

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CENTRO TECNOLÓGICO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO  
DE SISTEMAS MODULARES, APLICADA A UNIDADES DE  
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

**Juscelino de Farias Maribondo**

**Florianópolis, Santa Catarina**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES,  
APLICADA A UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

**Por**

**Juscelino de Farias Maribondo**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa  
Catarina em cumprimento às exigências para a obtenção do  
grau de doutor em engenharia mecânica.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Projeto de sistemas mecânicos**

**ORIENTADOR: Professor Nelson Back – Ph.D.**

**CO-ORIENTADOR: Professor Fernando Antônio Forcellini – Dr. Eng.**

**FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA  
AGOSTO DE 2000**

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES,  
APLICADA A UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

**Juscelino de Farias Maribondo**

ESTA TESE FOI JULGADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

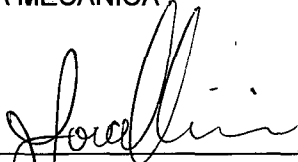
**DOUTOR EM ENGENHARIA**

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA



Nelson Back, Ph. D.

ORIENTADOR

Prof. Fernando A. Forcellini, Dr. Eng. 


COORIENTADOR

UFSC - Centro Tecnológico  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

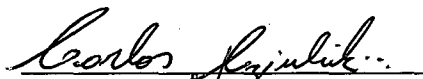
Júlio César Passos, Dr.

COORDENADOR DO PROGRAMA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Armando Borges de Castilhos Júnior, Dr.

  
Prof. Carlos Czulik, Ph. D.

  
Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.

  
Prof. João Tinoco Pereira Neto, Ph. D.

  
Prof. Nelson Back, Ph. D.

### **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**Juscelino de Farias Maribondo** é engenheiro mecânico formado em 1990 pelo Departamento de Engenharia Mecânica do Campus II do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, onde é professor desde 1993. Em 1994 defendeu dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica e em 1995 especialização em engenharia de segurança do trabalho, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, com sede no município de Campina Grande, Estado da Paraíba.

## **DEDICATÓRIA**

Às três pessoas mais importantes da minha vida: minha mãe, pela lição de vida, fibra e dignidade sempre exaltada e espelhada em toda a minha caminhada; minha querida esposa, Marta Emília Aires Cavalcante de Farias, pelo amor, carinho, atenção, compreensão e ombro amigo sempre presente tanto nas horas de alegria como nos momentos de apreensão e nosso filho Gabriel Aires Cavalcante de Farias, fruto do nosso amor e orgulho de nossas vidas.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Nelson Back, pessoa que tanto estimo, pela minha formação e pela confiança depositada durante a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando Antônio Forcellini pelo incentivo e sugestões apresentadas na melhoria desta pesquisa.

Ao professor e amigo André Ogliari pelos momentos de lucidez e colaboração na pesquisa desenvolvida.

Ao amigo Giovano Marcos Mazetto pelas manhãs, tardes e, as vezes, noites de discussão sobre o que fazer, com que fazer e em que tempo utilizar cada documento e ferramenta de apoio ao processo de projeto de sistemas modulares.

Aos demais amigos que fiz no NeDIP (Eduardo Castaldo, Marcos Luciano, Júlio Cesar, Vinadé, Cristiano Ferreira, Luciano Mendes, Fonseca, Leonardo Romano, Waniilson, Yuji, entre outros) e aos que pude encontrar aqui em Florianópolis (Cesarino e Aleksandra, Márcio Santana e Lisiane, Raimundo Nonato e Cláudia, Marcão, William, entre outros), pelos momentos de descontração necessários em qualquer atividade desenvolvida.

Aos bolsistas que auxiliaram na construção deste trabalho, Behno Klava, Rodrigo Fumo Fernandes e, em especial, a Leonardo Soares Paulino, pelo profissionalismo, rapidez e disposição sempre dispensados em todos os momentos exigidos durante a implementação computacional da metodologia de projeto desenvolvida.

A minha esposa Marta e a meu filho Gabriel pelos momentos de carinhos, felicidade, compreensão e acolhida sempre dedicados durante todo o transcorrer deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, por acreditarem no meu empenho e dedicação na realização desta pesquisa e, em especial, a João Baptista da Costa Agra de Melo, pela amizade e trabalho dispensado em me auxiliar junto aos problemas que surgiram durante o período de afastamento da minha instituição de origem.

Aos meus irmãos Leônidas José e Márcio Vinícius, que mesmo distantes me ajudaram a conseguir a tranquilidade necessária ao desenvolvimento deste trabalho, assumindo parte das minhas responsabilidades na minha terra natal.

À CAPES, pelo apoio financeiro dado à realização deste trabalho sem o qual, certamente, não seria possível realizá-lo e muito menos concluí-lo e,

A todos que de uma forma ou de outra terminaram por contribuir com a realização deste trabalho.

Muito obrigado.

Juscelino de Farias Maribondo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XIX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XXI</b>
<b>RESUMO</b>	<b>XXIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XXIV</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
1.0 – Introdução	01
<b>CAPÍTULO II - VISÃO GERAL SOBRE SISTEMAS MODULARES</b>	
2.1 – Introdução	09
2.2 – As origens dos sistemas modulares	10
2.3 – Metodologias de projeto que abordam o tema sistemas modulares	14
2.4 – Vantagens e limitações dos produtos e sistemas modulares	16
2.5 – Aplicações de sistemas modulares	23
2.6 – Considerações finais	25
<b>CAPÍTULO III – TERMINOLOGIAS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS MODULARES</b>	
3.1 – Introdução	27
3.2 – Os termos técnicos mais gerais utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares	28
3.3 – Termos técnicos complementares utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares	31
3.4 – Considerações finais	34
<b>CAPÍTULO IV - DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES</b>	
4.1 – Introdução	36
4.2 – Aspectos importantes relativos às metodologias de projeto	37
4.3 – Diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto	46
4.4 – Diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares	50
4.5 – Considerações gerais	51
<b>CAPÍTULO V - MORFOLOGIA DO PROCESSO DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES</b>	
5.1 – Introdução	53

5.2 – Início do projeto	55
5.3 – FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular	56
5.4 – FASE 2.0: Projeto conceitual do sistema modular	57
5.5 – FASE 3.0: Projeto preliminar do sistema modular	58
5.6 – FASE 4.0: Projeto detalhado do sistema modular	59
5.7 – Considerações finais	59

## **CAPÍTULO VI – PROJETO INFOMACIONAL DO SISTEMA MODULAR**

6.1 – Introdução	60
6.2 – Início do projeto	62
6.3 – FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular	63
6.3.1 – Etapa 1.1: Pesquisar informações sobre o tema de projeto	63
6.3.2 – Etapa 1.2: Definir o problema de projeto	64
6.3.3 – Etapa 1.3: Identificar os desejos e necessidades dos clientes do sistema modular	65
6.3.4 – Etapa 1.4: Estabelecer os requisitos dos clientes do sistema modular	65
6.3.5 – Etapa 1.5: Estabelecer os requisitos de projeto do sistema modular	66
6.3.6 – Etapa 1.6: Analisar, caso existam, os sistemas concorrentes	67
6.3.7 – Etapa 1.7: Hierarquizar os requisitos de projeto do sistema modular	67
6.3.8 – Etapa 1.8: Estabelecer as especificações de projeto do sistema modular	68
6.4 – Considerações finais	69

## **CAPÍTULO VII – PROJETO CONCEITUAL DO SISTEMA MODULAR**

7.1 – Introdução	70
7.2 – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MODULAR – Fase 2.0: Projeto conceituai do sistema modular (ROTEIRO 1)	71
7.2.1 – Etapa 2.1: Estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular	74
7.2.2 – Etapa 2.2: Estabelecer os módulos funcionais do sistema modular	75
7.2.3 – Etapa 2.3: Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto	75
7.2.4 – Etapa 2.4: Estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto	76
7.2.5 – Etapa 2.5: Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto	77
7.3 – MODULARIZAÇÃO DE UM GRUPO DE SISTEMAS – Fase 2.0: Projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 2)	78
7.3.1 – Etapa 2.1: Identificar as estruturas funcionais de cada sistema a modularizar	79
7.3.2 – Etapa 2.2: Estabelecer os módulos funcionais que vão compor o sistema modular	80
7.3.3 – Etapa 2.3: Estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular	80
7.3.4 – Etapa 2.4: Estabelecer os módulos construtivos do sistema modular	81
7.3.5 – Etapa 2.5: Estabelecer o sistema modular	82



7.4 – Considerações finais	82
<b>CAPÍTULO VIII – PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO DO SISTEMA MODULAR</b>	
8.1 – Introdução	84
8.2 – FASE 3.0: Projeto preliminar do sistema modular	86
8.2.1 – Etapa 3.1: Efetuar dimensionamentos	86
8.2.2 – Etapa 3.2: Selecionar materiais	87
8.2.3 – Etapa 3.3: Estabelecer formas preliminares de fabricação do sistema modular	88
8.2.4 – Etapa 3.4: Estabelecer as formas preliminares de montagem do sistema modular	88
8.2.5 – Etapa 3.5: Estabelecer formas preliminares de testes do sistema modular	89
8.2.6 – Etapa 3.6: Estabelecer formas preliminares de transporte do sistema modular	90
8.2.7 – Etapa 3.7: Estabelecer formas preliminares de manutenção do sistema modular	90
8.2.8 – Etapa 3.8: Estabelecer formas preliminares de manuseio seguro para a utilização do sistema modular	91
8.2.9 – Etapa 3.9: Estabelecer formas preliminares de reuso, reciclagem e disposição final do sistema modular	92
8.2.10 – Etapa 3.10: Estabelecer formas preliminares do projeto estético do sistema modular	92
8.2.11 – Etapa 3.11: Adequar o sistema modular às Normas	93
8.2.12 – Etapa 3.12: Otimizar o sistema modular	94
8.2.13 – Etapa 3.13: Estimar os custos preliminares do sistema modular	94
8.3 – FASE 4.0: Projeto detalhado do sistema modular	95
8.3.1 – Etapa 4.1: Definir o sistema modular	95
8.3.2 – Etapa 4.2: Calcular os custos do sistema modular	96
8.3.3 – Etapa 4.3: Revisar o projeto desenvolvido	96
8.4 – Considerações finais	97
<b>CAPÍTULO IX – IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DE FERRAMENTAS E DOCUMENTOS DE APOIO AO PROCESSO DE PROJETO DO SISMOD</b>	
9.1 – Introdução	98
9.2 – Instalação do SISMOD	99
9.3 – Projeto informacional do sistema modular	100
9.4 – Projeto conceitual do sistema modular	110
9.5 – Considerações finais	130
<b>CAPÍTULO X – PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL DE UM SISTEMA MODULAR DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: Estudo de caso</b>	
10.1 – Introdução	132

10.2 – Problema de projeto	133
10.3 – Projeto informacional do sistema modular	134
10.4 – Projeto conceitual do sistema modular	153
10.5 – Considerações finais	194

## **CAPÍTULO XI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

11.1 – Introdução	198
1.1.2 – Conclusões	198
1.1.3 – Recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos	200

## **APÊNDICES**

12.1 – Introdução	202
12.2 – APÊNDICE A: Ordem de Serviço	209
12.3 – APÊNDICE B: Ciclo de Vida do Produto	210
12.4 – APÊNDICE C: Catálogo de Informações Técnicas	212
12.5 – APÊNDICE D: Formulário de Identificação de Oportunidades	213
12.6 – APÊNDICE E: Definição do Problema de Projeto	215
12.7 – APÊNDICE F: Questionários Estruturados	215
12.8 – APÊNDICE G: Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto	221
12.9 – APÊNDICE H: Análise dos Produtos Concorrentes	222
12.10 – APÊNDICE I: Lista de Requisitos de Projeto para o Desenvolvimento do Sistema Modular	224
12.11 – APÊNDICE J: Matriz da Casa da Qualidade	229
12.12 – APÊNDICE L: Quadro de Especificações de Projeto	231
12.13 – APÊNDICE M: Síntese Funcional do Sistema Modular	232
12.14 – APÊNDICE N: Gerador dos Módulos Construtivos	242
12.15 – APÊNDICE O: Matriz de Concepção do Sistema Modular	251
12.16 – APÊNDICE P: Avaliador das Concepções Construtivas do Sistema Modular	255

## **ANEXOS**

A – Matriz da Casa da Qualidade de um sistema modular de unidade de processamento de resíduos sólidos domiciliares (UPRSD)	263
B – Matriz de similaridade funcional	264
C – Estruturas funcionais do sistema modular de UPRSD	265

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

274

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Construção modular utilizada durante a Segunda Guerra Mundial. (Ponte Bailey, construída em julho de 1941). Fonte: SHAKER & GREENWALD (1994).	11
Figura 2.2 – Exemplo de um projeto modular. Projeto de Friso Kramer. Amsterdã, Holanda, 1958 Fonte: ROMANOS (1989).	11
Figura 2.3 – Aumento da modularidade através da redução dos efeitos físicos entre os componentes do projeto. Fonte: ULRICH & TUNG (1991).	13
Figura 2.4a – Processo de desenvolvimento de um produto segundo a organização tradicional Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).	20
Figura 2.4b – Processo de desenvolvimento de um produto segundo a organização voltada para Resolver problemas de “overlapping”. Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).	21
Figura 2.4c – Processo de desenvolvimento de um produto segundo a organização modular Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).	22
Figura 2.5 – Típica planta de tubos de um sistema modular que abastece uma indústria farmacêutica Fonte: D’AVANZO & EVANS (1996).	23
Figura 2.6 – Configuração modular para motores elétricos. Fonte: PAHL & BEITZ (1996).	24
Figura 2.7 - Projeto modular para móveis de cozinhas residenciais	24
Figura 3.1 – Tipos de modularidade encontrada na indústria. Fonte: ULRICH & TUNG (1991).	33
Figura 4.1 – Forma de pensamento da escola semântica.	41
Figura 4.2 – Representação do processo de projeto através de fluxo. Fonte; ASIMOV (1968).	42
Figura 4.3 – Arquitetura de um sistema especialista. Fonte: BASRI & STENTIFORD (1995).	45
Figura 4.4 – Convenção básica para a apresentação de um fluxo de um processo metodológico	47
Figura 5.1 – Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares.	54
Figura 5.2 – Roteiros que podem ser adotados pela equipe de projeto, respectivamente, para a elaboração das concepções de projeto do sistema modular e para a modularização dos sistemas existentes.	58
Figura 6.1 – Detalhamento do projeto informacional do sistema modular	61
Figura 6.2 – Detalhamento do início do projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares	62
Figura 6.3 – Atividades necessárias à obtenção de informações sobre o tema de projeto.	63
Figura 6.4 – Atividades necessárias à definição do problema de projeto.	64
Figura 6.5 – Atividades necessárias a identificação dos desejos e necessidades dos clientes do projeto do sistema modular.	65
Figura 6.6 – Atividades básicas ao estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto.	66
Figura 6.7 – Atividades básicas ao estabelecimento dos requisitos de projeto do sistema modular	66
Figura 6.8 – Atividade básica para a análise dos sistemas concorrentes.	67
Figura 6.9 – Atividade básica para a hierarquização dos requisitos de projeto do sistema modular	68
Figura 6.10 – Atividade básica ao estabelecimento das especificações de projeto do sistema modular.	68
Figura 7.1a – Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 1)	72

Figura 7.1b – Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 2)	73
Figura 7.2 – Atividades necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema modular	74
Figura 7.3 – Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos funcionais do sistema modular (ROTEIRO 1).	75
Figura 7.4 – Atividades necessárias à seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (ROTEIRO 1).	76
Figura 7.5 – Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto (ROTEIRO 1).	76
Figura 7.6 – Atividades necessárias ao estabelecimento das concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto (ROTEIRO 1).	77
Figura 7.7 – Principal diferença entre os roteiros 1 e 2.	78
Figura 7.8 – Atividades necessárias à identificação das estruturas funcionais de cada sistema a modularizar (ROTEIRO 2).	79
Figura 7.9 – Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos funcionais que vão compor o sistema modular (ROTEIRO 2).	80
Figura 7.10 – Atividades necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema Modular (ROTEIRO 2).	81
Figura 7.11 – Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema Modular (ROTEIRO 2).	81
Figura 7.12 – Atividades necessárias ao estabelecimento do sistema modular (ROTEIRO 2)	82
Figura 8.1 – Detalhamento do projeto preliminar do sistema modular.	85
Figura 8.2 – Detalhamento do projeto detalhado do sistema modular.	86
Figura 8.3 – Atividades necessárias ao dimensionamento do sistema modular.	87
Figura 8.4 – Atividades necessárias à seleção dos materiais a compor a concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.	87
Figura 8.5 – Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de fabricação da concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto.	88
Figura 8.6 – Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de montagem da concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.	89
Figura 8.7 – Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de testes para a concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.	89
Figura 8.8 – Atividades principais ao estabelecimento das formas preliminares de transporte de componentes, módulos e/ou sistemas até os locais de instalação e/ou clientes do projeto.	90
Figura 8.9 – Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de manutenção do sistema concebido para atender o problema de projeto.	91
Figura 8.10 – Atividades necessárias ao estabelecimento do manuseio seguro para o sistema concebido, que atende o problema de projeto.	91
Figura 8.11 – Atividades necessárias ao estabelecimento de reuso, reciclagem e disposição final dos módulos e componentes do sistema concebido, para atender o problema de projeto	92

Figura 8.12 – Atividades necessárias ao estabelecimento do projeto estético do sistema concebido, para atender o problema de projeto.	93
Figura 8.13 – Atividades necessárias a adequação do sistema concebido às Normas.	93
Figura 8.14 – Atividades necessárias a otimização do sistema concebido, para atender o problema de projeto.	94
Figura 8.15 – Atividades necessárias à estimação dos custos do sistema concebido, destinado a Atender o problema de projeto.	95
Figura 8.16 – Atividades necessárias ao detalhamento do sistema modular.	95
Figura 8.17 – Atividades destinadas a auxiliar os projetistas no cálculo dos custos do sistema modular.	96
Figura 9.1 – Identificação e ícones que surgem após a instalação do SISMOD.	99
Figura 9.2 – Principais ícones de auxílio ao usuário ao cadastramento ou abertura de um arquivo No SISMOD.	100
Figura 9.3 – Registro e cadastramento do solicitante do projeto no SISMOD (Documento1).	100
Figura 9.4 – Tela do SISMOD destinada a registrar as informações e interpretações preliminares sobre o problema de projeto (Documento 1).	101
Figura 9.5 – Menu principal do projeto informacional – SISMOD.	102
Figura 9.6 – Telas do SISMOD de auxílio ao estabelecimento do ciclo de vida do produto (Documento 2).	102
Figura 9.7 – Telas do SISMOD de auxílio ao armazenamento de informações técnicas sobre o problema de projeto (Documento 3).	103
Figura 9.8 – Tela do Formulário de Identificação de Oportunidades implementada no SISMOD (Documento 4).	104
Figura 9.9 – Tela do SISMOD destinada a registrar a definição do problema de projeto (Documento 5).	104
Figura 9.10 – Tela do SISMOD destinada a interpretação das necessidades dos clientes do projeto (Ferramenta 1).	105
Figura 9.11 – Menu de auxílio ao preenchimento da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).	106
Figura 9.12 – Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento das linhas da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).	107
Figura 9.13 – Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento dos COMOS da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).	107
Figura 9.14 – Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos de O QUES versos COMOS (Ferramenta 3).	108
Figura 9.15 – Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos entre COMOS (Ferramenta 3).	108
Figura 9.16 – Tela do SISMOD de auxílio ao cadastramento dos sistemas concorrentes ao projeto em estudo (Ferramenta 2).	109
Figura 9.17 – Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos entre O QUES e SISTEMAS CONCORRENTES (Ferramenta 2).	109
Figura 9.18 – Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento das especificações de projeto do sistema modular (Documento 8).	110
Figura 9.19 – Tela do SISMOD de auxílio ao desenvolvimento de um novo projeto conceitual	111

Figura 9.20 – Tela do SISMOD destinada a indicar a localização de informações a serem resgatadas junto ao projeto informacional do sistema modular	111
Figura 9.21 – Tela do SISMOD que mostra o menu principal do projeto conceituai do sistema modular (Ferramenta 4)	112
Figura 9.22 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento da função global do sistema modular (Ferramenta 4)	112
Figura 9.23 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das variantes da função global do sistema modular (Ferramenta 4)	113
Figura 9.24 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das funções parciais de cada variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4)	114
Figura 9.25 – Tela do SISMOD de auxílio à caracterização das funções parciais de cada variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4)	114
Figura 9.26 – Tela do SISMOD de auxílio à construção das estruturas funcionais do sistema modular (Ferramenta 4)	115
Figura 9.27 – Tela do SISMOD que mostra o menu principal do projeto conceituai do sistema modular (Ferramenta 4/Ferramenta 5)	116
Figura 9.28 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento da similaridade das funções estabelecidas para compor o sistema modular (Ferramenta 4)	116
Figura 9.29 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos relacionamentos entre funções (Ferramenta 4)	117
Figura 9.30 – Tela do SISMOD de auxílio à otimização de funções (Ferramenta 4)	118
Figura 9.31 – Tela do SISMOD destinada a auxiliar a equipe de projeto a indicar quais funções devem ser otimizadas (Ferramenta 4)	118
Figura 9.32 – Tela do SISMOD destinada a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer os módulos funcionais do sistema modular (Ferramenta 4)	119
Figura 9.33 – Tela do SISMOD que mostra as opções de variantes do sistema modular, destinadas a satisfazerem os desejos e necessidades dos clientes do projeto (Ferramenta 4)	120
Figura 9.34 – Tela do SISMOD de auxílio à seleção da variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4)	120
Figura 9.35 – Tela do SISMOD que mostra o resultado da seleção das alternativas de estruturas funcionais que melhor atendem o problema de projeto (Ferramenta 4)	121
Figura 9.36 – Telas do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular (Ferramenta 5)	122
Figura 9.37 – Tela do SISMOD destinada ao estabelecimento dos efeitos, portadores de efeitos e princípios de solução que contemplam os módulos funcionais do sistema modular (Ferramenta 5)	122
Figura 9.38 – Tela do SISMOD de auxílio à escolha dos melhores princípios de solução a compor os módulos construtivos destinados a atender o problema de projeto (Ferramenta 5)	123
Figura 9.39 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos (módulo	

funcional tratado de maneira particularizada) (Ferramenta 5)	124
Figura 9.40 - Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos (módulo funcional tratado de maneira global) (Ferramenta )	125
Figura 9.41 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das concepções do sistema modular (Ferramenta 6)	126
Figura 9.42 – Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos interfaceamentos dos módulos do sistema modular (Ferramenta 6)	126
Figura 9.43 – Tela do SISMOD que apresenta a seleção das duas melhores concepções de projeto para o problema em estudo (Ferramenta 6)	127
Figura 9.44 – Primeira das telas do SISMOD de auxílio à avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7)	128
Figura 9.45 – Segunda das telas do SISMOD de auxílio à avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7)	128
Figura 9.46 – Terceira das telas do SISMOD de auxílio à avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7)	129
Figura 9.47 – Última tela do SISMOD destinada a avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7)	130
Figura 9.48 – Vista parcial do relatório final fase do projeto conceitual do sistema modular (Ferramenta 7)	131
Figura 10.1 – Representações esquemáticas dos modelos de UPRSD pesquisados no mercado para este estudo de caso	135
Figura 10.2 – Matriz da Casa da Qualidade aplicada ao desenvolvimento de UPRSD.	147
Figura 10.3 – Caracterização da função global do sistema modular de unidades de processamento resíduos sólidos domiciliares (FERRAMENTA 4).	153
Figura 10.4 – Caracterização da variante 1 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).	154
Figura 10.5 – Caracterização da variante 2 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).	154
Figura 10.6 – Caracterização da variante 3 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).	154
Figura 10.7 – Caracterização das funções parciais/elementares da variante 1 da função global do sistema modular (nível de desdobramento 1).	155
Figura 10.8 – Estrutura funcional básica da variante de número 2 da função global do sistema modular de UPRSD.	157
Figura 10.9 – Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais.	162
Figura 10.10 – Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais.	163
Figura 10.11 – Estrutura funcional selecionada para atender o problema de projeto.	164
Figura 10.12 – Quadro de apoio a geração dos módulos construtivos do sistema modular.	164
Figura 10.13 – Gerador dos módulos construtivos do sistema modular.	166
Figura 10.14 – Princípios que melhor contemplam as especificações de projeto do sistema modular.	167

Figura 10.15 – Primeira concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – SIMBOLOGIA.	167
Figura 10.16 – Primeira concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – CROQUI.	168
Figura 10.17 – Segunda concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – SIMBOLOGIA.	169
Figura 10.18 – Segunda concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – SIMBOLOGIA.	170
Figura 10.19 – Primeira concepção construtiva do módulo TRIAGEM – SIMBOLOGIA.	170
Figura 10.20 – Primeira concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.	171
Figura 10.21 – Segunda concepção construtiva do módulo TRIAGEM – SIMBOLOGIA.	172
Figura 10.22 – Segunda concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.	173
Figura 10.23 – Terceira concepção construtiva do módulo TRIAGEM – SIMBOLOGIA.	173
Figura 10.24 – Terceira concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.	175
Figura 10.25 – Quarta concepção construtiva do módulo TRIAGEM – SIMBOLOGIA.	175
Figura 10.26 – Quarta concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.	176
Figura 10.27 – Primeira concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – SIMBOLOGIA.	177
Figura 10.28 – Primeira concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – CROQUI.	178
Figura 10.29 – Segunda concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – SIMBOLOGIA.	178
Figura 10.30 – Segunda concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – CROQUI.	179
Figura 10.31 – Primeira concepção construtiva do módulo BENEFICIAMENTO – SIMBOLOGIA.	179
Figura 10.32 – Primeira concepção construtiva do módulo BENEFICIAMENTO – CROQUI.	180
Figura 10.33 – Documento 1 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular.	181
Figura 10.34 – Primeira concepção construtiva do problema de projeto.	182
Figura 10.35 – Segunda concepção construtiva do problema de projeto.	183
Figura 10.36 – Terceira concepção construtiva do problema de projeto.	184
Figura 10.37 – Quarta concepção construtiva do problema de projeto.	185
Figura 10.38 – Concepções construtivas que melhor atendem o problema de projeto.	186
Figura 10.39 – Caracterização da alternativa de concepção construtiva 1 do sistema modular.	187
Figura 10.40 – Caracterização da alternativa de concepção construtiva 2 do sistema modular.	188
Figura 10.41 – Estimativa de custo da alternativa de concepção construtiva 1 do problema de projeto.	189
Figura 10.42 – Estimativa de custo da alternativa de concepção construtiva 2 do problema de projeto.	190
Figura 10.43 – Seleção da melhor alternativa de concepção construtiva para a solução do problema de projeto.	194
Figura 10.44 – Visão geral da concepção construtiva da unidade modular de processamento de Resíduos sólidos domiciliares, para municípios com até 40 mil habitantes.	197
Figura 10.45 – Relatório final da fase do projeto conceitual do sistema modular.	196
Figura 12.1 – Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares.	203
Figura 12.2 – Detalhamento do projeto informacional do sistema modular.	204
Figura 12.3 – Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular - ROTEIRO 1.	205
Figura 12.4 – Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular - ROTEIRO 2.	206
Figura 12.5 – Detalhamento do projeto preliminar do sistema modular.	207
Figura 12.6 – Detalhamento do projeto detalhado do sistema modular.	208
Figura 12.7 – Convenção básica de auxílio à construção de fluxos de metodologias de projeto.	208



Figura 12.8 – Documento destinado a registrar as informações preliminares para o desenvolvimento do problema de projeto (DOCUMENTO 1).	209
Figura 12.9 – Documento adicional destinado a registrar novas informações à Ordem de Serviço (DOCUMENTO 1).	210
Figura 12.10 – Documento de apoio à equipe de projeto na análise do ciclo de vida do produto (DOCUMENTO 2).	211
Figura 12.11 – Alguns dos aspectos que devem ser investigados dentro do ciclo de vida do produto.	211
Figura 12.12 – Catálogo de Informações Técnicas – Folha 1 (DOCUMENTO 3).	212
Figura 12.13 - Catálogo de Informações Técnicas – Folha 2 (DOCUMENTO 3).	213
Figura 12.14 – Formulário para Identificação de Oportunidades (DOCUMENTO 4).	214
Figura 12.15 – Documento de auxílio a equipe de projeto para definição da demanda inicial (DOCUMENTO 5).	215
Figura 12.16 – Temas de pesquisa, ao longo do ciclo de vida dos produtos, que podem auxiliar na Criação de questionários estruturados.	216
Figura 12.17a – Folha 1 do questionário estruturado envolvendo “usinas de lixo” (DOCUMENTO 6).	217
Figura 12.17b – Folha 2 do questionário estruturado envolvendo “usinas de lixo” (DOCUMENTO 6).	218
Figura 12.17c – Folha 3 do questionário estruturado envolvendo “usinas de lixo” (DOCUMENTO 6).	219
Figura 12.17d – Folha 4 do questionário estruturado envolvendo “usinas de lixo” (DOCUMENTO 6).	220
Figura 12.18 – Documento de auxílio à tabulação das informações obtidas com o questionário estruturado.	221
Figura 12.19 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (FERRAMENTA 1).	221
Figura 12.20 – Análise dos produtos concorrentes (FERRAMENTA 2).	222
Figura 12.21 – Documento de auxílio à criação da lista de requisitos de projeto.	229
Figura 12.22 – Ilustração da Matriz da Casa da Qualidade (FERRAMENTA 3).	230
Figura 12.23 – Quadro de especificações de projeto (DOCUMENTO 8).	232
Figura 12.24 – Sistematização da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).	234
Figura 12.25 – Sistematização das variantes da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).	234
Figura 12.26 – Sistematização das funções parciais/elementares do sistema modular (FERRAMENTA 4).	235
Figura 12.27 – Sistematização da escolha da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (FERRAMENTA 4).	236
Figura 12.28 – Terminologia de apoio a sistematização de estruturas funcionais (FERRAMENTA 4).	237
Figura 12.29 – Recomendações de auxílio à composição das estruturas funcionais.	238
Figura 12.30 – Lista de funções elementares de uma das variantes da função global do sistema de “usinas de lixo”.	239
Figura 12.31 – Estrutura funcional básica de uma das variantes da função global do sistema modular de UPRSD.	239
Figura 12.32 – Documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais e diferentes em cada uma das alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular	

(FERRAMENTA 4).	240
Figura 12.33 – Recomendações para o estabelecimento e apresentação dos módulos funcionais do sistema modular (FERRAMENTA 4).	240
Figura 12.34 – Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais (FERRAMENTA 4).	241
Figura 12.35 - Ilustração do gerador dos módulos construtivos (FERRAMENTA 5).	243
Figura 12.36 – Exemplo de ilustrações de princípios de solução contida na base de dados do SISMOD.	245
Figura 12.37 – Exemplo das atividades a serem desenvolvidas pela equipe de projeto para estabelecer as concepções alternativas dos módulos construtivos do sistema modular.	249
Figura 12.38 – Exemplo ilustrativo que mostra o resultado do preenchimento do quadro de apoio ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular no domínio de “usinas de lixo”.	250
Figura 12.39 – Matriz de concepção dos módulos construtivos (FERRAMENTA 5).	248
Figura 12.40 – Matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).	251
Figura 12.41 – Documento 1 de apoio ao estabelecimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).	252
Figura 12.42 – Documento 2 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).	253
Figura 12.43 – Documento 3 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).	254
Figura 12.44 – Caracterização das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 7).	255
Figura 12.45 – Estimativa de custo das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 7).	256
Figura 12.46 – Avaliação técnica das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 7).	257
Figura 12.47 – Matriz de seleção da melhor alternativa de concepção construtiva para a demanda inicial (FERRAMENTA 7).	259
Figura 12.48 – Relatório final da fase do projeto conceitual do sistema modular (FERRAMENTA 7).	261

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Informações sobre as principais publicações técnicas na área de desenvolvimento de produtos e sistemas modulares.	15
Tabela 2.2 – Vantagens e limitações dos sistemas modulares para fabricantes e usuários, segundo PAHL & BEITZ (1996).	18
Tabela 3.1 – Termos técnicos utilizados no desenvolvimento de produtos e de sistemas modulares.	31
Tabela 4.1 – Características e propriedades associadas ao processo de projeto.	38
Tabela 4.2 – Estágios de pensamentos envolvidos durante o processo de projeto.	39
Tabela 4.3 - Tipos de projeto encontrados no dia-a-dia das indústrias.	39
Tabela 4.4 – Classificação de produtos segundo CLAUSING (1994) e MEDLAND (1986)	40
Tabela 4.5 – Classificação para os modelos de projeto.	42
Tabela 4.6 – Modelos de projeto prescritivos.	43
Tabela 4.7 – Modelos de projeto descritivos.	44
Tabela 4.8 – Elementos básicos de um sistema especialista (SE).	45
Tabela 4.9 – Etapas, comentários e ferramentas de projeto utilizadas no desenvolvimento de um sistema especialista.	45
Tabela 4.10 – Ferramentas e documentos de projeto mais difundidos junto aos processos de projeto pesquisados na literatura.	48
Tabela 10.1 – Principais informações obtidas com a aplicação do questionário estruturado, intitulado "O perfil de uma boa usina de lixo", junto ao XV Encontro Anual de Municípios Catarinenses realizado nos dias 13 e 14, durante o mês de setembro do ano de 1999, no município de Lages, Estado de Santa Catarina.	137
Tabela 10.2 – Principais requisitos dos clientes encontrados na literatura especializada e junto ao levantamento de campo efetuado no XV Encontro Anual de Municípios Catarinenses, envolvendo unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares destinadas a pequenos municípios.	139
Tabela 10.3 – Valoração e justificativas dos requisitos dos clientes de UPRSD estabelecidos na Tabela 10.2.	140
Tabela 10.4 – Documento de apoio aos projetistas no estabelecimento dos requisitos de projeto.	142
Tabela 10.5 – Especificações de projeto do sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares.	148
Tabela 10.6 – Interpretações das descrições das operações de cada variante do sistema modular (Nível 1) (FERRAMENTA 4).	155
Tabela 10.7 – Confirmação ou não de efeitos, portadores de efeitos ou princípios de solução que realizam ou satisfazem as funções parciais/elementares estabelecidas para a variante 1 da função global do sistema modular.	156
Tabela 10.8 – Arranjos das funções elementares estabelecidas para a variante 2 da função global do sistema modular.	157
Tabela 10.9 – Documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente	

iguais, semanticamente iguais e diferentes em cada uma das alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global.	158
Tabela 10.10 – Módulos funcionais que compõe o sistema modular de UPRSD.	159
Tabela 10.11 – Recomendações de projeto para o interfaceamento dos módulos funcionais.	161
Tabela 10.12 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução FE1.1 e FE1.2.	168
Tabela 10.13 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução FE1.1 e FE1.2.	169
Tabela 10.14 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + FE1.2 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).	170
Tabela 10.15 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS2) + FE1.2 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).	172
Tabela 10.16 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).	174
Tabela 10.17 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).	176
Tabela 10.18 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 1.5.1 (PS1) + 1.5.2 (PS1) + 1.5.3 (PS1) + 1.5.4 (PS1) + 1.1.5 (PS1) + 2.6.1.6 (PS2) + 1.7 (PS1).	177
Tabela 10.19 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 1.5.1 (PS3) + 1.5.2 (PS1) + 1.5.3 (PS1) + 1.5.4 (PS1) + 1.1.5 (PS1) + 2.6.1.6 (PS2) + 1.7 (PS1).	178
Tabela 10.20 – Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.8 (PS3) + 2.9 (PS1).	180
Tabelas 10.21 – Avaliação técnica da alternativa de concepção 1 para o problema de projeto.	191
Tabelas 10.22 – Avaliação técnica da alternativa de concepção 2 para o problema de projeto.	192
Tabela 12.1 – Documentos e ferramentas de apoio ao processo de projeto desenvolvidas para utilização no SISMOD.	202
Tabela 12.2 – Recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificar a valoração atribuída a cada produto em análise.	223
Tabela 12.3 – Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares (DOCUMENTOS 7).	225
Tabela 12.4 – Lista dos principais verbos destinados a auxiliar os projetistas no estabelecimento de funções no domínio de projeto que envolve “usinas de lixo”.	233
Tabela 12.5 – Arranjos das funções elementares estabelecidas para cada variante da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).	237
Tabela 12.6 – Lista de efeitos físicos destinados a auxiliar a equipe de projeto a caracterizar as funções de estruturas funcionais em vários domínios de projeto (FERRAMENTA 5).	243
Tabela 12.7 – Exemplos de portadores de efeitos destinados a auxiliar no estabelecimento de princípios de solução para os problemas de projeto ( FERRAMENTA 5).	244
Tabela 12.8 – Critérios destinados a auxiliar a equipe de projeto a promover o interfaceamento dos princípios de solução uns com os outros (FERRAMENTA 5).	246
Tabela 12.9 – Critérios de avaliação do quanto os requisitos de projeto são contemplados em relação ao módulo construtivo em análise.	258

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $a_{ij}$  = Campo na matriz onde se encontra o relacionamento entre os requisitos dos clientes e os produtos em análise.
- $C_1$  = Classificação da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular segundo o custo meta de desenvolvimento do projeto.
- $C_{sn}$  = Classificação das alternativas de concepção das variantes da função global do sistema modular segundo o custo estimado e a avaliação técnica total.
- $C_{6,n}$  = Avaliação técnica dos requisitos de projeto preenchidos no campo 6 da tabela mostrada na Figura 12.46.
- $C_{7,n}$  = Avaliação técnica dos módulos construtivos frente aos requisitos de projeto contemplados preenchidos no campo 7 da tabela mostrada na Figura 12.46.
- $C_8$  = Avaliação técnica total de cada módulo construtivo de cada alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.
- $C_{8n}$  = Avaliações totais dos módulos que compõe a alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.
- $C_9$  = Avaliação técnica total da alternativa de concepção de projeto de cada variante da função global do sistema modular.
- $C_{12}$  = Estimativa do custo total do módulo.
- $C_{13}$  = Custo total estimado da concepção.
- CEA = Custo estimado da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.
- $\Sigma CIEM$  = Somatório das complexidades dos interfaceamentos entre módulos.
- CMA = Custo meta da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular estipulado no início do projeto.
- $cv_i$  = Valoração dos clientes da i-ésima linha.
- $\Sigma \Sigma EC_{m,n}$  = Estimativa de custo dos campos 7, 8, 9, 10 e 11 da tabela mostrada na Figura 13.37.
- GDRC = Grau de dificuldade de realização da concepção.
- $gr_{ij}$  = Grau de relacionamento entre o i-ésimo requisito dos clientes e o j-ésimo requisito de projeto.
- $gr_{v,ij}$  = Grau do relacionamento entre o i-ésimo requisito dos clientes e a j-ésima variante da função global.
- $i$  = Número de linhas inserida na matriz, diferente de zero.
- $j$  = Número de colunas da matriz.
- $j_r$  = j-ésimo requisito relacionado com o i-ésimo requisito.
- $m$  = Número inteiro positivo diferente de zero.
- $mv$  = Maior valor encontrado na coluna dos pesos relativos dos requisitos de projeto.
- $n$  = Número inteiro positivo diferente de zero.
- $n_a$  = Número de alternativas em avaliação
- $n_l$  = Número de linhas da matriz de identificação da variante.
- $n_m$  = Número de módulos que compõe a alternativa de concepção.
- $n_r$  = Número de requisitos de projeto.
- NTAC = Número total de acoplamentos da concepção.

$\Sigma NVMC$  = Somatório do número de vezes em que foram encontradas as maiores complexidades de interfaceamento da concepção.

$p_i$  = Peso do i-ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$p_j$  = Peso do j-ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$Prt_i$  = Peso do i-ésimo requisito considerando as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

Valor RC = Valor atribuído ao requisito do cliente.

$vc_i$  = Valoração do cliente da i-ésima linha.

$V_j$  = Valor do somatório do j-ésimo requisito de projeto não considerando as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

## RESUMO

O propósito desta Tese é o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares. Este trabalho foi aplicado no projeto de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares (UPRSD).

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho foi a constatação de que o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares não estava bem claro e sistematizado. Este fato contribuía para que tal metodologia fosse pouco utilizada e entendida.

Diante desta constatação, foram realizados estudos aprofundados nas áreas de desenvolvimento de metodologias de projeto, sistemas modulares e terminologias associadas a estes assuntos.

Com os conhecimentos adquiridos foram estabelecidas diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto e, em particular, para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, objeto desta Tese.

Como contribuições deste trabalho, citam-se: o detalhamento do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, com os maiores destaques nas duas primeiras fases (projeto informacional e projeto conceitual); o desenvolvimento de documentos e ferramentas de apoio a este processo de projeto; os critérios de auxílio à tomada de decisão; uma proposta de desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares mais flexível às condições sócio-econômicas da grande maioria dos municípios brasileiros e, por fim, um sistema computacional denominado de SISMOD, que auxilia uma equipe de projeto a registrar e organizar as informações e as decisões tomadas ao longo do processo de projeto, visando o desenvolvimento de sistemas modulares, o qual foi validado a partir de um estudo de caso envolvendo unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares para municípios com até 40.000 habitantes.

## ABSTRACT

The purpose of this Thesis is the development of a design methodology of modular systems. This work was applied in the area of urban solid waste processing units.

The motivation for the development of this work was the verification that the design process for the development of modular systems was not very clear and was not systematized as well. As result this methodology has not begin much used and well understood.

Due to this verification, the knowledge areas of product development, design methodologies development and modular systems were studied in deep, as well as their technical terminologies.

With the acquired knowledge, guidelines were settled down for the development of design methodologies and, in particular, for the development of modular systems design methodology, which is a main objective of this Thesis.

As contributions of this work, could be mentioned: the detailment of the project process for modular systems development, with the largest contributions in the first two phases (informational design and conceptual design); the development of documents and support tools to this design process; the approaches to assist in the decision making process; a proposal for the development of urban solid waste processing units more flexible to the socioeconomic conditions in the major part of Brazilian districts and, finally, a system denominated SISMOD, that aids a project team to register and organize the information and the decisions maked along the project process, focusing the development of modular systems, which has been validated through a case study involving urban solid waste processing units for districts with up to 40,000 inhabitants.



# CAPÍTULO I

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência e da tecnologia os projetos dos sistemas, postos no mercado, vêm se tornando cada vez mais complexos e sofisticados exigindo, por parte dos projetistas, conhecimentos mais profundos e variados.

Por outro lado, a necessidade de permanência no mercado e a busca pela satisfação dos desejos dos consumidores vem forçando as indústrias, ao longo dos anos, a serem mais ágeis e flexíveis no seu processo de produção.

Diante desses fatos, os projetistas vêm aliando ao processo criativo outros processos sistemáticos e metodológicos, com vistas a desenvolver problemas com nível de complexidade mais elevados.

Através desses processos, busca-se compilar o máximo de informações sobre o problema apresentado, utilizando-se de todos os meios técnicos e práticos disponíveis, no local de trabalho, para que o processo de concepção possa ser conduzido, operacionalizado e viabilizado da melhor forma possível, obtendo-se a solução mais adequada para o problema em questão.

Neste contexto, o uso de metodologias de projeto vêm sendo sugeridas, por vários pesquisadores, para auxiliar os projetistas nesse trabalho de desenvolvimento de soluções para problemas de projeto.

Segundo SKARKIS (1982), para citar um desses pesquisadores, as metodologias de projeto auxiliam os projetistas a:

- 1) " *Desenvolver métodos de trabalhos sistemáticos que possibilitam a procura de todas as possíveis soluções novas e o aprimoramento das soluções existentes, de acordo com a formulação inicial do problema;*
- 2) *Estabelecer regras, diretrizes e parâmetros para a conformação construtiva, aplicação de elementos e o respectivo dimensionamento realizando, assim, produtos otimizados economicamente, funcionalmente e em relação a sua fabricação;*
- 3) *Estabelecer critérios para a seleção das variantes elementares e conceituais em relação a sua otimização técnico-econômica;*
- 4) *Possibilitar a racionalização do processo construtivo;*
- 5) *Compilar a informação sobre os campos de conhecimento antigos, aperfeiçoados e novos".*

Além do que, elas são de aplicação geral; podem ser utilizadas em qualquer tipo de atividade de projeto; facilitam e reduzem o tempo de desenvolvimento do projeto; ajudam a produzir soluções definidas e precisas, podem ser codificadas para uma linguagem computacional, entre outras.

Já quanto a busca pela agilidade e flexibilidade de produção, muitas indústrias vêm ao longo dos anos utilizando uma técnica de projeto destinada a criar uma variedade de produtos finais a partir da combinação de um grupo de componentes intercambiáveis, funcionalmente independentes entre si, que terminou ficando conhecida por projeto de sistemas modulares.

Essa afirmação pode ser corroborada juntamente com vários outros pesquisadores, tais como: SIONG et al. (1992), CHEN et al. (1994), HE & KUSIAK (1996), ROGERS & BOTTACI (1997), para citar alguns. Todos eles, de uma forma ou de outra, comentam que tal agilidade e flexibilidade pode ser conseguida através da produção modular, do uso de modularidade e através do projeto de produtos modulares (Esses termos serão melhor compreendidos no Capítulo III, quando se procura definir os principais conceitos e terminologias utilizadas junto ao desenvolvimento de sistemas modulares).

A intenção é que as indústrias continuem a passar da baixa variedade de produção, para a alta variedade e alta qualificação da produção, oferecendo uma alta variedade de produtos a baixos preços.

No entanto, muito embora os estudos para o desenvolvimento dessa técnica de projeto tenham relatos do início do século, com algumas aplicações bem claras durante a Segunda Guerra mundial e expansão na década de 60 seu processo de projeto não se encontra muito claro e nem sistematizado (vide Capítulo II). Em outras palavras, apesar dessa técnica ser empregada pela indústria, há mais de 50 anos, seu processo de projeto ainda não se encontra suficientemente detalhado, nem apresenta fácil aplicação. E por que é tão importante esclarecer e detalhar esta técnica de projeto? Devido as inúmeras vantagens que ela pode trazer tanto para quem fabrica como para quem faz uso desses produtos. Por exemplo: o fabricante ao desenvolver produtos modulares pode ter maior facilidade em terceirizar o desenvolvimento destes produtos, já que são constituídos por módulos (blocos distintos com interface padronizada, intercambiáveis entre si, que quando combinados uns com os outros atendem diferentes desejos e necessidades). Isto permite ao mesmo atender mais rapidamente as demandas do mercado a um custo mais baixo - maior competitividade. Já para os usuários destes produtos uma das vantagens é a possibilidade de ampliar suas capacidades, reconfigurá-lo e mantê-lo mais facilmente quando comparado com produtos de arquitetura estática, ou seja, não reconfigurável (ver também Capítulo II).

Diante desses fatos, o presente trabalho tem por finalidade maior desenvolver uma metodologia de projeto voltada para o desenvolvimento de sistemas modulares, aplicada a um domínio de conhecimento (desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares). E por que desenvolver esta metodologia de projeto?

Neste contexto, as metodologias de projeto podem ser entendidas como sendo um roteiro, um mapa, destinado a auxiliar os projetistas a encontrarem as melhores soluções para um determinado problema de projeto. Por sua vez, os sistemas modulares correspondem a um arranjo ordenado de blocos distintos compostos por componentes, produtos, máquinas e/ou equipamentos, que estão interrelacionados e que atuam e interagem entre si, através de interfaces padronizadas, a fim de cumprir um conjunto de variantes da função global e, com isso, atender diferentes solicitações nas demandas de mercado.

Alguns dos fatos, que ajudam a compreender melhor o porque da metodologia de projeto de sistemas modulares não estar bem clara e nem sistematizada, estão ligados à concorrência entre às indústrias; a falta de uniformidade de apresentação dos métodos de projeto existentes e, conseqüentemente, da falta de uniformidade dos conceitos técnicos ligados a esse tema de projeto.

No tocante a concorrência entre as indústrias destacam-se aquelas que tratam o projeto de sistemas modulares como verdadeiras "armas" estratégicas no desenvolvimento de novos sistemas e na satisfação das demandas solicitadas. O desenvolvimento de sistemas modulares proporciona às indústrias uma maior flexibilidade e agilidade do processo produtivo, em função da sua filosofia de projeto que visa, entre outros aspectos, facilitar a fabricação, a montagem e os testes dos módulos, constantes do sistema modular, a partir de um planejamento prévio de toda a família de produtos constante deste sistema. Diante dessas facilidades e desse planejamento é possível oferecer aos clientes, desses projetos, sistemas com preço de aquisição mais baixo além de outros benefícios obtidos com a rápida reconfiguração do sistema, ampliação de suas capacidades, facilidade de manutenção, entre outros. Essas características de projeto de sistemas modulares terminam por proporcionar aos clientes uma grande variedade de opções de produtos e/ou melhoria de projeto, a partir do rearranjo dos módulos que fazem parte do sistema modular. Esses fatos, contribuem para tornar as indústrias mais competitivas e ao mesmo tempo, entender o porquê da falta de uma documentação mais detalhada e de fácil aplicação para o desenvolvimento de projetos dessa natureza. Apresentar o como fazer e com que fazer é entregar ao concorrente a "alma" da empresa.

Já entre a falta de uniformidade de apresentação dos métodos de projeto existentes, o que se pode dizer é que devido a falta de um número maior de pesquisas voltadas para o desenvolvimento desse tema e por ser um assunto que está sendo explorado, de forma científica, há poucos anos (a partir da década de 60), não se tem um conhecimento mais amplo dessa metodologia de projeto. Assim sendo, surgem propostas metodológicas que tentam auxiliar os projetistas a desenvolverem sistemas dessa natureza, mas devido a escassez de aplicações práticas e de divulgação dos resultados desses métodos, os mesmos não se consolidam, gerando propostas diferenciadas, para um mesmo assunto. Essas propostas diferenciadas e as aplicações práticas dentro das indústrias, terminam por gerar uma "linguagem de projeto" (termos técnicos e definições envolvendo o desenvolvimento de sistemas modulares), muitas vezes, não uniforme para um mesmo conceito, explicando esse outro fato (falta de uniformidade de apresentação dos métodos de projeto existentes).

Diante do exposto, torna-se importante a pesquisa e o desenvolvimento desse tema de projeto, pois pode-se dar uma contribuição importante para o esclarecimento desse assunto, além de proporcionar outros conhecimentos ligados ao desenvolvimento e ensino de metodologias de projeto. Mas para que o tema estudado possa ser devidamente explorado obtendo-se as contribuições esperadas, faz-se necessário delimitar o campo de atuação da pesquisa. Afinal, a delimitação de qualquer trabalho, seja ele prático, técnico ou científico, proporciona a seu executor a possibilidade de enxergar os limites e as metas a serem atingidas com o desenvolvimento do mesmo.

Assim sendo, para o desenvolvimento desse trabalho delimitam-se três pontos básicos, a saber:

- Definição da quantidade, da denominação e do nível de desdobramento do processo de projeto de desenvolvimento de sistemas modulares;

- Definição do problema de projeto destinado à aplicação e validação da metodologia de projeto desenvolvida; e,
- Definição das fases de implementação computacional para a metodologia de projeto desenvolvida.

A definição da quantidade, da denominação e do nível de desdobramento do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares é pertinente, haja vista que existem diversas propostas metodológicas que trabalham com um número variado de estágios destinados a representar os seus processos de projeto. Dentro desse contexto, **os estágios** podem ser compreendidos como sendo qualquer uma das partes em que pode ser dividido ou subdividido o processo de projeto. Como exemplo e para citar algumas que se destinam ao desenvolvimento de produtos modulares, destaca-se a metodologia de projeto apresentada por GU et al. (1997) que trabalha com três estágios básicos (Fase 1: Definição do problema; Fase 2: Análise das interações; Fase 3: Criação dos módulos); PAHL & BEITZ (1996), que trabalha com quatro estágios básicos (Fase 1: Planejamento e clarificação da tarefa; Fase 2: Projeto conceitual; Fase 3: Projeto preliminar; Fase 4: Projeto detalhado); e, ERIXON et al. (1996), que trabalha com cinco estágios básicos (Passo 1: Esclarecer as especificações de projeto; Passo 2: Selecionar as soluções técnicas; Passo 3: Gerar concepções; Passo 4: Avaliar concepções; Passo 5: Melhorar cada módulo).

A definição desses estágios ajudam a criar divisores no processo de projeto. Essa divisão, por sua vez, possibilita um estudo mais pormenorizado do processo de projeto, auxiliando a esclarecer e a desenvolver o problema em estudo através de sua fragmentação (vide Capítulo IV e V).

