvador
	<i>ez, eza</i> – formar substantivos de adjetivos	dureza, rigidez, certeza, moleza, sensatez, beleza
	<i>ear</i>	Rodear, barbear, golpear
	<i>ecer</i>	Escurecer, favorecer
	<i>ejar</i>	Manejar, velejar, cortejar
	<i>ficar</i>	Purificar, petrificar
	<i>ia</i> – formar substantivos de substantivos	astronomia, geometria, energia, profecia, filosofia
	<i>itar e inhar</i>	Saltitar, cuspinhar
<i>izar</i>	Batizar, realizar, suavizar	
Parassintética (Auxílio simultâneo de prefixos e sufixos gregos e latinos)	<i>em...ar</i>	<i>em</i> + força + <i>ar</i> = enforçar
	<i>a...ar</i>	<i>a</i> + fadiga + <i>ar</i> = afadigar
	<i>des...ar</i>	<i>des</i> + pedaço + <i>ar</i> = despedaçar
	<i>es...ar</i>	<i>es</i> + frio + <i>ar</i> = esfriar
Regressiva (termo derivado resulta da redução do derivante)	Formações como: <i>delega</i> , de delegado; <i>flagra</i> , de flagrante; Substantivos tirados de verbos como: <i>bloqueio</i> , <i>arranjo</i> , <i>erro</i> , <i>recuo</i> , <i>reparo</i> , <i>repouso</i> , <i>vôo</i> , <i>rodeio</i> , <i>amparo</i> , <i>combate</i> , <i>debate</i> , <i>destaque</i> , <i>toque</i> .	



## 10. Composição

É a composição de palavras o ajuntamento de dois ou mais elementos vocabulares com significação própria, para dar a idéia de um novo ser ou objeto. Na realidade o que caracteriza uma composição é, além de significação, a existência de mais de um radical, podendo ser por justaposição ou por aglutinação, como mostra a Tabela F.12.

Tabela F.12 – Classificação da composição de palavras e exemplos.

<b>Composição</b>		
<b>Tipos</b>	<b>Classes envolvidas</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Justaposição</b>	Substantivo + Substantivo	porco-espinho, peixe-espada, manga-rosa, pombo-correio, mestre-sala
	Substantivo + Preposição + Substantivo	pai de família, pé-de-vento, pé-de-cabra, pé-de-meia, baba-de-moça
	Substantivo + Adjetivo	adjetivo depois: Amor-perfeito, vitória-régia, cabra-cega; adjetivo antes: meio-dia, belas-artes, cara-metade, preamar
	Adjetivo + Adjetivo	surdo-mudo, luso-brasileiro, azul-marinho, verde-escuro, tragicômico
	Pronome + Substantivo	Nosso Senhor, Vossa Excelência, meu-bem, Vossa Santidade
	Numeral + Substantivo	segunda-feira, mil-folhas, três-marias.
	Verbo + Substantivo	saca-rolhas, ganha-pão, mandachuva, pica-pau, beija-flor, quebra-nozes
	Advérbio + Adjetivo	sempre-viva
	Verbo + Verbo	vaivém, corre-corre, perde-ganha
	Bem e mal + outras palavras	bem-aventurado, bem-estar, mal-encarado, bem-me-quer, bem-te-vi
<b>Aglutinação</b>	Boquiaberto, planalto, pernalta, pernilongo, aguardente, pontiagudo	
Obs: A presença ou não de um hífen não serve de critério par a identificação de palavras justapostas ou aglutinadas, não só por não haver grafia uniforme para palavras compostas, mas principalmente porque o sentimento da composição tem seu critério no espírito.		

## PARTE II – SINTAXE

A análise sintática é baseada nas orações ou frases de definição das funções. Nesta parte são estudados os conceitos e elementos relacionados à análise sintática da oração funcional.

### 1. Oração

É a frase ou membro de uma frase que se biparte normalmente em sujeito e predicado. Certas orações não têm sujeito explicitado.

### 2. Termos básicos da oração

Uma oração é composta por sujeito e predicado. O sujeito é o ser de quem se diz algo, enquanto que o predicado é aquilo que se diz do sujeito.

**(a) Sujeito:** é expresso por substantivo, ou equivalente de substantivo. Às vezes, um substantivo sozinho exprime o sujeito da oração. Pode ser determinado ou indeterminado.

(1) Determinado – quando for identificável na oração, explicitamente ou implicitamente.

(2) Indeterminado – quando não pode-se ou não quer-se especificá-lo.

**(b) Predicado:** pode ser nominal, verbal, verbo-nominal ou misto, o predicado é tudo dentro de uma oração que não seja sujeito.

(1) *Nominal* – tem por núcleo um nome que pode ser substantivo, adjetivo ou pronome, nos seus respectivos tipos.

(2) *Verbal* – exprime um fato, um acontecimento ou uma ação, tem por núcleo um verbo, acompanhado ou não de outros elementos gramaticais. Dependendo da natureza do verbo (transitivo ou intransitivo) decorrem os demais termos do predicado verbal. Relembrando:

Verbo transitivo → requerem a presença de um ou mais termos para completar a compreensão do predicado (predicação incompleta), por exemplo: A criança *comprou* (o quê?) um sorvete.

Verbo intransitivo → exprimem por si só a noção predicativa (predicação completa), por exemplo: O soldado *morreu*.

(3) *Verbo-nominal ou misto* – quando apresenta dois núcleos, um expresso por um verbo intransitivo ou transitivo e outro indicado por um nome, que é chamado de predicativo. Exemplo: O trem chegou atrasado = o verbo *chegou* é intransitivo e o termo *atrasado*, que implica em dizer *estava atrasado*, é o predicativo.

### 3. Termos integrantes da oração ou complementos

São espécies de termos subordinados ao núcleo substantivo ou núcleo verbal.

**(a) Complementos nominais:** integram a significação transitiva do núcleo do substantivo. Exemplos: Foi transferida nossa viagem à *São Paulo*. A sentença foi favorável *ao réu*.

(i) Tratando-se de adjetivo ou advérbio, é sempre complemento nominal. Exemplos:

Adjetivos → Ele está confiante *no futuro*. A união dos seres vivos é útil *à coletividade*.

Advérbios → A ação é desfavorável *a nós*. Revela-se contrariamente *aos nossos desejos*.

(ii) Tratando-se de substantivo, tem-se que tomar cuidado para não confundir o complemento nominal com adjunto adnominal. Exemplos:

Complemento nominal → Foi deprimente a invasão *da cidade*. Ele conversa *com o pai*.

Adjunto adnominal → Deu-me um bom copo *de vinho*. Recebeu uma rosa *com espinhos*.

A diferença é sutil. Consiste em que os substantivos *copo* e *rosa*, ligados aos adjuntos adnominais são intransitivos, ao passo que os substantivos *invasão* e *conversa*, ligados aos complementos nominais admitem o emprego de verbos transitivos.

**(b) Complementos verbais:** os complementos verbais são subdivididos em: objeto direto, objeto indireto, complemento relativo e complemento circunstancial.