Outro ponto a considerar é quanto a denominação de cada estágio estabelecido, isto é, como descrever através de poucas palavras a intenção de cada um dos estágios do processo de projeto. Essa preocupação é importante, porque essas denominações ajudam a situar melhor as ações que serão desenvolvidas para a solução do problema.

O nível de desdobramento desses estágios têm outro papel importante no desenvolvimento desse trabalho, haja vista que a medida em que se fragmenta um problema, teoricamente, tem-se um problema de complexidade menor. Tendo-se um problema mais simples, pode-se chegar mais rapidamente a sua solução. Assim sendo, procura-se fragmentar (desdobrar) o processo de projeto de sistemas modulares nos seguintes estágios, a saber: fases, etapas e tarefas.

Dividiu-se o processo de projeto nestes três estágios em função dos resultados obtidos a partir das experimentações realizadas junto aos integrantes do Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), do Departamento de Engenharia Mecânica (EMC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), as quais visavam estabelecer o nível de desdobramento mais adequado à compreensão e facilidade de utilização do roteiro de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares. Ao longo destas experimentações trabalhou-se com três níveis de desdobramentos. O primeiro através de fases e etapas. O segundo através de fases, etapas e tarefas e o terceiro através de fases, etapas, tarefas e passos. Ao final, destas experimentações percebeu-se que os melhores resultados foram obtidos dividindo-se o processo de projeto em fases, etapas e tarefas.

As **fases** podem ser compreendidas como sendo qualquer um dos estágios mais abrangentes que compõem o processo de projeto. Guardam em si, um alto grau de abstração para o desenvolvimento do problema em estudo devido, principalmente, a abrangência de seus objetivos (Exemplo: Definir o problema

de projeto, projetar conceitualmente o problema apresentado; projetar preliminarmente o problema apresentado e, projetar detalhadamente o projeto apresentado). Dentro do processo de projeto, correspondem ao primeiro nível de desdobramento.

As **etapas** correspondem a cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma fase. Dentro do processo de projeto, elas correspondem ao segundo nível de desdobramento e guardam em si um nível de abstração menor quando comparadas com os estágios anteriores (em comparação com as fases). Esse fato (menor nível de complexidade) permite “visualizar” melhor o problema de projeto.

As **tarefas** correspondem a cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma etapa. Dentro do processo de projeto, correspondem ao terceiro nível de desdobramento. São geralmente utilizadas com o objetivo de reduzir o nível de complexidade das informações contidas nas etapas. Esse fato, auxilia a aclarar, ainda mais, o problema de projeto.

Cada um desses estágios do processo de projeto podem guardar em si várias ferramentas e documentos de projeto (recomendações de projeto, questionários, matrizes de avaliação, formulações, entre outras) de auxílio ao processo de tomada de decisão, as quais têm um papel importante no processo de projeto – “movimentá-lo” em direção a solução do problema apresentado.

Dentro desse contexto (desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares), os estágios mais abrangentes do processo de projeto são assim denominados: FASE 1 – Projeto informacional do sistema modular; FASE 2 – Projeto conceitual do sistema modular; FASE 3 – Projeto preliminar do sistema modular; e, FASE 4 – Projeto detalhado do sistema modular. Os demais estágios correspondente aos desdobramentos desse processo de projeto e suas respectivas denominações, são apresentadas nos Capítulos IV e V, desse trabalho.

Já quanto ao problema de projeto escolhido para a aplicação e validação da metodologia de projeto de sistemas modulares, desenvolvida nesse trabalho, optou-se por trabalhar com o projeto de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, as quais podem ser entendidas como sendo instalações físicas destinadas a receber, separar, beneficiar e/ou reciclar resíduos sólidos domiciliares, isto é, as sobras das atividades diárias provenientes de residências uni ou multifamiliares. As razões para a escolha desse tema se deram por vários motivos, mas destacam-se dois, a saber:

1) porque o tema projeto de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares já foi explorado pelo autor deste trabalho, numa outra pesquisa, em nível de mestrado, intitulada: “Concepção, projeto e otimização de usinas de triagem e compostagem de lixo domiciliar, para o Estado da Paraíba – Projeto piloto” [MARIBONDO, 1994]. Nesta oportunidade, entre outros aspectos, desenvolveu-se um projeto de uma unidade de processamento de resíduos sólidos domiciliares, voltado para as condições técnicas e sócio-econômicas do Estado da Paraíba, além de um triturador de resíduos sólidos orgânicos voltado para esse tipo de projeto.

2) pelos problemas detectados durante a pesquisa de mestrado, com relação ao funcionamento e ao projeto dessas unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, instalados no país. Com essa pesquisa, foi possível observar que a grande maioria desses projetos se encontravam parados, paralisados e/ou desativados, tendo como principais motivos:

- a) os altos custos de aquisição desses projetos;

- b) a baixa confiabilidade do processamento dos resíduos sólidos, em função do seu fluxo produtivo ser montado em série;
- c) a rigidez das arquiteturas físicas desses projetos. Em outras palavras, tais projetos foram concebidos para atingir uma certa produção, não prevendo possíveis ampliações de capacidades;
- d) a dificuldade de manutenção desses sistemas, em função da falta de mão-de-obra qualificada; da não disponibilidade de peças, de uma assistência técnica deficiente. Em outras palavras, faltou um planejamento maior para a escolha e, em outros casos, para o desenvolvimento de tais projetos.

Assim sendo, procura-se conceber em nível conceitual um projeto modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, com o intuito de oferecer uma opção de projeto mais adequada para esse tipo de processo e, com isso, amenizar alguns dos problemas detectados durante a pesquisa de mestrado e apontados, de forma reduzida, acima. Afinal, a filosofia do projeto modular visa, entre outros aspectos, facilitar a fabricação, a montagem, os testes e, principalmente, a rápida reconfiguração do produto, a fim de atender aumentos ou variações de demandas, entre outras. Desta feita, concebendo-se projetos de unidade de processamento de resíduos sólidos domiciliares de forma modular, pode-se oferecer aos clientes desses projetos uma grande variedade de modelos, a partir da combinação de um grupo de blocos distintos, de interfaces padronizadas, denominados de módulos. Tal fato, proporciona aos clientes desses projetos a oportunidade de adequá-los melhor as realidades técnicas e sócio-econômicas da maioria dos municípios brasileiros.

No tocante a implementação computacional da metodologia de projeto desenvolvida fazem-se as seguintes considerações, a saber: A implementação computacional da metodologia de projeto desenvolvida se dará junto às duas primeiras fases do processo de projeto, descritas anteriormente (projeto informacional e projeto conceitual do sistema modular). A intenção nesse momento, é avançar um pouco mais nos trabalhos desenvolvidos no NeDIP, no que tange ao desenvolvimento de metodologias de projeto, que auxiliem os projetistas no desenvolvimento de produtos industriais. E como existem pesquisas em desenvolvimento neste núcleo, que buscam implementar computacionalmente ferramentas de auxílio a primeira e segunda fase do processo de projeto, este trabalho trilhará os caminhos já abertos por outros pesquisadores, com o objetivo de fornecer a estas ferramentas já desenvolvidas melhorias e criar novas ferramentas, a fim de aplicá-las a um domínio específico (desenvolvimento de unidades modulares de processamento de resíduos sólidos domiciliares).

Estabelecidas essas delimitações, deixa-se o trabalho dentro de uma realidade mais concreta, no tocante ao tempo de desenvolvimento da pesquisa e junto a especialidade disponível para o desenvolvimento da mesma. Por outro lado, com a metodologia de projeto desenvolvida e, devidamente, aplicada entende-se que a sua ampliação para as demais fases do processo de projeto, envolve apenas um trabalho exaustivo de busca de informações e de implementações computacionais junto à sistematização desenvolvida.

Diante do exposto, o trabalho que aqui se apresenta está assim subdividido:

O **Capítulo I** procura mostrar de forma abrangente a importância do desenvolvimento e da aplicação de metodologias de projeto no desenvolvimento de produtos industriais, dando destaque ao

desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, fruto deste trabalho, a qual segundo as pesquisas efetuadas, se encontra pouco documentada e sistematizada. Dentro desse contexto, delimita-se o seu desenvolvimento e destaca-se o campo de aplicação da mesma a um domínio específico. Juntos, eles ajudam a balizar o trabalho desenvolvido dentro de um tempo exequível, assim como a justificar a importância do mesmo perante a relevância do estudo no âmbito das metodologias de projeto; no âmbito da complementação de trabalhos em andamento e na contribuição para a solução de problemas existentes.

O **Capítulo II** mostra uma visão geral sobre sistemas modulares. O objetivo maior desse capítulo é aprofundar os conhecimentos no tema sistemas modulares e ao mesmo tempo levantar subsídios para o desenvolvimento e a sistematização da metodologia de projeto de sistemas modulares.

O **Capítulo III** é destinado a análise dos termos técnicos e das definições ligadas a sistemas modulares. O objetivo desse capítulo é de buscar mais informações para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, através da pesquisa e da análise desses termos técnicos e de suas definições.

O **Capítulo IV** trata do estabelecimento de diretrizes básicas para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares. A intenção, nesse momento, é o de estabelecer um roteiro ou um guia a ser seguido por um desenvolvedor de metodologias de projeto, para conceber uma metodologia de projeto. Para tanto, desenvolve-se o capítulo sob dois aspectos: 1) procurando estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto de aplicações gerais e 2) procurando estabelecer diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares. Esse caminho é tomado em função desse segundo aspecto ser um caso particular do primeiro.

O **Capítulo V** trata da morfologia do processo de projeto de sistemas modulares, ou seja, comenta de maneira mais abrangente sobre todas as fases que compõem o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, como forma de preparar melhor o leitor para o seu entendimento.

O **Capítulo VI** trata do projeto informacional do sistema modular. O objetivo é auxiliar os projetistas a definirem a demanda inicial a partir dos desejos e das necessidades dos envolvidos com o problema em estudo, visando o estabelecimento das especificações de projeto do sistema modular.

O **Capítulo VII** trata do projeto conceitual do sistema modular. O objetivo deste capítulo é auxiliar a equipe de projeto a encontrar as possíveis concepções de projeto do sistema modular, partindo-se das especificações de projeto elaboradas no capítulo anterior, escolhendo a melhor delas a ser levada à próxima fase do processo de projeto.

O **Capítulo VIII** trata do projeto preliminar e do projeto detalhado do sistema modular. Estes foram reunidos num só capítulo em virtude do não desenvolvimento das ferramentas e documentos de projeto voltadas a este fim, em função de se priorizar as duas primeiras fases mencionadas no capítulo anterior. No entanto, destaca-se que o projeto preliminar tem por objetivo orientar a equipe de projeto a efetuar os cálculos, os dimensionamentos e demais aspectos ligados as fases do ciclo de vida do produto, visando otimizar a concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto. Já o projeto detalhado tem por objetivo detalhar e avaliar a solução otimizada preparando-a para os testes e, conseqüentemente, para a sua produção.

O **Capítulo IX** trata da sistematização de uma parte da metodologia de projeto de sistemas modulares desenvolvida nos capítulos anteriores. Em outras palavras, neste capítulo, codifica-se para a

linguagem computacional as duas primeiras fases do processo de projeto de sistemas modulares (Fase 1: Projeto informacional do sistema modular; Fase 2: Projeto conceitual do sistema modular). Desta forma, apresenta-se o mapeamento lógico do programa (sequência de aberturas das telas do programa) que ajudam o usuário do programa computacional a "navegar" pelo processo de projeto desenvolvido, e algumas ferramentas de projeto de apoio a decisão, mencionadas no texto, codificadas para a linguagem computacional.

O **Capítulo X** trata do estudo de caso. Neste capítulo, aplica-se a metodologia de projeto desenvolvida ao domínio de conhecimento, isto é, junto ao desenvolvimento de projetos de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares. Nesse sentido, estabelece-se o projeto informacional e o projeto conceitual de uma unidade modular de processamento de resíduos sólidos domiciliares, ficando para trabalhos futuros o projeto preliminar e o projeto detalhado dessa proposta de projeto.

O **Capítulo XI** trata das conclusões e das recomendações para trabalhos futuros.

Por fim, apresentam-se os **Apêndices** que tem como missão principal apresentar os textos explicativos que dão suporte ao entendimento das ferramentas e documentos utilizados no processo de projeto da metodologia de projeto desenvolvida e os **Anexos** que auxiliam a ilustrar certas passagens do texto desta Tese.



# CAPÍTULO II

## 2.0 – VISÃO GERAL SOBRE SISTEMAS MODULARES

### 2.1 - Introdução

O objetivo deste capítulo é realizar um estudo sobre o estado da arte do tema sistemas modulares, visando dois aspectos, a saber: 1) aprofundar os conhecimentos no assunto em questão; 2) levantar subsídios para o desenvolvimento e a sistematização de uma metodologia de projeto de sistemas modulares.

Para tanto pesquisou-se, inicialmente, as origens dos sistemas modulares, isto é, buscou-se na literatura especializada informações que mencionassem ou apontassem como surgiu o conceito e a técnica de projeto que trata desse assunto. Em seguida, destacou-se as principais metodologias de projeto que abordavam esse tema de projeto, ou seja, descreveu-se como tais processos metodológicos documentavam o processo de projeto, visando a criação dos sistemas modulares. Posteriormente, analisou-se seus processos de projeto, isto é, observou-se a forma de apresentação dessas propostas metodológicas; o número de estágios envolvidos; as principais ferramentas de projeto de apoio à tomada de decisão, entre outras, visando identificar diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, apresentada no Capítulo V, deste trabalho. Em seguida, apontou-se algumas vantagens e limitações do desenvolvimento e/ou aquisição de tais sistemas, com relação aos responsáveis pela sua construção e com relação aos clientes e usuários desse tipo de projeto. Posteriormente, apresentou-se algumas aplicações desses sistemas dentro e fora da indústria, com o intuito de conhecer melhor o campo de aplicação desses projetos e, por fim, sintetizou-se as informações obtidas, com vistas a estabelecer outras diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, apresentadas em capítulos subsequentes (Capítulo IV).

## 2.2 – As origens dos sistemas modulares

O termo sistemas modulares, como mencionado no capítulo anterior, se refere a uma técnica de projeto utilizada pela indústria destinada a criar uma variedade de produtos finais a partir da combinação de um grupo de componentes intercambiáveis, funcionalmente independentes entre si, denominados de módulos.

Segundo MARIBONDO (1998), não se trata de uma técnica recente. Existem relatos na literatura que mencionam a sua utilização pela indústria há mais de 50 anos.

STARR (1965), por exemplo, comentava sobre um novo conceito que estava surgindo – “**A produção modular**”, que prometia colocar os executivos da produção novamente no topo do gerenciamento e oferecer aos consumidores uma grande variedade de escolha de produtos. Neste trabalho, o autor resume as mudanças na produção através de uma demanda para a máxima variedade produtiva ou para a máxima escolha, a qual denominou de “**capacidade produtiva modular**” ou “**combinatória**”, as quais podem ser entendidas como sendo a capacidade de projetar e fabricar partes que podem ser combinadas de várias maneiras. Segundo, ainda, esse autor tais combinações podem sofrer modificações devido às necessidades impostas pelo mercado, ou seja, devido a fatores externos ao processo de fabricação.

No entanto, para que tal conceito seja melhor compreendido (**produção modular**) é preciso retroceder no tempo e voltar ao início do século.

Nessa época, estudantes de gerenciamento de produção resolveram pesquisar como combinar a entrada de vários elementos diferentes num sistema de transformação e, ao mesmo tempo, como produzir um fluxo de unidades de saída, a partir dessa entrada, que fossem suficientemente similares, para serem intercambiáveis. A partir desse momento, começou-se a cunhar o que mais tarde ficaria conhecido por **produção em massa**.

Durante esses estudos, as noções de partes intercambiáveis foram desenvolvidas por Eli Whitney, nos Estados Unidos da América e os conceitos operacionais por Leblanc na França [STARR, 1965].

No entanto, STARR (1965) comentava que tais esforços foram precedidos de outros esforços apresentados por nomes, tais como: Frederick W. Taylor, Henry L. Gantt, Frank Gilbreth e Henry Ford.

Um outro relato do uso e da aplicação dessa técnica de projeto pode ser encontrado em SHAKER & GREENWALD (1994). Neste trabalho, os autores comentam que em julho de 1941, durante a Segunda Guerra Mundial, foi construída a ponte Bailey, uma **construção modular**, de fácil montagem, que tinha como objetivo principal facilitar o transporte de tropas e máquinas de guerra sobre rios e córregos. A sua utilização em tempo de guerra se deu em função das inúmeras vantagens obtidas com esse tipo de construção, com relação aos tempos de instalação e de custos, quando comparados com a construção de pontes convencionais de concreto (Vide Figura 2.1).

SIONG et al. (1992), por sua vez, comentam que nessa mesma época (Segunda Guerra Mundial) surgem os conceitos de intercambiabilidade e fixação modular, os quais são considerados aspectos importantes no desenvolvimento e na confecção de **sistemas modulares**.



Figura 2.1. Construção modular utilizada durante a Segunda Guerra Mundial. (Ponte Bailey, construída em julho de 1941). Fonte: SHAKER & GREENWALD (1994).

Um outro relato que ajuda a buscar as origens do desenvolvimento dos sistemas modulares pode ser encontrado em ROMANOS (1989). Nesse trabalho, o autor comenta que as origens dos sistemas modulares estão ligadas às indústrias automobilísticas e moveleiras americanas. Segundo ele, durante as décadas de 50 e 60, o projeto de sistemas modulares foi a “*mola propulsora*” para estimular as vendas de automóveis nos Estados Unidos da América. Com esse tipo de projeto (projeto de sistemas modulares), foi possível oferecer aos clientes uma grande variedade de modelos, dando-lhes a oportunidade de criar seu próprio automóvel. Nessa época, frases tais como: “*faça você mesmo*” e “*tenha seu próprio estilo*”, serviram de campanhas publicitárias, destinadas a aumentar a venda de automóveis nesse país. Nesse mesmo período, essa tendência de construir vários sistemas a partir da combinação de um grupo de componentes básicos, também, foi observado junto às indústrias de móveis americanas, conforme pode-se visualizar na Figura 2.2, apresentada a seguir [EILON, 1962].

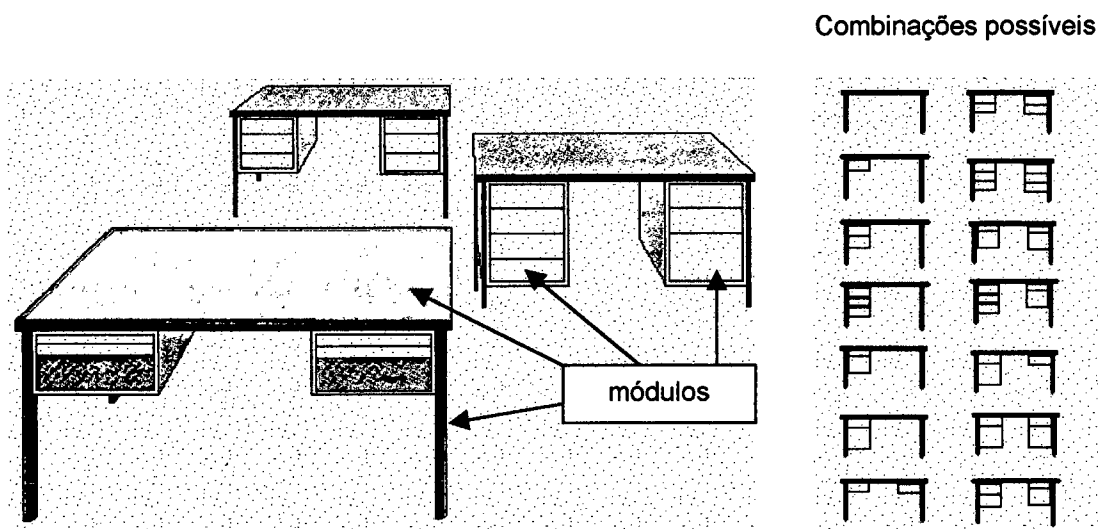


Figura 2.2. Exemplo de um projeto modular. Projeto de Friso Kramer. Amsterdã, Holanda, 1958. Fonte: ROMANOS (1989).

Neste exemplo, os módulos (componentes básicos) compreendem as gavetas, o tampo das mesas e a estrutura que os recebem. A partir daí, combinando-se tais módulos, é possível obter vários modelos de mesas.

Diante desse exemplo, pode-se perceber a importância dessa técnica de projeto para as indústrias. Afinal, com poucos módulos foi possível oferecer, aos clientes, uma família de produtos, que atendem diferentes desejos e necessidades.

Pesquisando outras literaturas que mencionam esse tema de projeto, é possível encontrar outros relatos da aplicação dessa técnica de projeto. No entanto, há de destacar aquelas que mencionam que **os conceitos de produção modular** surgiram para satisfazer a duas razões básicas, a saber:

- as razões funcionais;
- as razões de comercialização.

As **razões funcionais**, para o desenvolvimento dessa produção modular, estão ligadas às necessidades de melhorar o desempenho, a capacidade ou modificar, rapidamente, a configuração do produto em uso. Em outras palavras, essas razões visam atender as demandas de mercado quanto ao aumento das capacidades de produção e de desempenho de um determinado sistema existente, através do fornecimento e/ou aquisição de novos módulos ou mesmo através da substituição de alguns deles por outros.

Por sua vez, as **razões de comercialização**, para o desenvolvimento dessa produção modular, estão ligadas aos interesses pessoais dos clientes desses projetos em escolherem seus produtos de forma personalizada. Em outras palavras, essas razões visam atender os desejos individuais dos clientes desses projetos, através de uma família de produtos, montados a partir da combinação de um grupo de componentes básicos, de interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, denominados de módulos.

Para ULRICH & TUNG (1991), a combinação desses componentes independentes, entre si, depende da modularidade existente entre eles. Dentro desse contexto, a **modularidade** pode ser entendida como sendo uma forma especial de projeto na qual, intencionalmente, cria-se um fácil acoplamento entre os componentes do projeto, através da padronização das especificações das interfaces dos componentes. Mas para se obter tal modularidade é preciso, entre outros aspectos, aumentar a similaridade entre as funções e as formas do sistema e minimizar os efeitos incidentais entre os componentes físicos desse sistema.

Em outras palavras, o que se quer dizer é que para **aumentar a similaridade entre as funções e as formas do sistema** é preciso, inicialmente, descrever quais são as entradas e as saídas de cada função que compõem o sistema. Em seguida, indicar como unir cada função apresentada, umas com as outras, visando obter o sistema e, finalmente, estabelecer a melhor forma física que atendam essas funções e, conseqüentemente, o sistema em estudo.

Por sua vez, **minimizar os efeitos incidentais entre os componentes físicos do sistema**, diz respeito a reduzir possíveis vibrações, sensações térmicas, corrosões, entre outras, existentes entre os acoplamentos dos componentes do sistema, as quais podem afetar o desempenho do projeto.

Segundo ULRICH & TUNG (1991), eliminando-se essas interações (efeitos) incidentais o projeto pode tornar-se mais modular. Um exemplo dessa afirmação pode ser observada na Figura 2.3.

Segundo os autores mencionados acima, a distinção chave entre essas três alternativas de projeto está na divisão física do sistema e na natureza dos efeitos físicos entre o alternador e o motor.

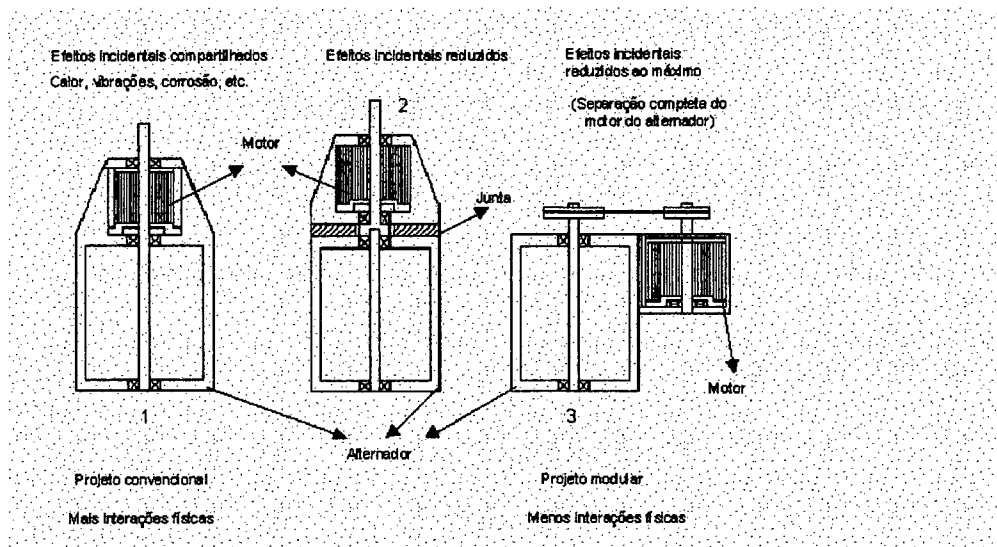


Figura 2.3. Aumento da modularidade através da redução dos efeitos físicos entre os componentes do projeto. Fonte: ULRICH & TUNG (1991).

Na primeira configuração, o motor e o alternador estão interligados fisicamente e interagem termicamente, estruturalmente, cineticamente e espacialmente.

Na segunda configuração, os efeitos incidentais entre o alternador e o motor foram reduzidos, através da separação física, por junta, desses componentes.

Na terceira configuração, os efeitos incidentais entre o alternador e o motor foram reduzidos ao máximo, através da completa separação desses componentes. Agindo-se, assim, aumenta-se a modularidade do projeto.

Devido a esses efeitos incidentais nem sempre é possível desenvolver um projeto completamente modular. GU et al. (1997), por exemplo, comentam que um produto pode ser modularizado de diferentes formas. Em outras palavras, é possível desenvolver um projeto modular visando a fabricabilidade, a montabilidade, a testabilidade, a facilidade de manutenção, a facilidade de uso, o descarte, entre outros. Segundo esses autores esses diferentes aspectos, que podem definir um projeto modular, causam diferentes impactos nas características do ciclo de vida dos produtos. Assim sendo, é aconselhável identificar qual ou quais desses aspectos são os mais relevantes no desenvolvimento do sistema modular, como forma de conduzir melhor o desenvolvimento do projeto.

Diante do exposto, percebe-se que o desenvolvimento de sistemas modulares surgiu, inicialmente, para facilitar a fabricação, a montagem e reduzir os custos de produção, através do desenvolvimento de partes e/ou componentes intercambiáveis. Tais componentes quando combinados, entre si, ajudavam a criar uma grande variedade de produtos finais (a chamada produção em massa) e, assim, suprir as demandas do mercado, tomando as indústrias mais competitivas.

Passados vários anos desde as suas primeiras aplicações, tais sistemas ainda hoje são considerados elementos chaves para as indústrias que desejam ser ágeis e flexíveis em fabricar, produzir, testar e atender as variações nas demandas de mercado.

No entanto, mesmo diante da importância do desenvolvimento e da aplicação desses sistemas (sistemas modulares), junto às indústrias e para os clientes de uma forma geral, o tema foi pouco explorado cientificamente ao longo desses anos.

Com a globalização da economia e a abertura dos mercados, o tema ressurge. Atualmente, é possível observar um número elevado de trabalhos científicos que buscam esclarecer e trazer à tona os benefícios do processo de projeto de tais sistemas. Mas, embora exista essa preocupação em pesquisar e difundir o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, ainda, é possível encontrar dificuldades em aplicar e sistematizar esse processo de projeto.

Diante do exposto, passa-se nos tópicos a seguir a apresentar e comentar sobre alguns dos principais processos de projeto destinados ao desenvolvimento de sistemas modulares, com o intuito de buscar informações para a elaboração de diretrizes para a criação da metodologia de projeto de sistemas modulares, apresentada no Capítulo V.

### 2.3 – Metodologias de projeto que abordam o tema “sistemas modulares”

As metodologias de projeto segundo BACK (1983) e FIOD (1993), podem ser compreendidas como sendo **“um modelo o qual, quase sempre, é comum a todos os projetos”** ou mesmo, segundo HUBKA (1988), como sendo **“a soma das ações durante o projeto e a soma de recomendações para os métodos que podem ser usados”**

Dentro desse contexto, as metodologias de projeto de sistemas modulares buscam essas ações e recomendações, com o intuito de estabelecer e combinar um grupo de componentes intercambiáveis, funcionalmente independentes, entre si, denominados de módulos, a fim de gerar uma família de produtos.

Entre as principais publicações técnicas existentes, que tratam do assunto, pode-se destacar as seguintes:

- **“Synthesis and Evaluation Tool for Modular Design (Ferramentas de síntese e avaliação para o projeto modular)”** apresentada por ERIXON & ÖSTGREN (1993);
- **“Engineering Design – A Systematic Approach (Projeto de Engenharia – Uma Aproximação Sistemática)”** apresentada por PAHL & BEITZ (1996);
- **“An Integrated Modular Design Methodology for Life-Cycle Engineering (Uma metodologia de projeto modular integrada para a engenharia do ciclo de vida)”** apresentada por GU et al. (1997);
- **“Modularity in Design of Products and Systems (Modularidade em Projeto de Produtos e Sistemas)”** apresentada por HUANG & KUSIAK (1998).

Para maiores esclarecimentos apresenta-se na Tabela 2.1 alguns comentários sobre cada uma destas propostas metodológicas visando avaliar seus estágios, documentos e ferramentas de projeto no desenvolvimento de produtos e sistemas modulares.

Tabela 2.1. Informações sobre as principais publicações técnicas na área de desenvolvimento de produtos e sistemas modulares.

Título da publicação	Autores	Forma de apresentação da metodologia de projeto	Número, denominação e comentários sobre estágios envolvidos em cada metodologia apresentada	Principais documentos e ferramentas de projeto utilizadas no apoio aos processos de projeto
Synthesis and Evaluation Tool for Modular Design (Ferramentas de síntese e avaliação para o projeto modular).	ERIXON & ÖSTGREN (1993)	Através de blocos contendo indicações das ações a serem executadas pelos usuários da metodologia e das ferramentas utilizadas em cada um destes blocos.	São cinco o número de estágios desta metodologia de projeto. <b>Passo 1:</b> Esclarecer as especificações de projeto. <b>Passo 2:</b> Selecionar soluções técnicas. Encontrar soluções técnicas. Analisar e selecionar. <b>Passo 3:</b> Gerar concepções. Identificar módulos possíveis. Examinar possibilidades de integração. <b>Passo 4:</b> Avaliar concepções. Analisar interfaces. Calcular efeitos. <b>Passo 5:</b> Melhorar cada módulo.	QFD (Quality Function Deployment); Matriz de seleção de PUGH; MFD (Modular Function Deployment); Avaliação da complexidade das interfaces e das combinações e, DFMA (Design For Manufacturing and Assembly).
Engineering Design – A Systematic Approach de Engenharia Uma Aproximação Sistemática	PAHL & BEITZ (1996)	Através de um fluxograma contendo entradas e saídas, as quais informam as ações a serem executadas pelos usuários desta metodologia de projeto.	São quatro os estágios mais abrangentes (Fases) e cinco os estágios mais detalhados (Passos) desta metodologia de projeto. <b>Fase 1:</b> Planejamento e clarificação da tarefa; <b>Fase 2:</b> Projeto conceitual; <b>Fase 3:</b> Projeto preliminar e <b>Fase 4:</b> Projeto detalhado.	Questionários; Informações de mercado; Quantificação de funções variantes; Informações de custos; Síntese funcional; Recomendações de projeto.
An Integrated Modular Design Methodology for Life-Cycle Engineering (Uma metodologia de projeto modular integrada para a engenharia do ciclo de vida)	GU et al. (1997)	Através de um texto que menciona as principais ações a serem executadas pelos usuários desta metodologia de projeto.	São três os estágios mais abrangentes (Fases) e nove os estágios mais detalhados (Passos) desta metodologia de projeto. <b>Fase 1:</b> Definição do problema de projeto; <b>Fase 2:</b> Análise e interações e, <b>Fase 3:</b> Formação dos módulos.	Ciclo de vida dos produtos; Síntese funcional; Lista de componentes; Questionários; Árvore de interações; Padrões de relacionamento entre dois componentes; Matriz de interação e, a Função objetivo.
Modularity in Design of Products and Systems (Modularidade em Projeto de Produtos e Sistemas)	HUANG & KUSIAK (1998)	Através de um fluxograma contendo entradas e saídas, as quais informam as ações a serem executadas pelos usuários desta metodologia de projeto.	Segue a metodologia apresentada por PAHL & BEITZ (1996). São quatro os estágios mais abrangentes (Fases) e cinco os estágios mais detalhados (Passos) desta metodologia de projeto. <b>Fase 1:</b> Planejamento e clarificação da tarefa; <b>Fase 2:</b> Projeto conceitual; <b>Fase 3:</b> Projeto preliminar e <b>Fase 4:</b> Projeto detalhado.	Além das ferramentas já apresentadas na metodologia de PAHL & BEITZ (1996), destaca-se a matriz modularidade, que é composta por duas outras matrizes: matriz interação e matriz conveniência.

Entre estes trabalhos mencionados na Tabela 2.1, o que apresenta nível de abstração mais elevado para o desenvolvimento de produtos e sistemas modulares é o apresentado por PAHL & BEITZ (1996), em função da metodologia não expor claramente as ferramentas e os documentos de apoio a serem utilizadas no processo de transformação das informações necessárias a obtenção de produtos e sistemas modulares.

Por outro lado, pesquisando HUANG & KUSIAK (1998), percebe-se que o nível de abstração visto em PAHL & BEITZ se torna menor em função do desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta típica para o desenvolvimento de concepções de produtos e sistemas modulares, denominada: "Matriz modularidade".

Por sua vez, os trabalhos apresentados por ERIXON & ÖSTGREN (1993) e GU et al. (1997) são os que se mostram melhores detalhados para o fim especial de desenvolver tais produtos e sistemas

modulares. No entanto, mesmo assim, ainda é possível observar níveis altos de abstrações para a obtenção dos mesmos.

As principais razões observadas para estes fatos é a falta de uniformidade dos seus processos de projeto, ferramentas e documentos de apoio ao desenvolvimento de tais produtos e sistemas. É natural que isto ocorra, neste momento, visto que tal tema está em desenvolvimento e em estudo científico, razão pela qual é comum que surjam versões ou contribuições diferenciadas para um mesmo problema de projeto (desenvolvimento de produtos modulares).

No entanto, fica claro que o desenvolvimento do processo de projeto (o como fazer) e de ferramentas e documentos específicos a este fim (o com que fazer), são de primordial importância no estudo e desenvolvimento de produtos e sistemas modulares.

## 2.4 – Vantagens e limitações dos produtos e sistemas modulares

O desenvolvimento de projetos de sistemas modulares vem sendo utilizado pelas indústrias há bastante tempo. Esse fato se verifica, porque os resultados dessa aplicação vem proporcionando às mesmas diversos benefícios, entre eles, a agilidade e a flexibilidade em atender, de forma rápida, as variações das demandas do mercado.

Diante deste aspecto passa-se, nesse tópico, a destacar alguns destes benefícios como, também, algumas limitações com relação ao emprego desse tipo de técnica de projeto, na visão de alguns autores, como forma de ampliar os conhecimentos no campo de sistemas modulares.

ULRICH & TUNG (1991), por exemplo, comentam sobre dez benefícios e cinco custos potenciais do uso de modularidade no projeto. Entre os benefícios, citam-se os seguintes:

- **Economia de escala de componentes.** O uso de modularidade no projeto permite que alguns componentes sejam usados em vários produtos variantes ou mesmo numa linha de produtos. Esse aspecto se verifica, porque se trabalha com a padronização de componentes e essa padronização, no âmbito dos sistemas modulares, é obtida através da definição das funções desses componentes e da redução das interações incidentais (problemas que podem ocorrer) entre um componente e o restante do produto. Assim sendo, quando se utiliza um desses componentes padronizados, numa linha de produtos, assegura-se que o mesmo será produzido em grande escala proporcionando, entre outros aspectos, a redução dos tempos de fabricação, montagem, testes e dos custos envolvidos no desenvolvimento dos mesmos. Um exemplo desse benefício é o uso de motores padronizados nos sistemas de deslocamento das impressoras. Com esses tipos de motores, de interfaces padronizadas, oferece-se aos fabricantes um produto mais versátil, a um custo menor e com uma confiabilidade maior, os quais terminam por beneficiar a produção, a montagem e os testes de seus produtos, isto é, das suas impressoras.

- **Mudança de produtos.** O uso de modularidade no projeto dos produtos permite que os mesmos sofram mudanças ao longo do seu ciclo de vida. Em outras palavras, se o mercado exigir certas preferências ou avanços tecnológicos, nos produtos existentes, é possível atendê-las através da substituição de alguns desses módulos por outros com tais características. Essa possibilidade de substituir parte desses produtos por unidades mais otimizadas proporciona, aos usuários desses produtos, uma redução de custos e uma maior confiabilidade, haja vista que parte desse novo projeto já se encontra



fabricado e testado. Um exemplo desse tipo de benefício é largamente encontrado em computadores pessoais, onde placas e “pentos” de memórias são substituídos, com o intuito de deixá-los mais atualizados e adequados as novas funções.

- **Variabilidade de produtos.** O uso de modularidade proporciona a criação de uma variedade de produtos a partir da combinação de um pequeno grupo de diferentes componentes. Esse aspecto só é possível porque as interfaces desses componentes foram bem definidas e porque as combinações entre eles já foram, também, bem planejadas facilitando as uniões e, conseqüentemente, a criação dessa variedade de produtos. Um exemplo desse tipo de benefício pode ser encontrado no mobiliário de cozinhas, onde um grupo de módulos preconcebidos podem ser combinados, entre si, visando atender diferentes desejos e necessidades dos clientes e usuários desse tipo de projeto.

- **Planejamento dos tempos de desenvolvimento.** O uso de modularidade no projeto de produtos facilita seu planejamento, em virtude da grande customização desses produtos. Em outras palavras, o uso de modularidade prevê com antecedência os tipos de produtos que podem ser apresentados aos clientes, pois todos os módulos e suas combinações já foram planejadas. Nesse sentido, o pedido por um tipo de produto ou de outro, não trará maiores dificuldades para o fabricante, afinal o mesmo já se encontra pronto e, devidamente, inventariado.

- **Divisão de tarefas.** O uso de modularidade no projeto, permite a divisão do produto em componentes através da definição de interfaces, ou seja, definidas as interfaces pode-se delegar, por exemplo, tarefas a outros fabricantes no tocante ao desenvolvimento desses componentes. Esse fato, traz inúmeros benefícios para o desenvolvimento dos mesmos pois, pode-se reduzir os prazos de entrega dos produtos, através de atividades paralelas, as quais terminam por deixar as indústrias mais ágeis e flexíveis, ou seja, mais competitivas.

- **Projeto enfocando a produção.** Dividir um produto em componentes independentes permite que as atividades de projeto e produção sejam especializadas e focadas. Este foco pode se manifestar em termos de facilidades especiais. Por exemplo, um ambiente contendo uma sala limpa pode confinar a produção de um disco rígido para computadores, por ser este um componente crítico no funcionamento do mesmo. No entanto, não é preciso utilizar esse mesmo ambiente para produzir os demais itens desses computadores, já que os mesmos tem uma criticidade menor. Assim sendo, desenvolve-se toda uma técnica e um planejamento especial para agir na produção desse componente mais crítico, concentrando esforços e se especializando nessa atividade.

- **Verificação e teste dos componentes.** A modularidade facilita a verificação e os testes dos componentes dos produtos. Esse fato se verifica porque um componente num projeto modular corresponde a um elemento funcional particular, a função desse componente é bem definida e os testes funcionais, assim sendo, são possíveis. Aliado a esses fatos, cita-se que as interações entre os componentes de um projeto modular são confinadas naquelas consideradas críticas para a função do produto e as interfaces entre os componentes e o resto do produto podem ser, assim, facilmente simuladas. Em função de todos esses fatos e por serem estes componentes considerados unidades independentes, que podem ser fabricados e montados separadamente uns dos outros pode-se, também, testá-los e verificá-los de forma, também, independente dos demais.

- **Consumos diferenciados.** O uso de modularidade no projeto proporciona o consumo de materiais de forma diferenciada, ou seja, procura-se com esse tipo de projeto agrupar componentes que possuem taxas de falha ou de reposição similares, na forma de módulos, como forma de assegurar um desgaste ou uma reposição mais uniforme. Em função desses componentes serem consumidos mais rapidamente do que os outros, é que eles se tornam candidatos a se tornarem módulos. Assim sendo, a estratégia seguinte é reduzir ao máximo os custos das partes mais duráveis, como forma de reduzir, também, os custos desses produtos.

- **Facilidades para produzir, instalar e usar.** O uso de modularidade no projeto facilita a produção, a montagem e o uso desses projetos. A produção e a montagem, em função de que esses componentes são tomados como módulos, podem ser fabricados e montados separadamente um dos outros. São fáceis de usar, porque muitos deles são concebidos visando que o próprio cliente ou usuário do projeto faça sua própria configuração. Um exemplo desse tipo de uso é observado em automóveis, vans mais precisamente. Nestes veículos, o usuário pode, se desejar, aumentar o espaço de bagagem retirando alguns bancos, tornando-as mais adequadas a determinadas tarefas.

- **Facilidades para diagnosticar, manter, reparar e descartar.** Essas facilidades são obtidas em função desses produtos serem oferecidos na forma de módulos. Esse aspecto facilita as atividades de diagnóstico, reparo e troca de componentes defeituosos com uma característica importante: basta substituir, temporariamente, o módulo defeituoso por um módulo em bom estado, enquanto o reparo está sendo feito. Concluído o reparo, repõe-se o módulo reparado para sua posição de origem, sem ser preciso parar o equipamento (o produto) por muito tempo. O fácil descarte é obtido, porque tais módulos são formados por um grupo de componentes de materiais similares, de taxas de falha e reparos, também, similares. Essa situação termina por facilitar a identificação desses componentes e, conseqüentemente, o seu descarte.

ISHII et al. (1995), por sua vez, já destacam os seguintes benefícios ligados ao projeto modular:

- flexibilidade para atender rapidamente as exigências do mercado;
- os riscos tecnológicos são menores e a um custo mais baixo;
- o planejamento para a melhoria tecnológica é realizada sobre uma geração de produtos anteriores (maior confiabilidade);
- grande customização dos produtos podendo, desta forma, atender melhor os desejos e as necessidades dos clientes desse tipo de projeto;
- estratégia tecnológica voltada para mudar e permutar componentes;
- promove a padronização de componentes (possibilidade de redução de custos).

PAHL & BEITZ (1996), já mencionam vantagens e limitações para dois grupos de interesse: fabricantes e usuários de produtos e sistemas modulares. Para maiores informações ver Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Vantagens e limitações dos sistemas modulares para fabricantes e usuários, segundo PAHL & BEITZ (1996).

Grupos de Interessados	Vantagens	Limitações
Fabricantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A documentação da família de produtos já se encontra, devidamente, inventariada.</li> <li>• Mudanças no projeto original só em casos especiais.</li> <li>• Os prazos de entrega dos produtos são menores, quando comparados com projetos de arquitetura integral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os desejos especiais dos consumidores podem não ser atendidos, devido as dificuldades em preparar toda uma nova documentação de projeto.</li> </ul>

Continuação da Tabela 2.2.

Grupos de interessados	Vantagens	Limitações
Fabricantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As tarefas de fabricar, montar e testar são facilitadas, pois trabalha-se com componentes e interfaces padronizadas.</li> <li>• Os tempos de preparação de máquina são menores em função dessa padronização.</li> <li>• Os módulos podem ser produzidos por outras empresas, de forma paralela, contribuindo para reduzir o tempo desenvolvimento da família de produtos.</li> <li>• O processo de descarte, reciclagem e reuso são facilitados, pois trabalha-se com módulos que possuem materiais similares, entre outros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mudança na linha de produtos desenvolvida pela empresa só deve ser realizada a intervalos maiores de tempo em função dos elevados custos de projeto.</li> <li>• Os custos envolvidos na elaboração e na fabricação das interfaces dos módulos podem ser elevados, devido as possibilidades de combinações exigidas com esse tipo de projeto.</li> <li>• Encontrar a modularidade ótima pode ser uma tarefa difícil em função dos interesses, nem sempre iguais, de fabricantes e usuários.</li> <li>• Facilidade de cópia dos produtos, pois seu diagrama esquemático é facilmente identificado.</li> <li>• Alta similaridade de produtos, devido a padronização de seus componentes.</li> </ul>
Usuários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As mudanças de função global (novos produtos) e ampliação das capacidades de produção desses produtos são mais fáceis de obter, em função de serem produtos montados a partir de módulos.</li> <li>• A manutenção e os serviços de reposição de peças é melhor devido, principalmente, a sua forma de fabricação, montagem e testes, ou seja, são produtos concebidos a partir de unidades independentes intercambiáveis (módulos).</li> <li>• Possuem, em geral, custos de aquisição menor quando comparados com projetos de arquitetura integral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os pedidos especiais podem não ser atendidos, devido aos custos de desenvolvimento de um novo projeto de sistema modular.</li> <li>• Certas características de qualidade tais como: mínimo peso e produtos mais compactos, podem não ser contempladas com esse tipo de projeto, devido as redundâncias existentes.</li> </ul>

Algumas desvantagens mencionadas pelos autores, quanto ao desenvolvimento desse tipo de projeto, diz respeito a uma maior dificuldade quanto ao seu planejamento durante as fases do processo de projeto e quanto ao seu desempenho quando comparados com projetos de produtos de arquitetura física integral (produtos não reconfiguráveis). No primeiro caso, essa desvantagem é observada porque no desenvolvimento de um projeto de produto modular se faz necessário planejar várias combinações, entre módulos, para que estes possam formar uma família de produtos, destinadas a atender um espectro maior de desejos e necessidades. Já quanto ao desempenho, os autores comentam que os projetos de produtos de arquitetura física integral são melhores do que os projetos modulares. Esse aspecto se verifica porque em tais projetos (projetos de produtos de arquitetura física integral) existe uma maior otimização quanto ao peso, redundâncias, volumes, entre outras.

Entre os custos potenciais envolvidos com a modularidade, ULRICH & TUNG (1991) destacam-se os seguintes:

- **Produtos de arquitetura estática.** Quando se opta por desenvolver produtos modulares, assume-se uma arquitetura física e funcional particular para esses produtos. Essa arquitetura assumida pode ser um obstáculo para a arquitetura de inovação dado que ela pode, muitas vezes, definir a organização de uma empresa assim como, os conhecimentos necessários para a distribuição desses produtos.

- **Otimização do desempenho.** Dado as possibilidades de melhorias contínuas da engenharia, o desempenho de algum produto particular pode ser sempre melhorado pela redução da modularidade. Essa otimização do desempenho pode ser obtida, muitas vezes, pela redução do tamanho e da massa; o projeto modular pode conter estruturas físicas redundantes e com isso não vir a compartilhar muitas funções como é desejado.

- **Facilidade de cópia.** Observar um produto modular é observar um diagrama esquemático da engenharia do produto. Em outras palavras, as funções dos componentes, muitas vezes, aparecem de forma óbvia e as interfaces entre os componentes estão claramente definidas. Esses fatores facilitam a cópia perante empresas concorrentes.

- **Aumento dos custos variáveis das unidades.** Particularmente quando a modularidade é usada explora-se economia de escala pela padronização de componentes. No entanto, quando um determinado componente é utilizado em várias linhas de produtos pode-se, muitas vezes, estar superdimensionando-o para determinadas funções. Por exemplo, suponha que num projeto de um grupo de automóveis decida-se pela modularidade dos cabos de força da bateria. Em determinados casos, pode-se estar utilizando um cabo de força que suporta uma amperagem bem superior a requerida para um determinado tipo de automóvel. Esse fato, se extrapolado, pode conduzir determinados produtos a um custo não otimizado.

- **Similaridade excessiva entre produtos.** Se a modularidade é utilizada como uma forma de construir produtos através de componentes padronizados, existe o risco de não satisfazer perfeitamente as necessidades de um determinado cliente. Alguns fabricantes de automóveis sofreram com esse problema por causa da percepção dos clientes quando da compra de seus produtos. Muitos deles comparavam os modelos e viam que existia pouca diferenciação entre eles. Por essa razão, muitos desses componentes, que são padronizados com base na filosofia do projeto modular, estão atualmente escondidos dentro desses modelos.

Seguindo essa linha de pensamento, vários outros pesquisadores corroboram e destacam outras vantagens e desvantagens quanto ao desenvolvimento, uso ou aplicação de sistemas modulares. SANCHEZ & MAHONEY (1997), por exemplo, comentam sobre os tipos de processos de desenvolvimento de produtos entre a organização tradicional; a que é voltada para resolver problemas de “overlapping” (sobreposição) e a que trabalha de forma modular, vide Figuras 2.4a, 2.4b e 2.4c.

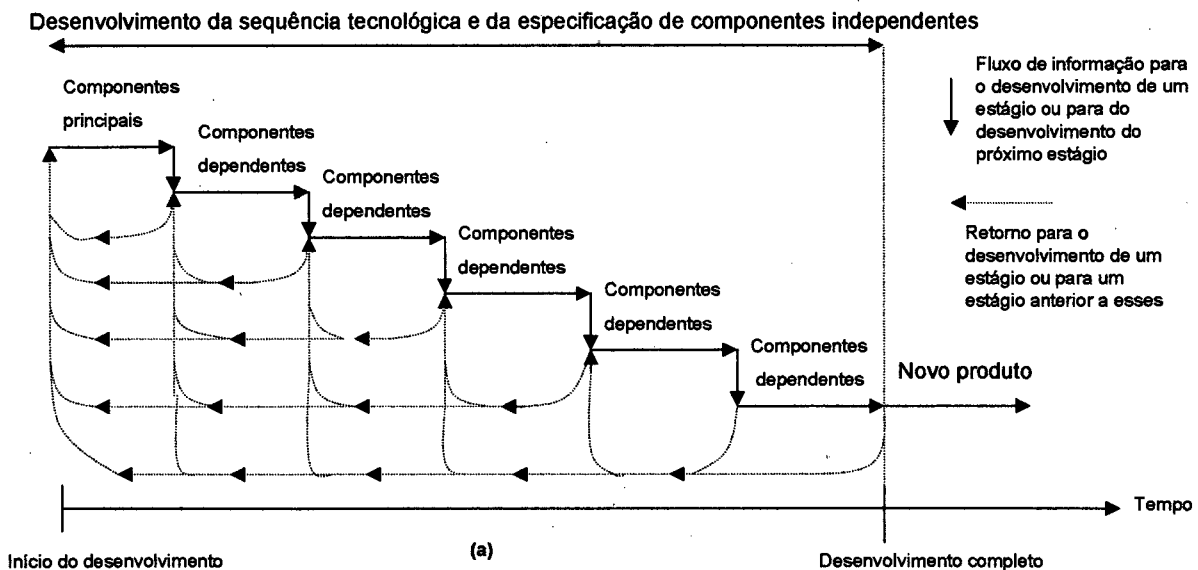


Figura 2.4a. Processo de fabricação de um produto segundo a organização tradicional

Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).

As setas contínuas na horizontal, na Figura 2.4a, representam a fabricação de componentes principais e de componentes dependentes para o lançamento de um produto. As setas contínuas na vertical representam o momento em que são realizadas as avaliações para a fabricação de um novo componente ou a revisão do componente em desenvolvimento, visando o lançamento de um novo produto e, as linhas pontilhadas representam o momento onde são realizadas as avaliações dos componentes em desenvolvimento e a posição que a equipe de projeto deve retornar caso os resultados não sejam satisfatórios.

Neste tipo de organização inicialmente, fabricam-se os componentes principais do produto; em seguida, verificam-se se estes componentes estão em conformidade com as normas estabelecidas; posteriormente, fabricam-se os primeiros componentes dependentes destes componentes principais; em seguida, verificam-se se eles estão em conformidade com as normas; por fim, repete-se esse procedimento até se chegar ao último componente que formará o produto. Um ponto a destacar é que as informações processadas nesse tipo de organização ficam bastante prejudicadas, pois qualquer problema que surja, na fabricação desse componente, só será detectado depois que ele estiver pronto. Esse fato, termina por causar diversos transtornos à produção e ao desenvolvimento do projeto como um todo.

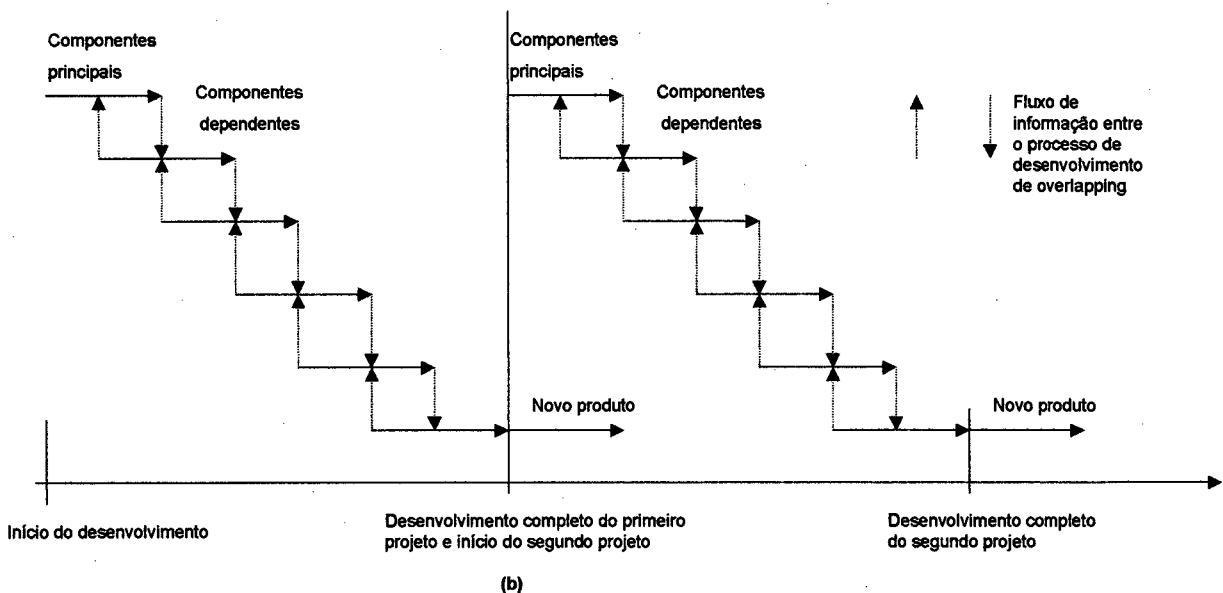


Figura 2.4b. Processo de fabricação de um produto segundo a organização voltada para resolver problemas de "overlapping". Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).

Na Figura 2.4b as setas contínuas na horizontal representam a fabricação de componentes principais e de componentes dependentes. Já as setas pontilhadas na vertical, representam os momentos onde os componentes desenvolvidos são avaliados. A diferença principal deste processo (organização voltada para resolver problemas de "overlapping") em relação ao primeiro (organização tradicional), é que neste processo os próximos componentes são fabricados antes mesmo dos primeiros estarem prontos, com isto o tempo de fabricação do novo produto é menor.

Neste tipo de organização inicialmente, fabricam-se os componentes principais do produto, mas antes de concluí-los já se inicia a fabricação dos componentes dependentes. Esse procedimento se repete

ao longo dos demais componentes do produto, proporcionando um volume de produção superior ao mencionado anteriormente. Um destaque a ser feito quanto a esse tipo de organização é que as informações processadas para a fabricação dos componentes dos produtos, são realizadas de maneira mais interativa. Esse fato, contribui para reduzir os problemas que por ventura surjam na fabricação dos produtos contribuindo, desta forma, para aumentar o volume de produção.

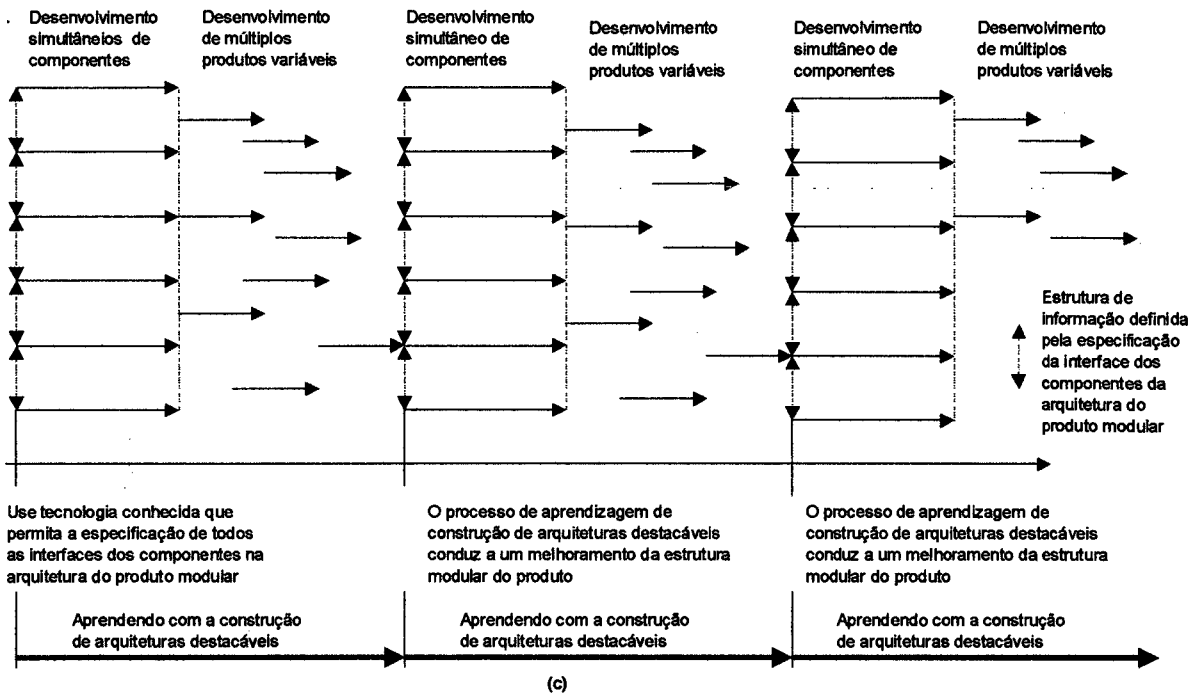


Figura 2.4c. Processo de fabricação de um produto segundo a organização modular.

Fonte: SANCHEZ & MAHONEY (1997).

Na Figura 2.4c as linhas contínuas horizontais representam a fabricação simultânea de vários componentes para o desenvolvimento de novos e múltiplos produtos. Já as linhas pontilhadas na vertical representam o momento onde são avaliados os componentes a serem desenvolvidos. Este momento é definido a partir da análise das interfaces dos componentes, ou seja, padronizadas as formas de união entre os componentes a unir, pode-se fabricar ou terceirizar os componentes a fim de aumentar a produção de novos e diferentes produtos.

Já numa organização modular, estes aspectos são minimizados, ou seja, a fabricação dos componentes dos produtos são simultâneos. Isto é possível porque todas as interfaces dos componentes e suas possíveis combinações já foram planejadas. Esse fato, termina por facilitar a fabricação desses produtos e, mais, terminam por fornecer uma grande variedade de produtos finais num prazo bem menor do que quando comparado com os demais tipos de organização do processo de projeto comentados anteriormente. As informações processadas quanto ao desenvolvimento de tais produtos, acontecem antes mesmo deles serem desenvolvidos, ou seja, são compartilhadas por todos os interessados (projetistas, fabricação, montagem, testes, entre outros) ao longo do desenvolvimento desses produtos. No entanto, é preciso frisar que para se atingir tal nível de fabricação é necessário que a empresa tenha acesso a

conhecimentos mais profundos em relação ao desenvolvimento desse tipo de arquitetura, dos tipos de componentes utilizados e das suas formas de interações.

Como se pode observar ao longo deste texto é que existem inúmeras vantagens e limitações quanto ao desenvolvimento e uso de sistemas modulares. A decisão por esse tipo de projeto deve estar sempre espelhada nos desejos e nas necessidades dos vários clientes e usuários existentes ao longo do ciclo de vida desses produtos. Além do mais, é preciso determinar qual dessas fases do ciclo de vida desses produtos é a mais relevante no desenvolvimento do projeto pois, esse aspecto contribui para reduzir o nível de complexidade da busca pela solução do problema apresentado. Afinal, desenvolver um projeto de um grupo de componentes independentes de interfaces padronizadas, que quando combinados, entre si, geram uma família de produtos, é uma tarefa bastante complicada. E querer que estas combinações atendam todos os desejos e as necessidades encontradas ao longo do ciclo de vida, desses produtos, é uma tarefa muito mais complicada ainda. Definir a fase ou as fases mais relevantes, a serem contempladas com o projeto modular, é minimizar os riscos de insucesso do projeto.

## 2.5 – Aplicações de sistemas modulares

As aplicações de produtos e sistemas modulares são facilmente encontrados no nosso dia-a-dia. A título de exemplo, citam-se: automóveis, caminhões, brinquedos, máquinas operatrizes, robôs, computadores, estações orbitais, entre outras.

Para melhor ilustrar esta afirmação apresentam-se as Figuras 2.5 e 2.6 e 2.7(a) e (b), que mostram, respectivamente, uma típica planta de tubos de um sistema modular destinada a servir de auxílio à condução de substâncias numa indústria farmacêutica; uma configuração modular para motores elétricos e um projeto modular para móveis de cozinhas residenciais.

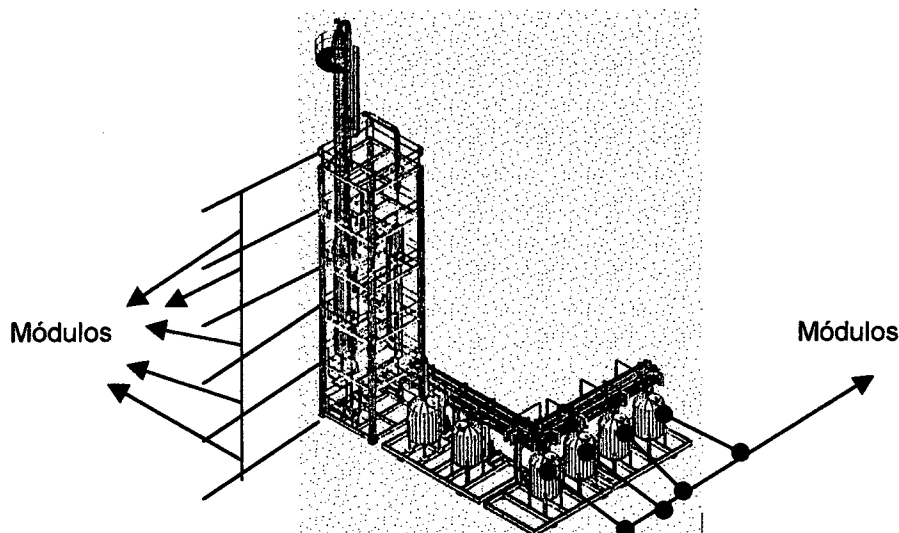


Figura 2.5. Típica planta de tubos de um sistema modular que abastece uma indústria farmacêutica.

Fonte: D'AVANZO & EVANS (1996).

Nesta Figura 2.5, o destaque a ser feito é quanto a facilidade de transporte e instalação desses módulos. Em outras palavras, depois que esses módulos são fabricados, montados e testados, eles são transportados em caminhões ou embarcações, como blocos, alguns em caixas, até o local da obra. Com o auxílio de guinchos eles são retirados de cima desses transportes e levados até o canteiro de obras. Lá, novamente, com o auxílio de guinchos são posicionados nos seus devidos lugares, isto é, uns ao lado dos outros ou uns em cima dos outros. Esse tipo de processo de montagem termina por reduzir os custos e os tempos de montagem, assim como os riscos de acidente na obra.

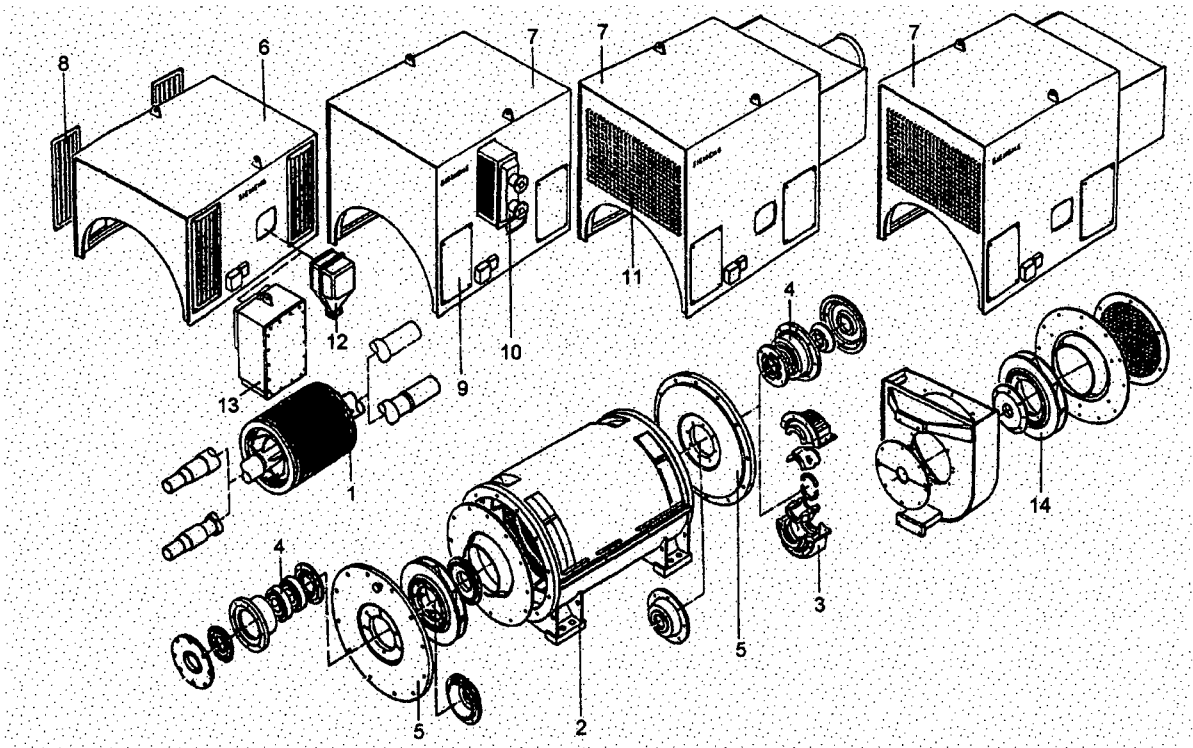


Figura 2.6. Configuração modular para motores elétricos. Fonte: PAHL & BEITZ (1996).

Nesta Figura 2.6, os componentes numerados de 1 a 14 compreendem os módulos, que podem ser combinados, entre si, para gerarem diferentes modelos de motores. Os números 5 e 9 correspondem aos módulos básicos de fixação; os números 1, 2 e 7 são os módulos com possibilidade de adaptar requisitos específicos (por exemplo, os módulos 1 e 2 se adaptam as várias voltagens); e os números 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 são módulos especiais para reunir certos requisitos de segurança, tipos de refrigeração e tipos de conexão. Esse tipo de configuração (configuração modular) permite reduzir os custos de fabricação das variantes desses produtos, além de permitir que as necessidades e os desejos dos clientes e usuários desse tipo de projeto possam ser contempladas mais facilmente.

A Figura 2.7 (a) mostra vários modelos de cozinha desenvolvidos com base na filosofia do projeto modular e, na Figura 2.7 (b) estão representados todos os módulos disponíveis para a configuração de várias móveis de cozinhas residenciais.

Estas figuras mostram bem qual o potencial de um projeto modular, ou seja, a partir da combinação de um grupo de módulos (Figura 2.7 b), entre si, é possível gerar uma família de móveis de cozinhas



diferentes e, com isso, atender diferentes desejos e necessidades dos clientes e usuários desse tipo de projeto.

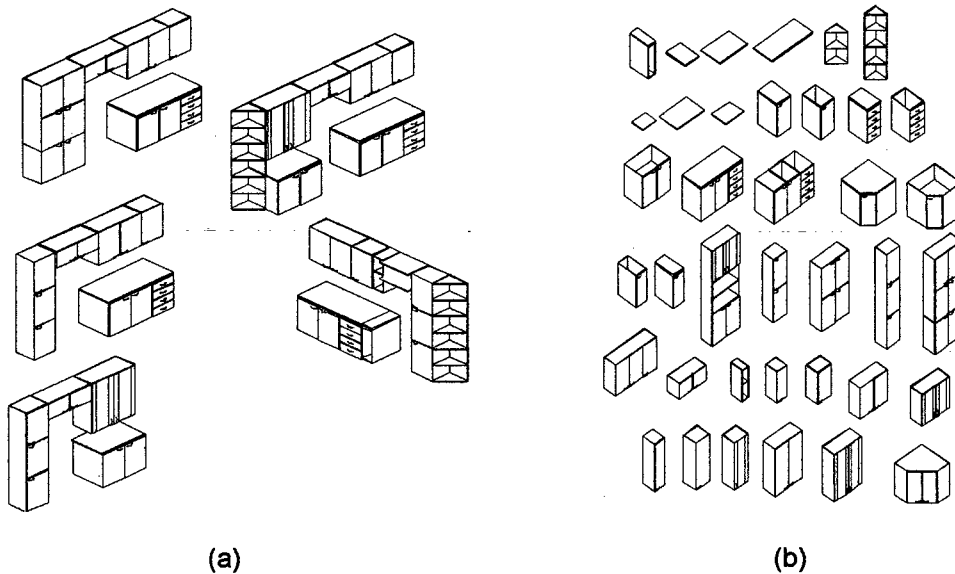


Figura 2.7. Projeto modular para móveis de cozinhas residenciais.

## 2.6 – Considerações finais

Após pesquisar a literatura e aprofundar os conhecimentos na área de projeto de sistemas modulares é possível traçar as seguintes considerações quanto ao desenvolvimento desses sistemas, a saber:

O desenvolvimento de projetos de sistemas modulares é uma prática utilizada pela indústria há vários anos. Ela surgiu a partir da necessidade de criar partes intercambiáveis, dentro do processo produtivo, com a finalidade de produzir uma variedade de produtos e, assim, satisfazer as razões funcionais e comerciais ligadas ao desenvolvimento dos mesmos.

Esses aspectos foram obtidos através de pesquisas por formas mais simples de acoplar componentes uns com os outros e pela padronização de especificações de projeto para a obtenção das interfaces desses componentes, ou seja, dos meios necessários destinados a unir ou acoplar dois ou mais componentes uns com os outros.

Passados mais de 50 anos, desde as primeiras experiências com relação a esse tipo de projeto, percebe-se que o tema ligado a sistemas modulares foi pouco explorado cientificamente. No entanto, com a abertura dos mercados e o aumento da concorrência entre as indústrias o tema tem ganho novos espaços;

Dentro deste contexto, é possível observar vários trabalhos científicos que buscam esclarecer e auxiliar o desenvolvimento de projetos de sistemas modulares. Para tanto, tais pesquisadores lançam mãos de processos de projeto que, entre outros aspectos, oferecem um roteiro contendo uma série de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, com vistas a auxiliar uma equipe de projeto a desenvolver tais sistemas.

Observando todos eles, percebe-se que ainda não foi apresentado um processo de projeto devidamente detalhado que fornecesse os caminhos para que esses sistemas fossem desenvolvidos de maneira mais fácil e com um nível de abstração menor.

Observa-se que enquanto alguns trabalhos facilitam a forma de apresentação da metodologia de projeto, através de fluxos, deixam a desejar no nível de abstração de seus estágios do processo de projeto e, outros das ferramentas de projeto necessárias ao processo de tomada decisão;

Percebe-se, portanto, que faltam diretrizes para o desenvolvimento de sistemas modulares e, mais precisamente, para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares. Em outras palavras, está faltando um roteiro claro que estabeleça a forma de apresentação do processo de projeto; o nível de desdobramento desse processo de projeto; as ferramentas de projeto de auxílio ao processo de tomada de decisão; a definição dos mecanismos de avaliação dos resultados desse processo de tomada de decisão e da forma de apresentação final dos resultados obtidos. A busca por tais diretrizes é um fator de extrema importância no desenvolvimento de metodologias de projeto mais uniformes, mais claras, fáceis de sistematizar e mais aplicáveis (MARIBONDO et al., 1999). Afinal, com o estabelecimento dessas diretrizes pode-se criar, entre outros aspectos, uma forma de avaliar e padronizar as propostas metodológicas existentes e em desenvolvimento.

O caminho para encontrar tais diretrizes se encontra nas informações sobre as origens dos sistemas modulares; nos processos de projeto que auxiliam no desenvolvimento desses sistemas; nas ferramentas e documentos de projeto por eles utilizados e, principalmente, na análise dos termos técnicos sobre esse tema de projeto. Afinal, é pela definição que se chega a solução de um problema.

Assim sendo, passa-se no próximo capítulo (Capítulo III) a pesquisar de maneira mais detalhada sobre tais informações, com o intuito de estabelecer mais à frente as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares.

# CAPÍTULO III

## 3.0 – TERMINOLOGIAS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS MODULARES

### 3.1 - Introdução

O objetivo deste capítulo é pesquisar e analisar as principais terminologias associadas ao desenvolvimento de sistemas modulares, com o intuito de buscar mais subsídios para o estabelecimento da metodologia de projeto objeto desta Tese.

Este estudo é importante, pois as definições de termos técnicos trazem consigo diversas informações com relação ao desenvolvimento de determinados temas de projeto. Pesquisá-las e analisá-las é buscar caminhos, indícios, que indiquem o que fazer, como fazer e com que fazer para se chegar a solução de determinados problemas de projeto.

Assim sendo, buscam-se tais informações com o intuito de aprofundar, ainda mais, nos conhecimentos adquiridos no capítulo anterior e, ao mesmo tempo, avançar um pouco mais em direção ao estabelecimento das diretrizes (Capítulo IV), que guiarão o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, apresentada no Capítulo V.

Para tanto, desenvolve-se este capítulo com base em três aspectos, a saber: 1) procurando pesquisar e analisar os termos técnicos considerados mais abrangentes no desenvolvimento de sistemas modulares, como forma de obter um conhecimento mais geral sobre o assunto em questão; 2) pesquisando e analisando os termos técnicos derivados a partir desses primeiros, como forma de buscar informações complementares para o desenvolvimento das diretrizes mencionadas anteriormente e, 3) procurando gerar um conjunto de termos técnicos e de definições a serem empregados junto ao desenvolvimento de sistemas modulares, como forma de dar uma contribuição a essa área de projeto, através da criação de um glossário técnico sobre o assunto.

Esse último aspecto também é importante, pois é comum encontrar definições variadas para um mesmo termo técnico ligado ao projeto de sistemas modulares. Esse fato termina por deixar confusa a comunicação e o entendimento de questões apresentadas durante o desenvolvimento de tais sistemas.

ULRICH & TUNG (1991), por exemplo, comentam que o termo **modularidade** é usado informalmente de várias maneiras. No campo do projeto de engenharia de sistemas complexos, tais como estações espaciais, o termo se refere ao uso de **unidades independentes**. Em arquitetura o termo, usualmente, se refere a construção de uma estrutura com vários **componentes padronizados**. Na fabricação o termo se refere ao uso de **unidades intercambiáveis** para criar diferentes produtos. Embora tais definições sejam altamente interrelacionadas é preciso buscar uma definição mais abrangente e mais uniforme para esses termos, com vistas a gerar uma "linguagem" mais apropriada para o desenvolvimento desses sistemas.

Assim sendo, passa-se nos tópicos a seguir a apresentar as informações obtidas com essa pesquisa, procurando, em seguida, fazer as análises pertinentes a cada um desses termos técnicos apresentados.

## 3.2 – Os termos técnicos mais gerais utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares

Quando se desenvolve sistemas modulares é comum ouvir diversas expressões e termos técnicos destinados a informar situações mais gerais no desenvolvimento do projeto. Tais informações, guardam, dentro de si, uma série de outras informações complementares que, quando bem analisadas, terminam por esclarecer muitas questões ligadas a esse tema de projeto.

Uma das primeiras expressões que vem a mente quando se trabalha com esse tema de projeto é o próprio nome dessa atividade, ou seja, desenvolvimento de sistemas modulares. Nesse sentido, para melhor esclarecer essa expressão técnica, se faz necessário, em primeiro lugar, pesquisar sobre a definição do que vem a ser um sistema. Em seguida, pesquisar qual o significado da palavra "modulares" e, finalmente, o que representa ou o que vêm a ser sistemas modulares.

Segundo SILVA (1980), um **sistema** pode ser considerado "*uma reunião ou a combinação de partes reunidas para formarem um conjunto*", ou ainda, "*é um plano, um método, uma combinação de meios, de processos destinados a produzir certo resultado*".

Segundo FERREIRA (1986), um **sistema** pode ser considerado "*um conjunto de elementos, materiais ou idéias, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação*", ou "*é a disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como estrutura organizada*", ou ainda, "*é uma reunião de elementos naturais da mesma espécie, que constituem um conjunto intimamente relacionado*".

DE CICCO & FANTAZZINI (1988), por sua vez, definem **sistema** como sendo "*um arranjo ordenado de componentes que estão interrelacionados e que atuam e interatuam com outros sistemas, para cumprir uma tarefa ou função (objetivo) num determinado ambiente*", ou ainda, "*é um conjunto de variáveis que interagem mutuamente de forma dinâmica e devem satisfazer certas restrições*".

BLANCHARD & FABRYCK (1990), já definem **sistema** como sendo *"uma reunião ou uma combinação de elementos ou partes destinadas a formar um todo complexo ou unitário"*, ou *"é um grupo de componentes interrelacionados trabalhando para atingir um objetivo comum"*.

Então, um **sistema** pode ser entendido como sendo um arranjo de um grupo de blocos distintos que interagem entre si e com outros blocos, de maneira dinâmica, visando atender uma determinada função global, num dado ambiente.

Já a palavra "**modulares**" é um adjetivo relativo a "**módulo**", que quer dizer: *"unidade (de mobiliário, de material de construção, etc.) planejada segundo determinadas proporções e destinadas a reunir-se ou ajustar-se a outras unidades análogas, de várias maneiras, formando um todo homogêneo e funcional"* (FERREIRA, 1986).

ERIXON et al. (1996), se referem a **módulos** como sendo *"produtos dentro de produtos"*.

GU et al. (1997), se referem a **módulos** como sendo *"unidades físicas destacáveis"*.

HILLSTRÖM (1994), define **módulo** como sendo *"um ou mais componentes ou submontagens que reúnem simultaneamente os seguintes requisitos: habilidade para suportar testes funcionais, ajustabilidade (com relação a função corrente), interfaces padronizadas, máxima permutabilidade e transportabilidade (sem afetar a função ou o ajuste)"*.

PAHL & BEITZ (1996), se referem a **módulos** como sendo *"blocos distintos"*.

ULRICH & TUNG (1991), se referem a **módulos** como sendo *"unidades independentes"*; *"componentes padronizados"* e, ainda a *"unidades intercambiáveis"*.

Então, **módulo** pode ser entendido como sendo: blocos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, que quando combinados uns com os outros, atendem diferentes funções globais, ou seja, geram uma família de produtos que atendem diferentes desejos e necessidades.

Diante do exposto, pode-se propor a seguinte definição para sistemas modulares, a saber:

Um **sistema modular** corresponde a um conjunto de blocos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, que quando combinados uns com outros atendem diferentes funções globais, ou seja, atendem diferentes grupos de desejos e necessidades.

As **interfaces** são as formas ou os meios de união, comunicação ou de transmissão de energia, material e sinal que permitem que os módulos se acoplem uns aos outros a fim de gerar diferentes produtos ou sistemas.

Já por **intercambiabilidade**, entende-se a troca ou a permutação de módulos dentro de um mesmo produto ou sistema, visando conferir-lhes melhores características ou desempenhos.

Um outro termo técnico bastante utilizado junto ao desenvolvimento de sistemas modulares é "modularidade".

Segundo PAHL & BEITZ (1996), **modularidade** representa *"uma meta a ser atingida por um bom projeto prático"*.

Para ULRICH & TUNG (1991), **modularidade** é uma característica de projeto que depende da similaridade entre a função e a forma do projeto e da redução dos problemas que podem ocorrer entre os componentes físicos existente nesse projeto.

Segundo CHEN et al. (1994), a **modularidade** pode ser entendida como sendo a capacidade da estrutura de um produto se adaptar a mudanças.

Para SANCHEZ & MAHONEY (1997), **modularidade** é *“uma forma especial de projeto na qual intencionalmente cria-se um alto grau de independência entre os componentes de projeto através da padronização das especificações das interfaces desses componentes”*.

HUANG & KUSIAK (1998), por sua vez, se referem à **modularidade** para mencionar o *“uso de unidades comuns para criar produtos variantes”* ou *“o uso de unidades padronizadas, intercambiáveis, destinada a satisfazer uma variedade de funções”*.

Percebe-se que o termo “modularidade” se refere a forma ou aos meios necessários para que dois ou mais módulos possam ser combinados entre si, a fim de gerar uma família de produtos. Em outras palavras, a **modularidade** é o termo técnico utilizado dentro do projeto de sistemas modulares para expressar a intercambiabilidade (facilidade de troca, permutação) entre os módulos, a fim de gerar a família de produtos, a qual é obtida através da padronização das especificações das interfaces desses módulos.

Além de “modularidade” é comum ouvir a expressão “modularização” quando se está para desenvolver sistemas modulares.

Segundo ROMANOS (1989), o termo **modularização** se refere *“a decomposição de produtos e/ou modelos acabados numa lista de itens, que serão rearranjados dentro de módulos, normalmente um grupo de itens os quais podem ser planejados como um grupo”*.

Esse termo é geralmente empregado para indicar um processo de tomada de decisão, no qual se almeja reprojeter um grupo de produtos existentes através da filosofia do projeto de sistemas modulares. Em outras palavras, busca-se através da padronização de componentes e de interfaces, reprojeter alguns componentes internos de um grupo de produtos existentes, com o intuito de reduzir o número de itens desses produtos, reduzir custos, facilitar a manutenção, entre outros.

Analisando tais definições é possível perceber a menção a outros termos importantes para o desenvolvimento de sistemas modulares. Por exemplo, na definição de sistemas modulares usam-se palavras do tipo: **conjunto de blocos distintos (conjunto de módulos distintos), interfaces padronizadas, intercambiabilidade, combinação de blocos (combinação de módulos) e funções globais.**

Esses termos trazem os seguintes indícios para o desenvolvimento do processo metodológico desse tema de projeto: é preciso fornecer ferramentas de projeto que auxiliem os usuários desse processo metodológico a conceber vários módulos distintos; a estabelecer diretrizes para a padronização das interfaces desses módulos; a definir as interfaces desses módulos; a estabelecer as combinações possíveis e, principalmente, estabelecer as funções globais que esse sistema modular deve contemplar.

Já na definição de interfaces, usam-se palavras do tipo: **meio de união, de comunicação ou de transmissão de energia, material e sinal entre dois ou mais módulos**, ou seja, é preciso fornecer meios para que os usuários desse processo metodológico possam realizar comparações entre dois ou mais módulos, visando identificar compatibilidades e conveniências de uní-los uns com os outros, a fim de que tais módulos possam trocar alguma forma de energia, material e/ou sinal.

É evidente, que muitas outras informações estão inseridas dentro desses indícios e internamente a cada definição apresentada. Expressá-las claramente pode não ser uma tarefa simples em função dos possíveis desdobramentos exigidos. No entanto, é preciso levantar o máximo de informação junto a tais

termos, como forma de melhor identificar o problema de projeto para só então, propor os caminhos que levam a sua solução.

Diante desse quadro passa-se, no tópico a seguir, a comentar sobre outros termos e definições utilizadas durante o desenvolvimento de sistemas modulares, visando buscar outras informações que ajudem a estabelecer diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, objeto principal desse trabalho.

### 3.3 – Termos técnicos complementares utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares

Além dos termos técnicos apresentados no tópico anterior destacam-se, neste tópico, outros mais que ajudam ampliar as informações a respeito do que fazer, como fazer e com que fazer para se desenvolver sistemas modulares.

Para um melhor entendimento apresenta-se na Tabela 3.1, uma série de termos técnicos, variantes destes termos técnicos e demais definições ligadas a estes termos técnicos, como forma de nuclear um glossário e uma possível padronização de termos ligados a esta área do desenvolvimento de produtos industriais.

Tabela 3.1. Termos técnicos utilizados no desenvolvimento de produtos e de sistemas modulares.

Termo técnico principal	Termo técnico derivado	Definição
<b>FUNÇÃO:</b> É uma descrição abstrata e genérica de uma verdade, que busca reunir partes de um todo em si, através de grandezas de entrada, saída e de estado de um sistema, para o desempenho de uma tarefa (VDI 2221, 1987)	Função global do sistema modular	<ul style="list-style-type: none"> <li>É a função mais abrangente do sistema modular. É a função na qual se baseiam as missões principais de cada variante da função global, visando atender as variações nas demandas do mercado.</li> </ul>
	Variantes da função global do sistema modular	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções derivadas da função global do sistema modular, destinadas a atender grupos variados de desejos e de necessidades dos clientes do projeto.</li> </ul>
	Funções parciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções que não tem associadas a elas nenhum efeito, portador de efeito ou princípio de solução que as realizem.</li> </ul>
	Funções básicas ou elementares	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções que têm associadas a elas algum efeito, portador de efeito ou princípio de solução que as realizam.</li> <li>São funções consideradas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de um sistema, ou seja, sem tais funções o sistema não poderia cumprir seus objetivos.</li> </ul>
	Funções auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções consideradas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de um sistema. Tem o papel de dar auxílio, ajudar, favorecer outras funções a cumprirem seus objetivos.</li> </ul>
	Funções especiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções que atendem a objetivos fora do comum, particulares, exclusivos, peculiares. São funções que não precisam estar presentes em todas as variantes das funções globais do sistema modular.</li> </ul>
	Funções adaptativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções que se destinam a ajustar outras funções dentro de um sistema. Não são essenciais ao desenvolvimento do sistema.</li> </ul>

Continuação da Tabela 3.1.

Termo técnico principal	Termo técnico derivado	Definição
Função	Funções específicas dos consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>São funções que devem ser concebidas individualmente, com a finalidade de atender questões exclusivas. Geralmente quando tais funções são implementadas geram sistemas mistos, isto é, sistemas que não são totalmente modulares.</li> </ul>
	Decomposição funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corresponde ao ato ou efeito de fragmentar a função global em funções de menor complexidade, visando deixar o problema de projeto mais fácil e simples de solucionar.</li> </ul>
Módulos	Módulos funcionais do sistema modular	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compreendem uma ou mais funções ou combinações de funções, que possuem relações de entrada, saída, denominação e restrições padronizadas, destinadas a facilitar a intercambiabilidade das mesmas, junto às variantes da função global.</li> </ul>
	Módulos construtivos do sistema modular	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos físicos associados aos módulos funcionais, isto é, são formas físicas estabelecidas visando atender ou realizar os módulos funcionais que compõe o sistema modular.</li> </ul>
	Módulos básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos implementados a partir das funções básicas. São considerados essenciais à construção da família de produtos e quando combinados entre si, podem atender várias funções globais do sistema modular.</li> </ul>
	Módulos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos implementados a partir das funções auxiliares. São considerados essenciais à construção da família de produtos e se destinam a situar ou unir dois ou mais módulos.</li> </ul>
	Módulos especiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos implementados a partir das funções especiais. São considerados módulos complementares, especiais, destinados atender a objetivos peculiares.</li> </ul>
	Módulos adaptativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos implementados a partir das funções adaptativas. Tem a função de ajustar um módulo ao outro e a outras condições marginais.</li> </ul>
	Não-módulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos que são implementados a partir das funções específicas dos consumidores, sendo projetados de forma individual para satisfazer desejos específicos dos consumidores.</li> </ul>
	Módulos grandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos constituídos por diversos componentes.</li> </ul>
	Módulos pequenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>São módulos constituídos por apenas um componente (não levando em consideração o tamanho do componente e sim o número de componentes).</li> </ul>
Interface	Interfaces fixas	<ul style="list-style-type: none"> <li>São os meios ou as formas de conectar um módulo ao outro através de elementos padronizados de maneira que os módulos conectados permaneçam unidos para desempenharem determinadas funções. Em outros casos, tais formas de conexão devem permitir que os módulos unidos possam transmitir forças.</li> </ul>
	Interfaces móveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>São os meios ou as formas utilizadas para transmitir energia, sinal ou material na forma de rotação, forças alternadas, etc., entre dois ou mais módulos.</li> </ul>
	Interface de comunicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>São os meios ou as formas utilizadas para transmitir fluidos, eletricidade, etc, entre dois ou mais módulos.</li> </ul>
Sistema modular	Sistema modular aberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>São sistemas que contém grandes possibilidades de combinações, não podendo ser planejados ou representados totalmente.</li> </ul>
	Sistema modular fechado	<ul style="list-style-type: none"> <li>São sistemas que têm seus tamanhos e potenciais expressados por um plano combinatório com um número finito de variantes desejadas.</li> </ul>



Continuação da Tabela 3.1.

Termo técnico principal	Termo técnico derivado	Definição
Modularidade	Modularidade através da permutação de componentes	• É uma forma encontrada de <u>unir num mesmo lugar, de um mesmo produto, vários componentes padronizados alternativos</u> , a fim de criar variantes (vide Figura 3.1a).
	Modularidade através do compartilhamento de componentes	• É uma forma encontrada de <u>unir em diferentes produtos um mesmo tipo de componente básico padronizado</u> , a fim de criar variantes (vide Figura 3.1b).
	Modularidade através da adaptação para a variação	• É uma forma encontrada de <u>unir componentes padronizados a um grupo de componentes adicionais de dimensões variadas</u> , a fim de criar variantes (vide Figura 3.1c).
	Modularidade através do uso de um barramento	• É uma forma encontrada de <u>unir num determinado componente básico, diferentes componentes, numa mesma posição ou em diferentes posições</u> , a fim de criar variantes (vide Figura 3.1d).
	Modularidade seccional	• É uma forma encontrada de <u>unir vários componentes uns aos outros, por meio de interfaces padronizadas, com o intuito de criar uma sequência ou uma estrutura de componentes</u> , a fim de atender diferentes demandas (Figura 3.1e).

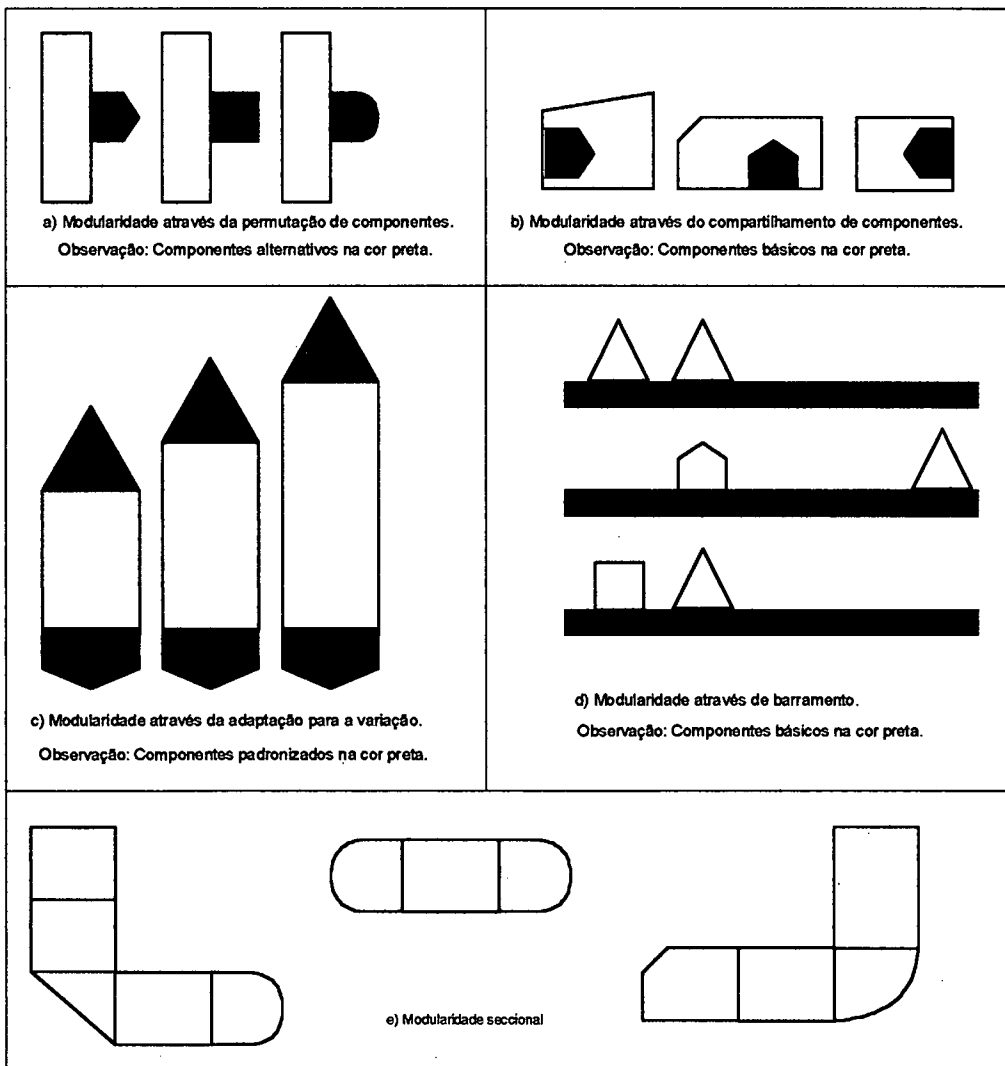


Figura 3.1. Tipos de modularidade encontrada na indústria. Fonte: ULRICH & TUNG (1991).

Analisando-se tais termos e definições é possível observar menções a expressões do tipo: **funções globais, funções essenciais, desdobramento de funções, módulos funcionais, módulos construtivos, família de produtos, elementos padronizados, compartilhar, adaptar, permutar**, entre outros.

Esses termos trazem outros indícios para o desenvolvimento do processo metodológico de sistemas modulares, a saber: é preciso fornecer ferramentas e documentos de projeto que auxiliem os usuários desse processo metodológico a estabelecer as funções globais do sistema modular; a estabelecer o desdobramento funcional; a identificar as função elementares do sistema modular; a identificar as funções que serão agrupadas na forma de módulos; a criar os módulos de maneira que eles possam ser intercambiáveis entre si, a fim de gerar uma variedade de produtos finais, ou seja, a família de produtos do sistema modular.

Percebe-se que tais informações ampliam um pouco mais as informações já obtidas no tocante a busca por diretrizes para o estabelecimento da metodologia de projeto de sistemas modulares. No entanto, é preciso pesquisar por novas informações, principalmente, daquelas que tratam do processo metodológico em si, ou seja, sua forma de apresentação, seu estágios, entre outros.

### 3.4 – Considerações finais

A análise de termos técnicos e de definições relativas as expressões utilizadas em determinadas atividades de projeto, traz diversas informações e esclarecimentos sobre o problema de projeto em questão.

Diante deste aspecto, foi realizado nesse capítulo uma breve análise dos principais termos técnicos e sobre suas respectivas definições, utilizadas durante as atividades de projeto de sistemas modulares, visando obter entre outros aspectos: a ampliação dos conhecimentos no campo de sistemas modulares e o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto nessa área.

Quanto a ampliação dos conhecimentos no campo de desenvolvimento de sistemas modulares, pode-se mencionar a busca pela padronização de interfaces, visando facilitar a intercambiabilidade entre os módulos; a necessidade de estabelecer meios que possam avaliar a compatibilidade e a conveniência de união entre dois ou mais módulos; o estabelecimento de módulos funcionais e de módulos construtivos, entre outros.

Já quanto ao estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, pode-se mencionar a necessidade da apresentação de ferramentas de projeto específicas para o estabelecimento de determinados fins, tais como: das especificações de projeto do sistema modular; das estruturas funcionais do sistema modular; da análise das compatibilidades e das conveniências de unir dois ou mais componentes dentro de um mesmo módulo; dos módulos; do número de combinações possíveis entre os módulos do sistema modular.

Além desses aspectos mencionados acima, estabeleceu-se, também, uma série de termos técnicos os quais, se bem utilizados, podem contribuir para uma comunicação mais uniforme nas atividades de desenvolvimento de sistemas modulares.

No entanto, além dessas informações, é preciso buscar outras informações que indiquem como elaborar o processo de projeto nesta área, ou seja, como apresentar o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares (na forma de um fluxo? na forma de declarações escritas?

Perguntas e respostas?); o nível de desdobramento para esse processo de projeto (fases e passos?, etapas e passos?, etapas e tarefas?); a definição dos mecanismos de avaliação para os resultados obtidos durante o desenvolvimento dos estágios desse processo de projeto e, principalmente, estabelecer a forma de apresentação dos resultados parciais e finais desse processo metodológico, ou seja, os documentos do processo de projeto. De posse de tais informações, pode-se com segurança elaborar um guia para o estabelecimento desse e de outros processos de projeto.

# CAPÍTULO IV

## 4.0 – DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

### 4.1 – Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistema modulares. Em outras palavras, tem por objetivo apresentar um conjunto de instruções ou indicações destinadas a auxiliar os desenvolvedores de metodologias de projeto a estabelecerem o processo de projeto para o desenvolvimento de produtos industriais.

Para tanto, desenvolve-se este capítulo visando dois aspectos gerais, a saber:

- 1) estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto de aplicação geral e,
- 2) estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia fruto deste trabalho.

Quanto ao primeiro aspecto, buscam-se orientações básicas para o desenvolvimento de uma metodologia genérica, ou melhor dizendo, busca-se a forma de apresentação, o número de estágios que envolvem o seu processo de projeto, as ferramentas e documentos de auxílio a este processo de projeto, os mecanismos de avaliação de cada um dos estágios desse processo metodológico e a forma de apresentação dos resultados parciais e totais desta metodologia de projeto.

Já quanto ao segundo aspecto, trabalha-se de maneira mais específica, ou seja, aplicam-se as informações obtidas no primeiro tópico junto a área de interesse (desenvolvimento de sistemas modulares). Assim sendo, inicialmente, pesquisa-se o que vem a ser uma metodologia. Em seguida, o que vem a ser um projeto. Posteriormente, o que vem a ser uma metodologia de projeto, qual a sua classificação, para só então definir o que vem a ser uma metodologia de projeto de sistemas modulares.

De posse dessas e outras informações ao longo deste capítulo, serão estabelecidas as diretrizes que conduzirão ao desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares.

## 4.2 – Aspectos importantes relativos às metodologias de projeto

O homem, geralmente, resolve seus problemas utilizando processos heurísticos, isto é, processos práticos ou simplificados, baseados em informações anteriores, que ajudam-no a encontrar soluções satisfatórias para um determinado problema.

Entretanto, tal forma de raciocínio se presta a resolver problemas mais simples com uma carga de complexidade, também, mais simples. No entanto, quando se está para desenvolver um problema de maior complexidade é importante o uso de procedimentos metodológicos e sistemáticos, devido ao grande número de informações a serem manuseadas e processadas.

Dentro deste contexto, os procedimentos sistemáticos seriam aqueles relacionados a forma de desenvolver raciocínios mais lógicos, capazes de identificar o problema de projeto apresentado até chegar a uma solução satisfatória, compilando o máximo de informações, utilizando-se de todos os meios práticos disponíveis, no local de trabalho ou fora dele, para que o processo de concepção possa ser conduzido, operacionalizado e viabilizado da melhor forma possível, obtendo-se a solução do problema apresentado.

Por sua vez, os procedimentos metodológicos seriam aqueles relacionados a forma de desenvolver todo o projeto, desde a identificação do problema até a sua solução final, através de estágios estruturados, os quais mapeariam os caminhos a serem percorridos por uma equipe de projeto, visando minimizar erros e/ou esquecimentos de questões importantes para o desenvolvimento do problema de projeto.

Atuando neste campo destacam-se as metodologias de projeto. Onde “**metodologia**” é uma expressão derivada dos seguintes vocábulos gregos: “**méthodos**” e “**logos**”, a qual designa a ciência que estuda os métodos.

Segundo BONFIM (1984), “*no sentido comum, metodologia é o estudo de métodos, técnicas e ‘ferramentas’ e de suas aplicações à definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos*”. Para ele, o estudo de metodologia de projeto, propriamente dita, significa tratar da geração, adaptação e aplicação de conceitos de diversos campos da ciência na proposição de procedimentos lógicos.

FEILDEN (1963) apud EVBUOMWAN et al. (1996), por sua vez, comenta que “**projeto de engenharia**” “*é o uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas mecânicas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com a máxima economia e eficiência*”.

FINKELSTEIN & FINKELSTEIN (1983), definem “**projeto**” como sendo “*o processo criativo que inicia de um requisito e define uma invenção ou sistema e os métodos de sua realização ou implementação para satisfazer o requisito*” ou ainda, “*é a atividade humana primária e é central para a engenharia e artes aplicadas*”.

Para BACK (1983), “**projeto de engenharia**” é “*uma atividade orientada para o entendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura*”.

Outros autores já mencionam que “**projeto**” “*é o processo de estabelecimento dos requisitos baseado em necessidades humanas, transformando-os em especificações de desempenho e funções, as quais são mapeadas e convertidas (sujeitas a restrições) em soluções de projeto (usando criatividade,*

*princípios científicos e conhecimentos técnicos) que podem ser economicamente fabricadas e produzidas"* (EVBUOMWAN et al. 1996).

Dentro deste contexto, pode-se dizer então que uma **metodologia de projeto** nada mais é do que uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que tem por objetivo maior auxiliar os projetistas a tomarem as melhores decisões, valendo-se de mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que juntos terminam por dar suporte às tomadas de decisões, na busca pela melhor solução de um determinado problema de projeto.

E observando esta e outras definições sobre metodologia de projeto é possível verificar a menção aos seguintes termos: **coleção de ferramentas; um roteiro; indica o que fazer, como fazer e com que fazer; farta documentação; mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados.** Esses termos terminam por sinalizar as primeiras diretrizes para o estabelecimento de uma metodologia de projeto, ou seja, sinalizam a necessidade de uma variedade de ferramentas de apoio ao processo de projeto; uma seqüência que indique o que fazer, como fazer e com que fazer cada estágio do processo de projeto; uma farta documentação de apoio ao processo de projeto que auxilie a registrar dados e a organizar as informações surgidas ou geradas ao longo do processo de projeto; mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados destinados a fornecer novas informações e em outros casos destinados a comparar os resultados obtidos com as metas previamente traçadas.

Apesar de tais definições mencionarem aspectos importantes para o estabelecimento das diretrizes comentadas no início do capítulo, é preciso aprofundar um pouco mais nos conhecimentos relativos ao processo de projeto dessas metodologias. Em outras palavras, é necessário buscar informações sobre as características e propriedades associadas ao processo de projeto; sobre os tipos de pensamentos envolvidos durante o processo de projeto; sobre os tipos de projetos encontrados no dia-a-dia das indústrias, entre outros, com o intuito de complementar tais informações e assim propor tais diretrizes.

EVBUOMWAN et al. (1996), por exemplo, comentam sobre nove características e propriedades associadas ao processo de projeto. Para maiores informações ver Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Características e propriedades associadas ao processo de projeto.

Características associadas ao processo de projeto	Comentários
O projeto como uma atividade oportunística	Representam os casos onde ambas as aproximações "top-down" (de cima para baixo) e "bottom-up" (de baixo para cima) são usadas por um projetista de maneira oportuna, ou seja, o projetista pode desenvolver o processo de projeto a partir de um modelo abstrato (necessidades e desejos) até a obtenção de um modelo concreto (produto ou sistema) ou vice-versa.
O projeto como uma atividade incremental	Envolve um processo de evolução, onde mudanças (melhoramentos ou refinamentos) são propostas com a finalidade de melhorar o projeto existente.
O projeto como uma atividade exploratória	Envolve um modelo de projeto baseado na exploração e descreve o processo de projeto como uma tarefa de exploração baseada no conhecimento.
O projeto como um processo investigativo	Envolve um questionamento das necessidades e das expectativas dos clientes, das técnicas de projeto disponíveis, das soluções de projeto semelhantes, dos fracassos passados e dos sucessos, etc.
O projeto como um processo criativo (arte)	Envolve a criação de uma solução de projeto com ajuda de perícia, engenhosidade, boa memória, habilidades de reconhecimento de padrões, procura aleatória no espaço de solução, pensamento lateral, "brainstorming", analogias, etc.
O projeto como um processo racional (baseado na lógica)	Envolve a confirmação e o teste de soluções propostas através de um raciocínio lógico, análise matemática, simulações computacionais, experimentos laboratoriais e testes de campo, etc.

Continuação da Tabela 4.1.