**b.1 – Objeto direto** – complemento verbal na voz ativa que representa o paciente da ação verbal. É facilmente identificado porque pode ser o sujeito da voz passiva e corresponde às formas pronominais átonas → *o, a, os, as*. O objeto direto indica:

(i) O ser sobre o qual recai a ação: Montar *o rolamento* no local correto.

(ii) O resultado da ação: Construir *uma peça*. Criar *um sistema mecânico*.

(iii) O conteúdo de uma ação: Prever *a saída de óleo lubrificante*.

**b.2 – Objeto indireto** – é o complemento que representa a pessoa ou coisa a que se destina a ação, ou em cujo proveito ou prejuízo ela se realiza. O objeto indireto apresenta as características seguintes:

(i) É encabeçado pela preposição “*a*” ou muitas vezes, a preposição “*para*”.

(ii) Corresponde quando na 3ª pessoa, às formas pronominais átonas “*lhe*” e “*lhes*”.

(iii) Não admite, salvo raras exceções, passagem para voz passiva.

Nota: Os complementos **relativo** e **circunstancial** não serão abordados neste escopo.

#### 4. Termos acessórios da oração

São considerados os adjuntos adnominal e adverbial.

**(a) Adjunto adnominal:** é um termo de valor adjetivo que pode juntar-se ao núcleo substantivo, qualquer que seja a função deste, para acrescentar-lhe um dado novo à sua significação. Pode ser expresso através de:

- (i) Adjetivo – Lar *feliz*. Mar *bravio*.
- (ii) Locução adjetiva – Cavalo *de raça*. Rosa *sem espinhos*.
- (iii) Artigo definido ou indefinido – O professor (definido). *Um* professor (indefinido).
- (iv) Pronome adjetivo ou numeral adjetivo – *Minhas* filhas. *Aquele* dicionário. Os *dois* irmãos. Ficou em *primeiro* lugar.

**(b) Adjunto adverbial:** é um termo que modifica o verbo, exprimindo as particularidades que cercam ou precisam o fato por este indicado. Pode ser expresso através de:

- (i) Advérbio – Visito-o *diariamente*. O navio passou *longe*.
- (ii) Expressão adverbial – Partiremos *de madrugada*. Verei você *na próxima semana*.

A preposição “de” quase sempre estabelece o tipo de adjunto adverbial, como mostrado na Tabela F.13.

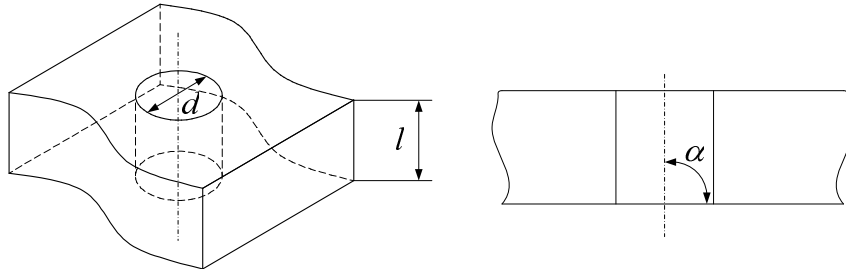
Tabela F.13 – Classificação dos adjuntos adverbiais e exemplos.

<b>Adjuntos adverbiais</b>				
<b>Tipos</b>	<b>Exemplos</b>			
<b>Assunto</b>	Falar <i>da vida alheia</i> .			
<b>Causa</b>	Morrer <i>de sede</i> .			
<b>Meio</b>	Viver <i>de trabalho</i> . Viajar <i>a cavalo</i>			
<b>Modo</b>	Olhar <i>de lado</i> . Falar <i>a altas vozes</i> . Pisar <i>em falso</i> .			
<b>Conformidade</b>	Deus criou o homem <i>à sua imagem e semelhança</i>			
<b>Companhia</b>	Sair <i>com amigos</i> .			
<b>Concessão</b>	<i>Apesar do mau tempo</i> , o avião levantou vôo.			
<b>Condição</b>	Ninguém cruzará a fronteira, <i>sem passaporte</i> .			
<b>Oposição</b>	Remar <i>contra a maré</i> . Bater-se <i>com o adversário</i> .			
<b>Quantidade</b>	Gastar <i>aos milhares</i> .			
<b>Tempo</b>	Falar <i>por alguns minutos</i> . Aquecer <i>por longas horas</i> .			
<b>Favor</b>	Morrer <i>pela pátria</i> . (em prol de, em benefício de, em favor de, etc.)			
<b>Fim</b>	Pararam todos <i>à escuta</i> . O sino tocava <i>à missa</i> .			
<b>Instrumento</b>	Quebravam a pedreira <i>a picareta</i> . Escreveu-me rapidamente <i>a lápis</i> .			
<b>Lugar</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">lugar onde, lugar aonde,</td> <td rowspan="2" style="width: 67%; vertical-align: top;">Sempre trabalhou <i>em</i> São Paulo. <i>Aonde</i> vais, com tanta pressa? Este é o caminho <i>por onde</i> caminharemos até a vitória. Mudaremos <i>para</i> Brasília. Partiremos <i>de</i> Gênova às quatro horas da tarde.</td> </tr> <tr> <td>lugar por onde, lugar par onde e lugar donde</td> </tr> </table>	lugar onde, lugar aonde,	Sempre trabalhou <i>em</i> São Paulo. <i>Aonde</i> vais, com tanta pressa? Este é o caminho <i>por onde</i> caminharemos até a vitória. Mudaremos <i>para</i> Brasília. Partiremos <i>de</i> Gênova às quatro horas da tarde.	lugar por onde, lugar par onde e lugar donde
lugar onde, lugar aonde,	Sempre trabalhou <i>em</i> São Paulo. <i>Aonde</i> vais, com tanta pressa? Este é o caminho <i>por onde</i> caminharemos até a vitória. Mudaremos <i>para</i> Brasília. Partiremos <i>de</i> Gênova às quatro horas da tarde.			
lugar por onde, lugar par onde e lugar donde				

## Apêndice G

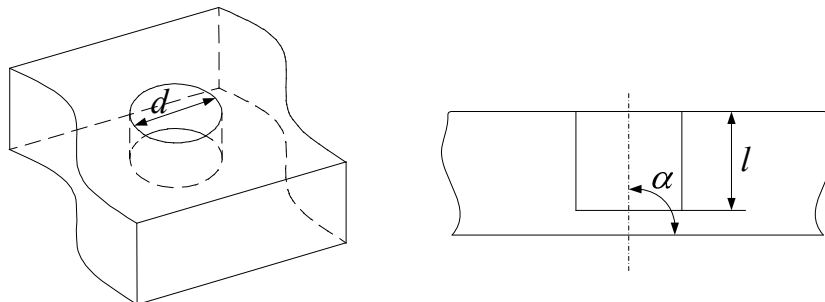
### Definições dos Termos Técnicos de Projeto Mecânico