Características associadas ao processo de projeto	Comentários
O projeto como um processo de decisão-fabricação (baseado no valor)	Os projetistas durante o processo de projeto, geralmente, fazem inúmeras avaliações, as quais terminam por indicar os caminhos, as ações e as formas de competição e/ou escolha entre as várias soluções de projeto apresentadas. Tais julgamentos e avaliações normalmente estão baseadas em experiências e critérios derivados das necessidades e dos desejos dos clientes do projeto.
O projeto como um processo iterativo	A atividade iterativa é a mais comum no processo de projeto. Propostas de projetos preliminares são geralmente analisadas com relação às suas restrições e, se não são satisfatórias, são revisadas baseadas nas experiências e nos resultados das análises.
O projeto como um processo interativo	O projeto interativo traz o projetista diretamente para o processo de projeto, forçando-o a ser uma parte integrante deste. Isto é necessário em situações onde: (a) o problema de projeto foi pobremente definido, (b) não existem ferramentas analíticas suficientemente desenvolvidas para gerar uma análise quantitativa e (c) existe pouca ou nenhuma experiência disponível ou associada com o problema de projeto.

Segundo os autores, tais características do processo de projeto representam diferentes facetas no processo de projeto global. No entanto, para que seja desenvolvido um bom processo de projeto é necessário que este seja hábil o suficiente para apoiar estas várias características de projeto, ou seja, a abordagem "top-down" e "bottom-up"; o processo evolucionário; o processo exploratório baseado no conhecimento; o processo investigativo; o processo criativo; o processo lógico; o processo iterativo e interativo; o processo de tomada de decisão e o processo de análise e simulação.

Já quanto às formas de pensamentos envolvidas durante o processo de projeto para se chegar a uma determinada solução de um dado problema, tais autores mencionam três tipos de estágios ou fases de projeto, mencionadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Estágios de pensamentos envolvidos durante o processo de projeto.

Estágios	Comentário
Divergentes	São aqueles que procuram ampliar os domínios do problema. São aqueles que procuram ampliar os espaços de soluções, sendo mais indicados nos estágios iniciais do processo de projeto.
De transformação	São aqueles que procuram abusar da criatividade e de outras técnicas a fim de impor aos resultados dos estágios divergentes um padrão que os façam convergir a um projeto mais simples.
Convergentes	O objetivo principal desse estágio é progressivamente reduzir incertezas e o número de alternativas disponíveis, como forma de escolher o melhor projeto e assim obter a solução do problema apresentado.

Além desses fatos apresentados na Tabela 4.2 é necessário afirmar que uma metodologia de projeto deve estar apta a auxiliar uma equipe de projeto a desenvolver inúmeros problemas de projeto, tais como: projetos de caráter inovativo, reprojeto, projetos de produtos ou sistemas modulares ou projetos modificados (Ver Tabela 4.3).

Tabela 4.3. Tipos de projeto encontrados no dia-a-dia das indústrias.

Tipos de projeto encontrados no dia-a-dia das indústrias	Comentários
Projeto inovativo	Corresponde ao desenvolvimento de um novo princípio de solução (utilizando, freqüentemente, uma nova descoberta científica) para a formulação de um problema existente, revisado ou novo, o qual exige, geralmente, aplicação de pesquisa, confecção de protótipos e a realização de ensaios.
Reprojeto	Envolve modificações para satisfazer novos requisitos ou melhorar o desempenho de um projeto existente. Geralmente são discutidos na forma de projetos adaptativos (adaptação de um sistema existente, mantendo-se o princípio de solução, o mesmo) ou de projetos variantes (aqueles que mantêm o princípio funcional e a alternativa básica de solução, variando-se apenas alguns parâmetros para mudar, por exemplo, a capacidade volumétrica do produto existente).

## Continuação da Tabela 4.3.

Tipos de projeto encontrados no dia-a-dia das indústrias	Comentários
Projeto de produtos ou sistemas modulares	Compreende aquele projeto que conserva a intercambiabilidade de algumas peças (geralmente de custo elevado), desenvolvendo-se maiores ou menores composições, a fim de reduzir custos e simplificar a montagem e a manutenção (SKARSKI, 1982).
Projeto modificado	Este tipo de projeto se constitui em modificações de um projeto bem estabelecido. Trata-se, muitas vezes, da revisão da aparência (acabamento superficial, novas cores e/ou revisão do design) (SKARSKI, 1982).

Como resultado da aplicação desse processo de projeto, pode-se obter produtos ou sistemas, os quais podem seguir a classificação apresentada por CLAUSING (1994) e MEDLAND (1986), visualizada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Classificação de produtos segundo CLAUSING (1994) e MEDLAND (1986).

Tipos de projeto de produtos / sistemas	Comentários
Projeto de produtos estáticos	São produtos que não possuem alterações no seu conceito e não existe uma variação nas demandas de mercado a seu respeito.
Projeto de produtos dinâmicos	São produtos que têm o seu ciclo de vida limitado. São produtos que são lançados em intervalos de tempos curtos.
Projeto de produtos sobre-restringidos	São produtos sujeitos à varias restrições de função, materiais, processos de fabricação alguns dos quais podem ser conflitantes. Tendem a existir em mercados com altas tecnologias, onde o processo de projeto envolve a análise das alternativas propostas até encontrar a solução correta.
Projeto de produtos sub-restringidos (centrados na idéia)	Satisfazem as demandas dos consumidores, possuem poucas restrições, estão abertos a inovações, tem foco no conceito do produto, nos materiais e na tecnologia escolhida para satisfazer a requerida função. Possui um estilo comercial conhecido.
Projeto de produtos sub-restringidos (baseado nas habilidades)	Estes tipos de projeto de produtos focam em aspectos da fabricação. Esforços são usualmente concentrados nas capacidades e habilidades disponíveis na empresa.
Projeto de produtos reconfiguráveis	São produtos concebidos para sofrerem alterações ou modificações, a fim de atender diferentes demandas de mercado.

No entanto, para que esse processo projeto seja operacionalizado da melhor forma possível, é preciso estabelecer metas. Onde, metas podem ser entendidas como sendo objetivos específicos a serem atingidos com o desenvolvimento do projeto, ou seja, são as ações e decisões que serão tomadas em cada estágio desse processo de projeto, visando obter a solução para o problema em estudo. Em outras palavras, o que se quer dizer é que antes de buscar as possíveis soluções de um problema é necessário definir bem o problema de projeto, seja ele um processo de projeto ou um problema qualquer.

Na busca pela definição desse processo de projeto é possível encontrar na literatura algumas propostas filosóficas defendendo que:

- 1) o processo de projeto deve ser caótico e criativo;
- 2) o processo de projeto deve ser organizado e disciplinado e,
- 3) nenhum processo de projeto deveria ser imposto ao projetista.

Cada uma delas terminam por caracterizar uma escola de projeto. A primeira, caracteriza a **escola semântica**, na qual tem como dogma central o seguinte tema: toda máquina é tida como sendo um objeto de projeto que transforma três formas de entradas (material, energia, sinal) em respectivas saídas (material, energia, sinal). As diferenças entre essas entradas e saídas são denominadas de funcionalidades. Assim, para o desenvolvimento de um problema de projeto qualquer, toma-se como base a funcionalidade inicial da solução, ou seja, se o projeto for conceber uma prensa de papel, a funcionalidade inicial é compactar papel. A partir daí, desdobra-se essa funcionalidade em subfuncionalidades, criando-se uma estrutura em forma



de uma árvore. A intenção é decompor o problema inicial (complexo) em problemas menores (menor complexidade), mais simples de encontrar princípios de solução, que quando combinados através dessas subfuncionalidades podem vir a estabelecer uma solução que atenda o problema de projeto apresentado. A Figura 4.1 esclarece melhor a forma de pensamento desta escola.

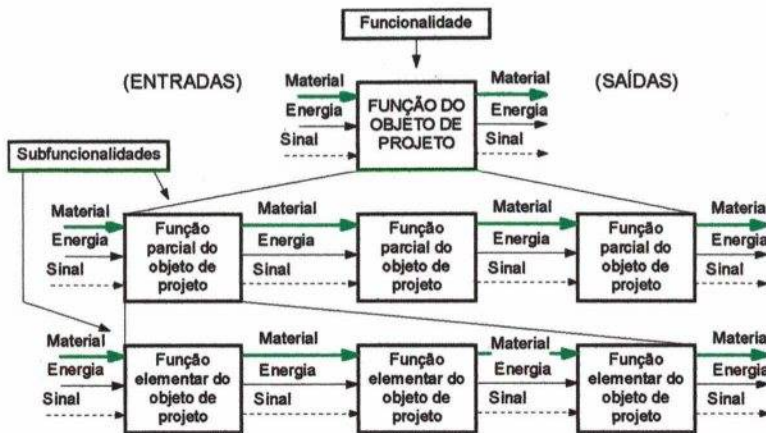


Figura 4.1. Forma de pensamento da escola semântica.

A segunda, caracteriza a **escola sintática**, a qual tem como foco principal os aspectos procedurais da atividade de projeto dos projetistas, do que o próprio objeto de projeto. Em outras palavras, esta escola se preocupa em descrever estágio por estágio como o projeto pode ser desenvolvido, enquanto que a escola semântica se apoia na funcionalidade do objeto de projeto. Estas escolas não são contraditórias em suas abordagens, mas complementares. Enquanto a escola sintática evidencia os aspectos dinâmicos do projeto a escola semântica evidencia os aspectos estáticos.

A terceira, caracteriza a **escola de experiências passadas**, a qual acredita que qualquer metodologia de projeto restringe a criatividade do projetista; que só a experiência de projeto é que fornece a habilidade desejada para o desenvolvimento de novos produtos, ou seja, trata-se de uma linha de pensamento que não aceita que um método teórico forneça eficazmente as habilidades que se esperam de um projetista, na busca pela solução de um determinado problema.

YOSHIKAWA (1989), acrescenta a essas três escolas de filosofia de projeto, duas outras: a escola psicológica e a escola filosófica. Ambas, tratam de alguns aspectos específicos de projeto, a saber:

A **escola psicológica** se preocupa mais com a criatividade no processo de projeto.

A **escola filosófica**, já se preocupa com o processo de pensamento do ser humano durante as atividades de projeto.

O estudo desses temas traz um foco todo especial para essas escolas na atualidade, haja vista que tais estudos podem fornecer materiais importantes no desenvolvimento de possíveis sistemas inteligentes, como é o caso dos sistemas especialistas.

Diante dessa variedade de pensamentos, com relação ao processo de projeto, tem-se um problema: **como representar tais pensamentos?** A forma encontrada foi através de modelos de projeto, ou seja, representações que mostram como o projeto é e como ele pode ser feito. A forma mais usual encontrada na

literatura é aquela que apresenta o processo de projeto na forma de um diagrama de fluxo. Para maiores esclarecimentos ver Figura 4.2 que mostra a representação de um destes modelos.

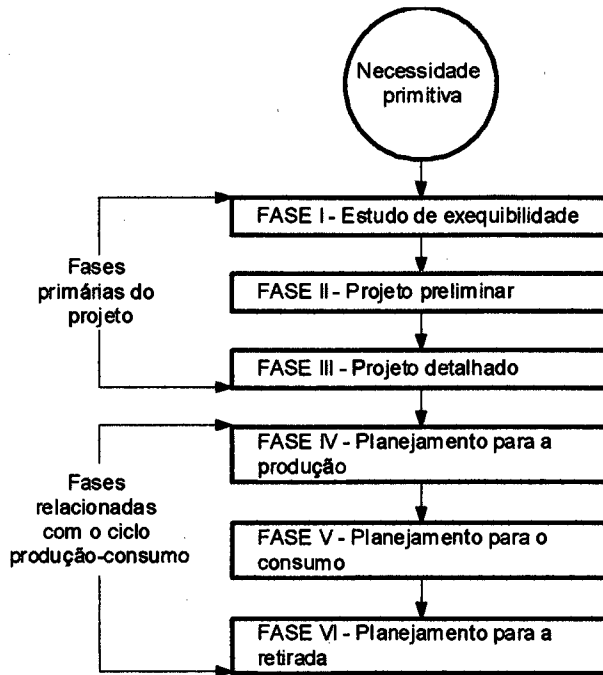


Figura 4.2. Representação do processo de projeto através de fluxo. Fonte: ASIMOV (1968)

No entanto existem outros tipos de modelos destinados a este fim. A Tabela 4.5, por exemplo, fornece maiores informações sobre estes outros tipos de modelos de representação de projeto.

Tabela 4.5. Classificação para os modelos de projeto.

Modelos	Comentário
Prescritivos	São aqueles caracterizados por prescrever como o processo de projeto deve ocorrer, ou seja, são aqueles que enunciam maneiras de trabalhar durante o projeto, através de procedimentos algorítmicos e sistemáticos.
Descritivos	São caracterizados por descrever experiências anteriores mostrando como os projetos foram criados. Em outras palavras, são caracterizados por descrever quais foram os processos, as estratégias e os métodos de solução utilizados na solução de determinados problemas de projeto.
Computacionais	São caracterizados por mapear funções dentro de uma estrutura e investigar quais delas são as mais indicadas para a implementação computacional. Além do mais, possuem dois aspectos importantes, a saber: 1) são considerados uma parte necessária no desenvolvimento de uma ferramenta mais efetiva; 2) se destinam a apoiar as pesquisas em teorias e metodologias de projeto.

Baseados nesta classificação diversas propostas metodológicas foram apresentadas. Para um maior esclarecimento, apresentam-se nas Tabela 4.6 e 4.7 alguns dos modelos de projeto prescritivos e descritivos, que mostram entre outros aspectos o autor do modelo de processo de projeto; ano de publicação; forma de apresentação desse processo de projeto e algumas ferramentas e documentos de projeto que dão apoio a estes processos de projeto.

Tabela 4.6. Modelos de projeto prescritivos.

Autor (ano)	Forma de apresentação do processo de projeto	Número de estágios do processo de projeto	Ferramentas e documentos de projeto utilizados no apoio ao processo de projeto
ASIMOV (1968)	Através de um diagrama de fluxo contendo fases e passos	<p><b>Seis estágios, mas só detalha três.</b></p> <p>Fase I: <u>Estudo de exeqüibilidade</u>. Estabelecimento da necessidade; explora o problema de projeto; identificar parâmetros, principais restrições e critérios; gerar soluções plausíveis; analisar soluções quanto a possibilidade de realização física, econômica e financeira.</p> <p>Fase II: <u>Projeto preliminar</u>. Seleção dos melhores conceitos entre os viáveis; análise das soluções (modelagem matemática, refinamento); seleção da melhor alternativa.</p> <p>Fase III: <u>Projeto detalhado</u>. Detalhamento completo da solução e de suas partes (desenhos técnicos de montagem e de componentes); construção e teste do protótipo; revisões do projeto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações de mercado;</li> <li>• Informações técnicas;</li> <li>• Fatores econômicos e financeiros;</li> <li>• Registros de experiências e de técnicas;</li> <li>• Análise matemática;</li> <li>• Resultados dos testes.</li> </ul>
PAHL & BEITZ (1971)	Através de um diagrama de fluxo contendo fases e passos	<p><b>Quatro estágios.</b></p> <p>Fase I: <u>Definição da tarefa</u>. Clarificação da tarefa; elaboração das especificações de projeto.</p> <p>Fase II: <u>Projeto conceitual</u>. Identificar os problemas essenciais; estabelecer a estrutura de funções; pesquisar por princípios de solução; combinar e concretizar em variantes de concepções; avaliar segundo critérios técnicos e econômicos.</p> <p>Fase III: <u>Projeto preliminar</u>. Desenvolver leiautes e formas preliminares; selecionar os melhores leiautes preliminares; refinar e avaliar sob critérios técnicos e econômicos; otimizar e completar o projeto das formas; verificar erros e controlar custos; preparar lista das partes preliminares e os documentos de produção.</p> <p>Fase IV: <u>Projeto detalhado</u>. Finalizar os detalhes, completar os desenhos detalhados e os documentos de produção; verificar todos os documentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações de mercado;</li> <li>• Lista de requisitos de projeto;</li> <li>• Lista de especificações de projeto;</li> <li>• Síntese funcional;</li> <li>• Lista de princípios de solução;</li> <li>• Matriz morfológica;</li> <li>• Estabelecimento de critérios para a seleção de combinações;</li> <li>• Análise de valor;</li> <li>• Leiautes preliminares;</li> <li>• Desenhos detalhados.</li> </ul>
VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Guideline 2221 (1987)	Através de um diagrama de fluxo contendo passos	<p><b>Sete estágios.</b></p> <p>Passo 1: <u>Esclarecer e precisar a formulação da tarefa</u>.</p> <p>Passo 2: <u>Verificação das funções e de suas estruturas</u>.</p> <p>Passo 3: <u>Pesquisar os princípios de solução e sua estrutura</u>.</p> <p>Passo 4: <u>Dividir em módulos realizáveis</u>.</p> <p>Passo 5: <u>Configurar os módulos principais</u>.</p> <p>Passo 6: <u>Configurar o produto total</u>.</p> <p>Passo 7: <u>Preparar instruções de execução e de uso</u>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações de mercado;</li> <li>• Questionários;</li> <li>• Entrevistas;</li> <li>• Lista de condições e restrições;</li> <li>• Lista de requisitos;</li> <li>• Especificações de projeto;</li> <li>• Síntese funcional;</li> <li>• Lista de princípios de solução;</li> <li>• Métodos intuitivos e discursivos;</li> <li>• Considerações técnicas e econômicas;</li> <li>• Leiautes preliminares;</li> <li>• Desenhos detalhados.</li> </ul>
HUBKA (1988)	Através de uma diagramação que mostra fases, passos e documentos de projeto	<p><b>Quatro estágios.</b></p> <p>Fase 1: <u>Elaboração do problema</u>. Elaborar ou clarificar as especificações.</p> <p>Fase 2: <u>Projeto conceitual</u>. Estabelecer as estruturas de funções; estabelecer concepções.</p> <p>Fase 3: <u>Leiaute</u>. Estabelecer o leiaute preliminar; estabelecer o leiaute dimensional.</p> <p>Fase 4: <u>Elaboração</u>. Detalhamento e elaboração.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificações de projeto;</li> <li>• Síntese funcional;</li> <li>• Matriz morfológica;</li> <li>• Concepções esquemáticas;</li> <li>• Leiautes preliminares;</li> <li>• Leiautes dimensionais;</li> <li>• Desenhos detalhados;</li> <li>• Desenhos de montagens.</li> </ul>
FABRICK & BLANCHARD (1990)	Através de um fluxo que mostra o ciclo de vida de um sistema	<p><b>Sete estágios.</b></p> <p><u>Definição da necessidade</u>: Identificação de faltas ou desejos por sistemas.</p> <p><u>Projeto conceitual</u>: Estudo da viabilidade; análise das necessidades; requisitos operacionais; concepção da manutenção; planejamento avançado do sistema.</p> <p><u>Projeto preliminar</u>: Análise funcional do sistema; síntese preliminar e alocação de critérios de projeto; otimização do sistema; definição e síntese do sistema.</p> <p><u>Projeto detalhado</u>: Projeto do produto do sistema; desenvolvimento do protótipo do sistema; teste e avaliação do protótipo do sistema.</p> <p><u>Produção e/ou construção</u>: Avaliação do sistema; modificações para ações corretivas.</p> <p><u>Utilização e suporte</u>: Avaliação do sistema; modificações para ações corretivas.</p> <p>Descarte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de vida do produto;</li> <li>• Lista de questões;</li> <li>• Pesquisa de mercado;</li> <li>• Estudo da viabilidade;</li> <li>• Plano de suporte logístico;</li> <li>• Métodos de pesquisa;</li> <li>• Requisitos de projeto;</li> <li>• Requisitos de produção e/ou construção;</li> <li>• Requisitos de avaliação.</li> </ul>

Tabela 4.7. Modelos de projeto descritivos.

Autor (ano)	Forma de apresentação do processo de projeto	Número de estágios do processo de projeto	Ferramentas e documentos de projeto utilizados no apoio ao processo de projeto
MARCH (1984)	Através de uma representação gráfica	<b>Três estágios.</b> <b>Dedutivo:</b> Responsável por avaliar as características de desempenho. <b>Indutivo:</b> Responsável por prevê as noções habituais e de estabelecer valores. <b>Abdução:</b> Responsável por criar a nova composição.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenhos.</li> </ul>
MATCHETT & BRIGGS (1966)	Através de um texto.	<b>Sete estágios.</b> 1) Estudar a situação de projeto. 2) Identificar provisoriamente as necessidades que o projeto tem que satisfazer. 3) Identificar a necessidade funcional. 4) Explorar alternativas de princípios que satisfaçam as necessidades elementares. 5) Apresentar uma proposta de projeto que seja capaz de satisfazer ambas as necessidades primárias e secundárias do projeto. 6) Revisar a efetividade funcional desse projeto. 7) Revisar o conteúdo de trabalho e material na produção do projeto, assim como a qualidade dos componentes.	Não mencionado.
HYBS & GERO (1992)	Através de um fluxo	<b>Dez estágios.</b> 1) Formulação ou projeto resumido ou especificado. 2) Análise. 3) Síntese. 4) Produção da descrição do projeto. 5) Fabricação do produto. 6) Interação com o mundo real. 7) Avaliação. 8) Reformulação. 9) Simulação do desempenho da estrutura. 10) Desempenho do produto atual.	Não mencionado.

Os modelos computacionais, como mencionado anteriormente, se destinam a apoiar as pesquisas em teorias e metodologias de projeto, tendo destaque naquelas atividades que tratam da computação, do desenho, da visualização, do armazenamento de dados e, mais recentemente, na tomada de decisões.

Dentro deste contexto, vários métodos computacionais foram e continuam sendo apresentados. Enumerá-los seria uma tarefa custosa e não acrescentaria muito no intento deste trabalho. O destaque a ser feito quanto aos métodos computacionais se concentra naqueles que procuram sistematizar determinadas áreas do conhecimento humano, ou seja, naqueles que procuram desenvolver sistemas especialistas. Onde, sistemas especialistas podem ser entendidos como sendo "*uma classe de programas computacionais que podem recomendar, analisar, categorizar, comunicar, consultar, projetar, diagnosticar, explicar, explorar, prever, conceber formas, identificar, interpretar, justificar, aprender, gerenciar, monitorar, planejar, apresentar, recuperar, fixar, testar e tutorar*" (BASRI & STENTIFORD, 1995).

Na prática, nenhum desses programas "cobrem" a extensão dessa definição. O que se pode afirmar com segurança é que tais sistemas se utilizam de informações observadas ou avaliadas, para produzir um leque de conhecimento e a partir desse conhecimento, através de um processo de regras e inferências, chegar a uma solução nem sempre otimizada, para um dado problema em estudo.

Na verdade esses sistemas apenas "cercam" uma faixa muito estreita de alguma especialidade humana, isto é, ou ajudam a projetar, ou a gerenciar, entre outras, sem no entanto, atingir a plenitude da definição apresentada acima. Quando comparados com os sistemas convencionais possuem inúmeras vantagens (ver MARIBONDO, 1997) e, possuem uma arquitetura composta dos seguintes elementos básicos, apresentados na Tabela 4.8 e visualizados na Figura 4.3.

Tabela 4.8. Elementos básicos de um sistema especialista (SE).

Elementos básicos de um SE	Comentários
Base de conhecimento	Considerado o módulo essencial do sistema especialista, contém as regras e os fatos que representam a especialidade no domínio particular.
Memória de trabalho	Responsável por conter todas as informações iniciais ou derivadas, que representam o estado corrente do problema até o presente momento.
Motor de inferência	Responsável por controlar a base de conhecimento e a memória de trabalho e, conseqüentemente, todo o funcionamento do sistema especialista. É responsabilidade deste componente, operar a informação da memória de trabalho, utilizando-se da base de conhecimento para produzir novas informações para a memória de trabalho.
Interface com o usuário	Responsável por permitir o fácil acesso do usuário ao sistema através de menus, gráficos, entre outros, os quais facilitam o monitoramento e o desempenho do sistema, bem como as informações voluntárias, as explicações requeridas ou as estratégias de controle, responsáveis pela solução do problema.
Aquisição do conhecimento	Responsável por providenciar as facilidades que ajudarão no processo de esclarecimento do conhecimento para o especialista, bem como codificar tal conhecimento para a base de mesmo nome.
Explicação	Responsável por explicar ao usuário, sempre que solicitado, a forma de "raciocinar" e "processar" a solução do problema apresentado.

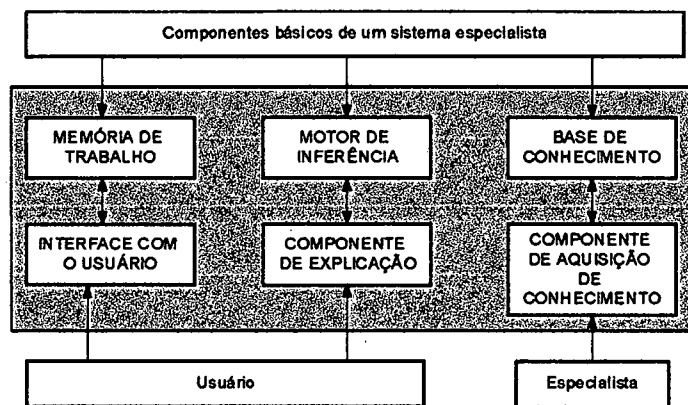


Figura 4.3. Arquitetura de um sistema especialista. Fonte: BASRI &amp; STENTIFORD (1995).

Outros pesquisadores referenciados em BASRI & STENTIFORD (1995), enumeram cinco etapas para o desenvolvimento de um sistema especialista. Ver Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Etapas, comentários e ferramentas de projeto utilizadas no desenvolvimento de um sistema especialista.

Autor (ano)	Forma de apresentação do processo de projeto	Número de estágios do processo de projeto	Ferramentas e documentos de projeto utilizados no apoio ao processo de projeto
BASRI & STENTIFORD (1991)	Através de um fluxo	<p><b>Cinco estágios.</b></p> <p>Etapa 1: <u>Análise e definição da tarefa</u>: Examinar o problema; determinar a tarefa de cada componente do sistema especialista; determinar o tipo de entrada e de saída requerida para o sistema especialista; determinar os usuários do mesmo; determinar a viabilidade do sistema especialista.</p> <p>Etapa 2: <u>Aquisição do conhecimento</u>: Localizar a fonte da especialidade numa organização; examinar o custo/benefício da engenharia da especialidade; adquirir o conhecimento; codificar o conhecimento; aplicar o conhecimento codificado.</p> <p>Etapa 3: <u>Desenvolvimento de um protótipo</u>. Desenvolver um sistema especialista num subconjunto do domínio em estudos.</p> <p>Etapa 4: <u>Expansão e refinamento do protótipo</u>. Ampliar o protótipo desenvolvido.</p> <p>Etapa 5: <u>Verificação e validação</u>. Determinar a abrangência e a porcentagem de acertos, entre outros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionários;</li> <li>• Entrevistas estruturadas e não estruturadas;</li> <li>• Análise de tarefas;</li> <li>• Técnicas de representação do conhecimento.</li> </ul>

Apresentadas tais informações, passa-se nos tópicos a seguir a enumerar algumas diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto, com o intuito de buscar uma uniformização para o desenvolvimento dos seus processos de projeto, deixando-os mais claros, melhor documentados e mais sistematizados.

### 4.3 – Diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto

A importância de buscar as diretrizes no desenvolvimento de qualquer trabalho, seja ele de pesquisa, técnico ou prático é a de estabelecer marcos que indiquem aos responsáveis pelo desenvolvimento dos mesmos o que eles atingiram, seus objetivos, suas metas, entre outros.

A intenção neste momento não é cobrir todas as possibilidades, ou seja, apresentar todas as diretrizes destinadas ao desenvolvimento de metodologias de projeto, mas apresentar aquelas, no entendimento deste autor, consideradas básicas para este fim.

Assim sendo e analisando as informações apresentadas nos tópicos e capítulos anteriores, referente a análise de termos técnicos, definições, processos de projeto, ferramentas e documentos de projeto, é possível estabelecer as seguintes diretrizes básicas para o desenvolvimento de metodologias de projeto a saber:

**DIRETRIZ 1: Forma de apresentação do processo de projeto;**

**DIRETRIZ 2: Desdobramento do processo de projeto;**

**DIRETRIZ 3: Ferramentas e documentos básicos de apoio ao processo de projeto;**

**DIRETRIZ 4: Mecanismos de avaliação dos resultados do processo de projeto e,**

**DIRETRIZ 5: Forma de apresentação dos resultados do processo de projeto.**

A forma de apresentação do processo de projeto (Diretriz 1), deve ser, sempre que possível, na forma de um fluxo ou de uma diagramação contendo uma convenção básica indicando o início, meio e fim do processo de projeto. O emprego desta convenção, junto a este fluxo, permite mostrar de forma sintética e com maior clareza todo o processo de projeto. Por outro lado, como as metodologias de projeto estão sendo, cada vez mais, codificadas para uma linguagem computacional, tal fluxo termina por facilitar o processo de sistematização desse processo de projeto.

Dentro deste contexto, é importante que tal convenção esteja de acordo com a convenção utilizada na engenharia de softwares, como forma de facilitar a comunicação entre engenheiros do conhecimento e engenheiros de softwares.

Dito isto, apresenta-se na Figura 4.4 a convenção básica a ser utilizada na representação dos fluxos do processo de projeto.

O desdobramento do processo de projeto (Diretriz 2), deve ser realizado de tal forma que permita ao usuário do processo metodológico uma visão clara do processo ou da atividade a ser desenvolvida. Em outras palavras, deve-se buscar um detalhamento ou um desdobramento, que reduza o nível de abstração existente dentro de cada um desses estágios.

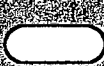






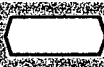


SÍMBOLOS BÁSICOS	SIGNIFICADO DOS SÍMBOLOS DENTRO DO PROCESSO DE PROJETO
	Este símbolo indica o início ou o fim do processo de projeto.
	Este símbolo indica um processo, uma ação, uma atividade a ser executada.
	Este símbolo indica uma avaliação dentro do processo de projeto.
	Este símbolo indica um documento a ser impresso.
	Este símbolo indica uma entrada ou saída de dados ou informações.
	Este símbolo indica armazenamento de dados e/ou informações.
	Este símbolo indica um comentário.
	Este símbolo indica preparação ou elaboração de dados ou informações.
	Este símbolo indica a seqüência do processo de projeto.
	Este símbolo indica um retorno dentro do processo de projeto.

Figura 4.4. Convenção básica para a apresentação de um fluxo de um processo metodológico.

Na pesquisa efetuada no transcorrer deste trabalho percebeu-se, entre outros aspectos, que o nível de abstração dos estágios dos processos de projeto eram altos, ou seja, dificultava o entendimento para a sua real utilização. Percebeu-se, também, que muitos deles tinham como enunciados as seguintes frases, a saber: definir o problema de projeto; desenvolver o projeto conceitual; desenvolver o projeto preliminar e desenvolver o projeto detalhado. Mais ainda, percebeu-se que muitos desses processos de projeto eram subdivididos em fases, fases e passos ou somente passos.

Diante deste quadro e através de pesquisas realizadas junto aos integrantes do NeDIP, sugere-se que o processo de projeto para o desenvolvimento de metodologias de projeto seja realizado em três níveis, a saber: fases (primeiro nível de desdobramento), etapas (segundo nível de desdobramento) e tarefas (terceiro nível de desdobramento). Onde,

**Fases** correspondem aos estágios mais abrangentes do processo de projeto. Guardam em si, um alto grau de abstração para o desenvolvimento do problema devido, principalmente, a abrangência de seus objetivos. Em outras palavras, representam as missões principais a serem desenvolvidas pela equipe de projeto na busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

**Etapas** compreendem cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma fase. Guardam em si, um nível de abstração menor no desenvolvimento do problema de projeto quando

comparadas com os estágios das fases. Este fato (menor nível de complexidade) permite uma melhor visualização do problema em estudo. Em outras palavras, corresponde ao desdobramento das missões principais em ações mais realizáveis em busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

**Tarefas** correspondem a cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma etapa. São geralmente utilizadas com o objetivo de reduzir o nível de complexidade das informações contidas nos estágios das etapas. Este fato auxilia a aclarar, ainda mais, o desenvolvimento do problema de projeto. Em outras palavras, correspondem as ações específicas a serem desenvolvidas pela equipe de projeto na busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

A intenção com este desdobramento é deixar o "como fazer" mais claro e mais fácil de entender e utilizar.

As **ferramentas e documentos básicos de apoio ao processo de projeto** (Diretriz 3) devem auxiliar o usuário desse processo de projeto a desenvolver as atividades e ações necessárias à busca de soluções para o problema em estudo.

Entre as principais atividades encontradas nestes processos metodológicos destacam-se aquelas voltadas a: identificar os desejos e necessidades dos clientes do projeto; estabelecer as especificações de projeto; as estruturas funcionais; os princípios de solução que atendam as funções constantes dessas estruturas funcionais; as concepções construtivas que atendam os desejos e necessidades dos clientes do projeto; escolher a melhor concepção de projeto entre aquelas apresentadas; estabelecer o projeto preliminar e o projeto detalhado dessa concepção escolhida.

Entre as ferramentas e documentos mais difundidos no apoio a tais atividades, citam-se os apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Ferramentas e documentos de projeto mais difundidos junto aos processos de projeto pesquisados na literatura.

Denominação das ferramentas e documentos de projeto utilizados na maioria dos processos de projeto	Comentários
Informações técnicas sobre o tema de projeto	Compreendem documentos destinados a registrarem em si, dados e demais aspectos ligados ao tema de estudo. Geralmente são utilizados no início do processo de projeto.
Ciclo de vida dos produtos	Corresponde a um documento que tem por objetivo auxiliar a equipe de projeto a levantar informações sobre a produção, consumo e descarte de produtos iguais ou semelhantes ao projeto do produto em estudo. Estas informações permitem aos projetistas conhecerem melhor seus concorrentes e com isto descobrir pontos falhos, explorá-los, visando gerar um produto mais competitivo. Geralmente é aplicado no início do processo de projeto.
Questionários estruturados e não estruturados	Compreende uma lista de questões previamente estabelecidas, dirigidas a grupos de clientes do projeto, nas várias fases do ciclo de vida do produto, visando coletar desejos e necessidades para o desenvolvimento do problema de projeto. Geralmente são aplicados no início do processo de projeto.
Aplicação de entrevistas	São formas de coletar informações, relativas aos desejos e às necessidades junto aos clientes do projeto em estudo. Geralmente são aplicadas no início do processo de projeto.
Lista de requisitos dos clientes do projeto	Corresponde a um documento que registra as interpretações dos desejos e necessidades dos clientes do projeto, para uma linguagem mais técnica e fácil de aplicar no desenvolvimento do projeto em estudo (requisitos dos clientes do projeto). Geralmente é aplicada no início do processo de projeto.
Lista de requisitos de projeto	Corresponde a um documento que tem em si registradas expressões mensuráveis que indicam como atender os requisitos dos clientes do projeto. Corresponde à "voz da engenharia". Geralmente é estabelecida no início do processo de projeto.
Matriz da casa da qualidade	É uma ferramenta que tem por objetivo maior assegurar a qualidade do produto em cada fase do seu ciclo de vida procurando, entre outros aspectos, além de integrar os vários participantes do projeto, incluir nas decisões tomadas e nas soluções propostas os desejos e as necessidades dos vários clientes envolvidos, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento do produto. Geralmente é aplicada no início do processo de projeto.



Continuação da Tabela 4.9.

Denominação das ferramentas e documentos de projeto utilizados na maioria dos processos de projeto	Comentários
Especificações de projeto	É um documento no qual descreve-se com minúcias como cada requisito de projeto deve ser atendido para ser contemplado no desenvolvimento do projeto em estudo. Geralmente corresponde ao último documento utilizado no primeiro estágio do processo de projeto.
Síntese funcional	Compreendem uma série de ações necessárias à formulação, a partir de um problema verbalmente exposto e devidamente especificado, de uma função geral de um sistema técnico, bem como de outras ações necessárias à substituição desta função geral formulada por outras estruturas de funções de menor complexidade. Geralmente, tais ações definem o início do segundo estágio do processo de projeto.
Matriz morfológica	É um método destinado a estimular a criatividade da equipe de projeto, através da exploração sistemática de um grande número de possíveis soluções, organizadas na forma de um quadro ou matriz. Geralmente é utilizada no segundo estágio do processo de projeto.
Análise técnica	Compreendem ações destinadas a analisar as soluções apresentadas, a partir da matriz morfológica, com relação a disponibilidade de máquinas, equipamentos, ferramentas manuais e pessoal existente dentro da empresa responsável pelo desenvolvimento do projeto, a fim de verificar a possibilidade dessas soluções virem a ser desenvolvidas por esta ou outras empresas. Geralmente é realizada dentro do segundo estágio do processo de projeto.
Análise econômica	Compreendem ações destinadas a analisar as soluções apresentadas, a partir da matriz morfológica, com relação a viabilidade econômica e financeira junto a empresa responsável pelo projeto em estudo. Geralmente é realizada dentro do segundo estágio do processo de projeto.
Ferramentas de otimização	Compreendem todas aquelas ferramentas de apoio ao processo de projeto que buscam, entre outros aspectos, melhorar a solução escolhida para o problema em estudos. Dentro deste campo destacam-se as ferramentas que avaliam a fabricabilidade, a montabilidade, a testabilidade, a manutenibilidade, a disponibilidade da solução escolhida, entre outras. Geralmente são utilizadas dentro do terceiro estágio do processo de projeto.
Ferramentas de detalhamento	Compreendem todas aquelas ferramentas de apoio ao processo de projeto que buscam, entre outros aspectos, detalhar a solução escolhida para o problema em estudos. Dentro deste campo destacam-se as ferramentas de CAD ("Computer Aided Design"). Geralmente são utilizadas dentro do quarto estágio do processo de projeto.

Os mecanismos de avaliação dos resultados do processo de projeto (Diretriz 4), devem ser empregados em cada estágio do processo de projeto, tendo maior destaque naqueles que culminam com a mudança de uma fase para outra. Dentro deste contexto, sugere-se que sejam criados questionários ou listas de conferências, elaboradas com base no ciclo de vida do produto, tendo em vista as especificações de projeto. A intenção é criar formas que orientem a equipe de projeto a voltar às fases, etapas e tarefas anteriores, sempre que os resultados obtidos, dentro de cada um desses estágios, não sejam satisfatórios ou atendam parcialmente as especificações de projeto.

Sob este enfoque, tais avaliações agem como se fossem "válvulas" controlando o fluxo do processo de projeto, deixando as informações fluírem se as mesmas contemplam tais especificações de projeto ou fazendo-as retornar aos estágios anteriores caso tais informações ou resultados não contemplem tais especificações de projeto.

A forma de apresentação dos resultados do processo de projeto (Diretriz 5) deve ser, sempre que possível, na forma de um relatório mostrando o que foi feito ou obtido com relação as ações desenvolvidas e o que precisa ser feito para que as atividades remanescentes possam ser concluídas. Esta forma de apresentação, permitirá a equipe de projeto enxergar o nível de profundidade que eles se encontram dentro do processo de projeto, auxiliando-os no processo de tomada de decisão.

Ao final do processo de projeto, devem ser apresentados os documentos que retratam de forma detalhada e minuciosa todos os componentes, partes, submontagens, cortes, materiais, cotas e demais aspectos que caracterizam o produto em desenvolvimento, fornecendo aos produtores os dados mínimos para a sua realização física.

Apresentadas tais diretrizes de aplicação geral no desenvolvimento de metodologias de projeto, passa-se, a seguir, a elaborar as diretrizes básicas para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, objeto deste trabalho.

#### **4.4 – Diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares**

A apresentação das diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto objeto desta Tese passa, necessariamente, pelo entendimento do que vem a ser uma metodologia de projeto de sistemas modulares. Só, então, após definida claramente é que é possível apresentar tais diretrizes. Afinal, um problema bem definido é um problema praticamente resolvido.

Partindo deste contexto e analisando as várias definições sobre o assunto em pauta, é possível apresentar a seguinte definição para metodologia de projeto de sistemas modulares, a saber:

**Metodologia de projeto de sistemas modulares** é um roteiro, contendo uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que auxilia **no que fazer, com que fazer e em que tempo fazer cada estágio**, de forma lógica e organizada, as ações necessárias para uma equipe de projeto estabelecer uma família de produtos criada a partir de um conjunto de módulos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, que quando combinados uns com os outros atendem diferentes demandas de mercado, valendo-se de uma farta documentação de apoio e de mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que juntos terminam por dar suporte às tomadas de decisões, na busca por tal família de produtos.

Observando esta definição e as demais informações obtidas ao longo dos capítulos anteriores, percebe-se que o que diferencia tal metodologia de projeto de outras metodologias de aplicação geral, é a busca pelos módulos e pelas interfaces padronizadas, responsáveis pela facilidade de combinação e, conseqüentemente, composição da família de produtos. Em outras palavras, é necessário um roteiro lógico e organizado; **uma coleção de ferramentas e de documentos de apoio ao processo de projeto**; mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que auxiliem os projetistas nas ações necessárias no estabelecimento do sistema modular.

Entre as ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto destinadas a este fim, é possível destacar as seguintes: Ferramentas e/ou documentos que auxiliem no estabelecimento do ciclo de vida dos produtos do sistema modular; das especificações de projeto para o desenvolvimento do sistema modular; das variantes da função global do sistema modular; das estruturas funcionais modularizadas que gera a família de produtos do sistema modular; dos princípios de solução dos módulos funcionais constantes destas estruturas funcionais que representam o sistema modular; das interfaces das concepções de projeto (módulos construtivos) apresentadas para os módulos funcionais do sistema modular; dos aspectos ligados ao ciclo de vida dos produtos (fabricabilidade, montabilidade, testabilidade, transportabilidade, usabilidade, manutenibilidade, disponibilidade, descartabilidade, reusabilidade, reciclabilidade).

Diante deste quadro pode-se, então, traçar as seguintes diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, a saber:

**Diretriz 1:** Quanto à forma de apresentação do processo de projeto. A apresentação será na forma de um fluxo contendo entradas, saídas, ações e demais ferramentas e documentos necessários a estas atividades (ver as figuras apresentadas na introdução dos apêndices).

**Diretriz 2:** Quanto ao desdobramento do processo de projeto. O desdobramento se dará em três estágios: fases, etapas e tarefas. Cada um destes estágios terão denominações que, por sua vez, indicarão o **que fazer** para estabelecer o sistema modular. Por exemplo, as fases devem ser assim denominadas: Fase 1 – Projeto informacional do sistema modular; Fase 2 – Projeto conceitual do sistema modular; Fase 3 – Projeto preliminar do sistema modular e Fase 4: Projeto detalhado do sistema modular (ver figuras apresentadas na introdução dos apêndices).

**Diretriz 3:** Quanto às ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto. As ferramentas e documentos a compor tal metodologia de projeto são as seguintes: ordem de serviço, ciclo de vida do produto, catálogo de informações técnicas, formulário de identificação de oportunidades, definição do problema de projeto, questionários estruturados, tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto, análise dos produtos concorrentes, lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, matriz da casa da qualidade, quadro de especificações de projeto do sistema modular, síntese funcional do sistema modular, gerador dos módulos construtivos, matriz de concepção do sistema modular, avaliador das concepções construtivas do sistema modular e demais ferramentas de modelamento, otimização e de detalhamento da concepção de projeto escolhida para solucionar o problema em estudo (ver Figura 12.1 e os apêndices que auxiliam no entendimento da legenda desta Figura 12.1).

**Diretriz 4:** Quanto aos mecanismos de avaliação dos resultados do processo de projeto. As avaliações deverão ser apoiadas por questionários ou listas de conferências baseadas nas especificações de projeto e nos critérios estabelecidos no apoio as ações necessárias ao desenvolvimento do sistema modular. Assim a cada final de fase deve-se questionar se as informações ou dados obtidos estão ou são adequados para serem levados à próxima fase. Em caso positivo, segue-se o processo de projeto. Nos casos negativos, deve-se retornar aos estágios anteriores a fim de pesquisar novas informações e melhorar e ampliar as especificações de projeto, refazendo-se o estágio em questão (ver Figura 12.1).

**Diretriz 5:** Quanto à forma de apresentação dos resultados do processo de projeto. A apresentação deverá ser feita na forma de relatórios contendo gráficos, ilustrações e/ou desenhos normalizados. Ao longo dos apêndices apresentam-se uma série de documentos desenvolvidos que podem ser normalizados para este fim. A intenção é criar documentos que reportem as ações e as decisões tomadas ao longo do processo de projeto que possam ser fáceis de aplicar e sistematizar contribuindo, desta forma, para uma maior difusão e aplicação de metodologias de projeto.

## 4.5 – Considerações finais

Neste capítulo procurou-se estudar, entre outros aspectos, a forma de apresentação das metodologias de projeto; o número de estágios que envolvem seus processos de projeto; as principais ferramentas e documentos de apoio a estes processos de projeto; os mecanismos de avaliação dos

resultados obtidos ao longo desses processos de projeto e, por fim, a forma de apresentação desses resultados durante as ações necessárias à criação dos produtos.

A intenção foi estabelecer, num primeiro momento, as diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto de aplicações gerais e num, segundo momento, estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares.

Entre as informações pesquisadas para dar o suporte ao estabelecimento de tais diretrizes destacam-se: a análise de definições e de termos técnicos; a pesquisa das características e das propriedades associadas ao processo de projeto; o estudo dos tipos de pensamentos envolvidos durante tais processos de projeto; a pesquisa sobre os tipos de problemas de projeto que um processo metodológico deve estar apto a resolver; as metas que tais processos metodológicos devem atender e quais as propostas filosóficas apresentadas que buscam definir tais processos metodológicos. Posteriormente, pesquisou-se sobre as formas de representar tais pensamentos filosóficos, culminando nos modelos denominados prescritivos, descritivos e computacionais.

A partir deste estudo chegou-se a cinco diretrizes básicas destinadas a auxiliar os desenvolvedores de metodologias de projeto a conceberem seus processos de projeto. E sob este enfoque, o desenvolvimento e/ou aplicação de ferramentas e documentos específicos aos domínios de projeto, auxiliaram a caracterizar tais metodologias de projeto.

# CAPÍTULO V

## 5.0 – MORFOLOGIA DO PROCESSO DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

### 5.1 – Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar a morfologia do processo de projeto de sistemas modulares, elaborada a partir dos levantamentos efetuados junto aos capítulos anteriores, na qual destacam-se as principais fases, entradas e saídas desse processo de projeto, entre outros, como forma de melhor preparar o leitor para o seu entendimento.

Para tanto, foi realizado um amplo estudo envolvendo diversos aspectos, a saber: 1) as origens dos projetos de sistemas modulares; 2) metodologias de projeto que abordam o tema sistemas modulares; 3) vantagens e limitações dos projetos de sistemas modulares; 4) aplicações de sistemas modulares; 5) pesquisa e análise dos termos técnicos e de suas definições utilizadas no desenvolvimento de sistemas modulares, além de outros aspectos importantes relativos as metodologias de projeto (mencionados no Capítulo IV), os quais juntos terminaram por contribuir para o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto de aplicações gerais e de maneira mais específica, para o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares, objeto deste trabalho.

Com base nestas diretrizes, prescreve-se o modelo de projeto destinado a auxiliar uma equipe de projeto a desenvolver sistemas modulares.

A intenção com este modelo é orientar tal equipe a sair do campo das idéias (campo abstrato) para ir em direção ao campo físico (campo concreto), através de um processo de coleta e transformação de informações, que culminará em prescrições de engenharia e, conseqüentemente, em informações úteis para o desenvolvimento desse tema de projeto (sistemas modulares).

Diante do exposto, inicialmente, apresenta-se o modelo geral desse processo de projeto, o qual pode ser visualizado na Figura 5.1.

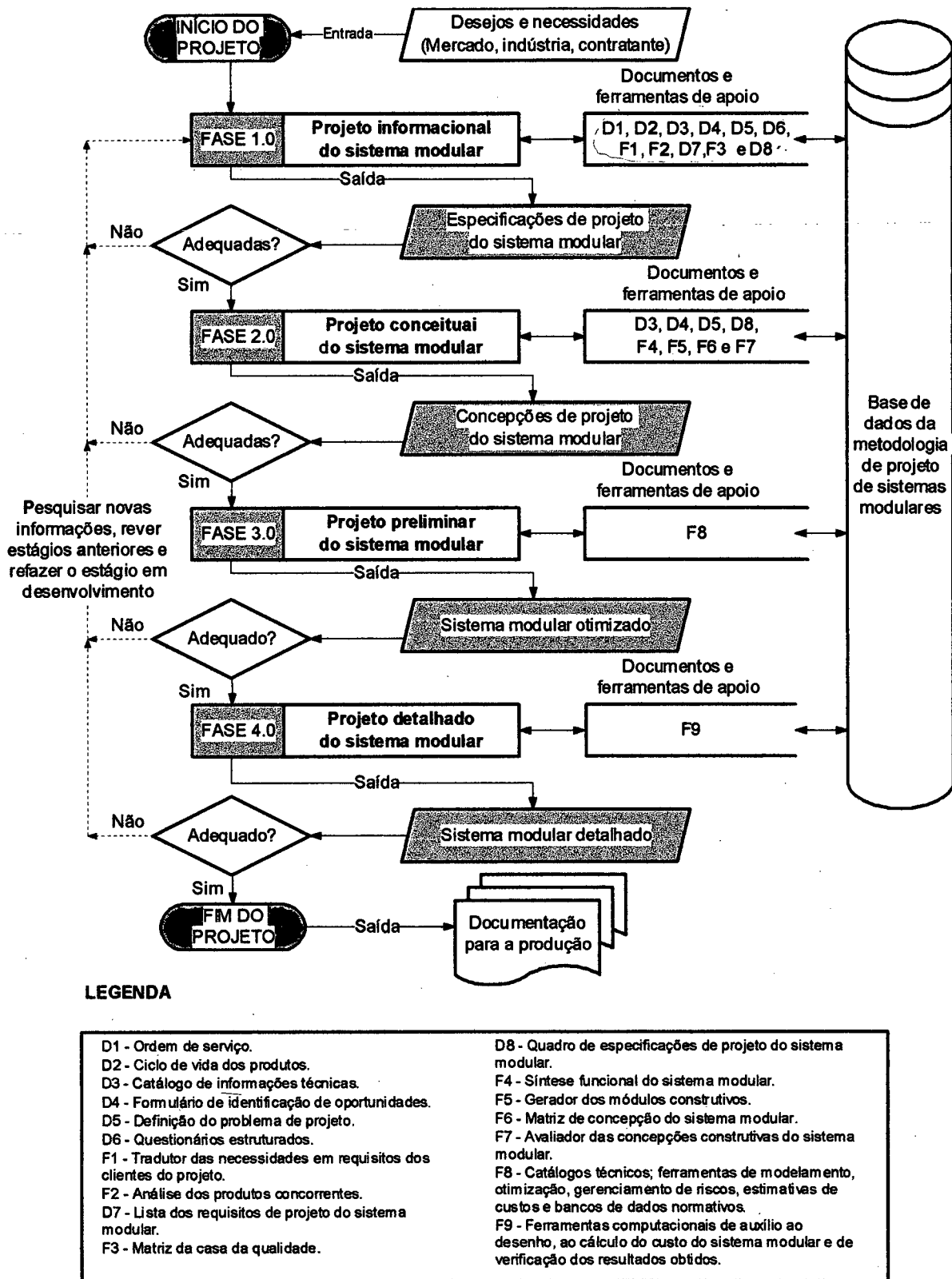


Figura 5.1. Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares, objeto desta Tese.

A convenção utilizada na representação desse processo de projeto (retângulos, losangos, etc.), é explicada na Figura 4.4 do capítulo anterior.

Este modelo de projeto, apresentado na Figura 5.1, assim como vários outros mencionados dentro desse texto, são desenvolvidos através de uma série de estágios principais. Neste trabalho, tais estágios principais são denominados de fases.

A forma “top-down” de apresentação deste modelo é utilizada para uma melhor visualização das ações a serem desenvolvidas pela equipe de projeto. No entanto, não implica que as tarefas que as compõem sejam obrigatoriamente “top-down”, isto é, muitas delas podem ser desenvolvidas de forma simultânea.

As avaliações existentes em cada uma das fases visualizadas na Figura 5.1 e representadas por meio de losangos, contendo a seguinte pergunta: Adequado(as)?, tem por finalidade alertar a equipe de projeto para fazer uma reflexão sobre as informações obtidas a partir da conclusão das tarefas de cada fase do processo de projeto. Estas avaliações, agem como se fossem “válvulas” deixando fluir o processo de transformação de informações se tais informações obtidas são adequadas (Convenção: seta contínua) e, fazendo-o retornar, caso as informações obtidas não sejam adequadas ou sejam insuficientes para o processo de tomada de decisão (Convenção: seta tracejada).

Diante do exposto, passa-se nos tópicos a seguir a comentar de forma mais abrangente sobre cada uma dessas entradas, fases e saídas desse processo de projeto, deixando para capítulos subsequentes o detalhamento das mesmas, isto é, a apresentação e os comentários sobre as etapas e as tarefas que compõem cada uma dessas fases.

## 5.2 – Início do projeto

O início de qualquer projeto de engenharia é realizado a partir da existência de desejos e de necessidades reais ou latentes, oriundos do mercado, da indústria ou de um contratante. O resultado final pode ser um ou vários produtos destinados a suprir tais desejos e necessidades.

No entanto, para que seja possível chegar a esses resultados, é preciso definir bem o problema de projeto em questão. Dentro desse contexto, a primeira das atividades de projeto a ser desenvolvida corresponde ao estabelecimento do objetivo geral e das respectivas metas de projeto para o problema em estudos. Tais informações são obtidas a partir das entrevistas preliminares junto ao mercado, à indústria ou ao contratante do projeto.

Nesse instante, buscam-se informações preliminares para o desenvolvimento do projeto. Muito embora, tais informações sejam preliminares elas possuem uma importância de destaque no desenvolvimento do mesmo, haja vista que as mesmas poderão definir os marcos finais do problema de projeto apresentado, ou seja, os tipos e as características do projeto (projetos inovativos, reprojeto, projetos modulares, projetos modificados) e, conseqüentemente, dos produtos a serem manufaturados e comercializados (projeto de produtos estáticos, projeto de produtos dinâmicos, projeto de produtos sobrestringidos, projeto de produtos subrestringidos (centrados na idéia), projeto de produtos subrestringidos (baseado nas habilidades), projeto de produtos reconfiguráveis).

Esgotadas essas entrevistas preliminares, define-se, também, de forma preliminar o problema de projeto a ser resolvido. Em outras palavras, elabora-se um texto contendo de forma breve o objetivo e as metas de projeto a serem atingidas com o desenvolvimento desse projeto.

Esse texto, representará a missão do projeto. Todas as atividades do processo de projeto serão, a partir deste instante, destinadas a atender tal missão. É claro, que a mesma precisa ser revisada e melhorada a partir do momento que surjam novas informações, que terminem por esclarecer e/ou trazer novos dados referentes a tal missão.

Neste trabalho, as missões comentadas se referem a dois tipos de projeto, a saber: 1) desenvolvimento de um sistema modular ou 2) modularização de um grupo de sistemas.

De posse dessas informações preliminares, inicia-se o problema de projeto, ou seja, entra-se na primeira fase do processo de projeto – Projeto informacional do sistema modular.

### **5.3 – FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular**

O objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar a equipe de projeto a esclarecer o problema apresentado, com o intuito de apoiá-la no processo de tomada de decisão, visando dois aspectos, a saber: 1) Definir o problema de projeto em estudo e 2) estabelecer as especificações de projeto para o desenvolvimento do problema.

O primeiro desses aspectos é obtido, como mencionado anteriormente, através de uma série de atividades que se iniciam com as entrevistas preliminares com os contratantes do projeto (mercado, indústria ou pessoa física) e culminam com a escolha do tipo de projeto que será desenvolvido, isto é, com o projeto de um sistema modular ou com a modularização de um grupo de sistemas existentes.

O segundo desses aspectos é obtido através do estabelecimento e hierarquização dos requisitos de projeto para o tipo de problema apresentado.

Assim sendo, inicialmente, estabelece-se de forma preliminar o objetivo geral e as metas de projeto para o desenvolvimento do problema. Em seguida, desenvolve-se uma série de atividades que definirão o tipo de projeto que será concebido (um projeto modular ou a modularização de sistemas existentes), culminando com as especificações de projeto para o desenvolvimento desse tipo de projeto.

Muito embora exista um objetivo geral e metas preliminares traçadas, é preciso verificar, com o desenrolar das atividades de projeto, se tal objetivo e tais metas são confirmadas. Por exemplo, o contratante do projeto pode definir algumas metas de projeto, que quando pesquisadas junto aos possíveis clientes e usuários do mesmo não se confirmam, ou seja, os clientes e usuários do projeto têm necessidades e desejos diferentes dos indicados pelo objetivo geral e as metas do contratante. Diante desse fato, é preciso realizar nova entrevista com o contratante, e pô-lo a par de tais diferenças. Explicadas e corrigidas essas diferenças, prossegue-se com o processo de projeto, ou seja, prossegue-se na busca pela definição do problema de projeto e, conseqüentemente, na busca pelas especificações de projeto que guiam os projetistas no desenvolvimento do problema apresentado.

Dentro desse contexto, as seguintes atividades se destacam: 1.1) pesquisar informações sobre o tema de projeto; 1.2) definir o problema de projeto; 1.3) identificar os desejos e necessidades dos clientes e usuários do sistema modular; 1.4) estabelecer os requisitos dos clientes do projeto; 1.5) estabelecer os



requisitos de projeto do sistema modular; 1.6) analisar, caso existam, os sistemas concorrentes; 1.7) hierarquização dos requisitos de projeto do sistema modular e 1.8) estabelecer as especificações de projeto do sistema modular. Observação: o primeiro número destas atividades (número 1) significa a primeira fase (projeto informacional) e o segundo número (números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) as etapas constantes dentro desta fase.

Obtidas tais especificações, faz-se uma avaliação. Caso elas sejam adequadas para o desenvolvimento do projeto, inicia-se a próxima fase (Projeto conceitual do sistema modular). Caso elas não sejam adequadas, pesquisam-se novas informações e refazem-se as atividades anteriores com um nível de informação maior. Esta reflexão é auxiliada pelas informações obtidas através da pesquisa de mercado sobre o projeto em estudo, dos requisitos dos clientes, dos requisitos de projeto e das especificações estabelecidas para cada requisito de projeto apresentado. Em outras palavras, se tais especificações de projeto não contemplarem os desejos e necessidades dos clientes levantados no início do projeto, com base nas informações de mercado, deve-se retornar ao início do projeto revendo os estágios desenvolvidos a fim de corrigir ou complementar informações que auxiliem os projetistas a “visualizarem” com maior clareza o atendimento de tais desejos e necessidades. Maiores informações serão dadas nos próximos Capítulos VI, VII e VIII que detalham melhor todo o processo de projeto apresentado na Figura 5.1.

#### **5.4 – FASE 2.0: Projeto conceitual do sistema modular**

O objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a apresentarem as concepções de projeto para o tipo de projeto definido, ou seja, para o desenvolvimento de um sistema modular ou para a modularização de um grupo de sistemas existentes.

Dentro desse contexto, o uso das especificações de projeto, estabelecidas na fase anterior, é de suma importância. Pois, elas devem representar o que o projeto deve ter ou possuir a fim de atender as várias demandas de mercado.

Um outro ponto importante dentro desta fase, é o caminho a ser seguido pela equipe de projeto. Em outras palavras, caso o caminho seja o desenvolvimento de um sistema modular as atividades a serem empreendidas serão as seguintes: 2.1) estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular; 2.2) estabelecer os módulos funcionais do sistema modular; 2.3) selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto; 2.4) estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto e 2.5) estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto. Onde, o primeiro número (número 2) destas atividades corresponde a segunda fase (projeto conceitual) e o segundo número (números 1, 2, 3, 4 e 5) as etapas constantes desta fase.

Caso o caminho seja a modularização de um grupo de sistemas existentes, as atividades a serem empreendidas serão as seguintes: 2.1) identificar as estruturas funcionais de cada sistema a modularizar; 2.2) estabelecer os módulos funcionais que vão compor o sistema modular; 2.3) estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular; 2.4) estabelecer os módulos construtivos do sistema modular; 2.5) estabelecer o sistema modular.

O que se busca com tais roteiros é, no primeiro caso, orientar a equipe de projeto a sair do campo abstrato (campo das idéias), para ir em direção ao campo concreto (campo físico). No segundo caso, busca-

se orientar a equipe de projeto a sair do campo concreto (projeto dos sistemas existentes), para ir ao campo abstrato (campo das idéias) e voltar, novamente, ao campo concreto (possibilidade de novas concepções para os projetos existentes). A Figura 5.2, ilustra melhor tais comentários.

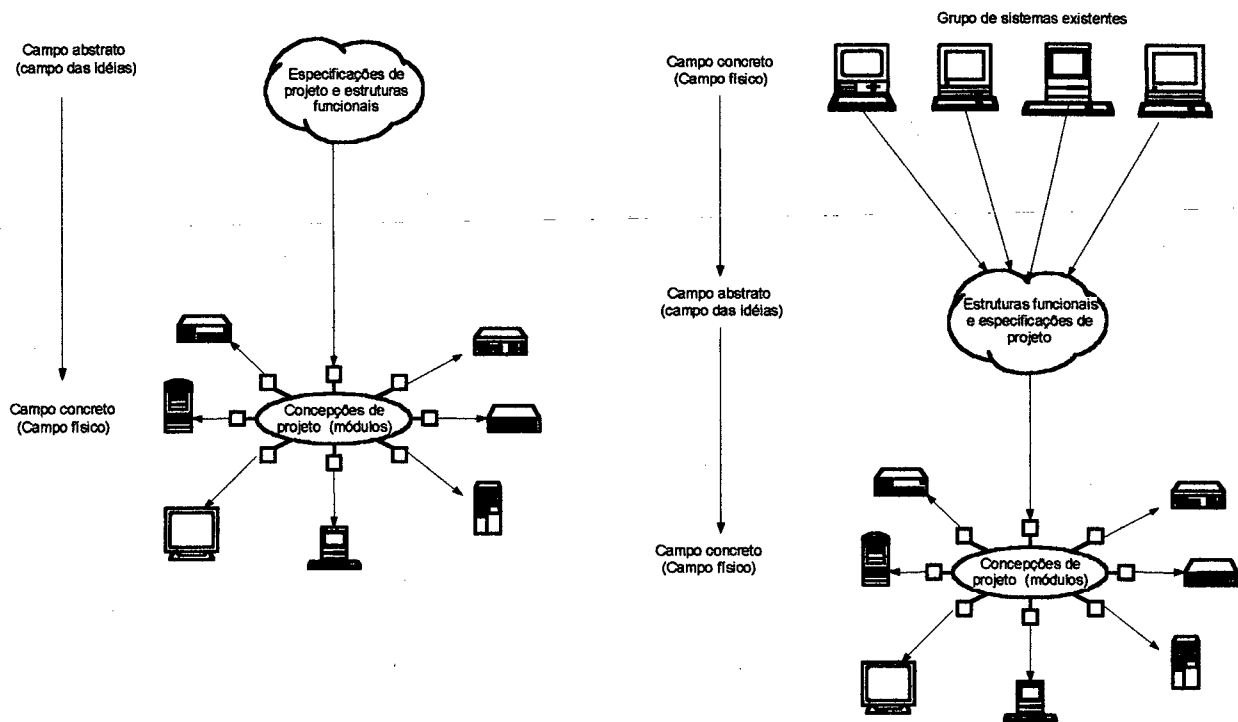


Figura 5.2. Roteiros que podem ser adotados pela equipe de projeto, respectivamente, para a elaboração das concepções de projeto do sistema modular e para a modularização dos sistemas existentes.

A intenção, num primeiro momento, é abstrair-se das formas físicas, para que se possa usar da criatividade, a fim de gerar uma grande variedade de opções de projeto para o problema em estudos. Sob tal ótica, esta fase visa encontrar princípios de projeto para a família de produtos, que compõem o sistema modular. Por sua vez, tais concepções devem ser suficientes para satisfazer as exigências dos clientes e usuários do projeto e, ao mesmo tempo, diferenciar-se dos projetos concorrentes.

De posse dessas concepções de projeto, faz-se uma avaliação, tendo-se como parâmetros as especificações de projeto, o objetivo geral, as metas previamente traçadas e os critérios de avaliação mencionados no Apêndice P, escolhendo a que melhor atende o problema de projeto apresentado. Caso tal concepção contemple esses parâmetros, passa-se para a fase seguinte. Em caso contrário, retorna-se a fase anterior, pesquisam-se novas informações e refaz esta fase.

### 5.5 – FASE 3.0: Projeto preliminar do sistema modular

O objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a otimizarem a melhor concepção de projeto escolhida na fase anterior, destinadas a atender o tipo de problema em estudos (um sistema modular ou a modularização de um grupo de sistemas existentes).

Para tanto, as atividades a serem desenvolvidas pela equipe de projeto são as seguintes: 3.1) efetuar dimensionamentos; 3.2) selecionar materiais; 3.3) estabelecer formas preliminares de fabricação do sistema modular; 3.4) estabelecer formas preliminares de montagem do sistema modular; 3.5) estabelecer formas preliminares de testes do sistema modular; 3.6) estabelecer formas preliminares de transporte do sistema modular; 3.7) estabelecer formas preliminares de manutenção do sistema modular; 3.8) estabelecer formas preliminares de manuseio seguro para utilização do sistema modular; 3.9) estabelecer formas preliminares de reuso, reciclagem e disposição final do sistema modular; 3.10) estabelecer formas preliminares do projeto estético do sistema modular; 3.11) adequar o sistema modular às Normas; 3.12) otimizar o sistema modular e 3.13) calcular os custos preliminares do sistema modular.

Como resultado final, apresenta-se uma concepção de projeto otimizada para o desenvolvimento do sistema modular. E, com esta concepção de projeto otimizada passa-se à fase do projeto detalhado.

## **5.6 – FASE 4.0: Projeto detalhado do sistema modular**

O objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a apresentarem o projeto detalhado do sistema modular, ou seja, fornecer as descrições de engenharia para a construção dos módulos e das interfaces, que fazem parte do projeto otimizado na fase anterior.

Nesta fase, define-se o sistema modular, calcula-se seus custos e revisa-se todo o projeto desenvolvido. Em outras palavras, a lista de materiais é completada, os procedimentos de montagem dos módulos são definidos, a padronização dos componentes determinados, o projeto é revisado e os custos de produção calculados. Caso o sistema detalhado seja adequado, isto é, atendam as especificações de projeto, o objetivo geral e as metas inicialmente traçadas, apresenta-se a documentação final do projeto e entrega-se à produção para os seus devidos testes, desenvolvimento de protótipos e confecção da família de produtos do sistema modular. Caso tal sistema não seja adequado, deve-se voltar às fases anteriores, pesquisar por novas informações, refazendo-se esta fase.

## **5.7 – Considerações finais**

Neste capítulo procurou-se mostrar de forma rápida e abrangente a morfologia do processo de projeto de sistemas modulares, objeto deste trabalho. A Figura 5.1, mostra em síntese a estrutura deste processo de projeto, na qual pode-se visualizar suas fases, entradas, saídas e demais ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto.

A intenção foi preparar o leitor para os capítulos que se seguem, ou seja, para o detalhamento das fases em etapas e das etapas em tarefas.

Dentro deste contexto, cada tarefa será auxiliada por uma ou mais ferramentas e documentos de projeto, ou seja, meios de auxílio ao processo de tomada de decisão para o desenvolvimento do problema apresentado no início do projeto, no caso, um sistema modular ou a modularização de um grupo de sistemas existentes.

# CAPÍTULO VI

## 6.0 – PROJETO INFORMACIONAL DO SISTEMA MODULAR

### 6.1 – Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar, de forma mais detalhada, a primeira fase do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares denominada: Projeto informacional do sistema modular.

Sob este enfoque, faz-se o desdobramento da mesma em etapas e tarefas; apresentam-se as ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, assim como os processos envolvidos na transformação das informações de cada um desses estágios.

A intenção com este desdobramento é aclarar ao máximo as ações necessárias para que os projetistas possam, depois de receber o pedido de projeto, estabelecer as especificações de projeto para o problema em estudo.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se a Figura 6.1 que mostra, entre outros aspectos, o desdobramento desta fase em etapas e tarefas; as principais ferramentas e documentos utilizados no desenvolvimento de cada tarefa; os principais pontos de avaliação deste processo de projeto; a base de dados das informações processadas e/ou pesquisadas e demais retroalimentações necessárias ao processo de tomada de decisão.

As ferramentas e os documentos apresentados nesta figura são detalhados nos apêndices deste trabalho. Tomou-se esta decisão com vistas a deixar o texto mais objetivo e conciso.

Assim sendo, adotar-se-á o seguinte procedimento para este detalhamento:

- 1) Cada etapa constante desta fase será desmembrada juntamente com as tarefas que a compõe.
- 2) Em seguida, destacam-se as informações que entram e que saem de cada uma destas etapas, mencionam-se alguns problemas que podem ocorrer quando do desenvolvimento das mesmas e, apresentam-se as ferramentas e os documentos de apoio necessários às ações a serem desenvolvidas nestes estágios;

3) por fim, mostra-se a simultaneidade do uso ou aplicação das ferramentas e documentos em cada um destes estágios do processo de projeto.

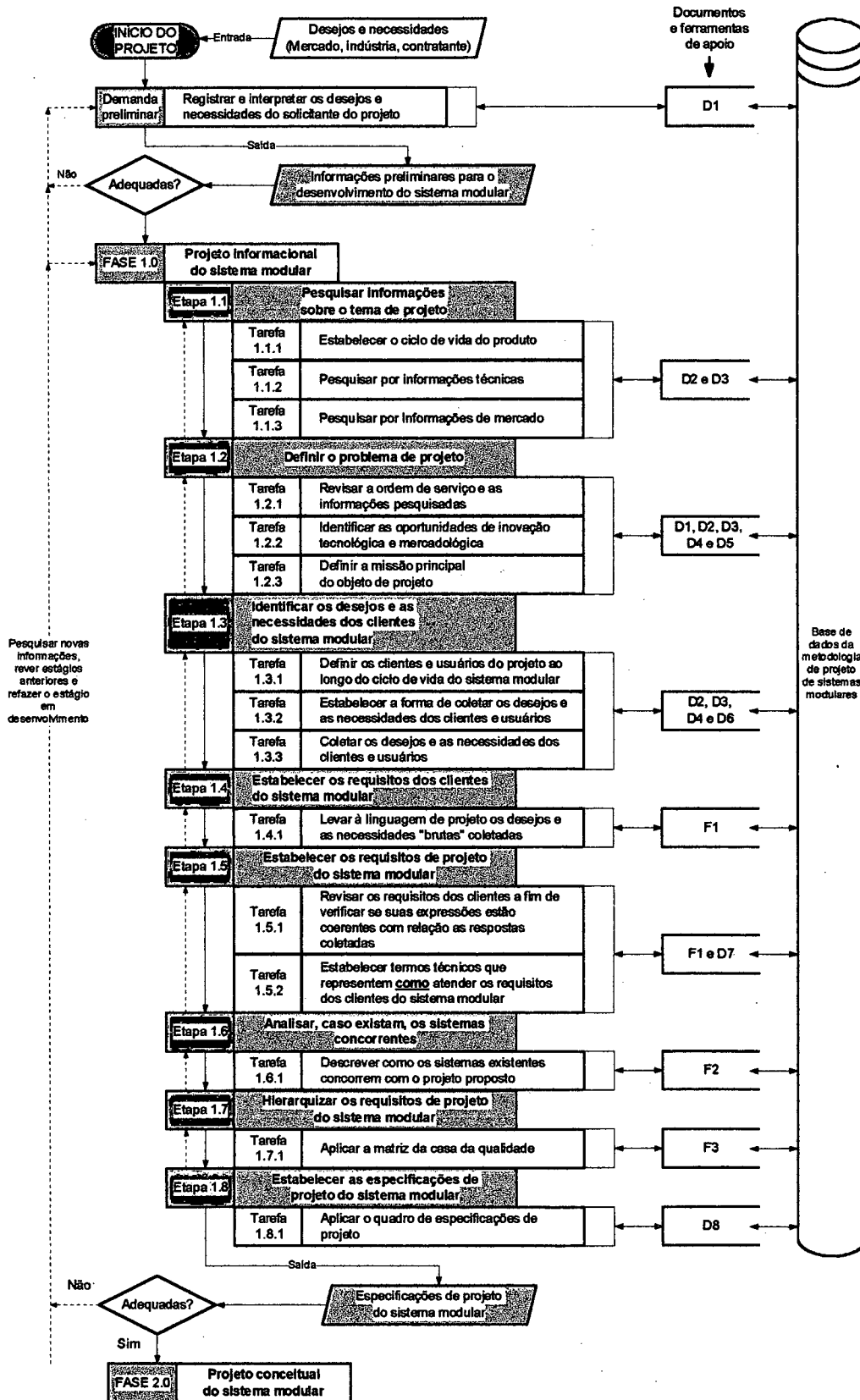


Figura 6.1. Detalhamento do projeto informacional do sistema modular.

## 6.2 – Início do projeto

A Figura 6.1 mostra que o processo de projeto tem início a partir de desejos e necessidades provenientes do mercado, indústria (pessoas jurídicas) ou contratante (pessoa física).

Supõem-se que tais desejos e necessidades sejam apresentados a uma equipe de projeto, a qual deverá registrar o pedido e desenvolver ações para solucioná-lo.

Diante desta suposição, a primeira das atividades a serem desenvolvidas por tais projetistas é a que se destina a registrar a demanda preliminar (vide Figura 6.2).

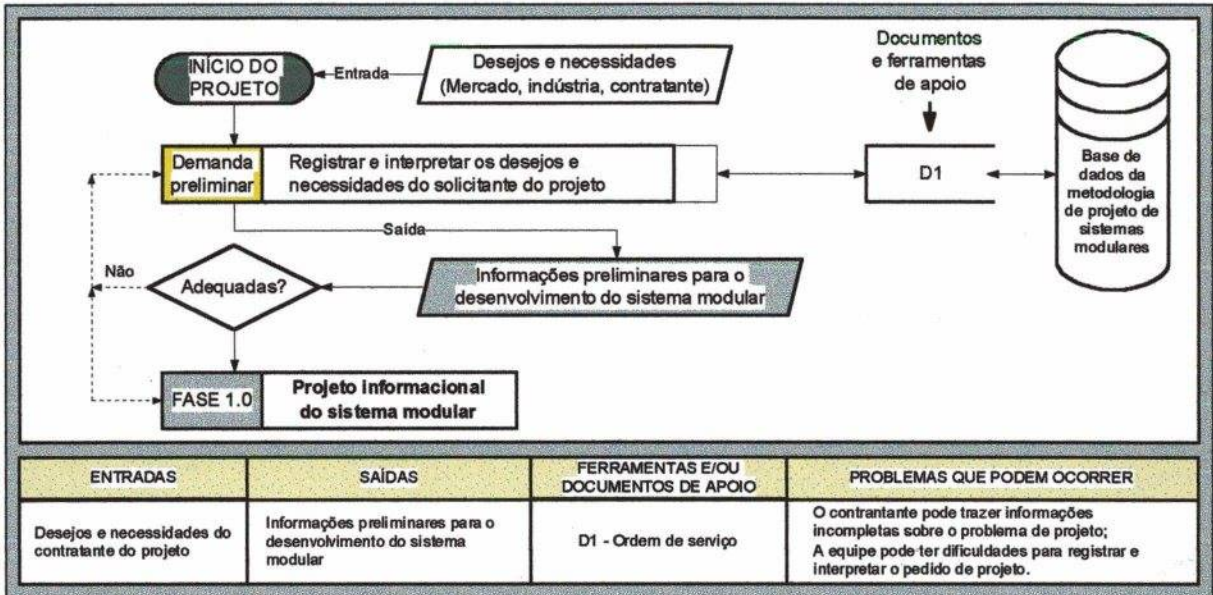


Figura 6.2. Detalhamento do início do projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares.

Esta atividade consiste de uma entrevista com o contratante do projeto, na qual captura-se toda e qualquer tipo de informação que possa auxiliar no desenvolvimento do mesmo. O documento utilizado neste momento é a Ordem de Serviço (Apêndice A).

Com o pedido de projeto devidamente registrado, tem-se informações preliminares para o desenvolvimento da demanda inicial, que neste caso deverá ser por um projeto de sistemas modulares ou pela modularização de um grupo de sistemas existentes no mercado.

A partir deste instante forma-se a equipe responsável pelo seu desenvolvimento. Inicialmente, a equipe, deverá analisar o pedido de projeto com o intuito de identificar se as informações registradas na Ordem de Serviço são adequadas para o início do projeto ou necessita-se de um novo contato com o contratante do projeto, a fim de buscar esclarecimentos e/ou novas informações. Nos casos afirmativos, faz-se uso de uma ficha adicional de coleta de informações, também mencionada no Apêndice A. Nos casos contrários prossegue-se com o desenvolvimento do projeto.

Concluídas estas atividades inicia-se o projeto informacional do sistema modular.

### 6.3 – FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular

O projeto informacional do sistema modular compreende uma série de ações destinadas a esclarecer e definir a demanda inicial, visando o estabelecimento das especificações de projeto que auxiliarão os projetistas a desenvolver o sistema modular.

Para tanto, faz-se necessário desenvolver uma série de etapas e tarefas que passam a ser melhor explicadas nas figuras que se seguem.

#### 6.3.1 – Etapa 1.1: Pesquisar informações sobre o tema de projeto

O objetivo desta etapa é de coletar informações que auxiliem os projetistas a conhecerem melhor o problema de projeto.

Entre as tarefas necessárias a obtenção de tais informações, citam-se as apresentadas na Figura 6.3.

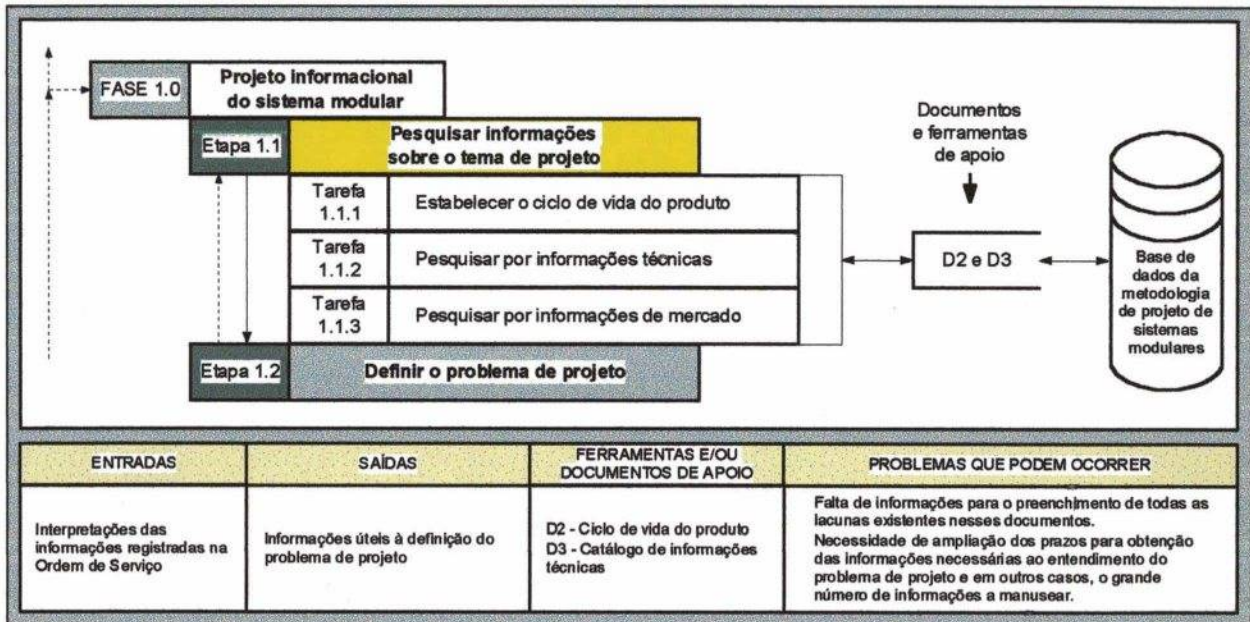


Figura 6.3. Atividades necessárias à obtenção de informações sobre o tema de projeto.

Os documentos de apoio ao estabelecimento desta etapa devem ser utilizados de maneira simultânea, isto é, deve-se delegar ações para os membros da equipe de projeto no sentido de que eles busquem de forma paralela as informações necessárias para o estabelecimento do ciclo de vida do produto (ver Apêndice B) e para o preenchimento do catálogo de informações técnicas (ver Apêndice C). Agindo-se assim, otimizam-se os tempos de desenvolvimento do projeto.

Com tais informações em mãos passa-se a etapa de definição do problema de projeto.

### 6.3.2 – Etapa 1.2: Definir o problema de projeto

O objetivo desta etapa é desenvolver ações com o intuito de estabelecer a missão principal e as metas específicas de projeto para o desenvolvimento do problema em estudo.

Sob este enfoque, faz-se uso das informações anteriores a fim de identificar oportunidades de inovação tecnológica e mercadológica com relação ao projeto em desenvolvimento. Em outras palavras, procura-se com tais oportunidades justificar e balizar o desenvolvimento do projeto.

Entre as tarefas necessárias no auxílio à definição do problema de projeto, citam-se as apresentadas na Figura 6.4.

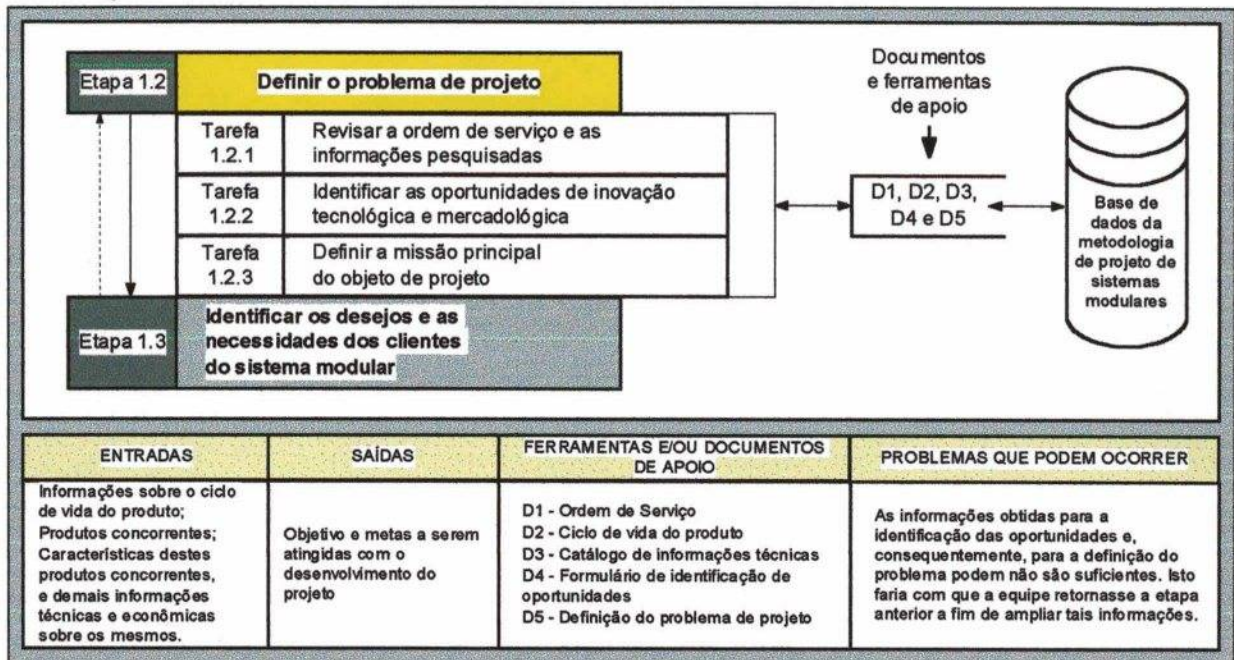


Figura 6.4. Atividades necessárias à definição do problema de projeto.

Neste caso, os documentos D1, D2 e D3 servem de base para o preenchimento do Formulário de Identificação de Oportunidades (Apêndice D) e, posteriormente, o preenchimento do documento de definição do problema de projeto (Apêndice E).

Esta é uma atividade que deve ser realizada em grupo, devido ao volume de informações a manusear e da importância da mesma para o desenvolvimento do projeto.

Os documentos D4 e D5 devem ser usados em série, isto é, primeiro faz-se o preenchimento do Formulário de Identificação de Oportunidades para, em seguida, definir o problema de projeto.

Concluída esta etapa, deve-se passar a identificar os desejos e necessidades dos clientes do sistema modular.



### 6.3.3 – Etapa 1.3: Identificar os desejos e necessidades dos clientes do sistema modular

O objetivo desta etapa é empreender ações visando identificar o que os clientes de projeto desejam e/ou necessitam, para que o projeto que está sendo desenvolvido (sistema modular) seja bem aceito por eles.

Dentro deste contexto, faz-se uso das informações contidas no Ciclo de Vida do Produto e no Catálogo de Informações Técnicas, a fim de elaborar questionários e entrevistas a serem aplicadas junto aos clientes do projeto.

Entre as tarefas necessárias à coleta de tais informações, citam-se as apresentadas na Figura 6.5.

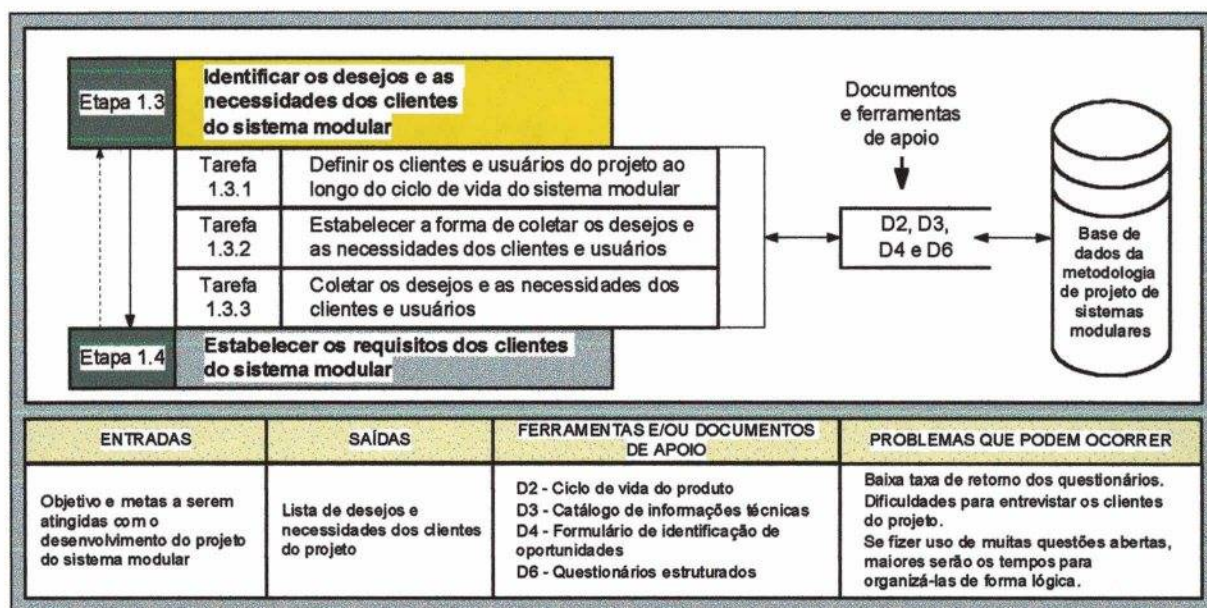


Figura 6.5. Atividades necessárias a identificação dos desejos e necessidades dos clientes do projeto do sistema modular.

Neste caso, o documento D2 serve para fornecer as informações sobre os principais clientes do projeto; os documentos D3 e D4 para fornecerem as informações necessárias ao estabelecimento das perguntas dos questionários e o documento D6, serve como meio de coleta de tais desejos e necessidades.

De posse destes questionários devidamente preenchidos e devolvidos, passa-se a etapa de estabelecimento dos requisitos de projeto do sistema modular.

### 6.3.4 – Etapa 1.4: Estabelecer os requisitos dos clientes do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver esforços visando traduzir as declarações dos clientes do projeto, muitas vezes na sua forma "bruta", em informações mais adequadas ao desenvolvimento do sistema modular.

A atividade básica a execução desta etapa, é apresentada na Figura 6.6.

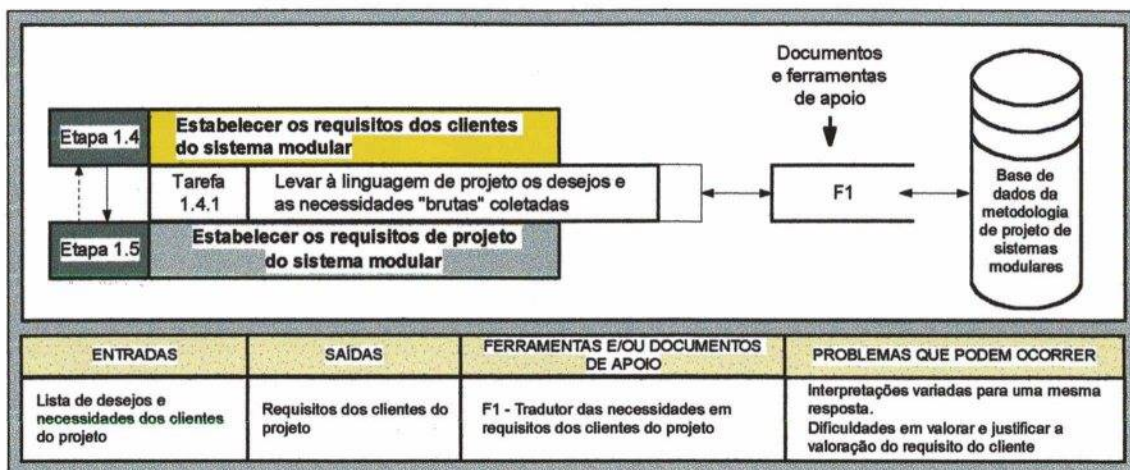


Figura 6.6. Atividade básica ao estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto.

A ferramenta de apoio a esta atividade é o Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto (Apêndice G).

Concluída esta etapa, a equipe de projeto passa a estabelecer a “voz da engenharia”, ou seja, passa a estabelecer os requisitos de projeto para o desenvolvimento do sistema modular.

### 6.3.5 – Etapa 1.5: Estabelecer os requisitos de projeto do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver ações visando interpretar os requisitos dos clientes do projeto a fim de incorporá-los ao projeto em desenvolvimento. Em outras palavras, é neste momento que se estabelecem as características de engenharia a respeito dos parâmetros, grandezas físicas, funções, restrições e demais declarações envolvidas com relação ao sistema que se quer desenvolver. A intenção neste instante é determinar como atender cada um dos requisitos dos clientes estabelecidos na etapa anterior.

A Figura 6.7 apresenta as principais atividades a serem executadas para o estabelecimento desta etapa.

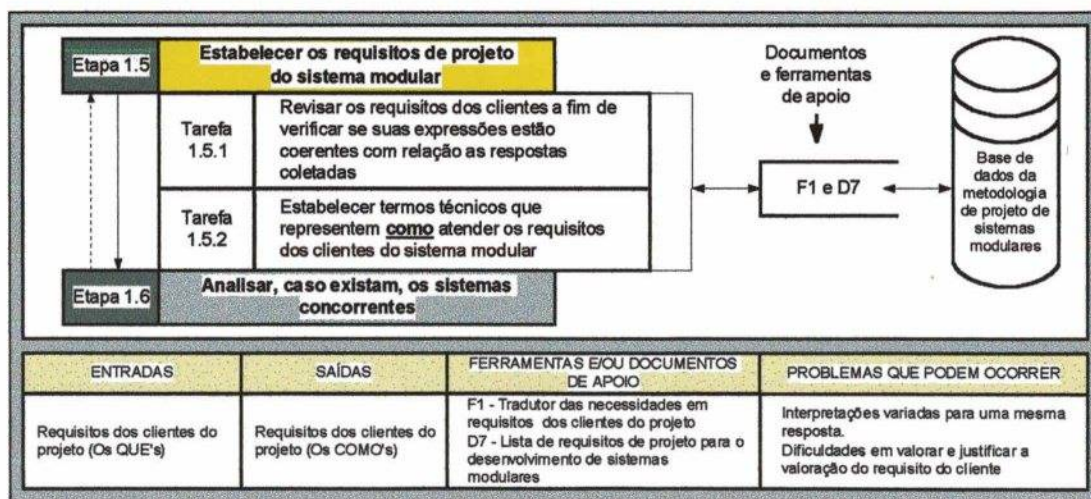


Figura 6.7. Atividades básicas ao estabelecimento dos requisitos de projeto do sistema modular.

Além das informações contidas na Ferramenta F1, faz-se uso da Lista de Requisitos de Projeto para o Desenvolvimento de Sistemas Modulares apresentada no Apêndice I, no auxílio à execução desta etapa.

Concluída esta etapa pode-se, simultaneamente, estabelecer as etapas 1.6 e 1.7.

### 6.3.6 – Etapa 1.6: Analisar, caso existam, os sistemas concorrentes

O objetivo desta etapa é desenvolver ações visando analisar os sistemas concorrentes frente ao sistema modular em desenvolvimento. É nesta etapa que se determina qual o sistema concorrente a ser superado e estabelecem-se os parâmetros competitivos a serem alcançados pelo projeto em estudo.

A atividade básica para execução desta etapa é apresentada na Figura 6.8.

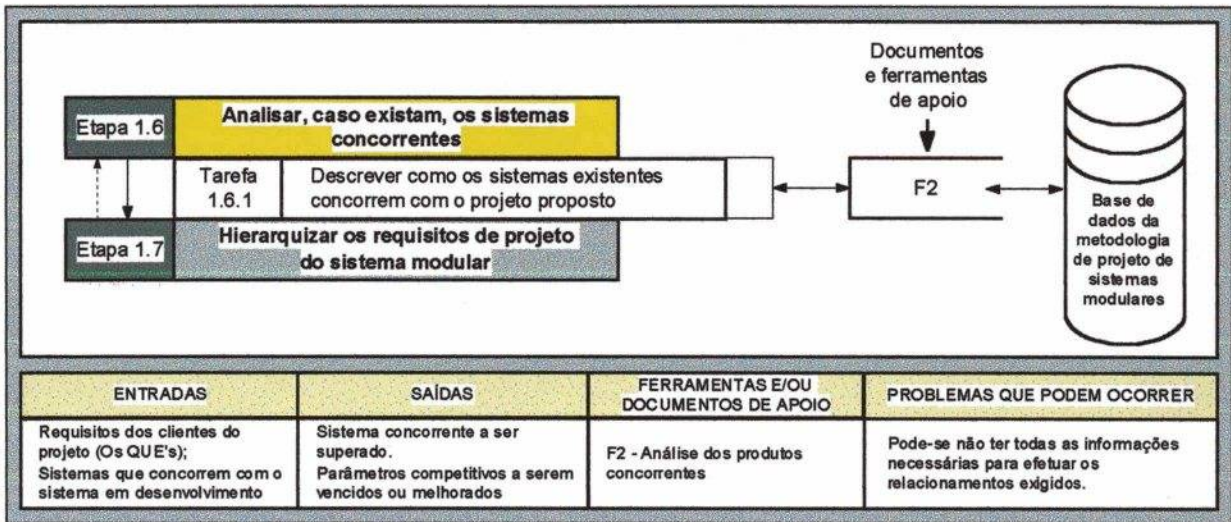


Figura 6.8. Atividade básica para a análise dos sistemas concorrentes.

A ferramenta utilizada em apoio a tal atividade é a Análise dos Produtos Concorrentes (Apêndice H).

Com as informações obtidas nesta etapa, a equipe de projeto, pode focar melhor os pontos a serem atingidos com o sistema modular em desenvolvimento.

### 6.3.7 – Etapa 1.7: Hierarquizar os requisitos de projeto do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver ações visando relacionar os QUE's versus os COMO's a fim de efetuar uma classificação, por grau de importância, dos requisitos de projeto estabelecidos para o desenvolvimento do sistema modular. A atividade básica a execução desta etapa é apresentada na Figura 6.9. A ferramenta a ser utilizada em apoio a tal atividade é a Matriz da Casa da Qualidade apresentada de maneira concisa no Apêndice J.

Concluída esta etapa, passa-se a especificar cada um dos requisitos classificados por grau de importância no auxílio ao desenvolvimento do sistema modular.

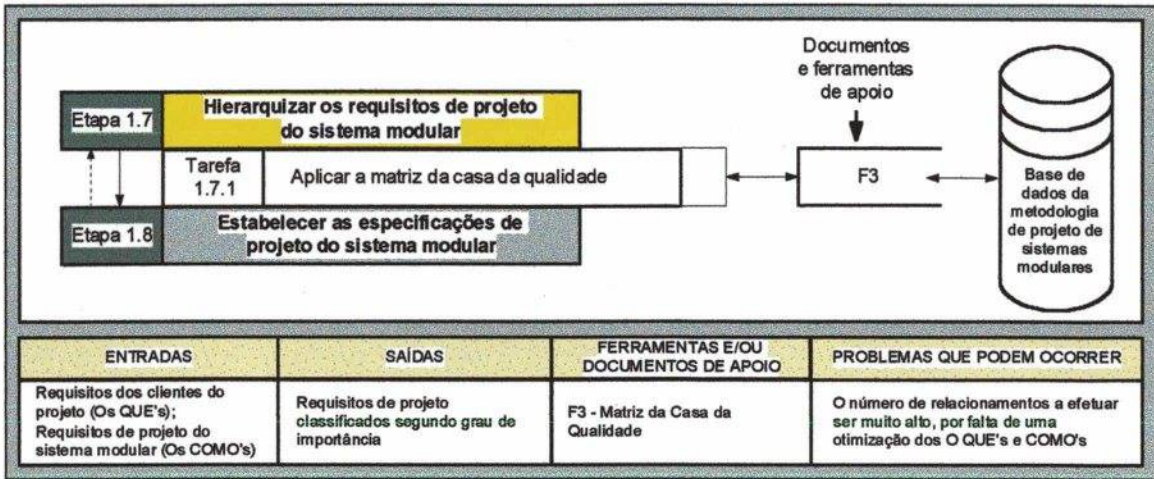


Figura 6.9. Atividade básica para a hierarquização dos requisitos de projeto do sistema modular.

**6.3.8 – Etapa 1.8: Estabelecer as especificações de projeto do sistema modular**

O objetivo desta etapa é desenvolver ações visando descrever de forma minuciosa como cada requisito de projeto classificado, a partir da aplicação da ferramenta F3, deve ser atendido para que os mesmos auxiliem os projetistas no desenvolvimento do sistema modular.

A atividade básica para execução desta etapa é apresentada na Figura 6.10.

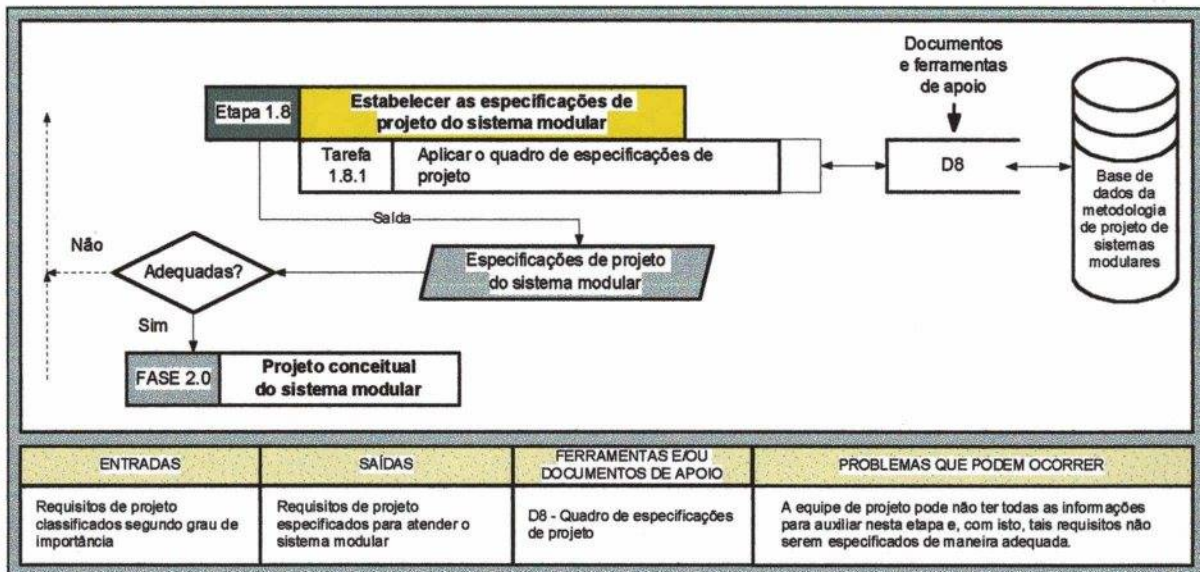


Figura 6.10. Atividade básica ao estabelecimento das especificações de projeto do sistema modular.

O documento de auxílio a esta atividade é o Quadro de Especificações de Projeto do Sistema Modular, apresentado no Apêndice L.

Sendo tais especificações adequadas, ou seja, se tais informações de projeto se mostrarem suficientemente claras para a equipe de projeto no desenvolvimento do sistema modular, passa-se à próxima fase do processo de projeto, denominada: Projeto conceitual do sistema modular. Nos casos contrários, deve-se retornar aos estágios anteriores, fazer novas pesquisas, obter novas informações e

refazer estas etapas, até que tais informações se tornem adequadas ao desenvolvimento do sistema modular.

## 6.4 – Considerações finais

Ao longo deste capítulo procurou-se apresentar de forma concisa e simples o detalhamento da primeira fase da metodologia de projeto de sistemas modulares, denominada: Projeto informacional do sistema modular.

Para tanto, lançou-se mãos de textos sucintos e de figuras ilustrativas que apresentavam as entradas, saídas, ferramentas e/ou documentos e demais problemas que podem surgir quando da execução de cada um dos estágios em detalhamento.

Deixou-se as explicações sobre o que é e como são utilizadas as ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto para os apêndices, em face de uma maior visibilidade do desenvolvimento e entendimento deste processo de projeto.

No mais, chama-se atenção que esta fase envolve muitas decisões de caráter subjetivo (descrições, interpretações e tomadas de decisões) o que pode fazer com que os resultados obtidos sejam diferentes de uma equipe de projeto para outra, em função dos conhecimentos técnicos de cada integrante desta equipe com relação ao tema em estudo.

Apesar deste ser um fato importante no desenvolvimento do projeto, pode-se amenizá-lo compondo a equipe de projeto, em determinados momentos, com especialistas que venham dar suporte a tomada de tais decisões.

# CAPÍTULO VII

## 7.0 – PROJETO CONCEITUAL DO SISTEMA MODULAR

### 7.1 – Introdução

O objetivo deste capítulo é detalhar a segunda fase do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, denominada: "Projeto conceitual do sistema modular".

Assim como no capítulo anterior, faz-se o desdobramento da mesma em etapas e tarefas e apresentam-se: as ferramentas e documentos de auxílio a este estágio do processo de projeto; os processos envolvidos na transformação das informações e demais sugestões, visando deixá-la mais transparente e, conseqüentemente, mais fácil de entendê-la e usá-la.

Assim sendo, dependendo do tipo de projeto que se está desenvolvendo, isto é, um sistema modular ou modularizando um grupo de sistemas existentes, executam-se as seguintes atividades:

Para o **desenvolvimento de um sistema modular** estabelecem-se as estruturas funcionais do sistema modular, os módulos funcionais do sistema modular; seleciona-se a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto; estabelecem-se os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto e, por fim, as concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto.

Já para a **modularização de um grupo de sistemas** identificam-se as funções de cada sistema a modularizar; estabelecem-se os módulos funcionais que vão compor o sistema modular; as estruturas funcionais do sistema modular; os módulos construtivos do sistema modular e, por fim, o sistema modular.

A intenção é sair do campo abstrato (das idéias) e ir em direção ao campo concreto (físico), quando se está desenvolvendo um sistema modular (ROTEIRO 1) ou sair do campo concreto (físico), ir em direção do campo abstrato (das idéias) e voltar ao campo concreto (físico), quando se está modularizando um grupo de sistemas (ROTEIRO 2).

A escolha de um destes roteiros é realizada no início do projeto quando o contratante traz o problema até a equipe de projeto, ou seja, se o contratante deseja construir uma família de produtos para atender determinadas necessidades de mercado, trabalha-se com o roteiro 1. Se, no entanto, o contratante

já possui um grupo de sistemas que atende determinadas necessidades de mercado e deseja otimizá-lo, isto é, reduzir custos de produção, melhorar a manutenção de componentes, entre outros, opta-se pelo roteiro 2.