#### código 01 – furo passante cilíndrico



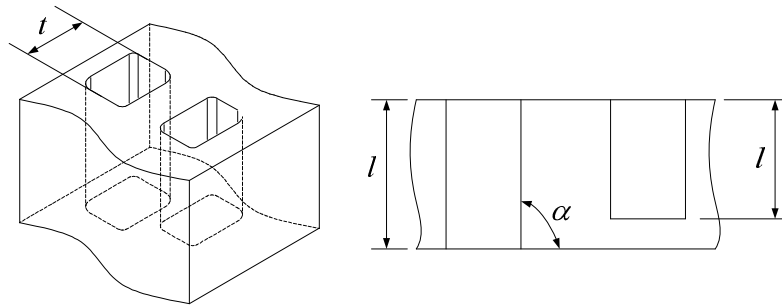
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície fechada cilíndrica, interna e vazada	$d$ = diâmetro do furo; $l$ = comprimento do furo, medido no eixo de simetria; $\alpha$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça.	Inglês: <i>thru hole</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

#### código 02 – furo cego cilíndrico



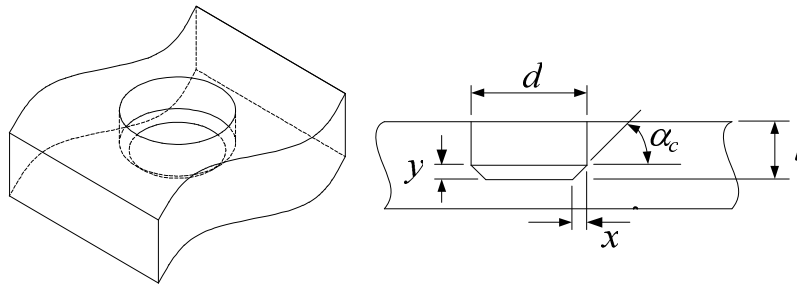
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície fechada cilíndrica, interna não vazada	$d$ = diâmetro do furo; $l$ = comprimento do furo, medido no eixo de simetria; $\alpha$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; condição = $l > d$ .	Inglês: <i>blind hole</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 03 – furo não cilíndrico



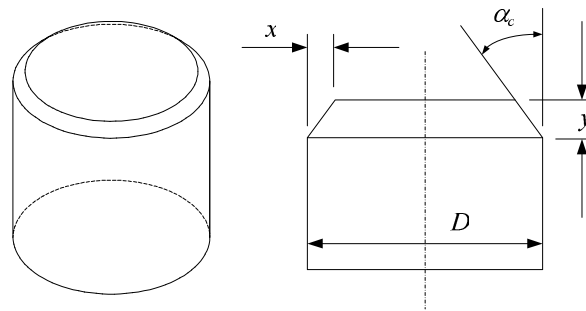
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície fechada não cilíndrica, interna vazada ou não vazada, de seção transversal diversa e regular ao longo do eixo de geração.	seção transversal = diversas; $l$ = comprimento do furo, medido no eixo que passa pelo centro de gravidade da seção transversal; $\alpha$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; $t$ = maior dimensão da seção transversal ou perfil; condição = $l > t$ .	Inglês: <i>non cylindrical hole</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 04 – chanfro rotacionado interno



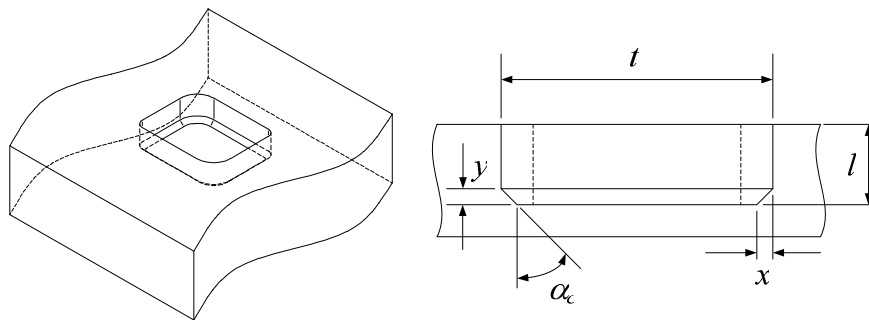
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície cônica, interna, gerada sobre uma aresta circular a partir de uma primitiva reta.	$l$ = comprimento do furo, medido no eixo que passa pelo centro de gravidade da seção transversal; $\alpha_c$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; $d$ = diâmetro do furo; $x$ = largura do chanfro; $y$ = altura do chanfro;	Inglês: <i>internal rotated chamfer</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 05 – chanfro rotacionado externo



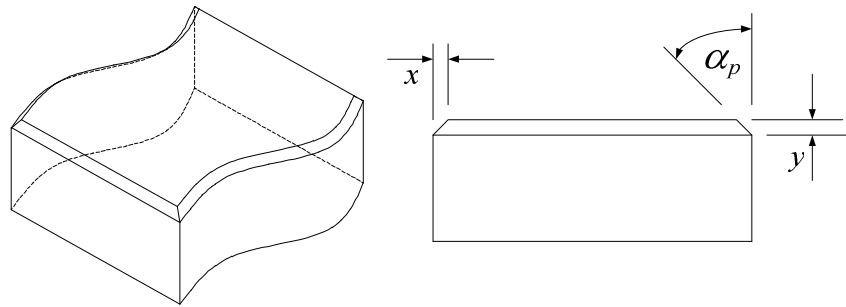
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície cônica, externa, gerada sobre uma aresta circular a partir de uma primitiva reta.	$\alpha_c$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; $D$ = diâmetro do corpo cilíndrico ou elíptico; $x$ = largura do chanfro; $y$ = altura do chanfro; $c_R$ = comprimento da aresta chanfrada.	Inglês: <i>external rotated chamfer</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 06 – chanfro prismático interno



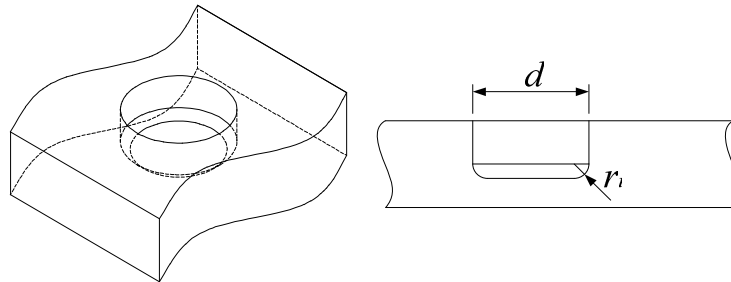
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície interna gerada sobre uma aresta reta ou curva, a partir de uma primitiva reta.	$t$ = maior comprimento da seção transversal de geração; $\alpha_p$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; $x$ = largura do chanfro; $y$ = altura do chanfro; $c_P$ = comprimento da aresta chanfrada.	Inglês: <i>internal prismatic chamfer</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

**código 07 – chanfro prismático externo**



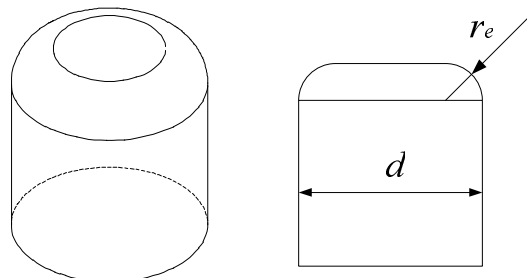
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície externa, gerada sobre uma aresta retilínea ou curva a partir de uma primitiva reta.	$\alpha_p$ = ângulo de inclinação em relação ao sistema de referência da peça; $x$ = largura do chanfro; $y$ = altura do chanfro; $c_p$ = comprimento da aresta chanfrada.	Inglês: <i>external prismatic chamfer</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