Em ambos os casos, busca-se estabelecer, avaliar e escolher alternativas de concepções de projeto melhores ou mais adequadas ao problema em estudo.

Para maiores informações apresentam-se as Figura 7.1a e 7.1b que mostram, respectivamente, o processo de projeto para o desenvolvimento de um sistema modular (ROTEIRO 1) e para a modularização de um grupo de sistemas existentes (ROTEIRO 2); o desdobramento destes processos de projeto em fases, etapas e tarefas, as ferramentas e documentos de auxílio a estes processos de projeto, a base de dados e os principais pontos de avaliação e retroalimentação de dados.

Assim como mencionado no capítulo anterior, deixa-se o detalhamento destas ferramentas e documentos de auxílio aos processos de projeto para os apêndices deste trabalho em face de uma maior visibilidade do texto a expor.

Outro ponto a destacar é que adotar-se-á, também, os procedimentos de detalhamento mencionados no capítulo anterior, como forma de simplificar as explicações a serem dadas sobre tais processos de projeto.

Feitos tais comentários, inicialmente, apresenta-se o detalhamento do roteiro 1 e, em seguida, o roteiro 2.

## **7.2 – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MODULAR – Fase 2.0: Projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 1)**

Esta fase tem início após obtidas as especificações de projeto para o problema em estudo.

Apoiado nestas especificações, os projetistas executam uma série de atividades que vão desde o processo de abstração do problema apresentado até a escolha da alternativa de concepção de projeto que melhor atende a demanda inicial.

É nesta fase que o projeto do sistema modular propriamente começa, ou seja, é neste estágio que a equipe de projeto tem as maiores oportunidades de apresentar algo novo, otimizado e competitivo, face a necessidade de uso de processos criativos. O que se quer dizer é que devido a necessidade de apresentar algo físico (módulos construtivos) que contemplem os módulos funcionais do sistema modular, tem-se em mãos a oportunidade de estabelecer ou criar opções construtivas variadas para um mesmo módulo funcional, podendo-se reduzir custos de produção, facilitar o uso, a manutenção entre outros aspectos do ciclo de vida do produto, o que termina por deixar os produtos em desenvolvimento mais otimizados e competitivos.

A Figura 7.2 mostra melhor as atividades e demais aspectos ligados a esta fase do processo de projeto que auxiliam os projetistas a estabelecerem estas concepções de projeto do sistema modular.

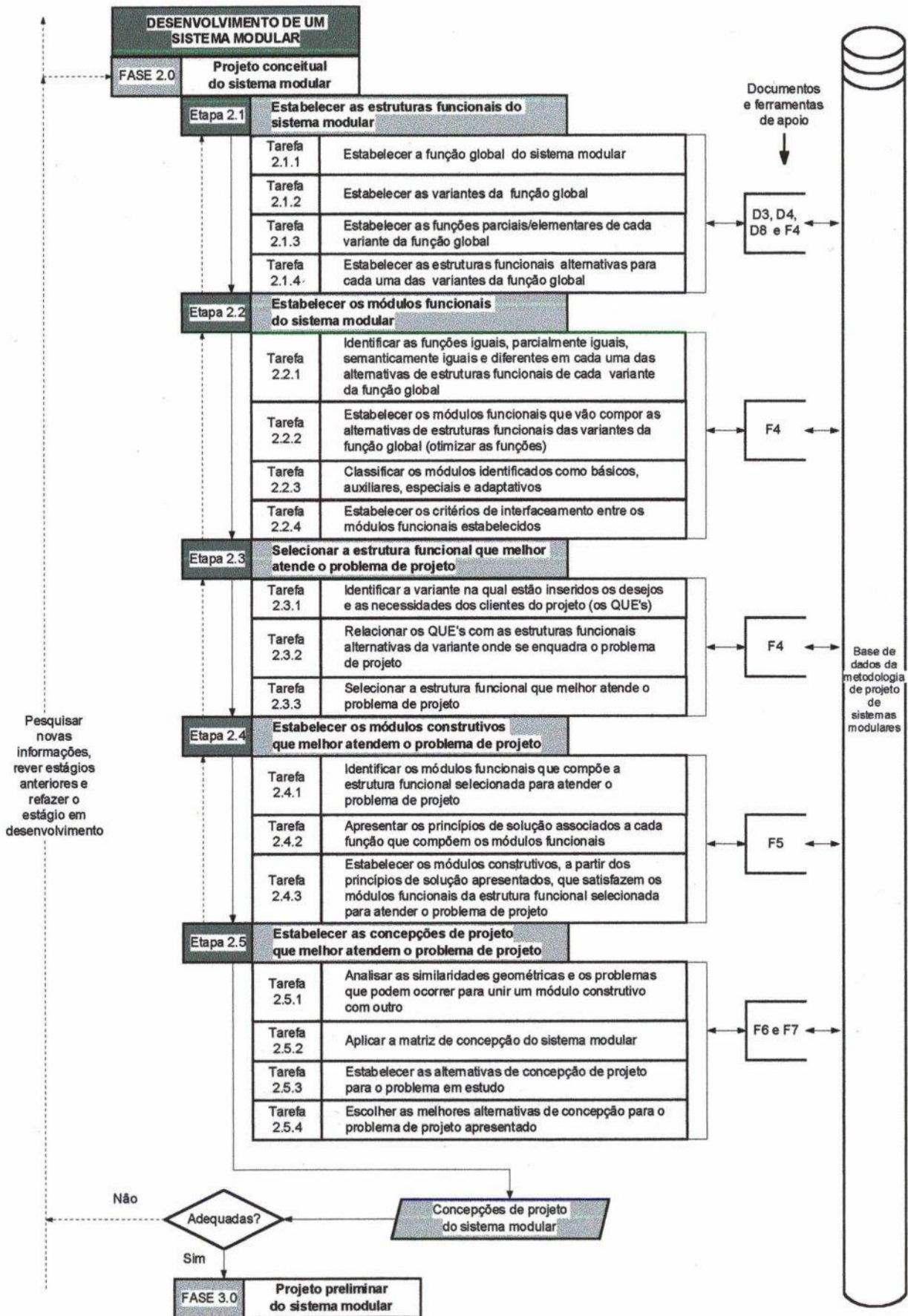


Figura 7.1a. Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 1).



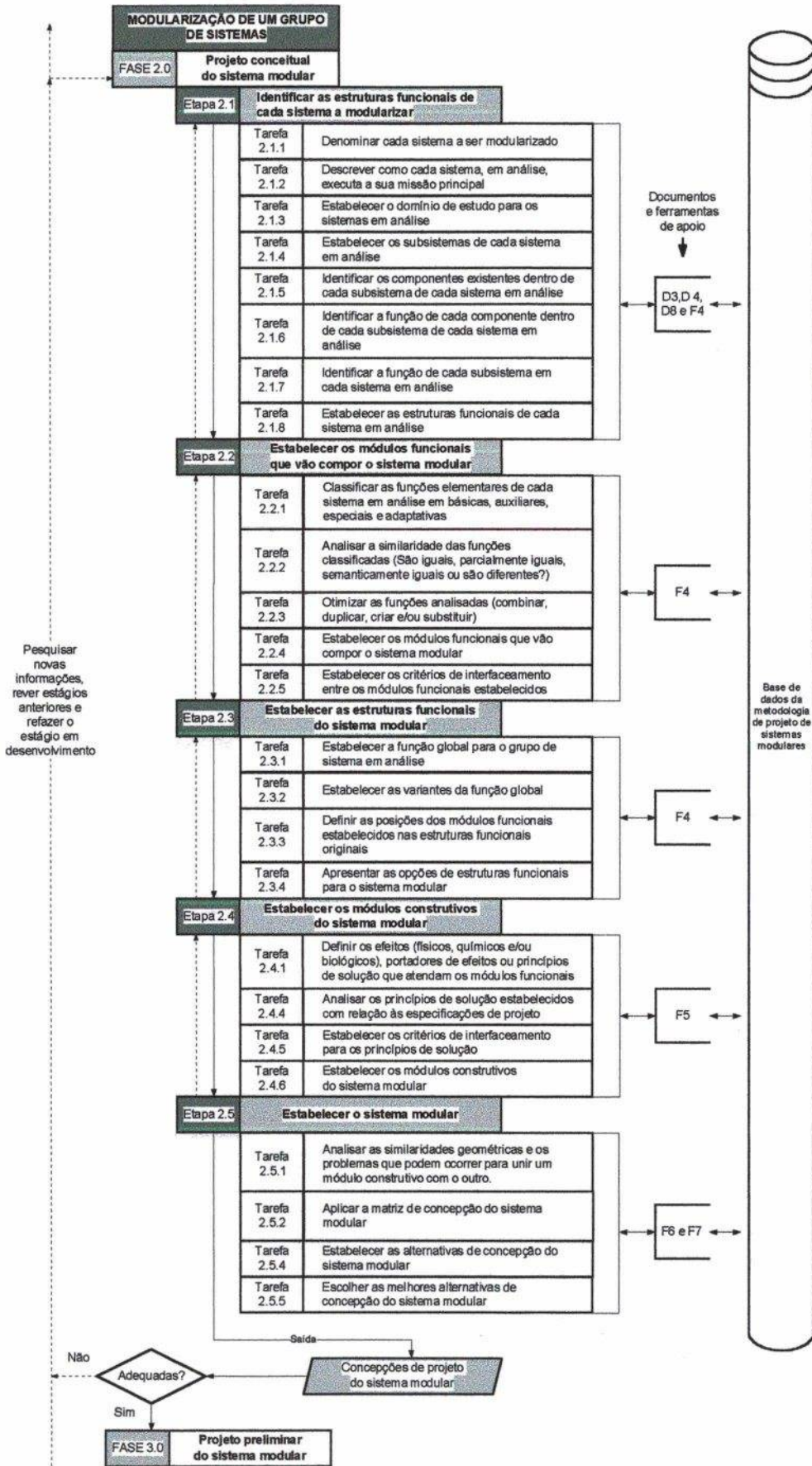


Figura 7.1b. Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 2).

### 7.2.1 – Etapa 2.1: Estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver ações para representar de forma abstrata (não física) a família de produtos do sistema modular.

Para tanto, faz-se necessário abstrair-se do problema apresentado visando afastar-se do mesmo, procurando excluir de algo observado ou imaginado, aspectos secundários, óbvios ou de pouca importância, no intuito de simplificá-lo e, assim, tornar possível encontrar soluções para resolvê-lo.

Em seguida, através de um processo de síntese, a equipe de projeto, descreve (na forma de um texto relatando o funcionamento do sistema) e representa (por meio de diagramas de blocos) as entradas, saídas e demais restrições, que representam a missão principal da função global; das variantes da função global e demais funções parciais e elementares de cada variante da função global do sistema modular.

Através destas atividades, que procuram desdobrar cada operação de cada variante do sistema modular em operações menos complexas e mais fáceis de compreender, tem-se, por grupo de desejos e necessidades a atender, alternativas de estruturas funcionais que contemplam determinadas variações nas demandas de mercado.

Entre as tarefas necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema modular, citam-se as apresentadas na Figura 7.2.

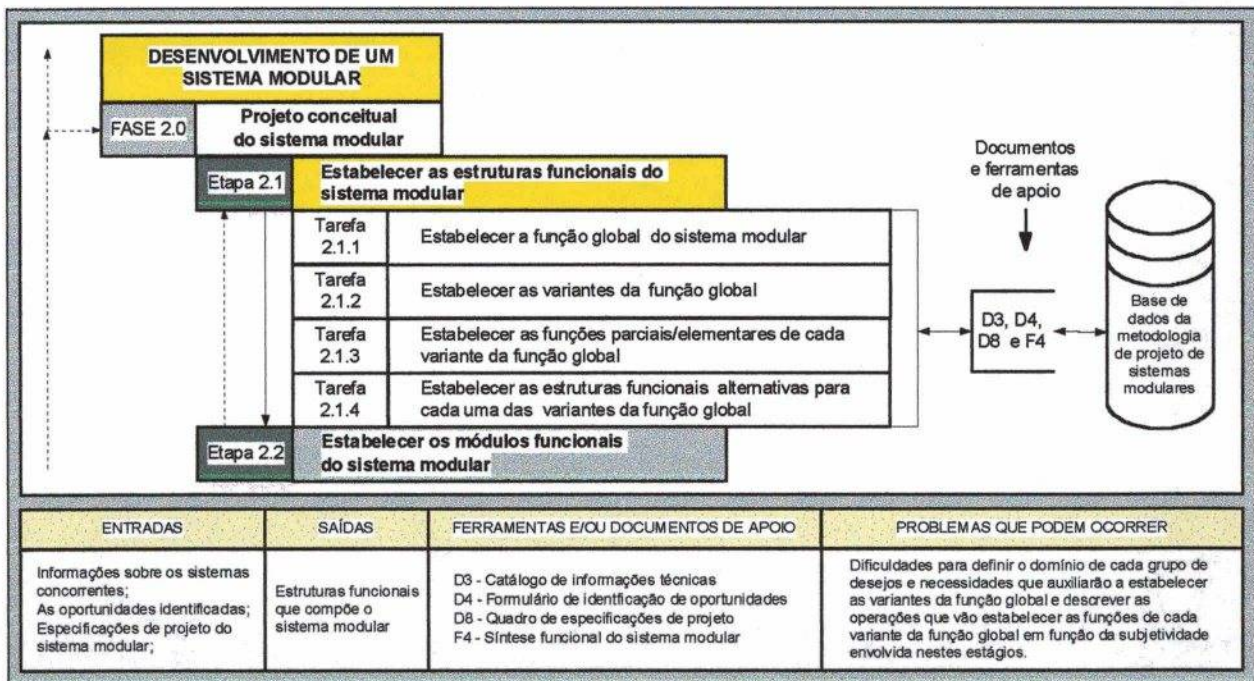


Figura 7.2. Atividades necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema modular (ROTEIRO 1).

Os documentos que apoiam tais atividades são: os catálogos de informações técnicas que fornecem as configurações dos sistemas concorrentes (estruturas funcionais) e princípios de solução estabelecidos para tais sistemas (Apêndice C); o formulário de identificação de oportunidades, que foca os fatores de competitividade a serem perseguidos no projeto atual (Apêndice D); o quadro de especificações de projeto

que informa como cada requisito de projeto deve ser contemplado no projeto em estudo (Apêndice L) e a síntese funcional do sistema modular, que auxilia os projetistas a estabelecerem cada alternativa de estrutura funcional de cada variante da função global do sistema modular (Apêndice M).

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer os módulos funcionais do sistema modular.

### 7.2.2 – Etapa 2.2: Estabelecer os módulos funcionais do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver ações visando estabelecer a função ou grupos de funções que serão transformadas em módulos funcionais, isto é, funções que serão intercambiáveis entre as alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global.

Entre as atividades necessárias à execução desta etapa, citam-se as apresentadas na Figura 7.3.

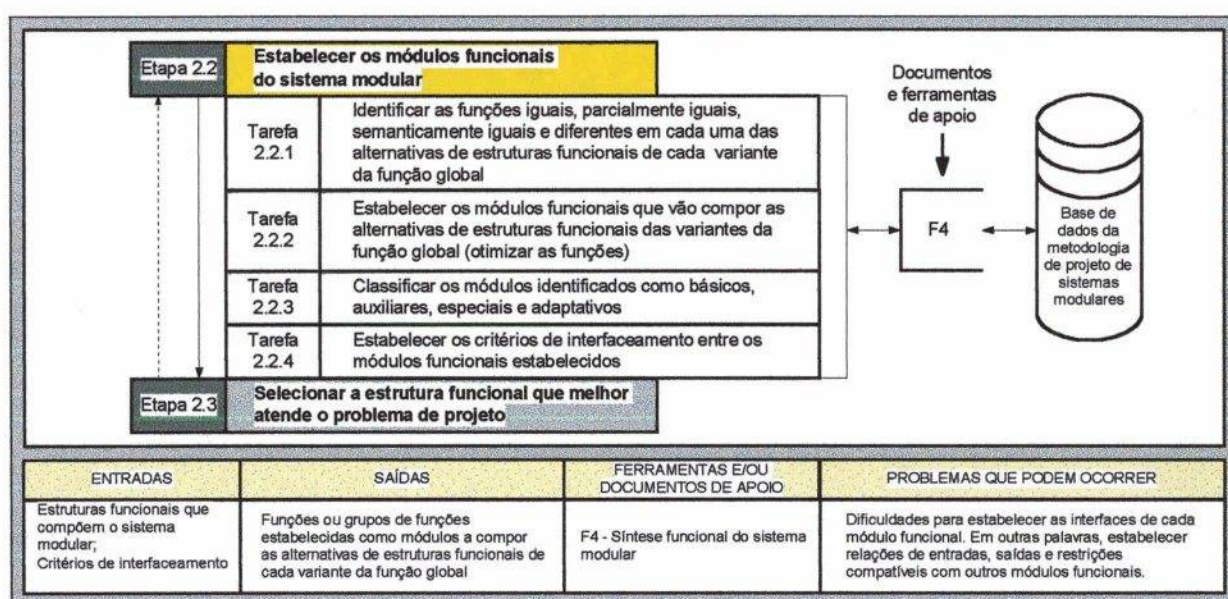


Figura 7.3. Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos funcionais do sistema modular (ROTEIRO 1).

A ferramenta que apoia este estágio do processo de projeto é a síntese funcional do sistema modular (Apêndice M).

Concluída esta etapa, passa-se a selecionar qual estrutura funcional, entre as estabelecidas, melhor atende o problema de projeto apresentado.

### 7.2.3 – Etapa 2.3: Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto

O objetivo desta etapa é analisar sob determinados critérios, apresentados no Apêndice M, as variantes da função global do sistema modular e suas respectivas alternativas de estruturas funcionais, visando escolher, entre elas, a mais adequada à solução do problema em estudo.

Entre as tarefas a serem executadas para a obtenção desta etapa, citam-se as apresentadas na Figura 7.4.

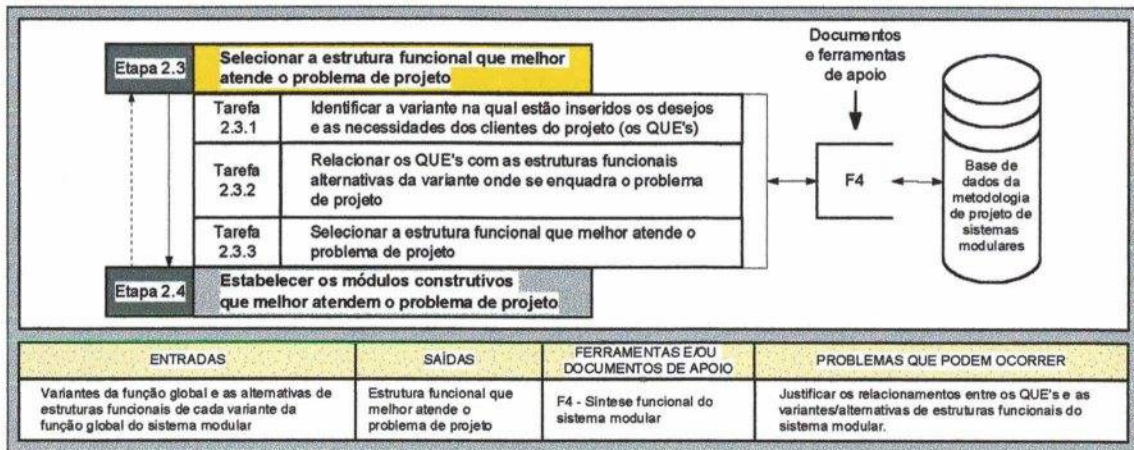


Figura 7.4. Atividades necessárias à seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (ROTEIRO 1).

A ferramenta que apoia este estágio do processo de projeto é a síntese funcional do sistema modular (Apêndice M).

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto.

### 7.2.4 – Etapa 2.4: Estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto

O objetivo desta etapa é estabelecer as diversas formas físicas intercambiáveis que atendam os módulos funcionais do sistema modular.

Sob este enfoque, as atividades a serem executadas na realização desta etapa são as apresentadas na Figura 7.5.

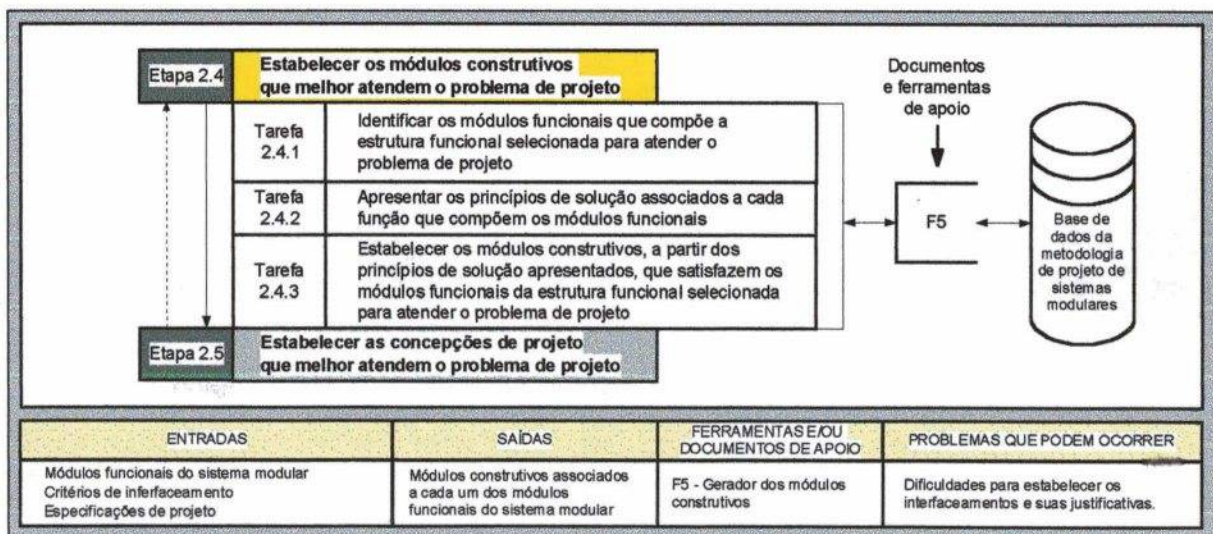


Figura 7.5. Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto (ROTEIRO 1).

A ferramenta de apoio a este estágio do processo de projeto é o gerador dos módulos construtivos do sistema modular (Apêndice N).

Concluída esta etapa passa-se a estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto.

**7.2.5 – Etapa 2.5: Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto**

Selecionada a alternativa de estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto; estabelecidos os módulos funcionais que a compõe e os seus respectivos módulos construtivos, passa-se a etapa de estabelecimento das concepções de projeto destinadas a atender tal demanda inicial.

As tarefas necessárias à execução desta etapa estão descritas na Figura 7.6.

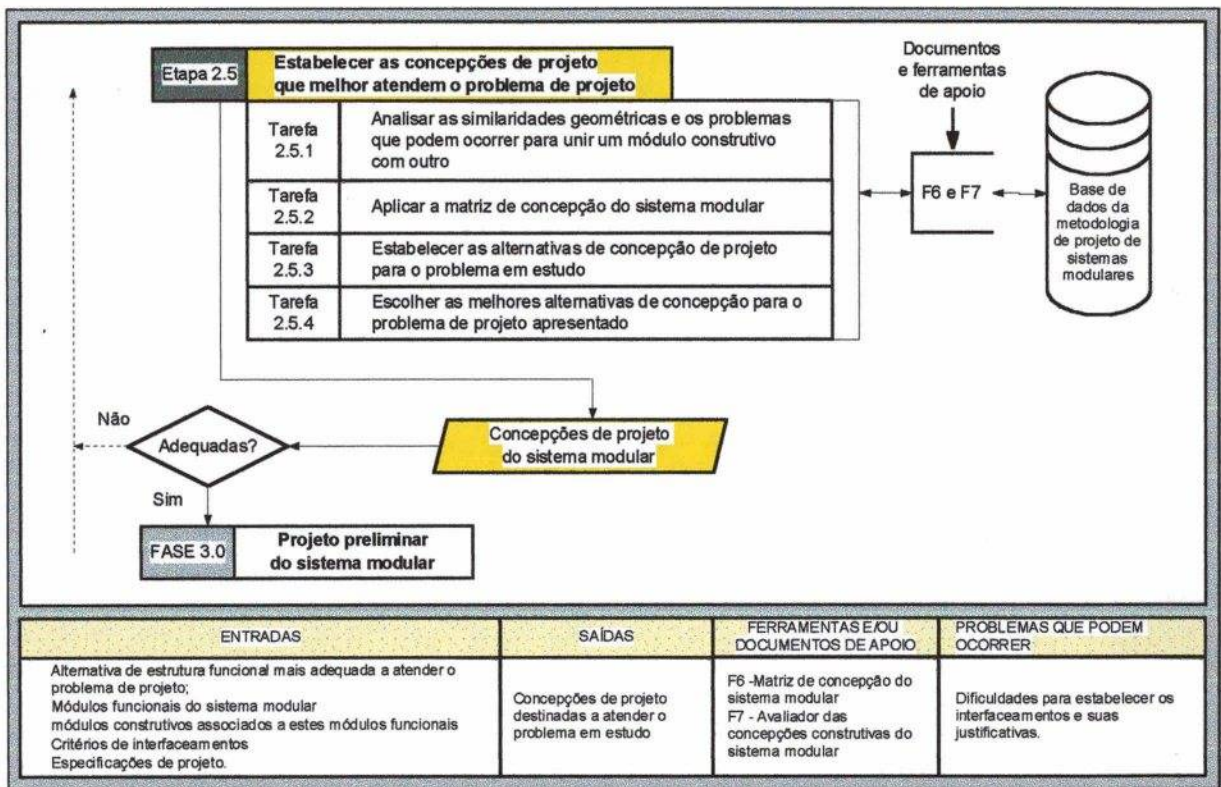


Figura 7.6. Atividades necessárias ao estabelecimento das concepções de projeto que melhor atendem o problema de projeto (ROTEIRO 1).

As ferramentas que apoiam estas atividades são, respectivamente, a matriz de concepção do sistema modular (Apêndice O) e o avaliador das concepções construtivas do sistema modular (Apêndice P).

Como resultado desta etapa, têm-se duas alternativas de concepções construtivas consideradas as mais adequadas para o problema de projeto. Pode-se, no entanto, trabalhar com mais, mas adota-se duas alternativas de concepção como forma de reduzir os esforços em busca da melhor solução de projeto. No entanto, as ferramentas desenvolvidas para a metodologia de projeto de sistemas modulares auxiliam os projetistas a escolher, entre estas duas melhores, a que deverá ser levada à próxima fase do processo de projeto. E sendo tal concepção adequada, ou seja, atendendo as especificações de projeto, a alternativa de

estrutura funcional selecionada e os critérios de interfaceamentos estabelecidos, inicia-se a fase do projeto preliminar do sistema modular. Nos casos contrários deve-se retornar aos estágios anteriores, rever e pesquisar novas informações, a fim de que esta etapa seja concluída de maneira satisfatória.

### 7.3 – MODULARIZAÇÃO DE UM GRUPO DE SISTEMAS – Fase 2.0: Projeto conceitual do sistema modular (ROTEIRO 2)

Esta fase, assim como no ROTEIRO 1, tem início com o estabelecimento das especificações de projeto do sistema modular. De forma análoga ao ROTEIRO 1, desenvolvem-se uma série de atividades que visam estabelecer as alternativas de concepção para o sistema modular.

A principal diferença entre este roteiro e o anterior está na forma de iniciar este estágio do processo de projeto. Em outras palavras, enquanto no ROTEIRO 1 parte-se do campo abstrato (campo das idéias) e “caminha-se” em direção do campo concreto (campo físico); no ROTEIRO 2, parte-se do campo concreto (campo físico), vai-se até o campo abstrato (campo das idéias) e, por fim, retorna-se ao campo concreto (campo físico) com uma nova configuração física para o problema exposto.

Para maiores esclarecimento apresenta-se a Figura 7.7.

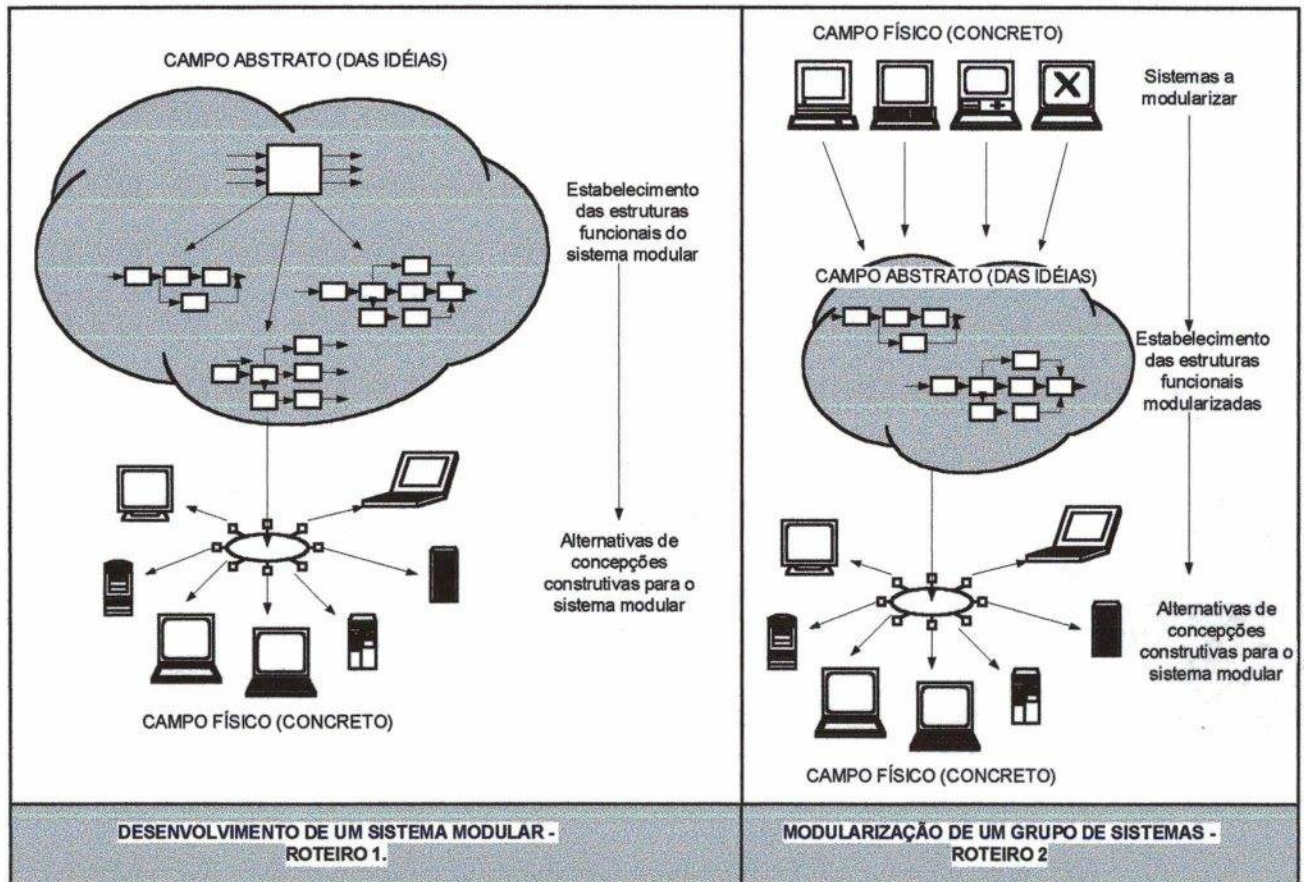


Figura 7.7. Principal diferença entre os roteiros 1 e 2.

A primeira das cinco etapas a serem desenvolvidas no estabelecimento das alternativas de concepção construtivas do sistema modular, é a que trata da identificação das estruturas funcionais de cada sistema a modularizar.

**7.3.1 – Etapa 2.1: Identificar as estruturas funcionais de cada sistema a modularizar**

O objetivo desta etapa é estabelecer as representações abstratas de cada sistema em análise. A intenção é “livrar-se” das formas físicas existentes e passar a trabalhar com as formas abstratas, isto é, com as funções que compõem cada sistema em análise, a fim de facilitar o trabalho de abstração necessário a execução dos demais estágios presentes nesta fase do processo de projeto.

As tarefas necessárias à execução desta etapa estão descritas na Figura 7.8.

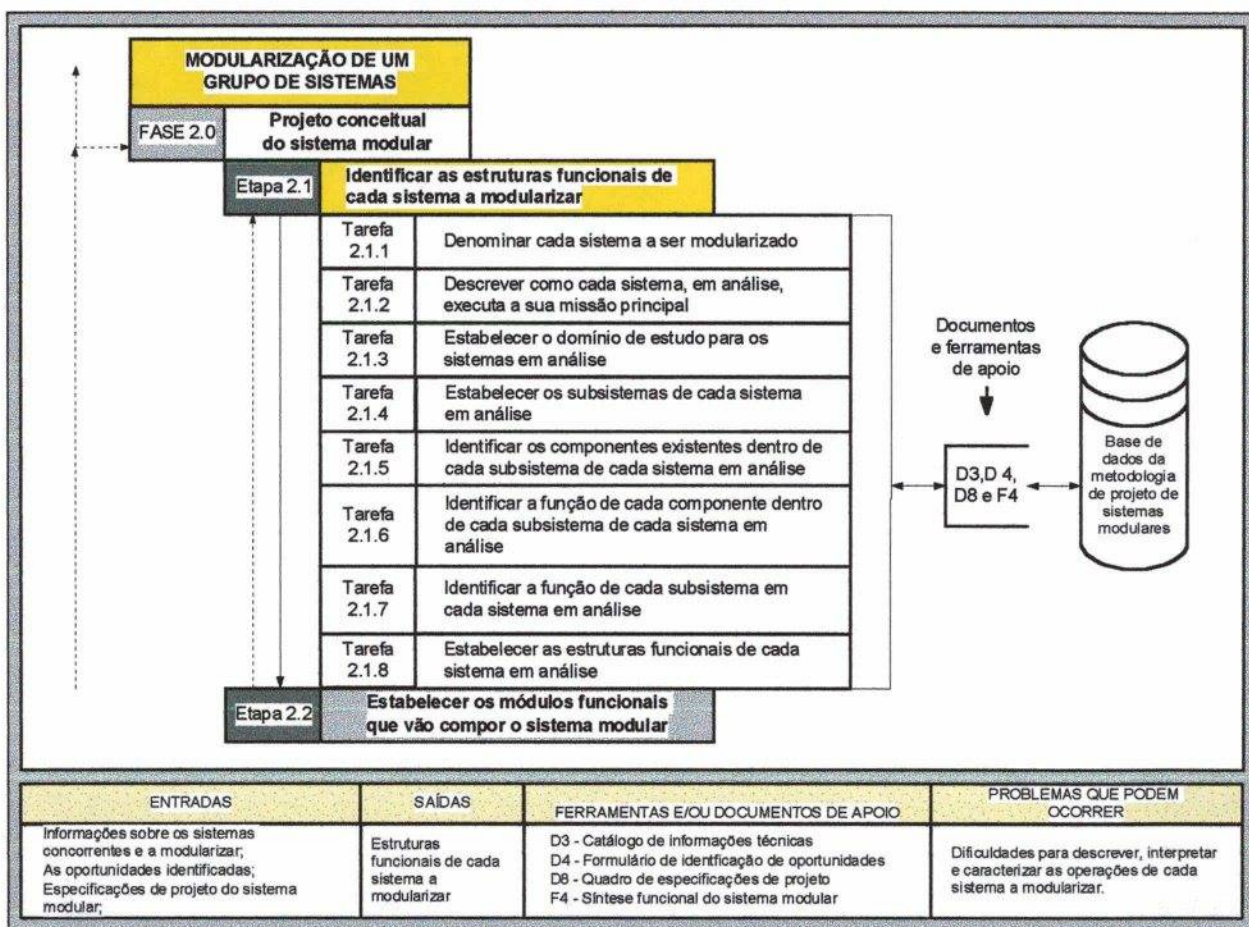


Figura 7.8. Atividades necessárias à identificação das estruturas funcionais de cada sistema a modularizar (ROTEIRO 2).

Os documentos que apoiam tais atividades são: os catálogos de informações técnicas que fornecem as configurações dos sistemas concorrentes, dos sistemas a modularizar e princípios de solução estabelecidos para tais sistemas (Apêndice C); o formulário de identificação de oportunidades, que foca os fatores de competitividade a serem perseguidos no projeto atual (Apêndice D); o quadro de especificações de projeto que informa como cada requisito de projeto deve ser contemplado no projeto em estudo

(Apêndice L) e a síntese funcional do sistema modular, que auxilia os projetistas a estabelecerem cada alternativa de estrutura funcional de cada variante da função global do sistema modular (Apêndice M).

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer os módulos funcionais que vão compor o sistema modular.

**7.3.2 – Etapa 2.2: Estabelecer os módulos funcionais que vão compor o sistema modular**

O objetivo desta etapa é determinar a função ou o grupo de funções que serão intercambiáveis entre as estruturas funcionais de cada sistema em análise.

As tarefas necessárias à execução desta etapa estão descritas na Figura 7.9.

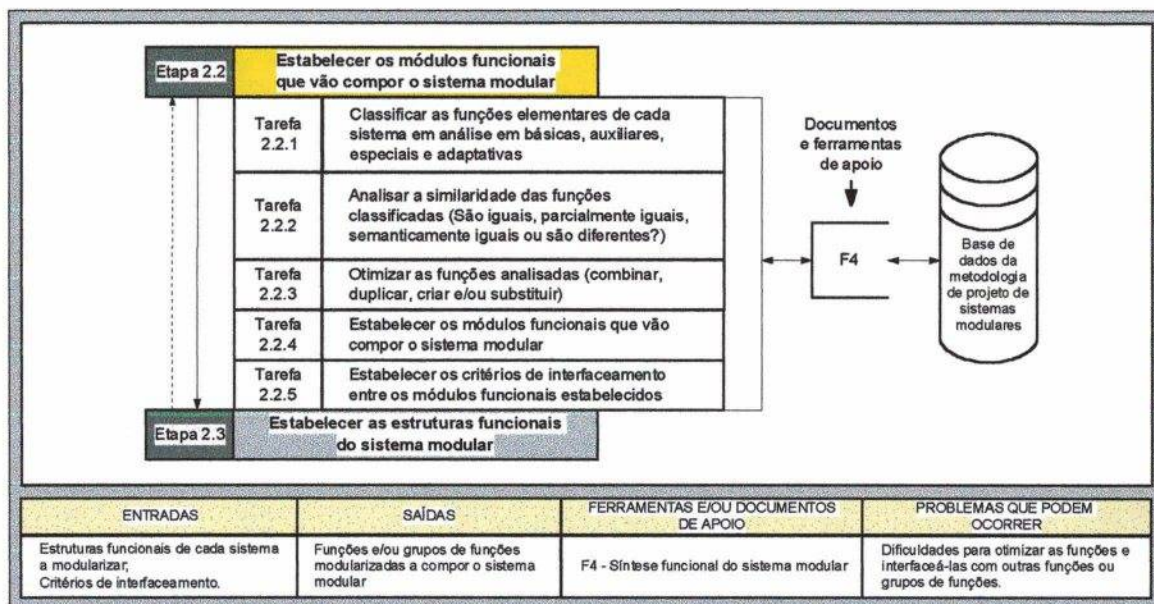


Figura 7.9. Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos funcionais que vão compor o sistema modular (ROTEIRO 2).

A ferramenta que auxilia a equipe de projeto a desenvolver esta etapa é a síntese funcional do sistema modular (Apêndice M).

Com a conclusão desta etapa, passa-se a estabelecer as estruturas funcionais que vão compor o sistema modular.

**7.3.3 – Etapa 2.3: Estabelecer as estruturas funcionais do sistema modular**

O objetivo desta etapa é apresentar o sistema modular na sua forma abstrata (não física). Em outras palavras, mostrar o resultado da modularização das estruturas funcionais originais, após o estabelecimento dos módulos funcionais determinados na etapa anterior.

As tarefas que auxiliam os projetistas na execução desta etapa, estão descritas na Figura 7.10.

A ferramenta que auxilia a equipe de projeto a desenvolver esta referida etapa é, também, a síntese funcional do sistema modular apresentada no Apêndice M.



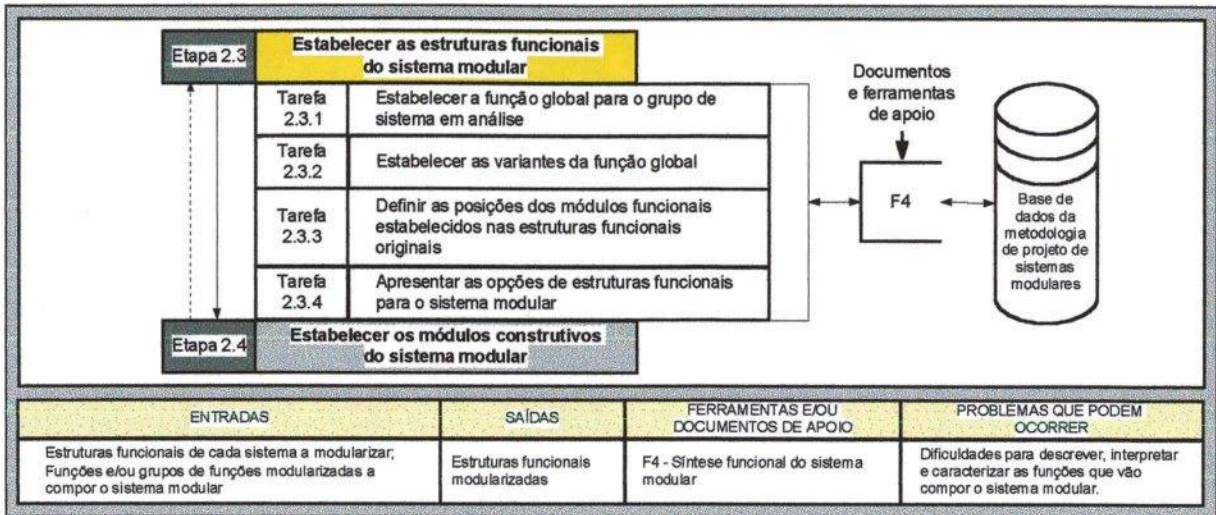


Figura 7.10. Atividades necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema modular (ROTEIRO 2).

### 7.3.4 – Etapa 2.4: Estabelecer os módulos construtivos do sistema modular

O objetivo desta etapa é dar forma física ao sistema modular estabelecido. Em outras palavras, nesta etapa buscam-se estabelecer os princípios de solução que sozinhos ou em conjunto com outros princípios de solução atendam os módulos funcionais estabelecidos para compor o sistema modular.

As tarefas necessárias à execução desta etapa, estão descritas na Figura 7.11.

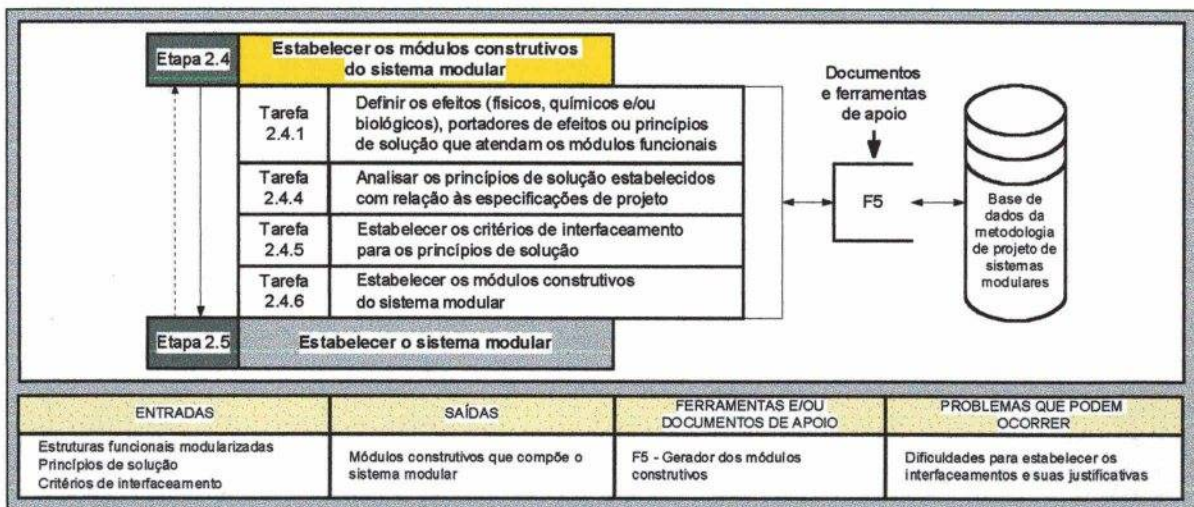


Figura 7.11. Atividades necessárias ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular (ROTEIRO 2).

A ferramenta que apoia tais atividades é o gerador dos módulos construtivos, apresentado no Apêndice N.

Com a conclusão desta etapa, passa-se a última etapa desta fase: estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular.

### 7.3.5 – Etapa 2.5: Estabelecer o sistema modular

Estabelecidas as estruturas funcionais modularizadas e os módulos construtivos associados a cada um dos módulos funcionais do sistema modular, chega-se ao momento de efetuar as combinações visando gerar as alternativas construtivas para concebê-lo.

As atividades necessárias a execução desta etapa, estão descritas na Figura 7.12.

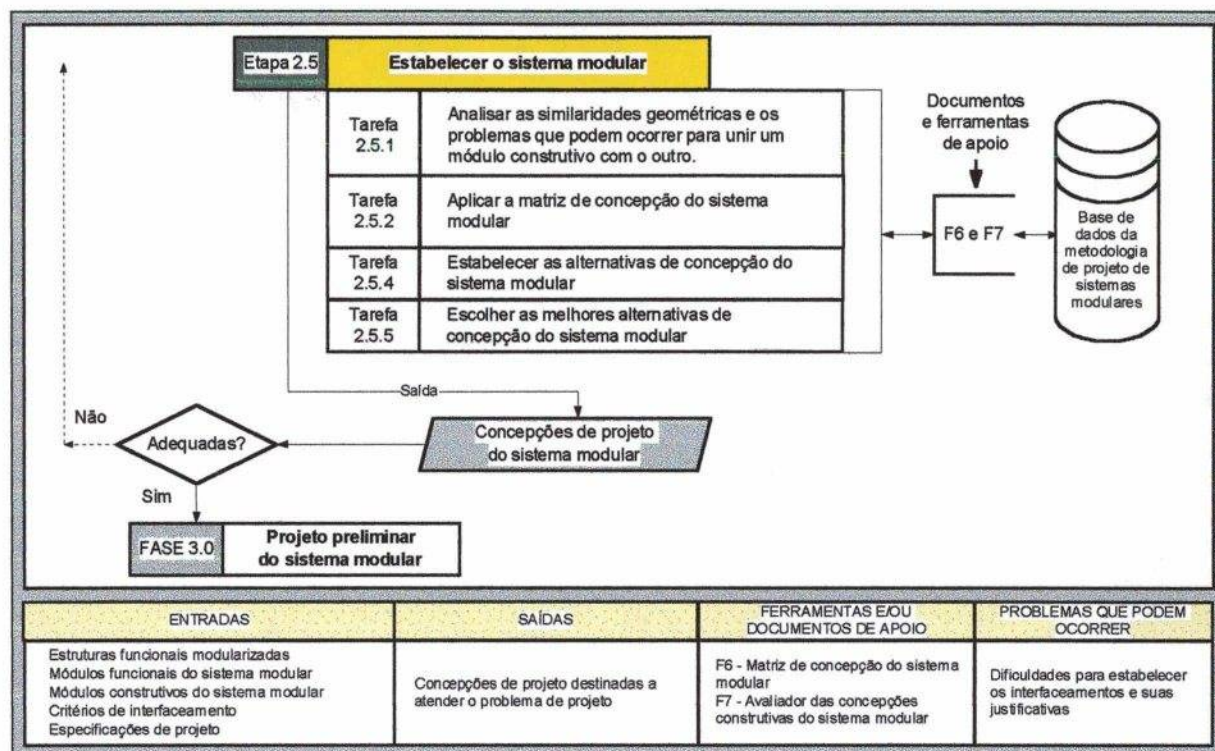


Figura 7.12. Atividades necessárias ao estabelecimento do sistema modular (ROTEIRO 2).

As ferramentas que apoiam estas atividades são, respectivamente, a matriz de concepção do sistema modular (Apêndice O) e o avaliador das concepções construtivas do sistema modular (Apêndice P).

Assim como no ROTEIRO 1 tem-se como resultado desta etapa, duas alternativas de concepções construtivas consideradas as mais adequadas para o problema de projeto. No entanto, as ferramentas desenvolvidas para a metodologia de projeto de sistemas modulares auxiliam os projetistas a escolher, entre estas duas melhores, a que deverá ser levada à próxima fase do processo de projeto. E sendo tal concepção adequada, ou seja, atendendo as especificações de projeto, a alternativa de estrutura funcional selecionada e os critérios de interfaceamentos estabelecidos, inicia-se a fase do projeto preliminar do sistema modular. Nos casos contrários, deve-se retornar aos estágios anteriores, rever e pesquisar novas informações, a fim de que esta etapa seja concluída de maneira satisfatória.

## 7.4 – Considerações finais

Neste capítulo procurou-se apresentar de forma concisa e detalhada a fase do projeto conceitual do sistema modular.

Sob este enfoque, limitou-se a fazer rápidos comentários sobre cada uma das etapas que a compõem, utilizando-se como expediente figuras ilustrativas que apoiam e simplificam o entendimento de cada um destes estágios envolvidos neste processo de projeto.

Assim como no capítulo anterior, deixou-se o detalhamento das ferramentas utilizadas ao longo desta fase para os apêndices deste trabalho, em face de uma maior visibilidade e entendimento do texto que se seguiu.

No mais, destacam-se as atividades para o estabelecimento das estruturas funcionais dos sistemas modulares, tanto para o ROTEIRO 1 como para o ROTEIRO 2, como atividades que se destinam a auxiliar a equipe de projeto na criação de algo mais competitivo junto aos demais produtos existentes no mercado.

Destacam-se ainda, ao longo destas atividades, as decisões de caráter subjetivo envolvidas durante as mesmas, fazendo-nos crer que o processo de transformação das informações terá sempre um aspecto individual, que dependerá dos conhecimentos individuais de cada membro desta equipe, no tocante aos processos de fabricação, montagem, testes, entre outros, acumulados ao longo de suas atividades projetuais.

Por fim, salienta-se que esta fase trata-se de uma das fases de maior importância dentro do processo de projeto, pois pode-se gerar inúmeras opções de concepções de projeto, ainda, a um custo baixo, quando comparadas com as fases subsequentes devendo, portanto, ser exercitada ao máximo para que se possa cercar o problema com várias opções de solução e, ao final do seu processo, poder escolher a que melhor o atende com base nas especificações de projeto estabelecidas na fase do projeto informacional.

# CAPÍTULO VIII

## 8.0 – PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO DO SISTEMA MODULAR

### 8.1 – Introdução

O objetivo deste capítulo é detalhar a terceira e a quarta fase do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares denominadas, respectivamente, de “projeto preliminar do sistema modular e projeto detalhado do sistema modular”.

Assim como nos Capítulos VI e VII, anteriores, faz-se o desdobramento das mesmas em etapas e tarefas e comenta-se sobre as principais ferramentas e documentos que deveriam apoiar estes estágios do processo de projeto. Diz-se isto, pois tais ferramentas e documentos não foram desenvolvidos e nem implementados computacionalmente neste trabalho.

As razões para tal fato se deram em função dos prazos a cumprir nesta pesquisa. No entanto, apresenta-se **o que fazer** para que a concepção de projeto, escolhida na fase anterior, possa ser otimizada e detalhada e, com isto, levada à fase de produção, também, não mencionada neste trabalho.

Para maiores informações apresentam-se as Figuras 8.1 e 8.2 que descrevem, respectivamente, os estágios do projeto preliminar e do projeto detalhado do sistema modular.

O procedimento para o detalhamento destas fases segue o mesmo caminho dos capítulos anteriores, isto é, 1) desmembra-se do fluxo principal cada etapa e suas, respectivas, tarefas e 2) destacam-se as informações que entram e que saem de cada uma destas etapas.

Os comentários sobre os principais problemas que podem ocorrer na execução destas etapas, assim como a simultaneidade das ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto também não são comentados neste trabalho.

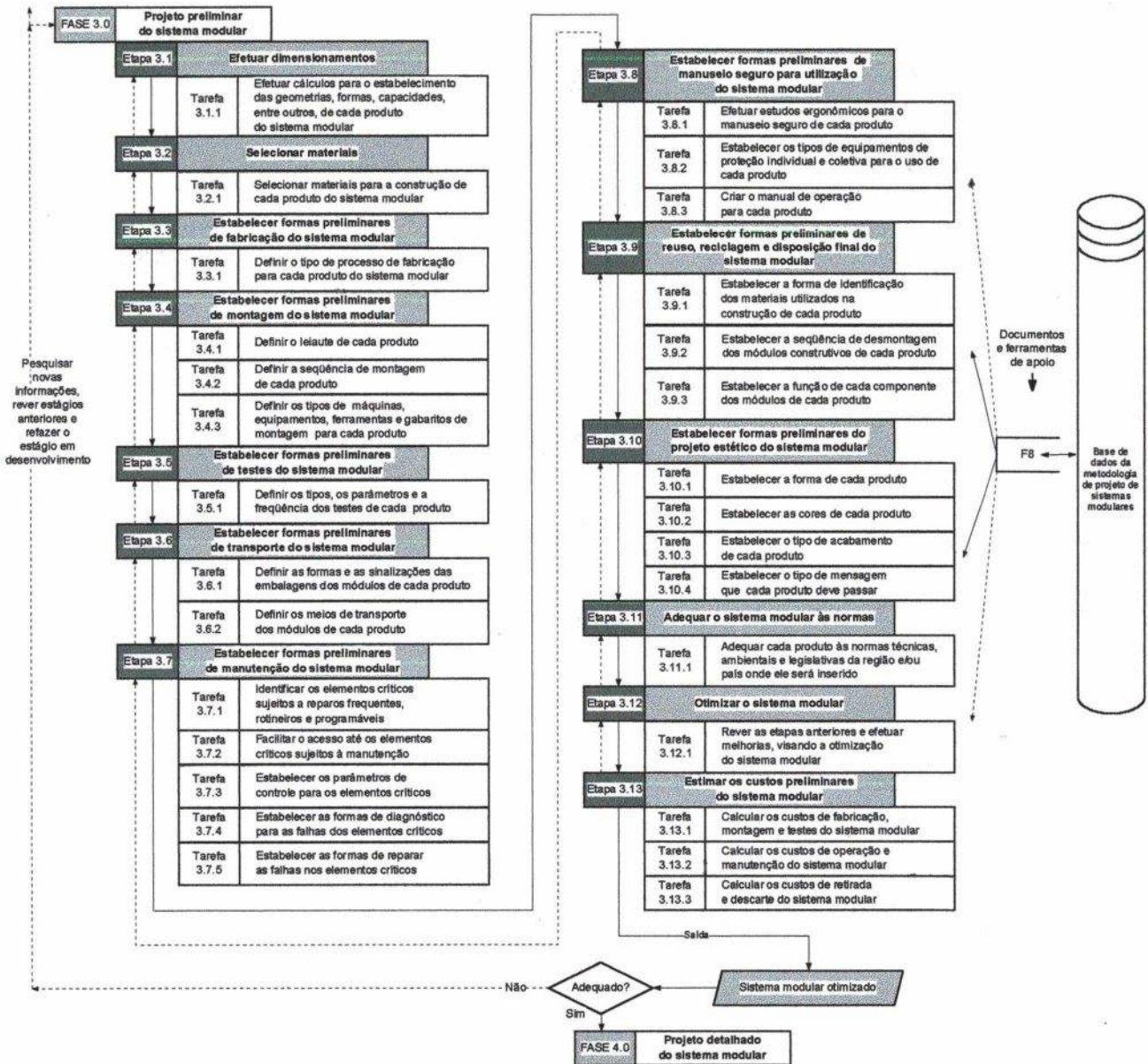


Figura 8.1. Detalhamento do projeto preliminar do sistema modular.

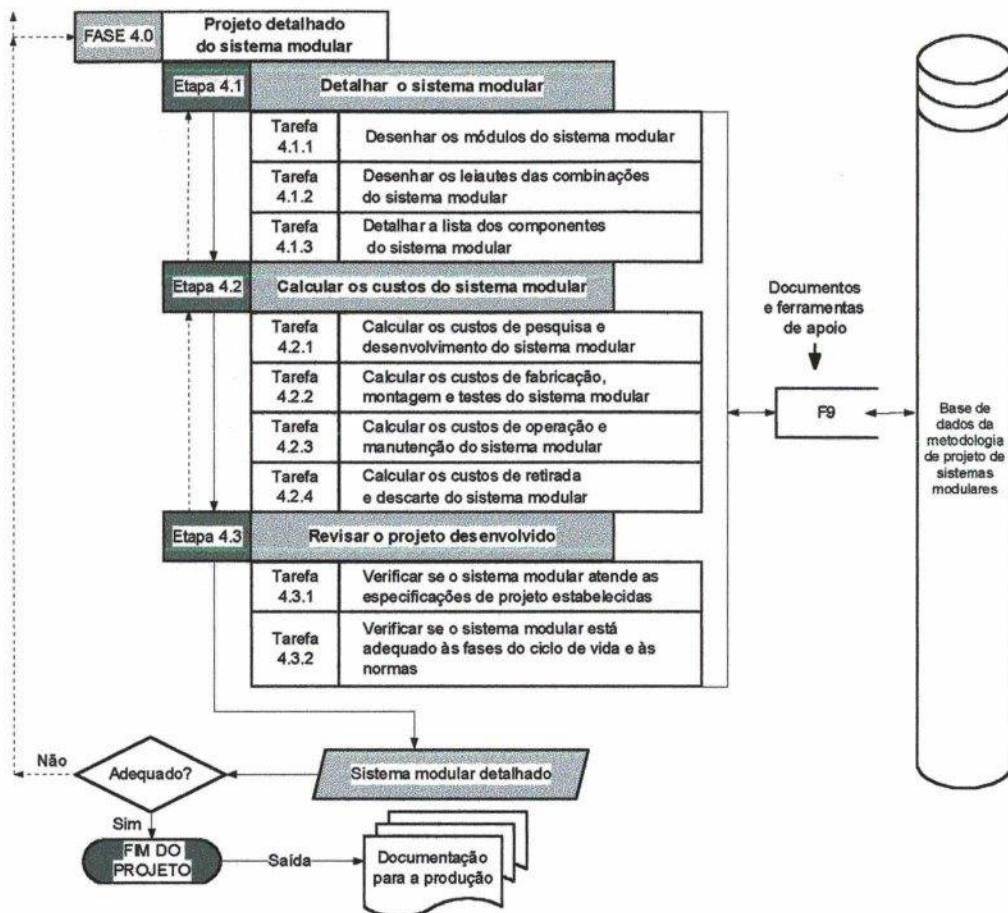


Figura 8.2. Detalhamento do projeto detalhado do sistema modular.

Feitos tais comentários, passa-se a seguir a detalhar estas fases apresentada nas Figuras 8.1 e 8.2.

## 8.2 – FASE 3.0: Projeto preliminar do sistema modular

O projeto preliminar do sistema modular corresponde ao terceiro estágio mais abrangente do processo de projeto do sistema modular.

Tem por objetivo principal otimizar a concepção de projeto escolhida na fase anterior (projeto conceitual do sistema modular).

Sob este aspecto, desenvolve-se uma série de atividades que passam a ser melhor explicadas nas figuras que se seguem.

### 8.2.1 – Etapa 3.1: Efetuar dimensionamentos

O objetivo desta etapa é desenvolver uma série de atividades destinadas a calcular as dimensões e demais aspectos ligados à parte estrutural e à capacidade produtiva do sistema modular.

Entre as atividades destinadas a este fim, citam-se as descritas na Figura 8.3.

Os principais documentos que podem apoiar a equipe de projeto nesta etapa são formulários matemáticos, publicações na área de estudo de resistência dos materiais, elementos finitos, entre outras.

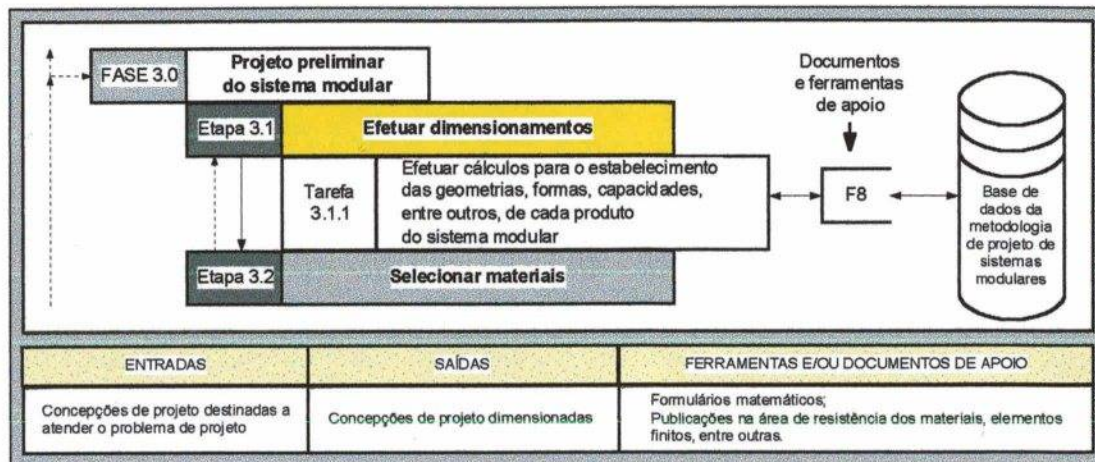


Figura 8.3. Atividades necessárias ao dimensionamento do sistema modular.

Concluída esta etapa, passa-se a selecionar os materiais que vão compor a concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto.

### 8.2.2 – Etapa 3.2: Selecionar materiais

O objetivo desta etapa é selecionar os materiais mais adequados a compor a concepção construtiva escolhida do problema em estudo. Muito embora esta etapa esteja num fluxo que mostra o seu desenvolvimento de cima para baixo (“Top-down”), ela é executada de forma simultânea com a etapa anterior.

Entre as atividades necessárias, ferramentas e documentos de apoio à sua execução desta etapa, destacam-se as mencionadas na Figura 8.4.

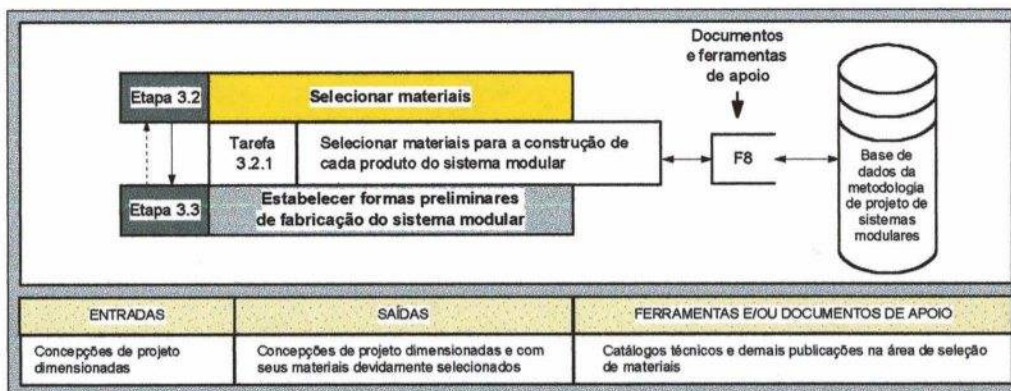


Figura 8.4. Atividades necessárias à seleção dos materiais a compor a concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.

Concluídas estas duas primeiras etapas, pode-se a passar a estabelecer as formas preliminares de fabricação, montagem, teste, transporte, entre outras, ligadas ao ciclo de vida do produto.

### 8.2.3 – Etapa 3.3: Estabelecer formas preliminares de fabricação do sistema modular

O objetivo desta etapa é descrever as formas preliminares de fabricação para cada componente da concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.

Sob este aspecto, analisam-se os processos de soldagem, fundição, moldagem, entre outros, a fim de estabelecer qual entre eles se mostra mais adequado (ágil e flexível) à construção de cada módulo do projeto em estudo, segundo os materiais selecionados na etapa anterior.

A intenção é reduzir os tempos e os custos de fabricação a fim de atender rapidamente os clientes de projeto, procurando sempre ter em mente a melhoria da qualidade e a satisfação dos requisitos dos clientes.

A Figura 8.5 chama atenção ao tipo de tarefa que deve ser executada para o estabelecimento desta etapa, assim como para os tipos de documentos a serem consultados no auxílio a esta etapa.

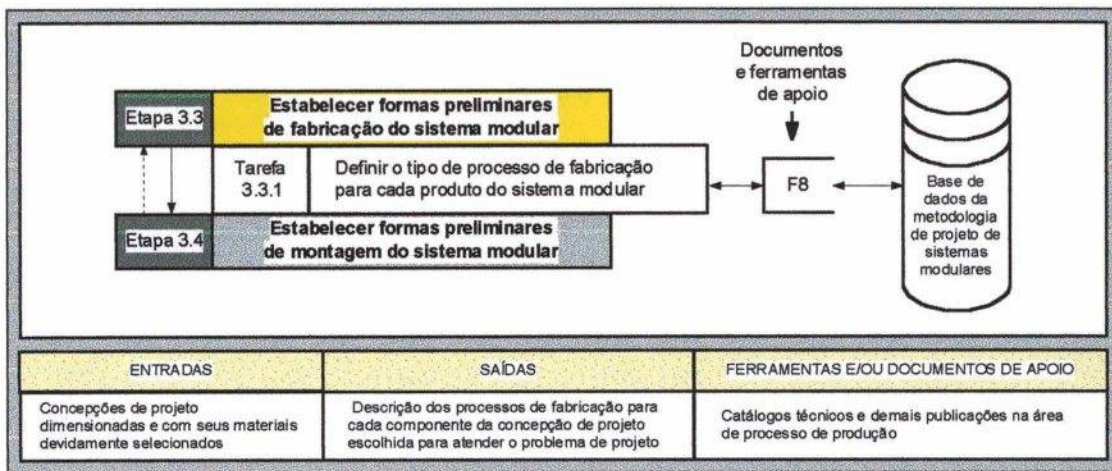


Figura 8.5. Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de fabricação da concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto.

Concluída esta etapa, busca-se estabelecer as formas preliminares de montagem de cada módulo construtivo que compõe a concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto.

### 8.2.4 – Etapa 3.4: Estabelecer as formas preliminares de montagem do sistema modular

O objetivo desta etapa é descrever como cada módulo construtivo deve ser montado visando compor a concepção de projeto escolhida para o problema em estudo, de forma ágil e flexível.

Assim como na etapa anterior, a intenção é reduzir os tempos e os custos de montagem a fim de atender rapidamente os clientes de projeto, procurando sempre ter em mente a melhoria da qualidade e a satisfação dos requisitos dos clientes.

As atividades necessárias à execução desta etapa, assim como os documentos de apoio a esta etapa estão mencionados na Figura 8.6.



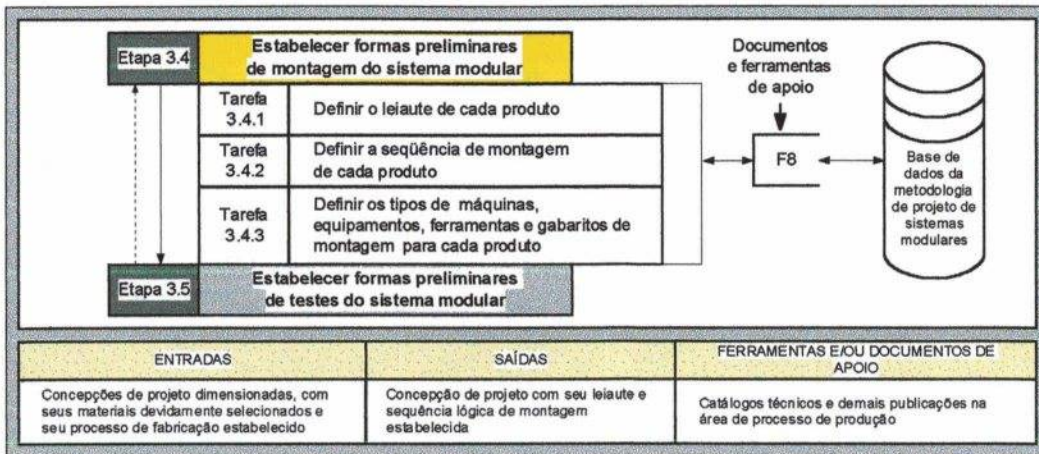


Figura 8.6. Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de montagem da concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.

Concluída esta etapa, faz-se necessário estabelecer as formas preliminares de testes para tal concepção de projeto.

### 8.2.5 – Etapa 3.5: Estabelecer formas preliminares de testes do sistema modular

O objetivo desta etapa é descrever de forma preliminar o que deve ser testado e quais parâmetros devem ser aferidos nos componentes ou módulos que compõem a concepção construtiva escolhida para atender o problema de projeto.

A intenção é por à prova cada um destes elementos que compõem a concepção de projeto, a fim de que, nos testes de campo, os problemas sejam minimizados ou eliminados. Em outras palavras, busca-se nesta etapa desenvolver meios que deixem ágeis e flexíveis os testes de campo da concepção de projeto destinada a atender o problema em estudo.

As principais atividades e demais documentos de apoio a esta etapa estão mencionados na Figura 8.7.

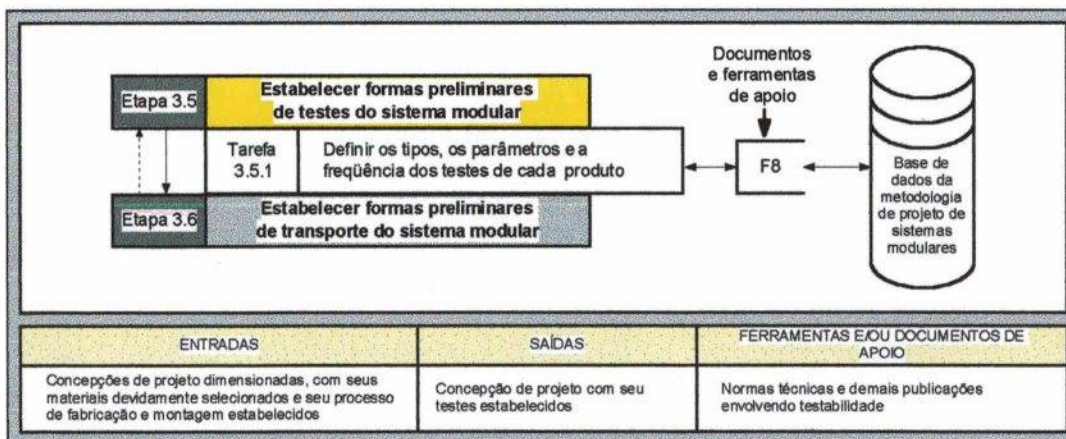


Figura 8.7. Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de testes para a concepção de projeto escolhida para atender o problema em estudo.

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer as formas preliminares de transporte para a concepção de projeto em desenvolvimento.

**8.2.6 – Etapa 3.6: Estabelecer formas preliminares de transporte do sistema modular**

O objetivo desta etapa é descrever como e através de que meios os componentes, módulos e/ou sistemas devem ser transportados até os locais de venda e/ou uso.

A intenção é desenvolver ações visando preservar a integridade de cada elemento que compõe o sistema concebido.

A Figura 8.8 apresenta as principais tarefas e documentos de apoio a esta etapa do processo de projeto.

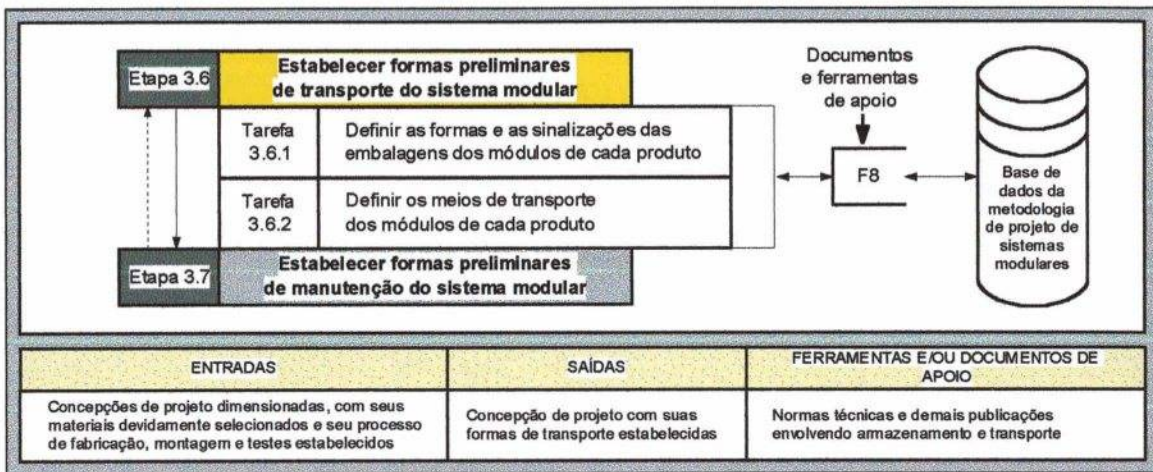


Figura 8.8. Atividades principais ao estabelecimento das formas preliminares de transporte de componentes, módulos e/ou sistemas até os locais de instalação e/ou clientes do projeto.

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer as formas preliminares de manter o sistema concebido.

**8.2.7 – Etapa 3.7: Estabelecer formas preliminares de manutenção do sistema modular**

O objetivo desta etapa é descrever de forma preliminar o que deverá sofrer manutenção periódica e que tipo de manutenção utilizar, a fim de garantir um funcionamento adequado do sistema concebido.

A intenção é manter tão bom quanto novo o sistema a ser adquirido pelos clientes do projeto, ao longo dos anos.

Entre as tarefas necessárias a execução desta etapa, citam-se as apresentadas na Figura 8.9.

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer preliminarmente as formas de manuseio seguro para tal sistema.

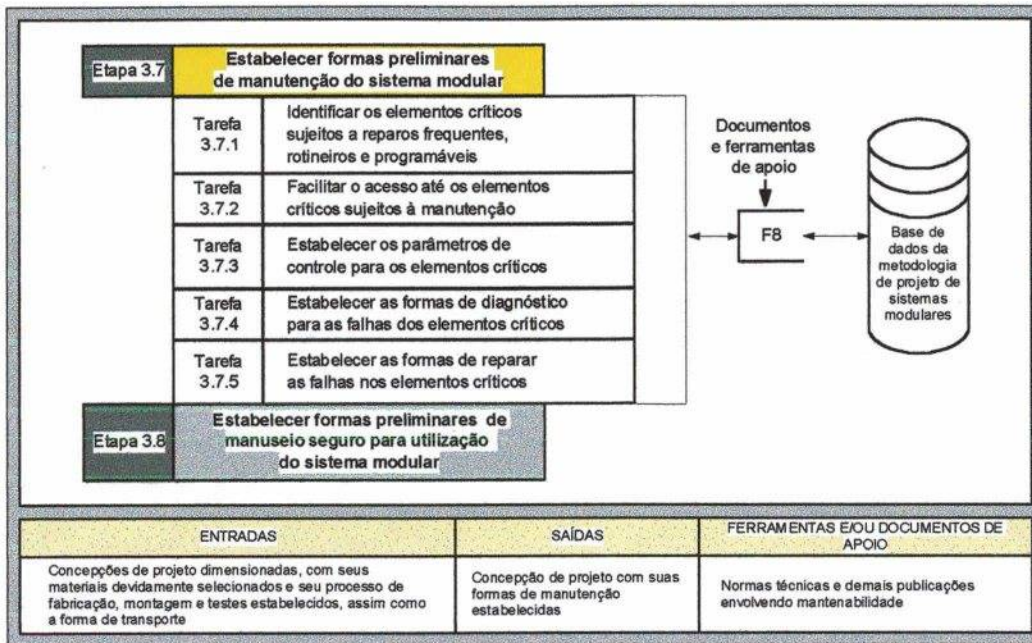


Figura 8.9. Atividades necessárias ao estabelecimento das formas preliminares de manutenção do sistema concebido para atender o problema de projeto.

### 8.2.8 – Etapa 3.8: Estabelecer formas preliminares de manuseio seguro para a utilização do sistema modular

O objetivo desta etapa é descrever de forma preliminar a maneira correta de utilização do sistema concebido para atender o problema de projeto.

A intenção é proteger os usuários e clientes do sistema quanto a possíveis perdas e danos causados por negligências ou usos indevidos.

As principais tarefas e documentos de apoio à execução desta etapa estão mencionados na Figura 8.10.

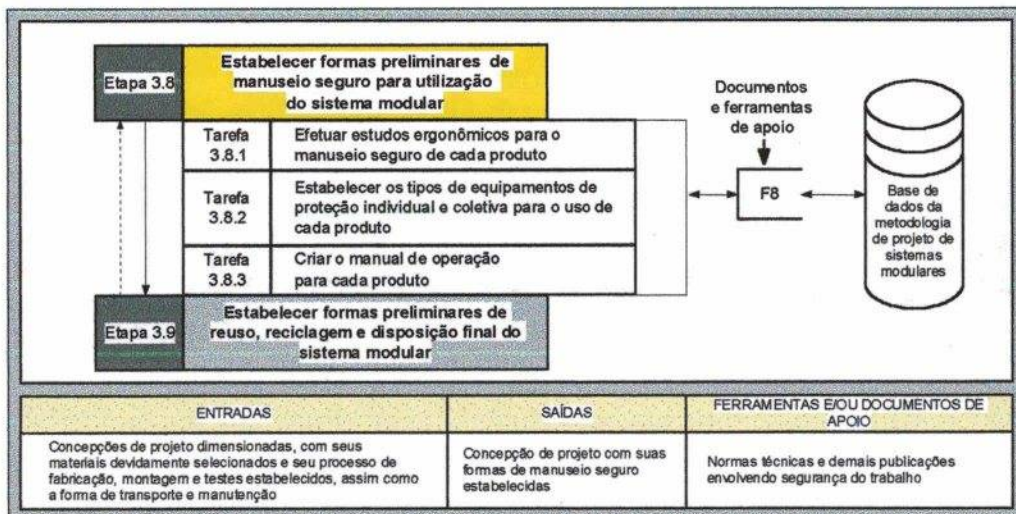


Figura 8.10. Atividades necessárias ao estabelecimento do manuseio seguro para o sistema concebido, que atende o problema de projeto.

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer formas preliminares de reuso, reciclagem e disposição final dos módulos e seus componentes.

### 8.2.9 – Etapa 3.9: Estabelecer formas preliminares de reuso, reciclagem e disposição final do sistema modular

O objetivo desta etapa é descrever como os módulos e seus componentes podem ser reusados em outras operações e/ou atividades, reciclados e dispostos no meio ambiente de maneira adequada, visando gerar o mínimo de impacto ambiental possível.

Entre as tarefas e documentos de apoio à execução desta etapa, citam-se os mencionados na Figura 8.11.

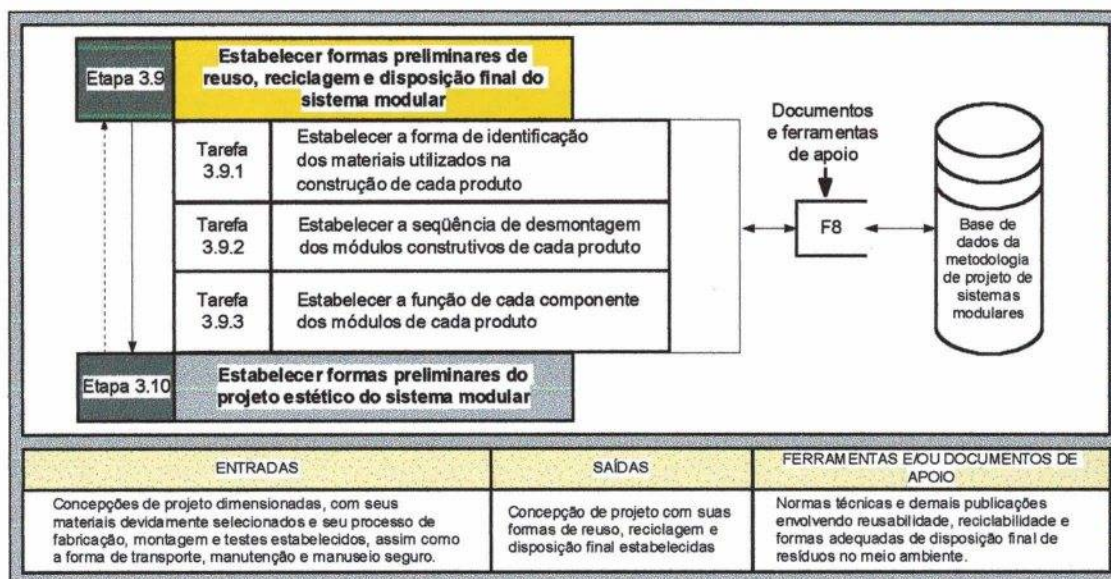


Figura 8.11. Atividades necessárias ao estabelecimento de reuso, reciclagem e disposição final dos módulos e componentes do sistema concebido, para atender o problema de projeto.

Concluída esta etapa, passa-se a estabelecer o projeto estético do sistema em desenvolvimento.

### 8.2.10 – Etapa 3.10: Estabelecer formas preliminares do projeto estético do sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver e aprimorar as formas físicas do sistema concebido, visando deixá-lo mais belo e mais atraente aos olhos dos clientes do projeto. Esta preocupação é pertinente, pois o feio (sistemas ou produtos) tem poucas chances de permanecer no mercado.

Consciente deste fato, apresenta-se, na Figura 8.12, as principais tarefas que auxiliam a equipe de projeto a executar esta referida etapa.

Após sua conclusão, passa-se a adequar o sistema concebido para atender o problema de projeto às Normas e demais legislações onde ele será inserido.

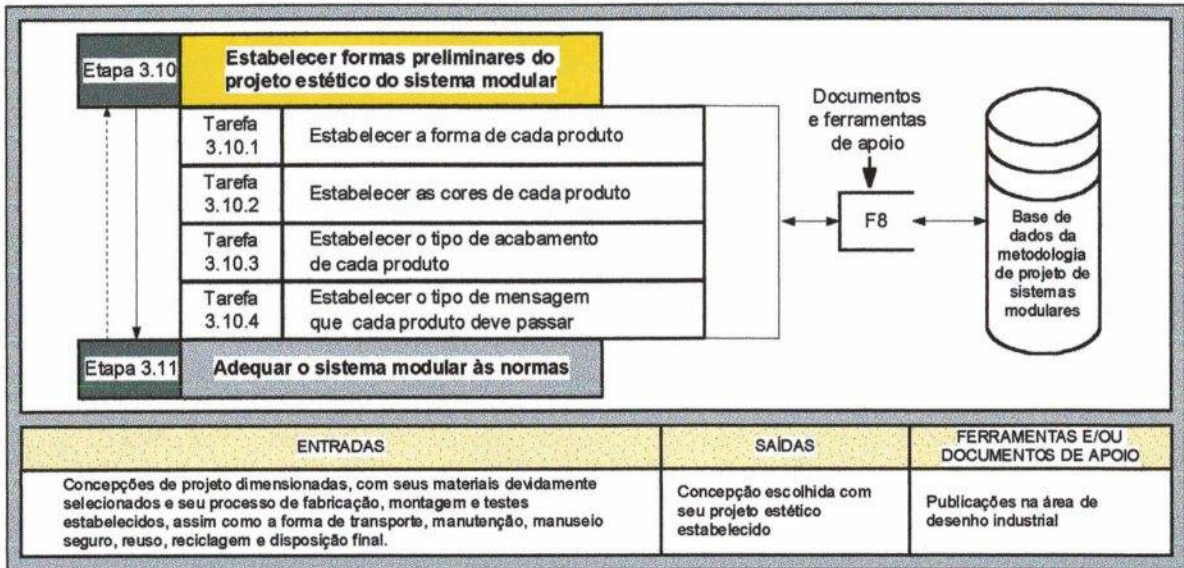


Figura 8.12. Atividades necessárias ao estabelecimento do projeto estético do sistema concebido, para atender o problema inicial.

**8.2.11 – Etapa 3.11: Adequar o sistema modular às Normas**

O objetivo desta etapa é acomodar o sistema desenvolvido às Normas e legislações vigentes onde ele será inserido. A intenção é evitar problemas futuros de natureza jurídica devido a faltas ou desconhecimentos de tais Normas e legislações.

Assim sendo, chama-se a atenção para a tarefa e demais normas mencionadas na Figura 8.13, na execução desta etapa, a saber:

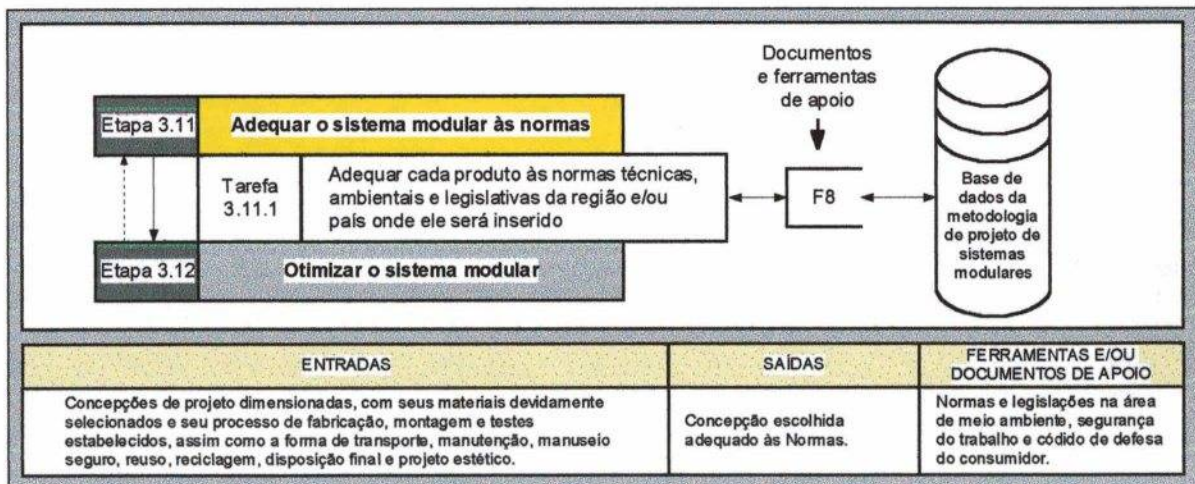


Figura 8.13. Atividades necessárias a adequação do sistema concebido às Normas.

Concluída esta etapa, passa-se a otimizar o sistema concebido.

### 8.2.12 – Etapa 3.12: Otimizar o sistema modular

O objetivo desta etapa é desenvolver uma série de ações visando aprimorar os dados, assim como complementar as informações obtidas, a fim de efetuar as melhorias necessárias, visando reduzir custos e garantir aumento na qualidade do sistema a ser construído.

Sob este enfoque, destaca-se a tarefa e demais ferramentas e documentos mencionados ao longo desta fase do processo de projeto (ver Figura 8.14).

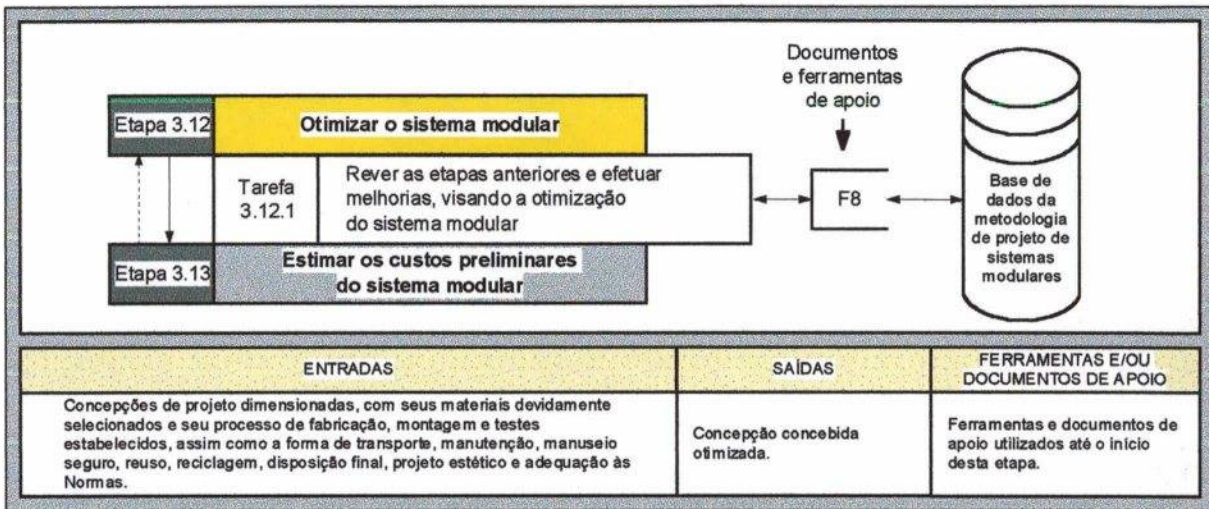


Figura 8.14. Atividades necessárias a otimização do sistema concebido, para atender o problema de projeto.

Concluída esta etapa, passa-se a estimar os custo do sistema otimizado.

### 8.2.13 – Etapa 3.13: Estimar os custos preliminares do sistema modular

O objetivo desta etapa é avaliar os custos do sistema concebido visando verificar se o mesmo está compatível com as especificações estabelecidas no início do projeto.

A intenção é procurar adequar ao máximo o sistema concebido a realidade do mercado ou a realidade do cliente do projeto.

As tarefas necessárias a execução desta etapa, estão apresentadas na Figura 8.15.

Concluída esta tarefa, verificam-se os resultados obtidos a fim de saber se os mesmos estão em conformidade com as especificações de projeto. Nos casos positivos, encerra-se esta fase e passa-se a fase do projeto detalhado. Nos casos contrários retornam-se as etapas anteriores, revisam-se seus dados, pesquisam-se novas informações e estima-se novamente os custo do sistema, até o momento em que a equipe de projeto achar que os dados estão adequados às condições de mercado ou dos anseios dos clientes do projeto.

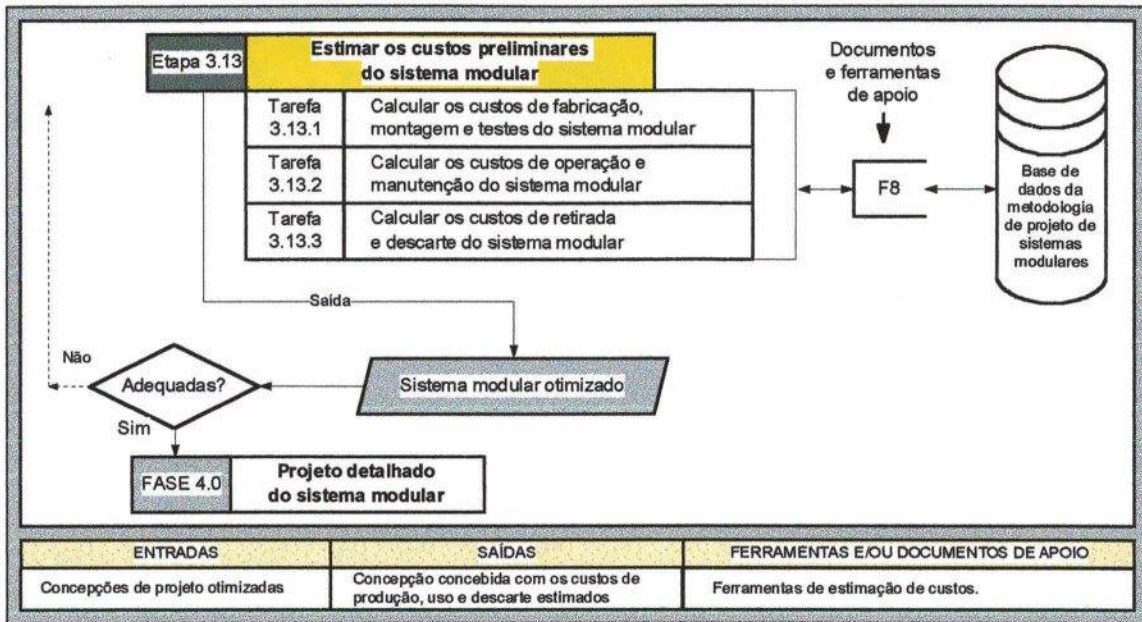


Figura 8.15. Atividades necessárias à estimação dos custos do sistema concebido, destinado a atender o problema de projeto.

### 8.3 – FASE 4.0: Projeto detalhado do sistema modular

O projeto detalhado do sistema modular corresponde ao quarto estágio do processo de projeto. Tem por objetivo auxiliar os projetistas a apresentarem, de forma minuciosa, o sistema a ser construído.

Sob este enfoque, desenvolvem-se as atividades mencionadas nos tópicos que se seguem.

#### 8.3.1 – Etapa 4.1: Definir o sistema modular

O objetivo desta etapa é de apresentar na forma de desenhos técnicos, cada componente e módulo construtivo que compõem o sistema destinado a atender o problema de projeto.

A intenção é fornecer todas as informações necessárias à sua construção. Sob este enfoque, destacam-se as tarefas e ferramentas mencionadas na Figura 8.16.

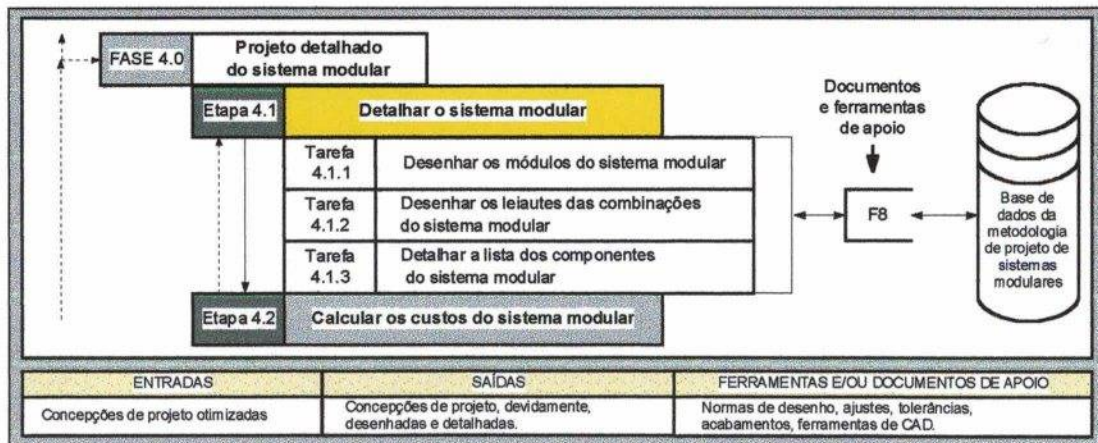


Figura 8.16. Atividades necessárias ao detalhamento do sistema modular.

Concluída esta etapa, passa-se a calcular os custos do sistema concebido para atender o problema de projeto.

### 8.3.2 – Etapa 4.2: Calcular os custos do sistema modular

O objetivo desta etapa é precisar os custos de cada módulo e de cada componente do sistema desenvolvido para atender a demanda inicial. Isto é possível, pois neste instante tem-se não só as formas físicas definidas, como também os materiais, as dimensões, os processo de produção entre outras.

Assim sendo, é possível ampliar os dados obtidos na fase anterior, onde fez-se a estimativa dos custos do sistema, para determinar com maior certeza o quanto este sistema deverá custar para ser produzido, usado e descartado.

As tarefas descritas na Figura 8.17, ajudam a aclarar as atividades que devem ser executadas para a realização desta etapa.

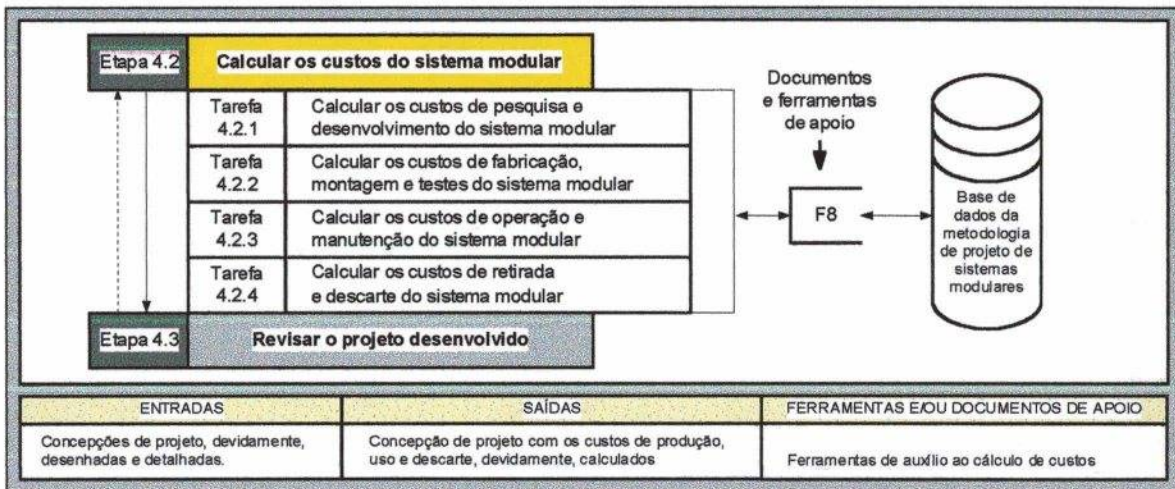


Figura 8.17. Atividades destinadas a auxiliar os projetistas no cálculo dos custos do sistema modular.

Concluída esta etapa chega-se ao momento de revisar todo o projeto desenvolvido – Etapa 4.3.

### 8.3.3 – Etapa 4.3: Revisar o projeto desenvolvido

O objetivo desta etapa é de inspecionar as informações e os dados obtidos, visando identificar possíveis falhas ou esquecimentos que possam de alguma maneira causar algum transtorno ou retrabalhos durante as próximas fases do processo de projeto (construção do protótipo, testes, produção).

Sob este aspecto, apresentam-se as tarefas mencionadas na Figura 8.18 como necessárias à execução desta etapa.

Sendo tal detalhamento adequado, envia-se à produção a documentação de projeto (Desenhos) necessária à construção do protótipo e produção do sistema. Nos casos contrários, deve-se retornar ao estágio inicial desta fase e rever as informações que faltam ou precisam ser melhor esclarecidas, visando facilitar a construção do sistema concebido.



## 8.4 – Considerações finais

Neste capítulo assim como nos seus antecessores, que detalhavam as fases da metodologia de projeto de sistemas modulares, procurou-se ser conciso e objetivo no detalhamento do processo de projeto.

A intenção foi apresentar **o que fazer** para auxiliar os projetistas no desenvolvimento do projeto preliminar e do projeto detalhado de um sistema modular.

Embora as ferramentas e documentos de apoio a estes estágios do processo de projeto não tenham sido desenvolvidas é possível, com este roteiro descrito, desenvolver ações visando atingir os fins esperados, isto é, desenvolver o projeto preliminar e o projeto detalhado deste sistema.

No mais, destaca-se que em tais fases o caráter subjetivo é rapidamente substituído por ações mais claras e concretas em função das próprias transformações que nelas ocorrem, isto é, deixa-se de trabalhar com algo "abstrato" (o conceito) e passa-se a trabalhar com algo concreto, palpável, facilitando, desta forma, as decisões de projeto a serem tomadas.

# CAPÍTULO IX

## 9.0 – IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DE FERRAMENTAS E DOCUMENTOS DE APOIO AO PROCESSO DE PROJETO DO SISMOD

### 9.1 – Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar a implementação computacional das ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto desenvolvidos para as duas primeiras fases da metodologia de projeto de **SIS**temas **MOD**ulares, denominada: **SISMOD**.

A primeira fase, projeto informacional do sistema modular, foi desenvolvida a partir dos recursos implementados por OGLIARI (1999), no tocante a ferramenta denominada: QFD (“Quality Function Deployment”), visando contribuir com a melhoria da mesma e, principalmente, pela facilidade de integração desta ferramenta (QFD) com os documentos e ferramentas desenvolvidos para o SISMOD. Em outras palavras, concebeu-se todo um documental que auxilia uma equipe de projeto a estabelecer os QUES, os COMOS e seus relacionamentos já desenvolvidos por OGLIARI (1999), acrescentando aos mesmos o relacionamento entre os QUES e os CONCORRENTES. Com este acréscimo a equipe de projeto tem a possibilidade de estabelecer o produto meta a ser superado, o custo máximo do produto em estudo, entre outros aspectos.

A segunda fase, projeto conceitual do sistema modular, foi desenvolvida a partir das plataformas DELPHI 3 e BORLAND C++ BUILDER 1, como forma de dar continuidade aos recursos implementados na primeira fase e, ao mesmo tempo, verificar a viabilidade do uso de tais plataformas na implementação computacional desta referida fase.

No tocante à fase do projeto informacional do sistema modular, implementou-se oito (08) documentos e sete (07) ferramentas apresentadas nos Apêndices, a saber:

**Documento 1:** Ordem de Serviço (Apêndice A);

**Documento 2:** Ciclo de Vida do Produto (Apêndice B);

**Documento 3:** Catálogo de Informações Técnicas (Apêndice C);

**Documento 4:** Formulário de Identificação de Oportunidades (Apêndice D);

**Documento 5:** Definição do Problema de Projeto (Apêndice E);

**Documento 6:** Questionários estruturados (Apêndice F), na forma de HELP;

**Ferramenta 1:** Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto (Apêndice G);

**Ferramenta 2:** Análise dos Produtos Concorrentes (Apêndice H);

**Documento 7:** Lista de Requisitos de Projeto do Sistema Modular (Apêndice I), na forma de uma base de dados;

**Ferramenta 3:** Matriz da Casa da Qualidade (Apêndice J), derivado da ferramenta desenvolvida por OGLIARI (1999), e

**Documento 8:** Quadro de Especificações de Projeto do Sistema Modular (Apêndice L).

Já, quanto à fase do projeto conceitual do sistema modular, implementou-se quatro (04) ferramentas apresentados nos apêndices, a saber:

**Ferramenta 4:** Síntese Funcional do Sistema Modular (Apêndice M);

**Ferramenta 5:** Gerador dos Módulos Construtivos (Apêndice N);

**Ferramenta 6:** Matriz de Concepção do Sistema Modular (Apêndice O);

**Ferramenta 7:** Avaliador das concepções construtivas do sistema modular (Apêndice P).

Sob este enfoque, o sistema computacional SISMOD caracteriza-se na forma de ferramentas e documentos facilitadores do processo de projeto, destinado a auxiliar os projetistas, de maneira geral, a armazenar e recuperar informações de projeto; editar informações e relacionamentos de informações de projeto, assim como computar dados a fim de classificar informações de projeto.

Assim sendo, apresenta-se, nos tópicos que se seguem, a seqüência das principais telas deste sistema computacional como forma de melhor orientar os futuros usuários deste sistema.

## 9.2 – Instalação do SISMOD

Para instalar o SISMOD num microcomputador é exigida a seguinte configuração mínima, a saber: Computador IBM PC 486 ou compatível, com memória RAM de 16 Mb e disco rígido de 10 Mb.

A partir deste micro, pode-se fazer uso do CD-ROM ou dos disquetes de instalação do SISMOD, os quais devem ser inseridos nos seus respectivos “drivers”. Em seguida, deve-se selecionar a letra correspondente ao “driver” utilizado. Posteriormente, deve-se digitar SETUP e quando o “prompt” aparecer, deve-se clicar duas vezes no mesmo. Em seguida, deve-se seguir as instruções que aparecerão na tela do micro até a sua completa instalação.

Após concluída esta instalação deve aparecer no “desktop” a identificação do programa e os ícones do sistema computacional. Para maiores informações ver Figura 9.1.

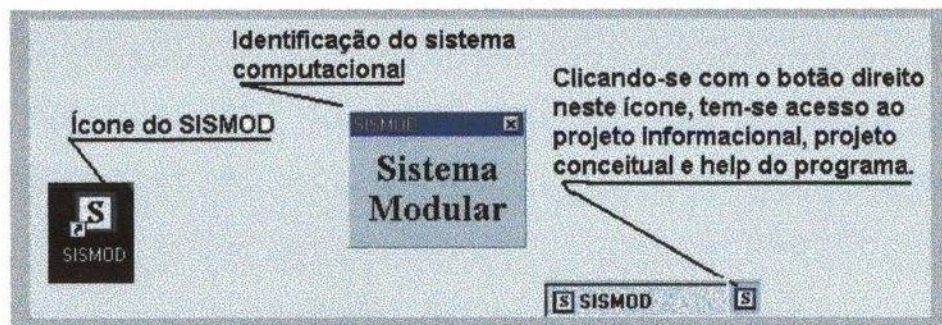


Figura 9.1. Identificação e ícones que surgem após a instalação do SISMOD.