**código 08 – arredondamento rotacionado interno**



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície interna, gerada sobre uma aresta circular a partir de uma primitiva semi-circular.	$r_i$ = raio do arredondamento interno; $d$ = diâmetro do furo; $a_R$ = comprimento da aresta arredondada.	Inglês: <i>internal rotated round</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

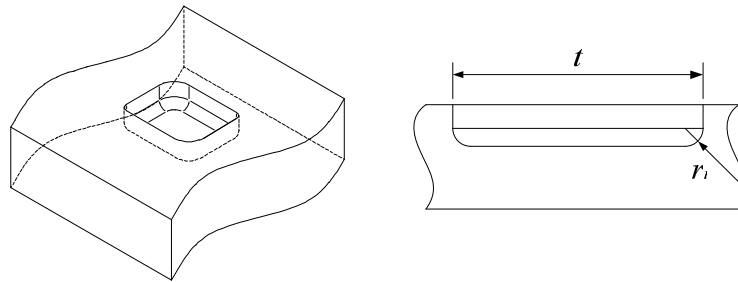
**código 09 – arredondamento rotacionado externo**



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície externa, gerada sobre uma aresta circular a partir de uma primitiva semi-circular.	$r_e$ = raio do arredondamento externo; $d$ = diâmetro do corpo cilíndrico; $a_R$ = comprimento da aresta arredondada.	Inglês: <i>external rotated round</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

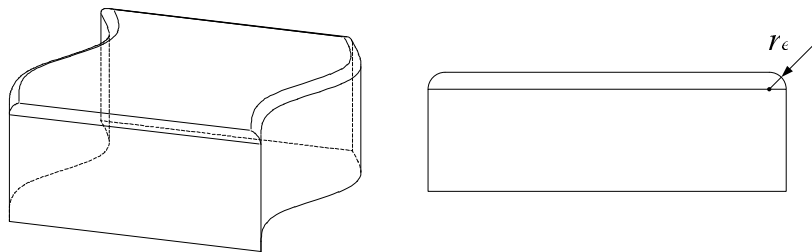


**código 10 – arredondamento prismático interno**



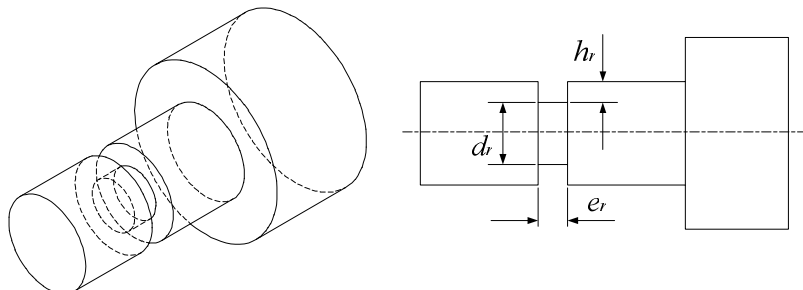
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície interna, gerada sobre uma aresta reta ou curva a partir de uma primitiva semi-circular.	$r_i$ = raio do arredondamento externo; $t$ = maior comprimento da seção transversal de geração; $a_p$ = comprimento da aresta arredondada.	Inglês: <i>internal prismatic round</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

**código 11 – arredondamento prismático externo**



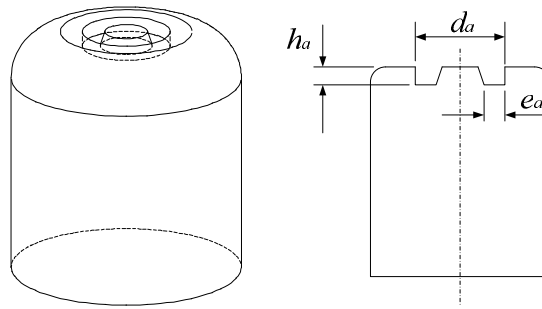
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
superfície externa, gerada sobre uma aresta reta ou curva a partir de uma primitiva semi-circular.	$r_e$ = raio do arredondamento externo; $a_p$ = comprimento da aresta arredondada.	Inglês: <i>external prismatic round round</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

**código 12 – rebaixo rotacionado radial**



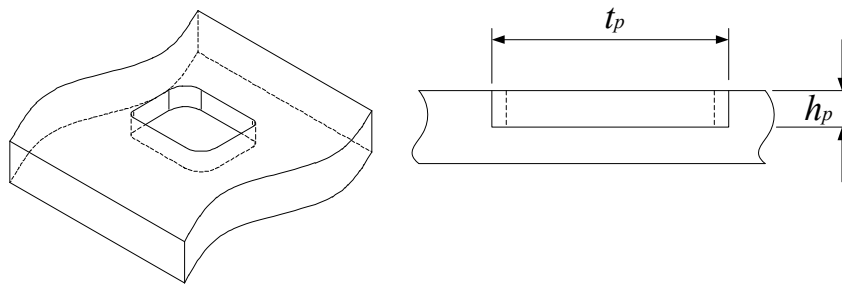
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada de material em um corpo cilíndrico com base num perfil de seção transversal qualquer e segundo um eixo de revolução.	seção transversal = diversas; $e_r$ = maior largura do rebaixo radial; $h_r$ = maior altura do rebaixo radial; $d_r$ = menor diâmetro do rebaixo radial.	Inglês: <i>radial rotated cutout</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 13 – rebaixo rotacionado axial



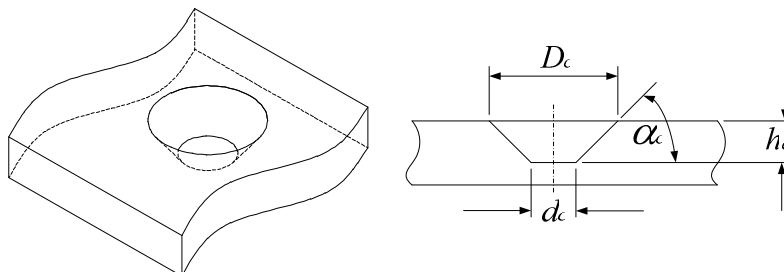
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal qualquer, segundo um eixo de revolução.	seção transversal = diversas; $e_a$ = menor largura do rebaixo axial; $h_a$ = maior altura do rebaixo axial; $d_a$ = diâmetro maior do rebaixo axial.	Inglês: <i>axial rotated cutout</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 14 – rebaixo prismático



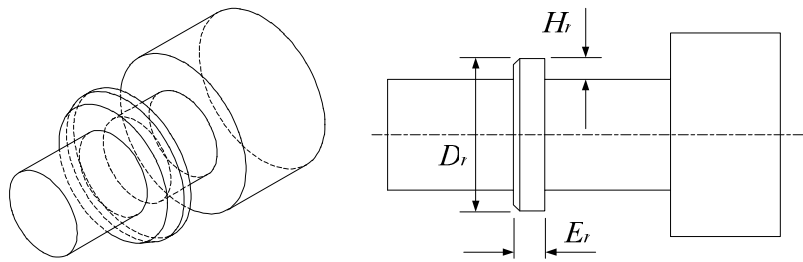
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada reta de material numa superfície qualquer a partir de um perfil com seção transversal qualquer, segundo uma trajetória retilínea.	seção transversal = diversas; $t_p$ = maior dimensão da seção transversal do perfil; $h_p$ = altura do rebaixo prismático; $s_p$ = área da seção transversal do perfil; condição = $h_p < t_p$	Inglês: <i>prismatic cutout</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 15 – rebaixo cônico



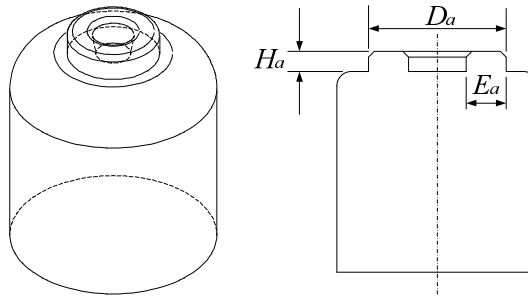
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção trapezoidal, segundo um eixo de revolução.	$\alpha_c$ = ângulo de conicidade; $d_c$ = menor diâmetro do rebaixo cônico; $D_c$ = maior diâmetro do rebaixo cônico; $h_c$ = altura do rebaixo cônico	Inglês: <i>cone cutout</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 16 – ressalto rotacionado radial



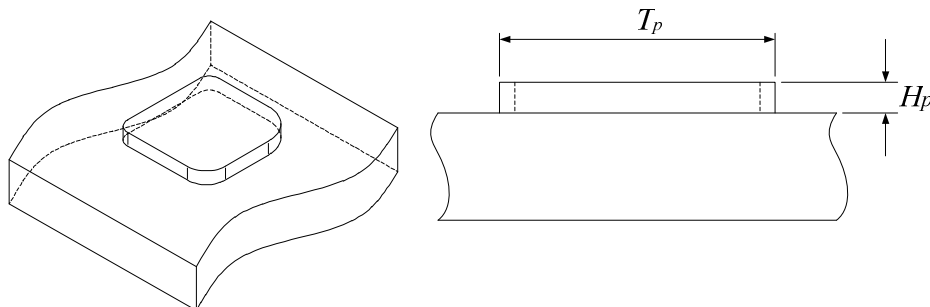
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição rotacionada de material em um corpo cilíndrico com base num perfil de seção transversal qualquer e segundo um eixo de revolução.	seção transversal = diversas; $E_r$ = maior largura do ressalto radial; $H_r$ = maior altura do ressalto radial; $D_r$ = maior diâmetro do ressalto radial.	Inglês: <i>radial rotated protusion</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 17 – ressalto rotacionado axial



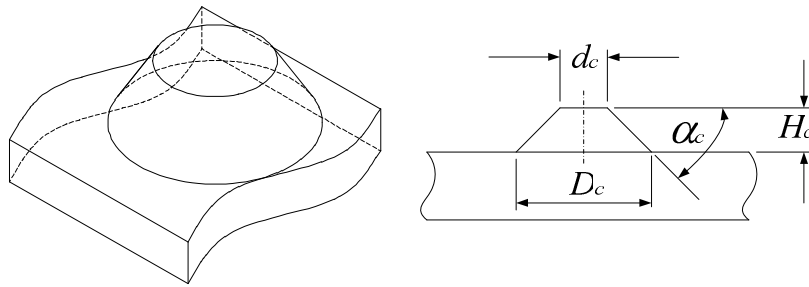
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal qualquer, segundo um eixo de revolução.	seção transversal = diversas; $E_a$ = maior largura do ressalto axial; $H_a$ = maior altura do ressalto axial; $D_a$ = diâmetro maior do ressalto axial.	Inglês: <i>axial rotated protusion</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 18 – ressalto prismático



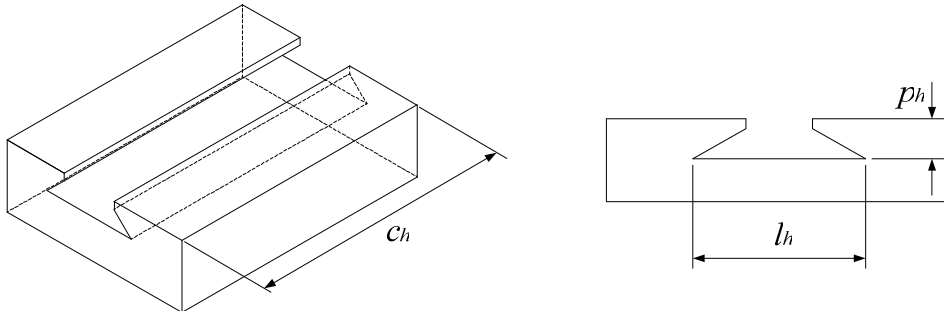
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição reta de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal qualquer, segundo uma trajetória retilínea.	seção transversal = diversas; $T_p$ = maior dimensão da seção transversal do perfil; $H_p$ = altura do ressalto prismático; $S_p$ = área da seção transversal do perfil; condição = $H_p < T_p$	Inglês: <i>prismatic protusion</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 19 – ressalto cônico



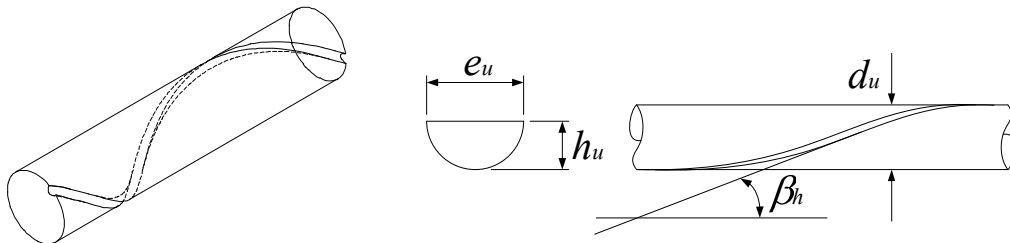
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal triangular ou trapezoidal, segundo um eixo de revolução.	$\alpha_c$ = ângulo de conicidade; $d_c$ = menor diâmetro do rebaixo cônico; $D_c$ = maior diâmetro do rebaixo cônico; $H_c$ = altura do rebaixo cônico	Inglês: <i>cone protusion</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 20 – ranhura prismática



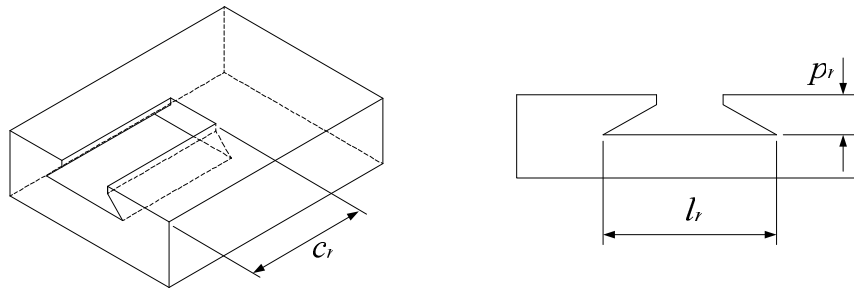
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada retilínea e vazada de material numa superfície plana a partir de um perfil aberto com seção transversal qualquer, segundo um eixo de referência da peça	seção transversal = diversas; $p_h$ = maior profundidade ou altura da ranhura prismática; $l_h$ = maior largura da ranhura prismática; $c_h$ = comprimento da ranhura prismática;	Inglês: <i>prismatic groove</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 21 – ranhura helicoidal



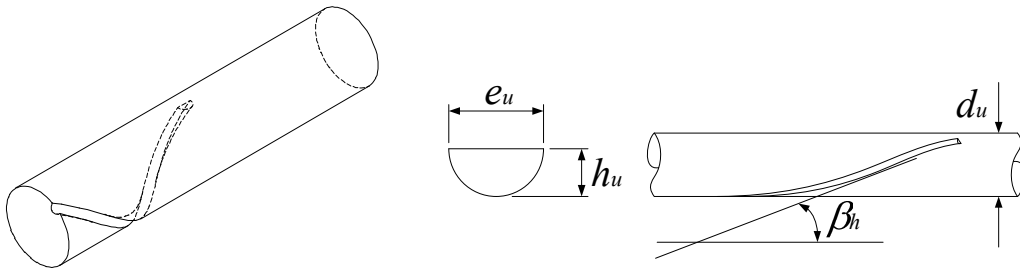
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada curvilínea e vazada de material numa superfície cilíndrica a partir de um perfil aberto com seção transversal qualquer, segundo um ângulo de hélice.	seção transversal = diversas; $\beta_h$ = ângulo de hélice da ranhura helicoidal; $h_u$ = maior profundidade da seção transversal; $e_u$ = maior largura da seção transversal; $d_u$ = diâmetro do corpo cilíndrico;	Inglês: <i>helical groove</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 22 – rasgo prismático



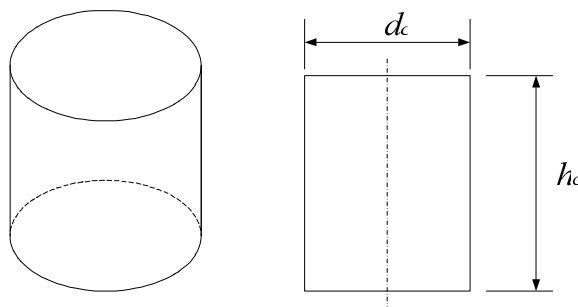
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada retilínea e não vazada de material numa superfície plana, a partir de um perfil aberto com seção transversal qualquer, segundo um eixo de referência da peça	seção transversal = diversas; $p_r$ = maior profundidade ou altura da ranhura prismática; $l_r$ = maior largura da ranhura prismática; $c_r$ = comprimento da ranhura prismática;	Inglês: <i>blind slot</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 23 – rasgo helicoidal



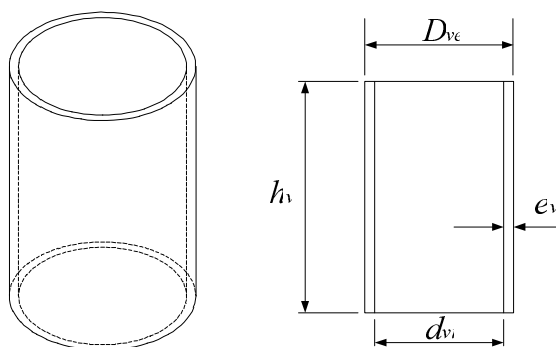
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada curvilínea e não vazada de material numa superfície cilíndrica a partir de um perfil aberto com seção transversal qualquer, segundo um ângulo de hélice.	seção transversal = diversas; $\beta_h$ = ângulo de hélice da ranhura helicoidal; $h_u$ = maior profundidade da seção transversal; $e_u$ = maior largura da seção transversal; $d_u$ = diâmetro do corpo cilíndrico;	Inglês: <i>helical blind slot</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 24 – corpo cilíndrico



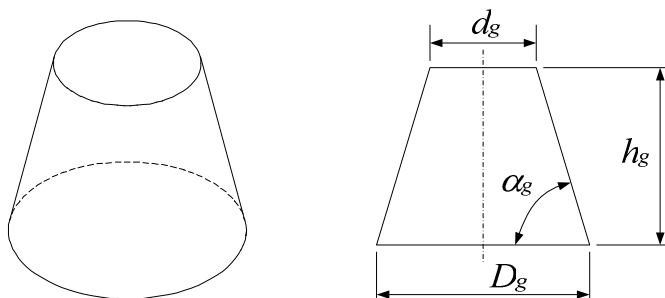
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição de material a partir de um perfil fechado circular ou retangular por meio de um eixo de geração retilíneo ou um eixo de revolução, respectivamente.	$d_c$ = diâmetro do corpo cilíndrico; $h_c$ = altura do corpo cilíndrico;	Inglês: <i>hyindrical boss</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 25 – corpo cilíndrico vazado



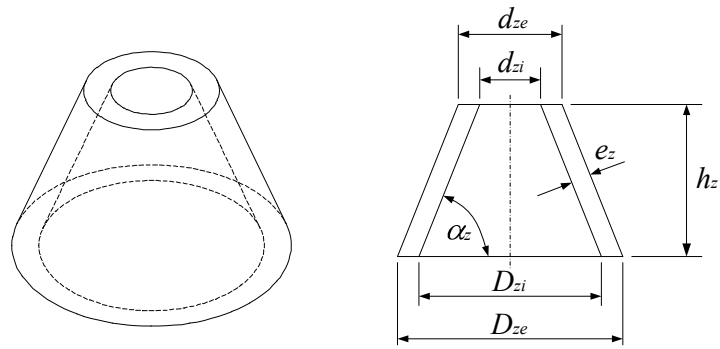
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição de material a partir de um perfil fechado circular anelar ou retangular por meio de um eixo de geração retilíneo ou um eixo de revolução, respectivamente.	$d_{vi}$ = diâmetro interno do corpo cilíndrico vazado; $D_{ve}$ = diâmetro externo do corpo cilíndrico vazado; $e_v$ = espessura da parede do corpo cilíndrico vazado; $h_v$ = altura do corpo cilíndrico vazado;	Inglês: <i>thru hole boss</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 26 – corpo cônico



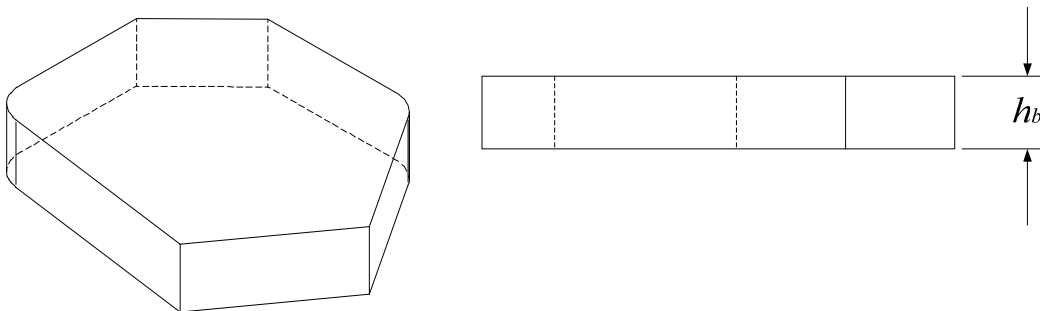
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal triangular ou trapezoidal, segundo um eixo de revolução.	$\alpha_g$ = ângulo de conicidade; $d_g$ = menor diâmetro do rebaixo cônico; $D_g$ = maior diâmetro do rebaixo cônico; $h_g$ = altura do rebaixo cônico	Inglês: <i>cone boss</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 27 – corpo cônico vazado



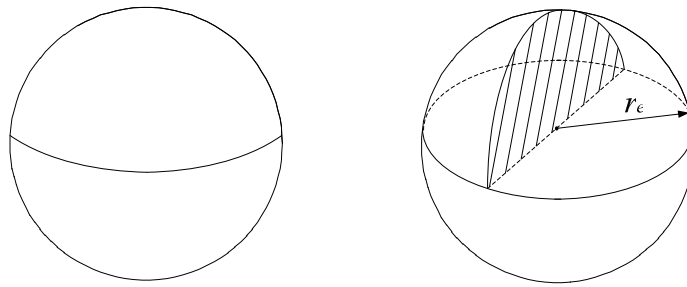
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição rotacionada de material numa superfície plana a partir de um perfil paralelogramo segundo um eixo de revolução.	$\alpha_z$ = ângulo de conicidade; $d_{zi}$ = diâmetro interno menor; $d_{ze}$ = diâmetro externo menor; $D_{zi}$ = diâmetro interno maior; $D_{ze}$ = diâmetro externo maior; $e_z$ = espessura do corpo cônico vazado; $H_z$ = altura do corpo cônico vazado.	Inglês: <i>thru cone hole boss</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 28 – corpo prismático



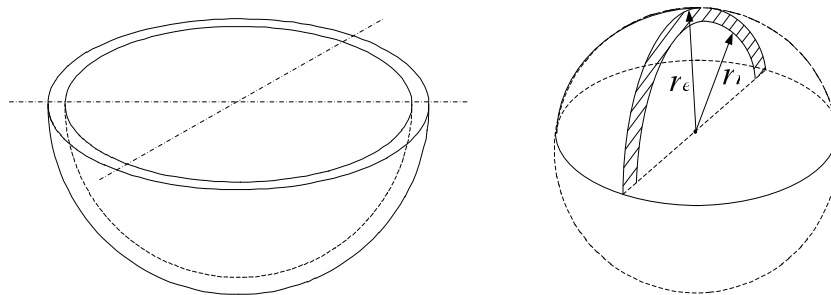
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição reta de material numa superfície plana a partir de um perfil com seção transversal não circular, segundo um eixo de geração de trajetória retilínea.	seção transversal = diversas; $h_b$ = altura do ressalto prismático; $s_b$ = área da seção transversal do perfil;	Inglês: <i>block</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 29 – corpo esférico



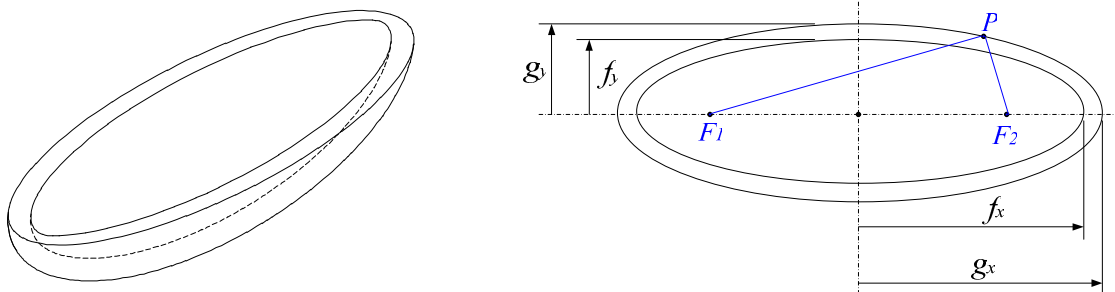
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição material num giro de 360° (graus) a partir de um perfil com seção transversal semi-circular e um eixo de revolução	$r_e$ = raio do semi-círculo de geração; $s_e$ = área externa da esfera; $v_e$ = volume da esfera;	Inglês: <i>sphere</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 30 – calota esférica



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição material num giro de 180° (graus) a partir de um perfil com seção transversal semi-anelar e um eixo de revolução	$r_e$ = raio externo do anel; $r_i$ = raio interno do anel; $s_f$ = área externa da calota; $s_n$ = área interna da calota; $v_f$ = volume interno da calota;	Inglês: <i>spherical cap</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

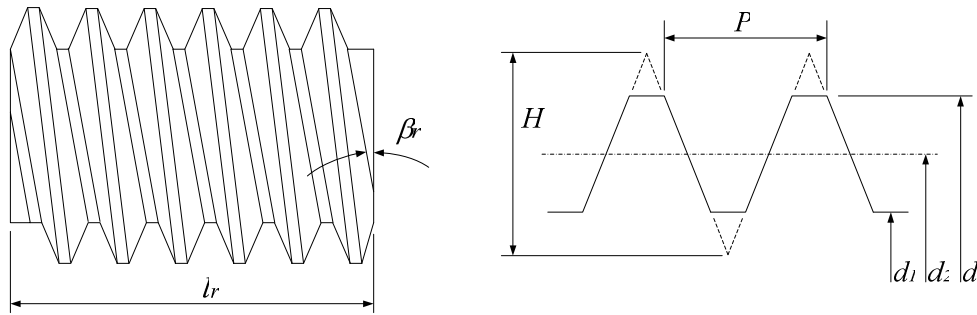
código 31 – calota elíptica



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição material num giro de 180° (graus) a partir de um perfil com seção transversal semi-anelar elíptico e um eixo de revolução	$f_x$ e $f_y$ = afastamentos maiores do anel elíptico; $g_x$ e $g_y$ = afastamentos menores do anel elíptico; $F_1$ e $F_2$ = focos da elipse maior; $P$ = determina o lugar geométrico em que a soma de suas as distâncias aos focos é constante.	Inglês: <i>elliptic cap</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

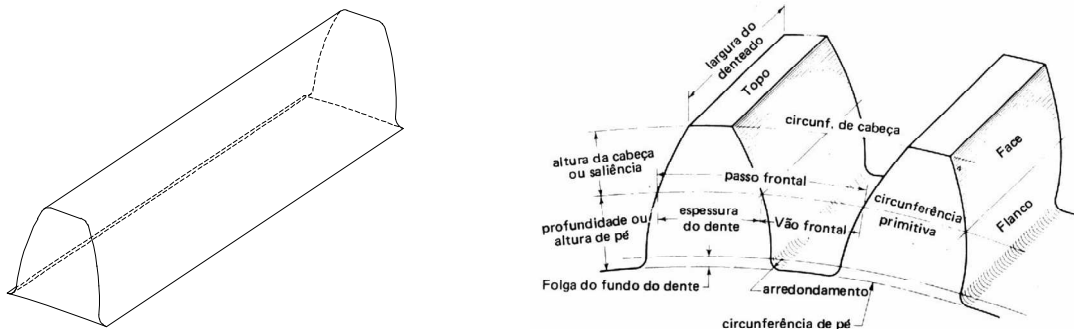


código 32 – rosca



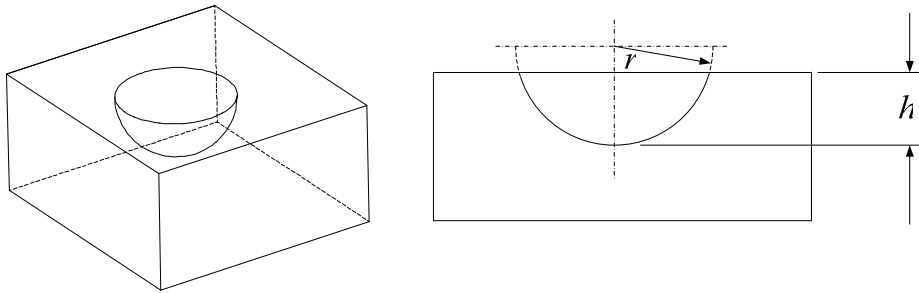
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada helicoidal de material a partir de um perfil de seção transversal normalizada segundo um eixo de revolução e um ângulo de hélice	Seção transversal = normalizadas; $P$ = passo da rosca $H$ = altura do triângulo fundamental; $d$ = diâmetro externo da rosca; $d_1$ = diâmetro interno da rosca; $d_2$ = diâmetro primitivo da rosca; $\beta_r$ = ângulo de hélice da rosca; $N_r$ = número de entradas da rosca; $l_r$ = comprimento da rosca.	Inglês: <i>thread</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 33 – dente



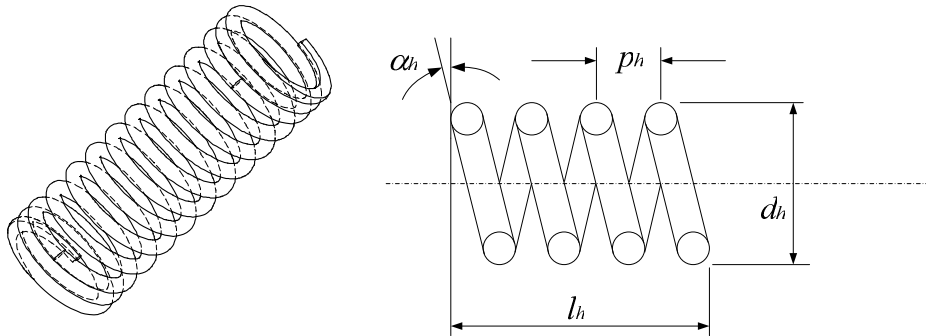
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição de material a partir de um perfil de seção transversal normalizada segundo uma trajetória retilínea ou helicoidal.	Seção transversal = normalizadas; $p_d$ = passo frontal do dente; $d_h$ = diâmetro primitivo da engrenagem; $\alpha_h$ = ângulo de hélice do corpo helicoidal; $l_h$ = comprimento do corpo helicoidal; $e_d$ = espessura do dente; $h_d$ = altura do dente; $D_e$ = diâmetro externo da engrenagem; $D_f$ = diâmetro de fundo da engrenagem; $D_p$ = diâmetro primitivo da engrenagem; $\beta_p$ = ângulo de hélice da engrenagem helicoidal; $l_p$ = largura do dente; $p_f$ = altura do pé do dente; $p_c$ = altura da cabeça do dente; $a_d$ = arredondamento de fundo do dente	Inglês: <i>gear tooth</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 34 – rebaixo esférico



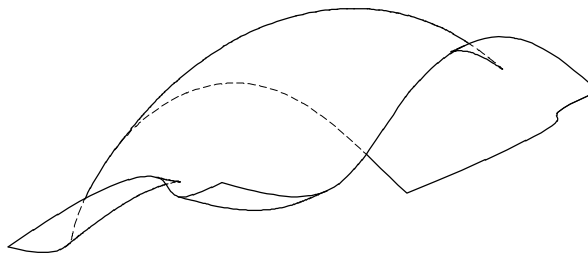
Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
retirada material numa superfície qualquer a partir de um perfil com seção transversal semi-circular e um eixo de revolução	$r$ = raio do rebaixo esférico; $h$ = altura do rebaixo esférico; $v$ = volume do rebaixo esférico;	Inglês: <i>spherical cutout</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

código 35 – corpo helicoidal



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição helicoidal de material a partir de um perfil de seção transversal qualquer segundo um eixo de revolução e um ângulo de hélice	Seção transversal = diversas; $p_h$ = passo do corpo helicoidal; $d_h$ = diâmetro do corpo helicoidal; $\alpha_h$ = ângulo de hélice do corpo helicoidal; $l_h$ = comprimento do corpo helicoidal.	Inglês: <i>helical boss</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

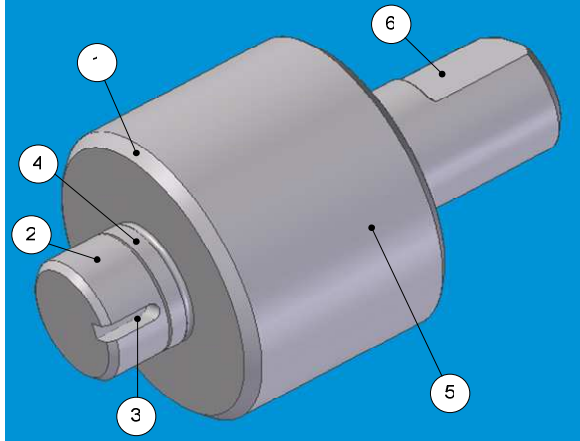
código 36 – superfície livre



Definição Conceitual	Definição Geométrica (parâmetros)	Definição de Nomenclatura
adição material a partir de curvas primitivas e de um ou mais caminhos de geração.	$e_1$ = equação da curva 1 $e_2$ = equação da curva 2 $e_n$ = equação da curva n; $E_1$ = equação da curva caminho 1 $E_2$ = equação da curva caminho 2	Inglês: <i>free surface</i> Italiano: Espanhol: Francês: Alemão:

## Apêndice H

### Exemplo de planilha utilizada na pesquisa sobre Terminologia Técnica de Projeto Mecânico

Nome da peça: _____		Identifique o nome e a função de cada detalhe físico da peça		
		<b>Nº</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>
		01		
		02		
		03		
		04		
		05		
		06		
		07		
		08		
		09		
Subdivida a peça em regiões funcionais (RFp) desenhe as regiões abaixo e descreva-as ao lado		Nome da região funcional		
01				
02				
03				
04				
05				