### 9.3 – Projeto Informacional do sistema modular

Para se ter acesso ao projeto informacional do sistema modular é preciso dar um clique com o botão direito do mouse no ícone do SISMOD (ver Figura 9.1). Em seguida, clica-se em cima da opção projeto informacional, o que leva o usuário à próxima tela, Figura 9.2, ou seja, à tela de cadastramento de um novo projeto ou abertura de um projeto já existente.

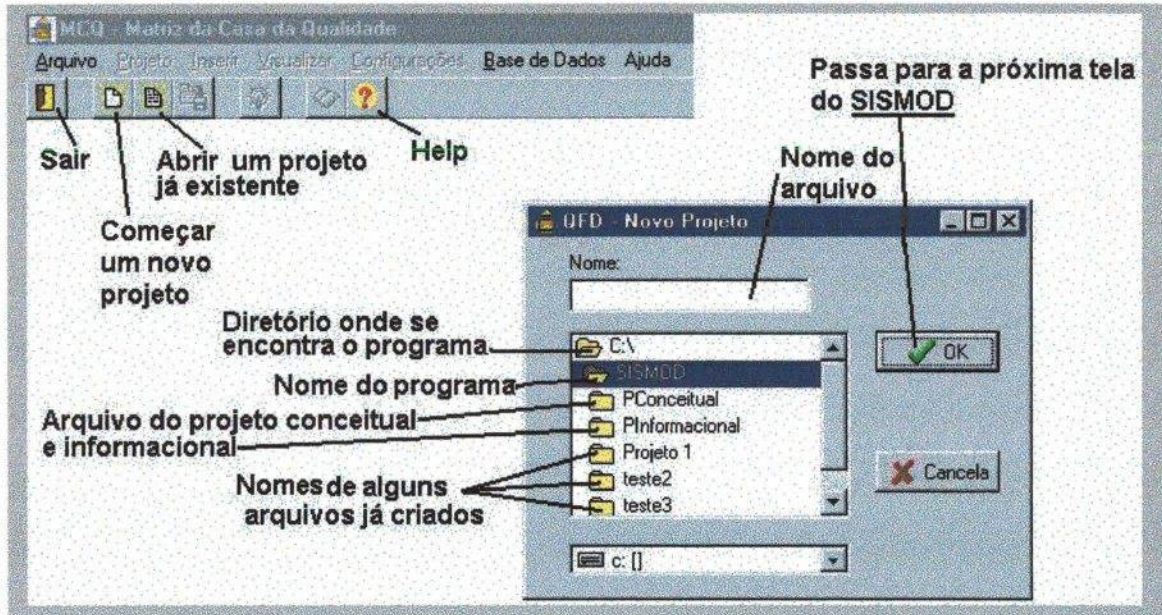


Figura 9.2. Principais ícones de auxílio ao usuário ao cadastramento ou abertura de um arquivo no SISMOD.

Após o cadastramento de um novo arquivo de projeto o usuário, deve registrar a demanda preliminar para o desenvolvimento do problema de projeto. Neste instante, ele se deparará com as telas apresentadas na Figura 9.3, destinada a registrar e cadastrar o solicitante do projeto.

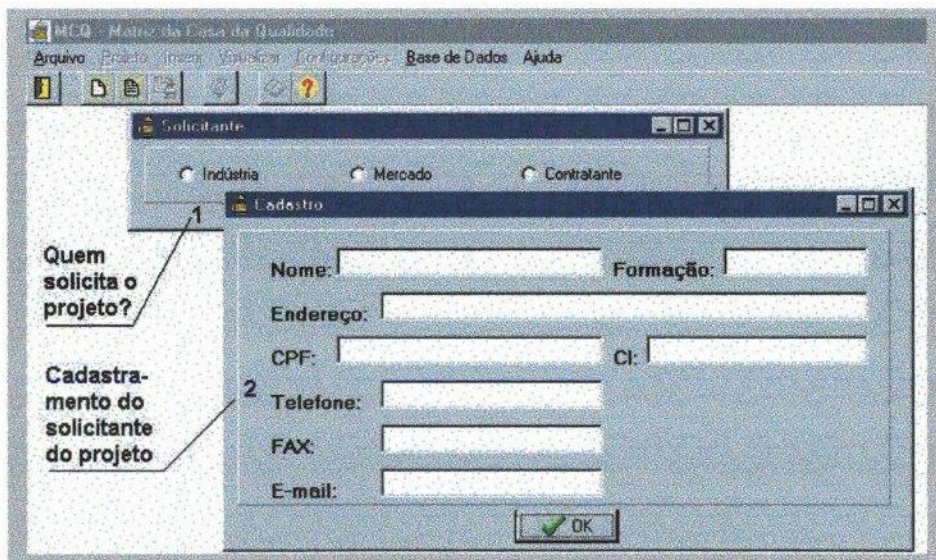


Figura 9.3. Registro e cadastramento do solicitante do projeto no SISMOD (Documento 1).

Após cadastrado o cliente do projeto, chega-se ao momento de obter as informações preliminares prestadas pelo mesmo.

Neste momento o SISMOD oferece a tela visualizada na Figura 9.4, destinada a auxiliar o projetista a registrar o pedido do cliente do projeto, suas restrições, assim como a interpretação inicial que é realizada durante esta entrevista preliminar.

The screenshot shows a window titled "Informações / Interpretação Preliminar". It is divided into two main sections: "Informações Preliminares" and "Interpretação Preliminar".

**Informações Preliminares:**

- Pedido do Solicitante:** Desenvolver um sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, destinada a maioria dos municípios do Estado de Santa Catarina.
- Restrições do cliente:** Sejam projetos destinados a municípios com até 40.000 habitantes; processem por dia de 10 a 20 toneladas de resíduos sólidos domiciliares; processem tanto a matéria orgânica como a inorgânica; faça uso de pouca máquinas e pessoas para operá-las; sejam projetos simples, fáceis de usar e manter e, por fim, que tais projetos sejam adequados às condições sócio-econômicas do Estado de Santa Catarina.

**Interpretação Preliminar:**

Solicitante do Projeto: Nelson Back e Fernando Antônio Forcellini

- Objetivo Geral:** Projetar um sistema modular de "usinas de lixo" para as condições do Estado de Santa Catarina.
- Metas Preliminares:** Fazer o projeto em módulos; usar poucos módulos para compor o projeto; desenvolver um projeto simples de instalar, usar, manter e ampliar, com capacidade de produção de 20 toneladas diárias, com módulos que possibilitem a sua ampliação de 10 em 10 toneladas e tenha custo de instalação
- Restrições:** O terreno para a sua instalação já se encontra devidamente escolhido e aprovado pelos órgão competentes; tenha área de no máximo 2 hectares (20.000 m<sup>2</sup>); faça uso intensivo de materiais prefabricados e que tais projetos sejam ampliados à medida que

**Tipo de Projeto:**

Modular       Inovativo       Modificado       Reprojeto

At the bottom center, there is an "OK" button with a green checkmark icon.

Figura 9.4. Tela do SISMOD destinada a registrar as informações e interpretações preliminares sobre o problema de projeto (Documento 1).

Após o seu preenchimento o SISMOD gera automaticamente um documento, contendo todas estas informações cadastradas, o qual deve ser assinado pelo solicitante e pelo responsável pelo projeto. A partir deste momento formaliza-se o desenvolvimento do projeto e delegam-se os responsáveis pelo mesmo.

A partir deste instante os usuários do sistema computacional, passam a visualizar a tela referente ao menu principal do projeto informacional do sistema modular, apresentada na Figura 9.5.

O primeiro documento a ser verificado é a Ordem de Serviço, que contém o pedido de projeto.

Em seguida, deve-se fazer uso dos documentos e ferramentas apresentados segundo a seqüência que se visualiza na Figura 9.5, ou seja, inicialmente deve-se estabelecer o ciclo de vida do produto (Figura 9.6) que se deseja conceber; buscar informações técnicas sobre o mesmo (Figura 9.7) e identificar oportunidades para o lançamento deste produto (Figura 9.8). Juntas, tais informações deverão dar o suporte necessário a equipe de projeto para que ela possa definir com clareza o problema de projeto (Figura 9.9). Posteriormente com as recomendações mencionadas no "Help" do SISMOD, a equipe deve elaborar

questionários específicos, a fim de levantar desejos e necessidades sobre o lançamento deste produto em estudo. Por fim, deve-se interpretar cada resposta fornecida a fim de estabelecer os requisitos dos clientes do projeto, por meio do interpretador de necessidades (Figura 9.10).

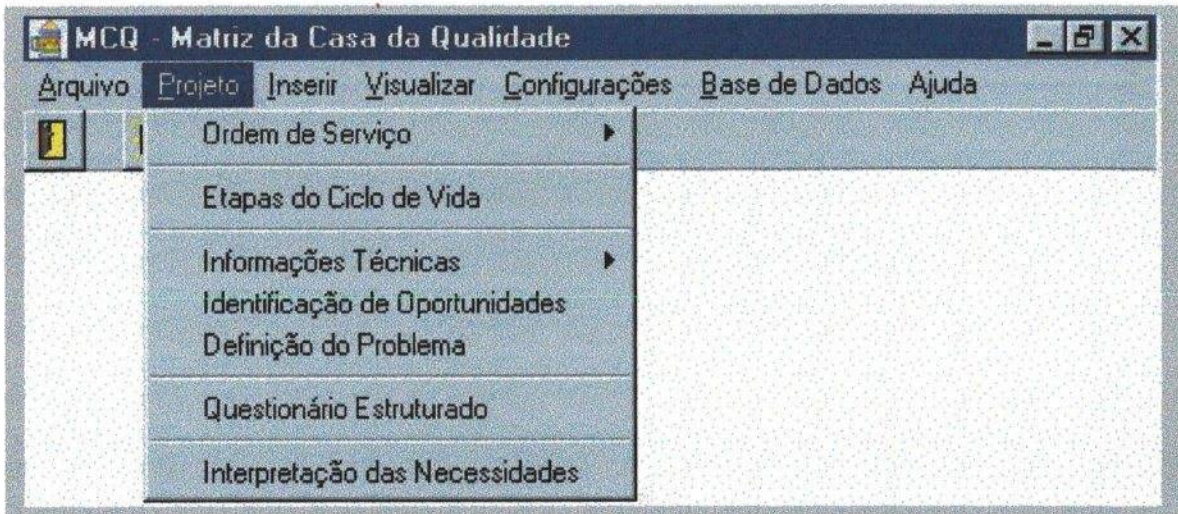


Figura 9.5. Menu principal do projeto informacional – SISMOD.

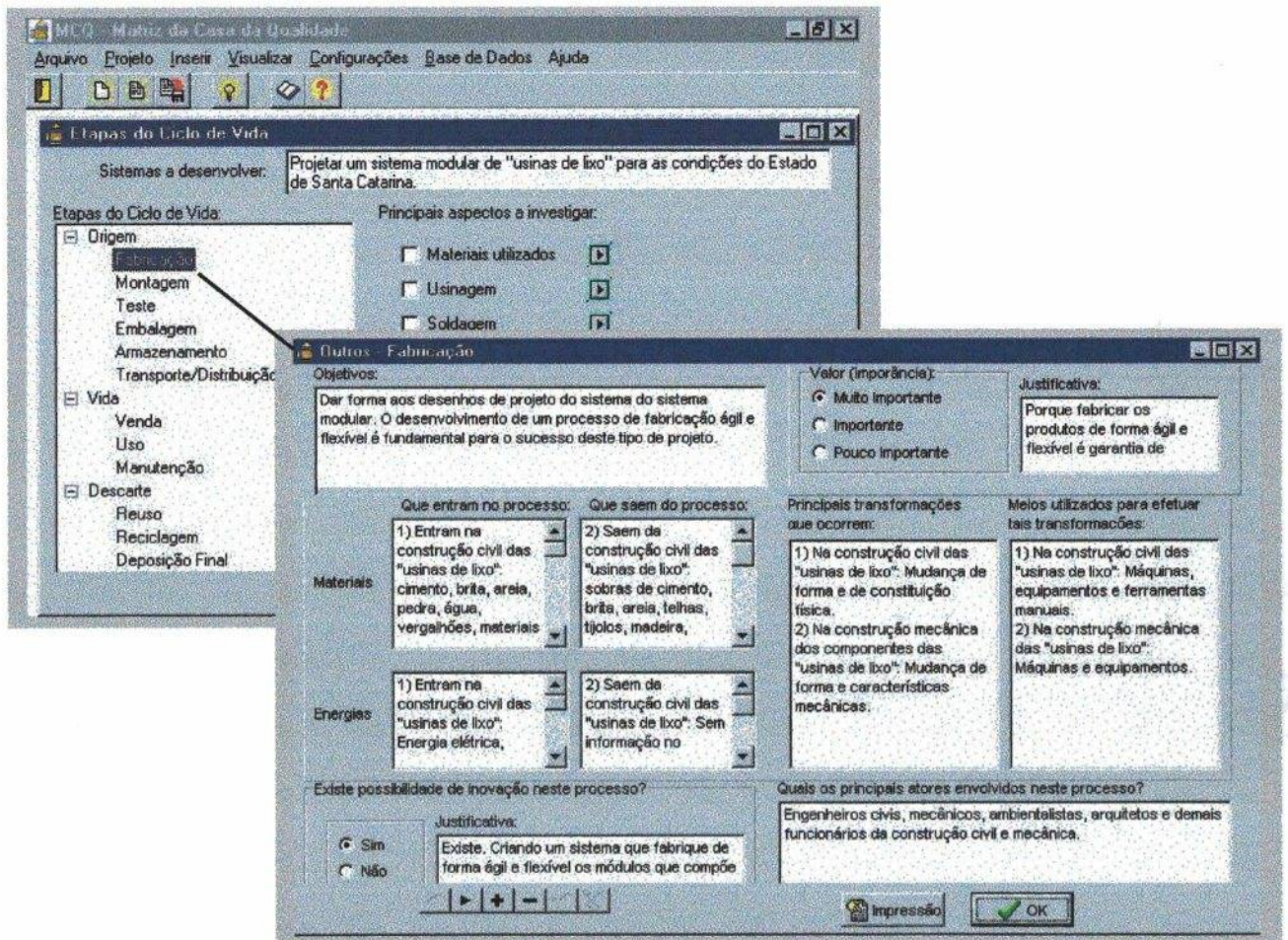


Figura 9.6. Telas do SISMOD de auxílio ao estabelecimento do ciclo de vida do produto (Documento 2).

**Ficha de Informações Técnicas**

### Catálogo de Informações Técnicas

Missão principal do objeto de projeto: As unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares ("usinas de lixo") tem por missão principal reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de resíduos

Como o objeto de projeto a executa: Para que os resíduos sólidos domiciliares possam ser processados é preciso efetuar as seguintes atividades:

Com que meios a executa: A pesagem dos resíduos brutos é feita através de balanças rodoviárias com tara igual ou superior a 40 toneladas;

Produtos iguais ou semelhantes encontrados no mercado:

Nome do produto: MAQBRT

Características do Produto:

a) Características do sistema: SISTEMA EM SÉRIE.  
Capacidade de produção diária: Estimada entre 100 e 120 toneladas diárias; quando em operação

Principais interfaces a considerar neste produto: b) Principais interfaces a considerar: Área de descarga e fossos (quantidade de resíduos a descarregar, área do fosso, alturas envolvidas);

Outras Informações: (Fabricantes, comerciantes, endereços, preços praticados, etc.): c) Outras informações: Fabricante: MAQBRT (1994). Preço: Não informado.

OK

Ficha

**Informações Técnicas**

### Catálogo de Informações Técnicas

Fontes de Consulta Sites na Internet: <http://www.cm-fundao.pt/residuos/regul.html>

Observação sobre o site: Neste site encontram-se informações sobre uma proposta de regulamentação de

Artigos/Livro sobre o assunto:

Título: Escolha de Áreas para o Tratamento e Disposição

Autor: Vieira, S. J., Lapoli, E. M. & Lapoli, F. R., 1999.

Ano: Vol: Págs:

Observações sobre a Obra: Vieira, S. J., Lapoli, E. M. & Lapoli, F. R., 1999. Escolha de Áreas para o

Normas Técnicas: Norma Técnica FEEMA (Fundação Estadual)

Observação sobre a Norma: O objetivo desta Norma é estabelecer critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte

Parâmetros que podem influenciar no desenvol. do projeto: Apreciação de Leis e Normas Técnicas

Observação: Faz-se necessário obedecer as NORMAS TÉCNICAS FEEMA IT-1318.R-0, NT-202.R-10, DZ-703, IT-1302.R-1; Norma Técnica CETESB P4.241 e caso a reciclagem seja executada pela

OK

Ficha

Figura 9.7. Telas do SISMOD de auxílio ao armazenamento de informações técnicas sobre o problema de projeto (Documento 3).

O sinal de mais (+) adiciona uma nova informação de projeto. O sinal de menos (-) retira (apaga) uma informação inserida. Clicar no botão "Ficha" visualiza-se o relatório contendo as informações inseridas nestas telas e clicar no botão "OK", muda-se de tela.

Figura 9.8. Tela do Formulário de Identificação de Oportunidades implementada no SISMOD (Documento 4).

Existem treze (13) perguntas cadastradas no SISMOD que precisam ser respondidas e justificadas, pela equipe de projeto, a fim de identificar as oportunidades mercadológicas e tecnológicas para o sistema em desenvolvimento (ver Figura 12.14 nos apêndices).

O botão "OK" encerra o preenchimento deste documento, voltando à tela do menu principal. Clicar no botão "Ficha", visualiza-se o formulário contendo todas as perguntas, respostas e, respectivos comentários feitos para cada pergunta respondida.

Figura 9.9. Tela do SISMOD destinada a registrar a definição do problema de projeto (Documento 5).



Interpretação das necessidades

Projeto | Fabricação | Montagem | Teste | Embalagem | Armazenamento | Transporte | Venda | Uso | Manutenção

Pergunta:  
Uma UPRSD deve processar que tipo de resíduos no município?

Tema: Outros

Resposta:  
Deve processar todo o lixo do município. O que vem das feiras, das residências e das lojas

Interpretação:  
O cliente deseja que as UPRSD processem tanto a matéria orgânica como a inorgânica, ou seja, processem o "lixo bruto" do município, pois certamente nele não se tem coleta seletiva. Assim sendo, o requisito do cliente que exprime tal necessidade é "PROCESSEM LIXO BRUTO".

Requisito do usuário	Peso	Justificativa do peso
Fácil de testar	8	Se o sistema for fácil de testar certamente ele será um sistem.
Processar lixo bruto	10	O estabelecimento deste requisito do cliente impõem ao proje
Agregue valor aos resíduos	10	Esta necessidade mexe com a eficiência do sistema e com a

Imprimir OK

Figura 9.10. Tela do SISMOD destinada a interpretação das necessidades dos clientes do projeto (Ferramenta 1).

À cada pergunta feita deve-se obter uma resposta, que deve ser interpretada e estabelecido o requisito do cliente corresponde a cada resposta dada.

Nesta ferramenta pode-se inserir novos requisitos dos clientes através do botão mais (+) ou retirar algum requisito através do botão menos (-).

Os botões "imprimir" auxiliam na impressão do relatório contendo estas informações e o botão "OK", leva o usuário à tela do menu principal do SISMOD.

Concluído o preenchimento dos documentos e ferramentas apresentados na tela do menu principal do SISMOD, passa-se ao preenchimento da Matriz da Casa da Qualidade, Figura 9.11.

Neste momento, deve-se clicar em cima de cada campo da ilustração desta matriz para proceder o seu preenchimento ou fazer uso da opção "inserir", que listam os elementos que a compõem.

Clicando-se no item "O Ques F5", visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.12 que mostra os campos relativos às fases do ciclo de vida (nível 2); os requisitos dos clientes estabelecidos em cada um destes níveis do ciclo de vida (nível 3); a importância destes requisitos no projeto e suas, respectivas, justificativas.

Clicando-se no item "Comos F6", visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.13 que mostra os requisitos de projeto, suas unidades de medida e as metas a serem atingidas.

Clicando-se no item "O Ques vs Comos", visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.14 que mostra o ambiente no SISMOD, destinado a efetuar os relacionamentos entre os requisitos dos clientes e os requisitos de projeto.

De maneira análoga, clicando-se no item “Comos vs Comos”, visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.15 que mostra o ambiente no SISMOD, destinado a efetuar os relacionamento entre requisitos de projeto.

Clicando-se no item “Concorrentes F7”, visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.16 destinada a registrar os sistemas concorrentes ao projeto em estudo.

Por fim, clicando-se no item “Concorrentes vs O Ques”, visualiza-se a tela que auxilia a equipe de projeto a relacionar os requisitos dos clientes frente aos produtos concorrentes existentes no mercado. A intenção é identificar o sistema meta a ser superado.

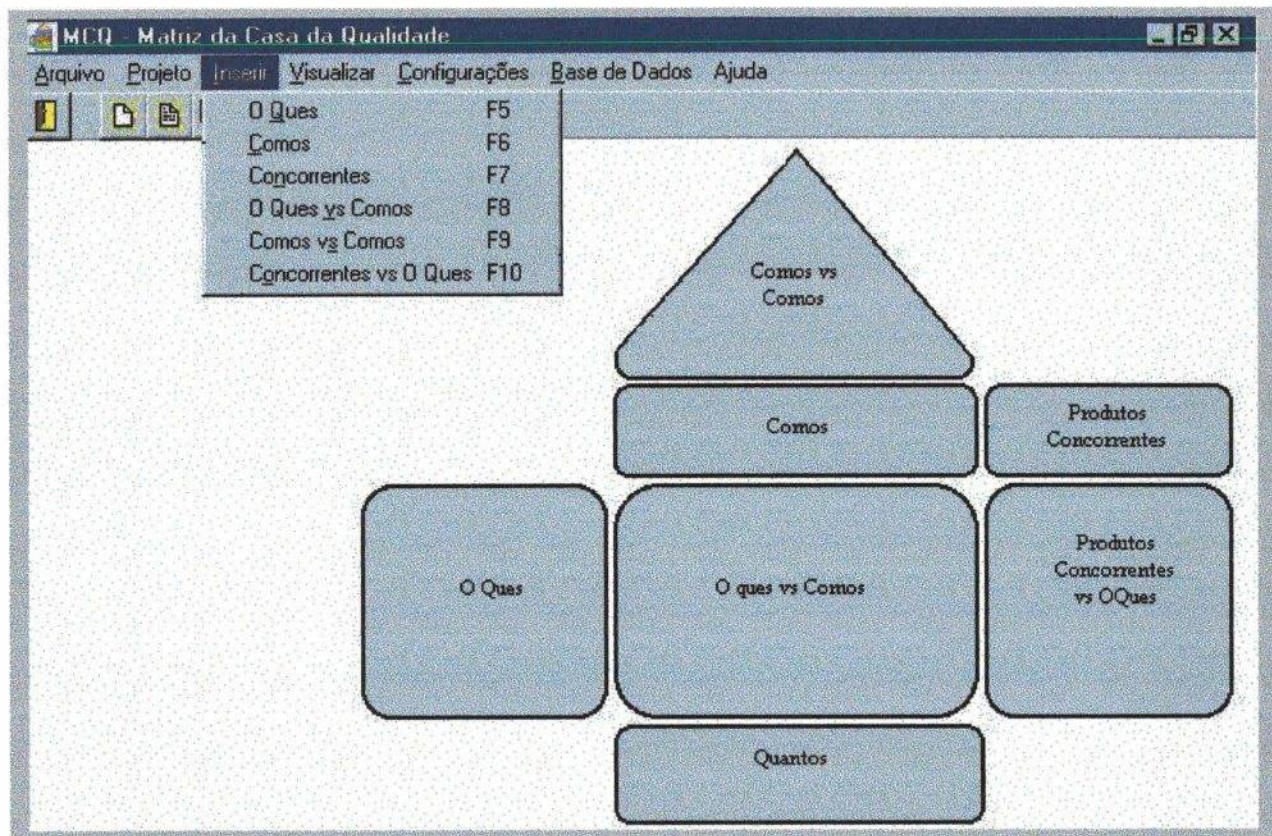


Figura 9.11. Menu de auxílio ao preenchimento da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).

Originalmente os campos que representam as linhas, colunas e demais relacionamentos desta matriz aparecem em branco. No entanto, quando são feitos os preenchimentos dos mesmos eles mudam para a cor cinza.

Observação: os efes (F5, F6, F7, F8, F9 e F10) que aparecem nesta Figura 9.11 correspondem as teclas do teclado que podem ser usadas para acessar os ambientes observados no campo “inserir” da Figura 9.11 e não as ferramentas mencionadas na Figura 12.1 dos apêndices.

Nível 2	Nível 3	Valor	Justificativa
PROJETO	Projeto simples	10	Este fator implica facilidade de c
	Confiabilidade operacional	10	Atender este requisito implica d
	Confiabilidade funcional	10	Atender este requisito é atende
	Adequado às Normas Técnicas	10	Adequar um projeto às Normas
	Custo de projeto baixo	10	Reduzir o custo de projeto é rec
FABRICAÇÃO	Custo de produção baixo	10	Reduzir o custo de produção é
	Fabricação ágil e flexível	8	Sendo o processo de fabricaçã
MONTAGEM	Montagem ágil e flexível	8	Sendo o processo de montager
TESTE	Fácil de testar	8	Se o sistema for fácil de testar c
USO	Processo limpo	10	O estabelecimento deste requis
	Agregue valor aos resíduos	10	Esta necessidade mexe com a
	Atenda demandas variáveis de resíduos	8	Um sistema que atende deman
	Possa ser ampliado com a necessidade	8	Um projeto que dá condições a
	Possa variar no de máquinas com a necessidade	8	Um projeto que dá condições a
	Possa variar o no de funcionários com a necess	7	Esta necessidade pode influenc
	Manutenção não deve interromper a produção	10	Este requisito termina por influ

Figura 9.12. Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento das linhas da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).

Os botões mais (+) e menos (-) apresentados nesta Figura 9.12 indicam que a equipe de projeto pode neste momento inserir ou retirar linhas, sem no entanto ser necessário efetuar o preenchimento de todas as telas anteriores mencionadas neste texto. A seta serve para salvar as informações registradas nesta tela; o botão que mostra a letra (a) sendo apagada, indica que ao ser clicado todas as informações desta tela serão apagadas; o botão que mostra uma lâmpada acesa, indica visualização destas informações na Matriz da Casa da Qualidade. Já, os botões que mostram a “impressora” e “fechar” significam, respectivamente, a visualização do relatório contendo estas informações e fechamento desta tela, do programa.

Nível 1	Nível 2	Unidade	Meta
DIMENSÃO DAS UPRSD	Quantidade de setores	Unid.	Minimizar
	Número de máquinas	Unid.	Minimizar
	Número de módulos do sist	Unid.	Minimizar
	Combinações possíveis	Unid.	Maximizar
	Quant. estrut. pré-fabric	%	Maximizar
APARÊNCIA DAS UPRSD	Cores claras	%	Maximizar
	Número de jardins	Unid.	Maximizar
	Cerca verde	Árv./m	Maximizar
	Áreas limpas	%	Maximizar
SEGURANÇA OPERACIONAL	Treinamento da mão-de-obr	Horas	Maximizar
	Número de EPIs	Unid.	Maximizar
	Número de funções a execu	Unid/fun	Minimizar
	Rodízio de funcionários	Unid/h	Maximizar
	Pavimentação vias interna	%	Maximizar
	Ambientes reguláveis	Unid.	Maximizar
	Embalagens adequadas	%	Maximizar

Figura 9.13. Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento dos COMOS da Matriz da Casa da Qualidade (Ferramenta 3).

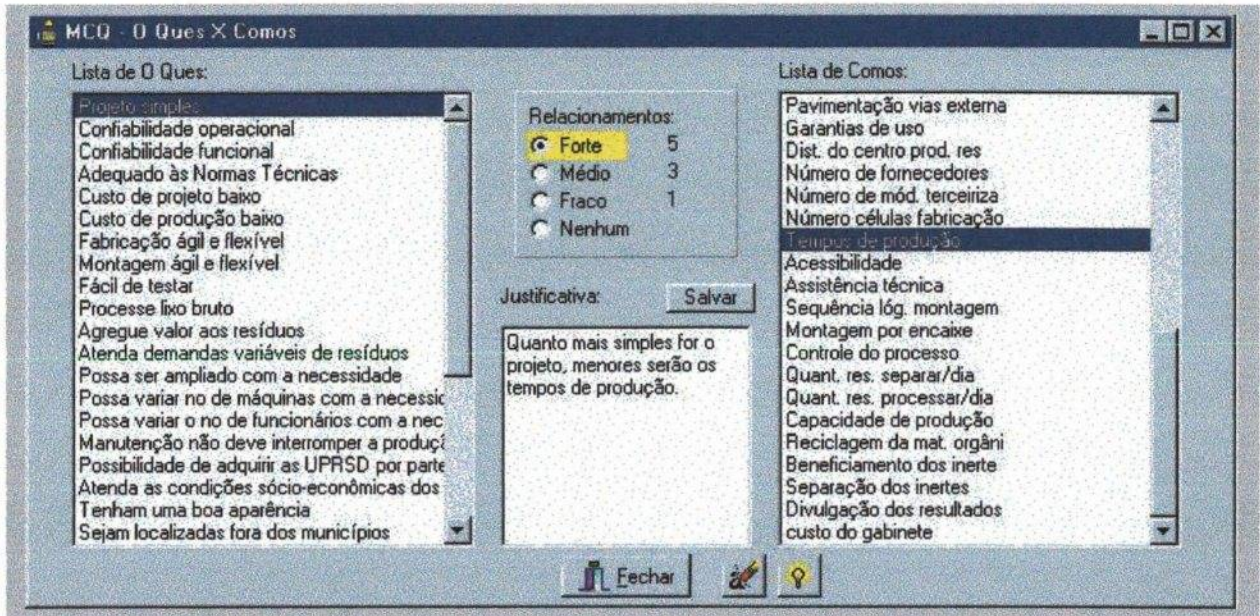


Figura 9.14. Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos de O QUES versus COMOS (Ferramenta 3).

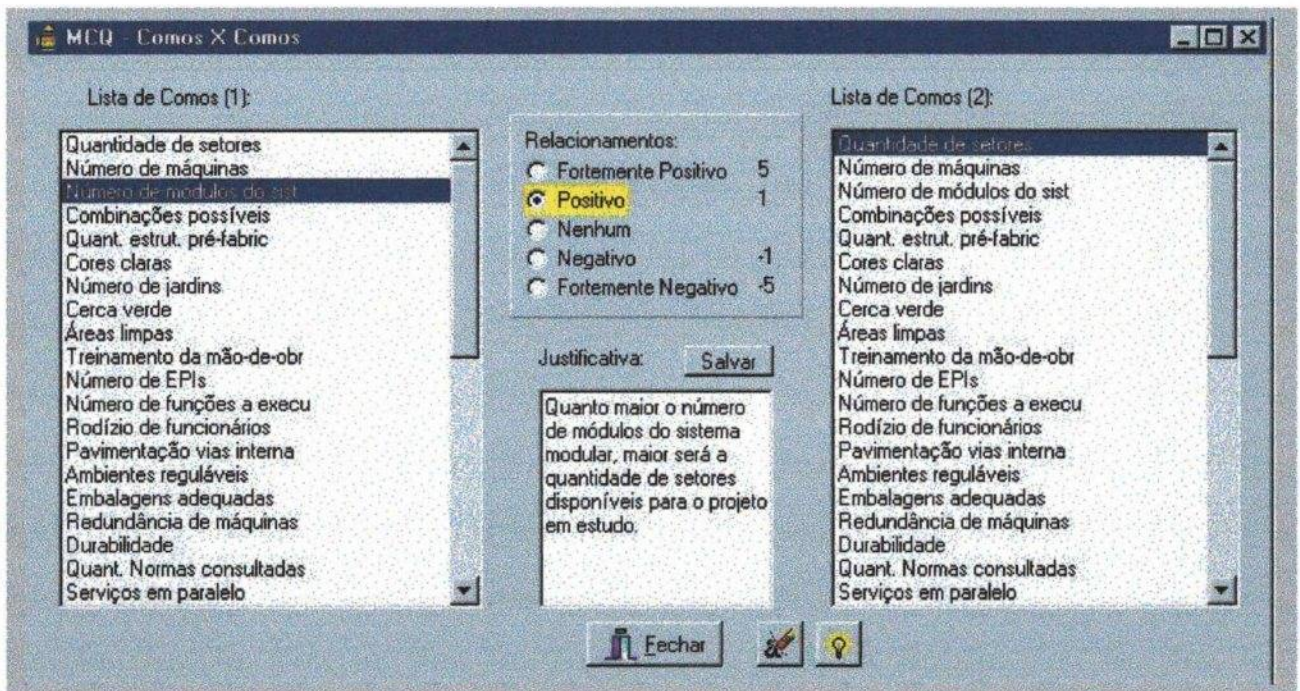


Figura 9.15. Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos entre COMOS (Ferramenta 3).

Em ambas as telas visualizadas nas Figuras 9.14 e 9.15, existem os campos destinados a justificar o relacionamento atribuído.

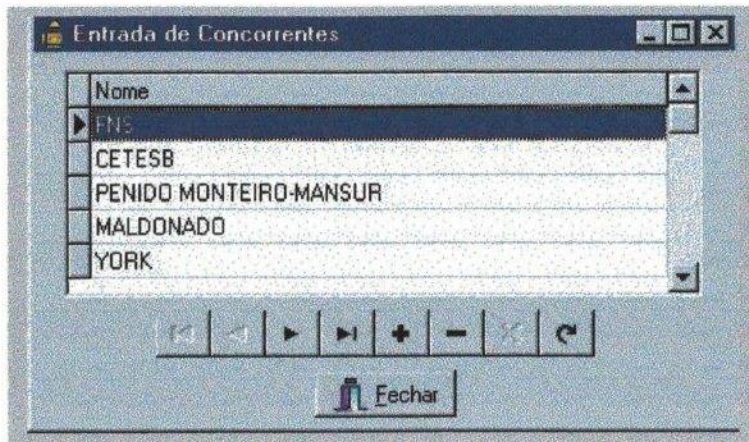


Figura 9.16. Tela do SISMOD de auxílio ao cadastramento dos sistemas concorrentes do projeto em estudo (Ferramenta 2).

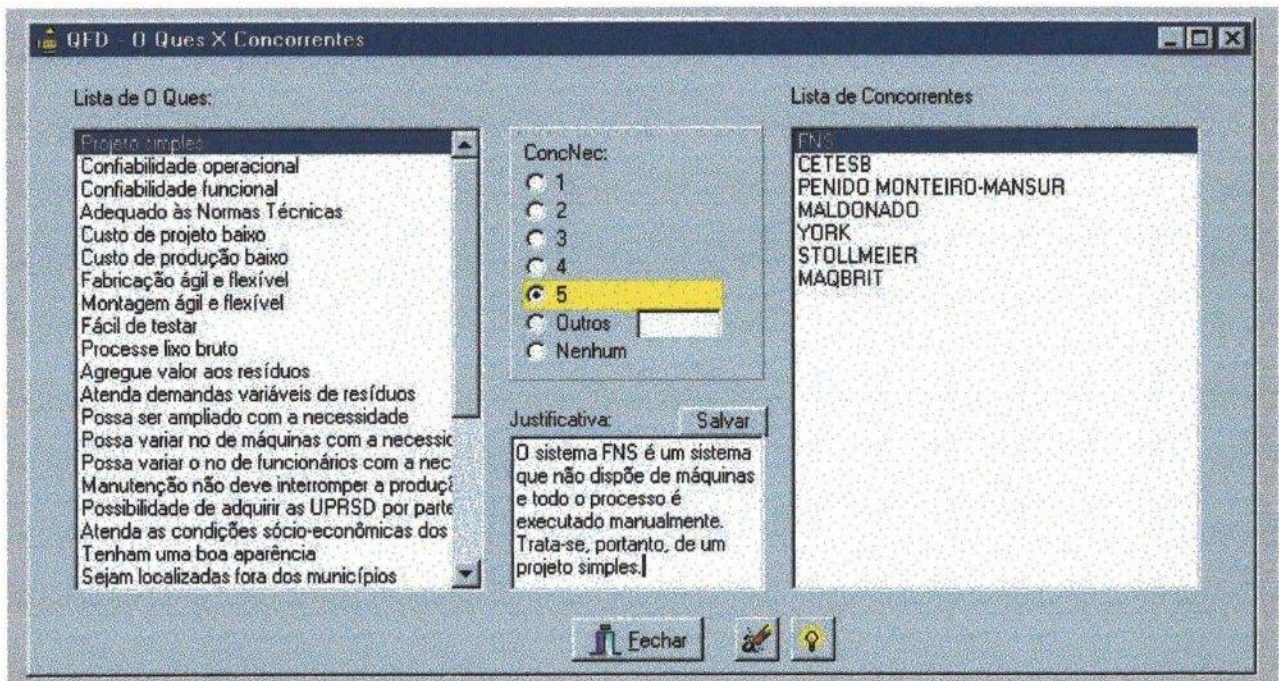


Figura 9.17. Tela do SISMOD de auxílio aos relacionamentos entre O QUES e SISTEMAS CONCORRENTES (Ferramenta 2).

Com todos os relacionamentos efetuados e todos os campos devidamente preenchidos, clica-se no campo dos "Quantos", apresentado na Figura 9.11, e o sistema oferece a opção de calcular os relacionamentos da Matriz da Casa da Qualidade com ou sem a influência do seu telhado.

Em seguida, clicando-se em visualizar na Figura 9.11 ou no botão "luz acesa" desta mesma Figura, o sistema passa a desenhar a matriz com todos os seus relacionamentos, apresentando a classificação dos requisitos de projeto, assim como a classificação dos sistemas concorrentes, segundo o seu grau de importância para o desenvolvimento do projeto. Isto auxilia os projetistas a enxergarem o sistema meta a ser perseguido e/ou superado pelo projeto em estudo.

Com esta classificação em mãos ou melhor dizendo hierarquização dos requisitos de projeto, parte-se para a última tela desta primeira fase, denominada: Quadro de especificações de projeto do sistema modular, Figura 9.18.

Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Requisitos conflitantes	Especificações dos requisitos de projeto
1	Capacidade de produção	Ton./dia	Maximizar	22 3 21 27 17	O projeto básico deve ter capacidade mínima de processamento de 20 toneladas/dia. Esta quantidade pode ser ampliada conforme a necessidade até o limite da área onde será instalado o projeto. Os módulos de ampliação a serem acoplados a este projeto básico devem
2	Garantias de uso	Anos	Maximizar		
3	Tempos de produção	Meses	Minimizar	4 17	
4	Combinações possíveis	Unid.	Maximizar	27 17	
5	Redundância de máquinas	Unid.	Maximizar	27 17	

Figura 9.18. Tela do SISMOD de auxílio ao preenchimento das especificações de projeto do sistema modular (Documento 8).

Para se ter acesso a esta tela, deve-se clicar na palavra “Visualizar” da Figura 9.11 e, em seguida, clicar em “Especificações de projeto” ou, ainda, com o botão direito do mouse no desenho da Matriz da Casa da Qualidade.

Feito isso, o sistema oferece o quadro acima com os seguintes campos já preenchidos, a saber: “Ordem, Requisito de projeto, Unidade, Meta Proposta e Requisitos conflitantes”. Cabe neste instante, que a equipe de projeto, clique em cima de cada requisito de projeto e preencha suas especificações no quadro que se situa à direita dos mesmos.

Com o preenchimento do Quadro de Especificações de Projeto, finaliza-se o projeto informacional do sistema modular, indo-se para à próxima fase: Projeto conceitual do sistema modular.

## 9.4 – Projeto conceitual do sistema modular

Para se ter acesso ao projeto conceitual do sistema modular é preciso fechar o projeto informacional e voltar ao ícone do SISMOD, mostrado na Figura 9.1. Em seguida, de maneira análoga ao projeto informacional, clica-se com o botão direito do mouse sobre este ícone para acessar o projeto conceitual. Clicando-se em cima do mesmo, visualiza-se a tela apresentada na Figura 9.19.

Inicialmente, deve-se cadastrar o domínio de projeto. Em seguida, o diretório de projeto e a pasta onde este diretório deverá ser inserido. Posteriormente, confirmam-se as informações clicando-se no botão “OK”.

A partir daí retorna-se à tela visualizada na Figura 9.19, onde deve-se clicar “Base de dados” a fim de setar o arquivo referente ao projeto informacional que contém as informações iniciais sobre o sistema em desenvolvimento. Para maiores informações ver Figura 9.20.

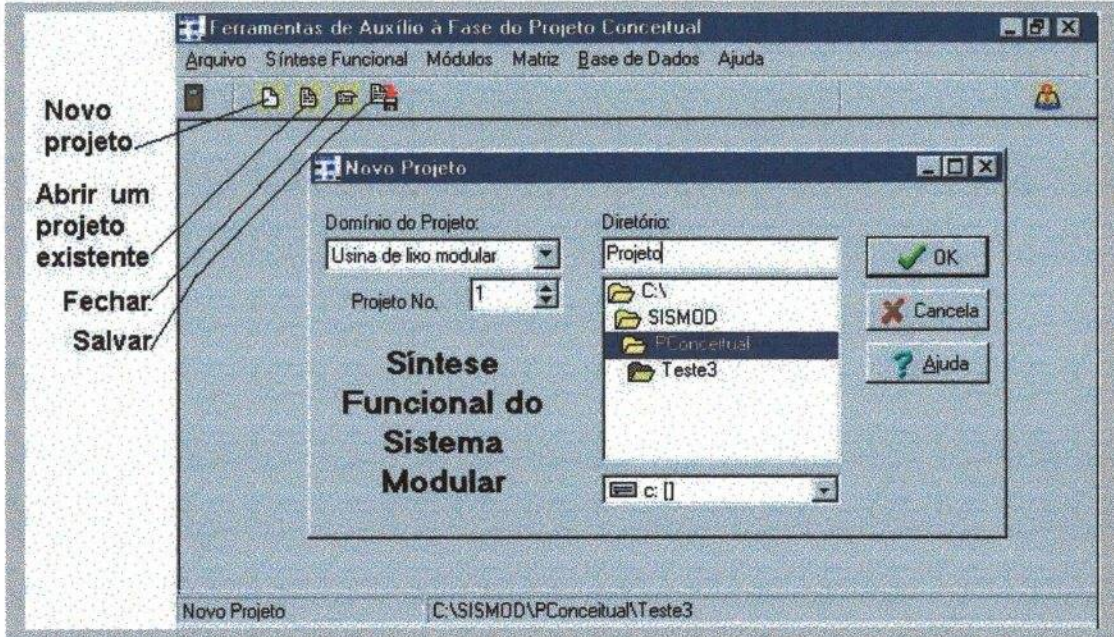


Figura 9.19. Tela do SISMOD de auxílio ao desenvolvimento de um novo projeto conceitual.

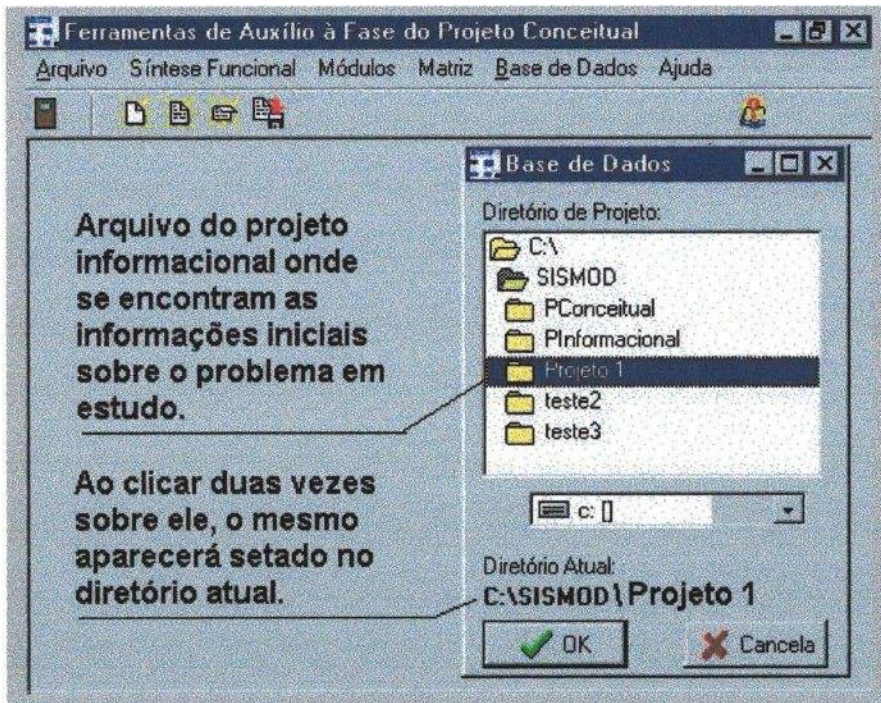


Figura 9.20. Tela do SISMOD destinada a indicar a localização de informações a serem resgatadas junto ao projeto informacional do sistema modular.

Com o arquivo setado, entra-se na tela do menu principal do projeto conceitual, visualizada na Figura 9.21.

A primeira das atividades a serem executadas é a que procura estabelecer a função global do sistema modular. Em seguida, deve-se estabelecer as funções globais variantes, as parciais e as parciais/elementares. Para maiores informações apresentam-se as Figuras 9.22, 9.23 e 9.24 que mostram, respectivamente, as principais telas de auxílio a tais atividades.

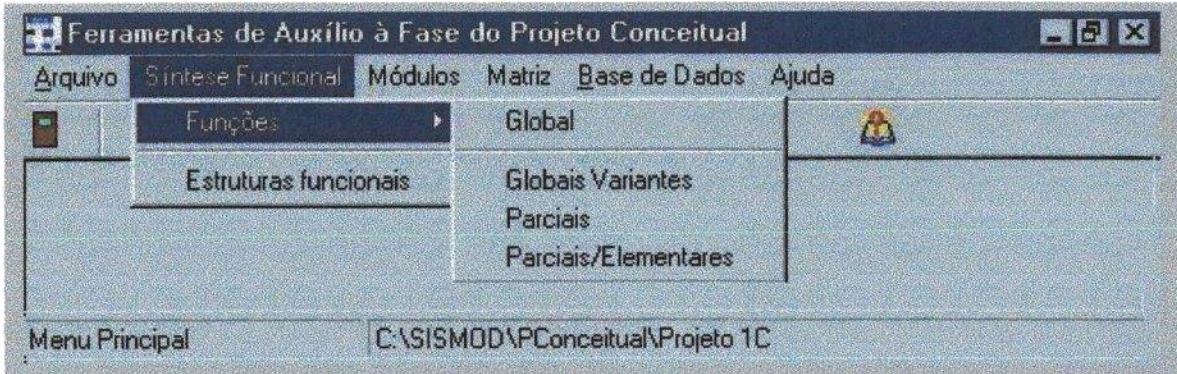


Figura 9.21. Tela do SISMOD que mostra o menu principal do projeto conceitual do sistema modular (Ferramenta 4).

**Definição da Função Global do Sistema Modular**

Domínio do projeto:  
Usina de lixo modular

Missão principal do sistema modular:  
Projetar um sistema modular de "usinas de lixo" para as condições do Estado de Santa Catarina.

Interpretação da missão principal do sistema modular:  
As unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares ("usinas de lixo") tem por missão principal reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de resíduos sólidos domiciliares

Grupos de desejos e necessidades a atender com o sistema modular:  
Fazer o projeto em módulos; usar poucos módulos para compor o projeto; desenvolver um projeto simples de instalar, usar, manter e ampliar, com capacidade de produção de 20 toneladas diárias, com

Caracterização da Função Global do Objeto de Projeto

Entradas:	Qual a função principal do objeto de projeto?	Saídas:
Sinal (s):	Processar RSD	:Sinal (s)
Material (s): Lixo bruto, água, verme	Obs. / Restrições	:Material (s)
Energia (s): Humana, elétrica, hidrául	Os resíduos sólidos domiciliares a serem processados estão na sua	:Energia (s)

Função Global

Continuar Cancela

Figura 9.22. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento da função global do sistema modular (Ferramenta 4).

Os botões "Base de dados" recuperam as informações da fase anterior (projeto informacional), preenchendo automaticamente os campos situados ao lado dos mesmos. Esta é uma opção disponível no



SISMOD. No entanto, se o usuário optar por entrar com novos dados isto pode ser feito clicando-se apenas no campo em branco e, em seguida, digitando as informações que o mesmo achar pertinente.

Já quanto a caracterização da função global do objeto de projeto, o usuário deve preencher as informações referentes aos campos mostrados na Figura 9.22, após o que deve clicar no botão "Continuar" para passar para a próxima tela que o conduzirá à definição das variantes da função global do sistema modular.

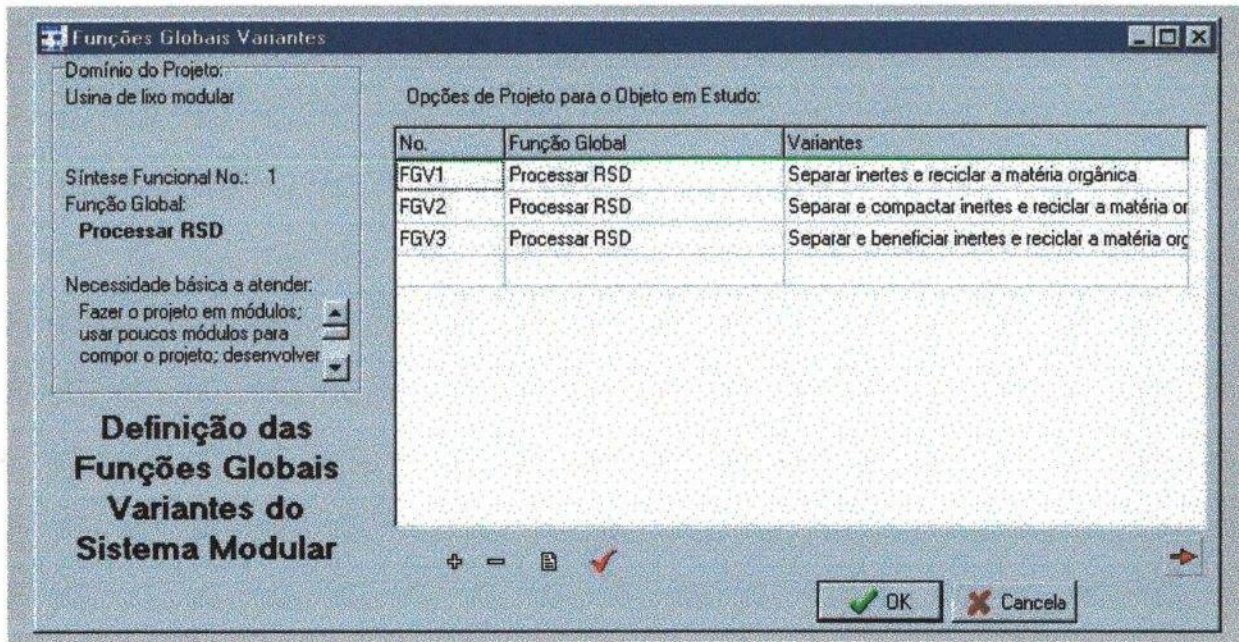


Figura 9.23. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das variantes da função global do sistema modular (Ferramenta 4).

Para o preenchimento desta tela, inicialmente, o usuário deve clicar no ícone "mais" (+). Isto faz surgir na primeira linha um código para a primeira variante (na Figura 9.23, FGV1) e a denominação da função global (na Figura 9.23, Processar RSD) que a originou. Ao lado da denominação desta função global, deve-se denominar (digitar) a primeira das variantes desta função global (na Figura 9.23, a variante 1 é separar inertes e reciclar matéria orgânica). Em seguida, deve-se clicar no ícone de confirmação (✓) e, novamente, no ícone "mais" (+), para inserir uma nova linha e, conseqüentemente, uma nova variante da função global.

O ícone "menos" (-) se destina a apagar informações inseridas; a página (📄) auxilia na edição de algum texto nas linhas inseridas e a seta em vermelho (➔), conduz os usuários às próximas telas de auxílio à caracterização das variantes da função global estabelecidas para o sistema modular.

O botão "OK" salva automaticamente as informações inseridas e conduz o usuário ao ambiente das funções parciais de cada variante da função global do sistema modular (Ver Figura 9.24).

Nesta tela, apresentada na Figura 9.24, são estabelecidas as funções parciais, por meio das interpretações das descrições efetuadas para cada operação necessárias à execução da missão principal de cada variante da função global do sistema modular.

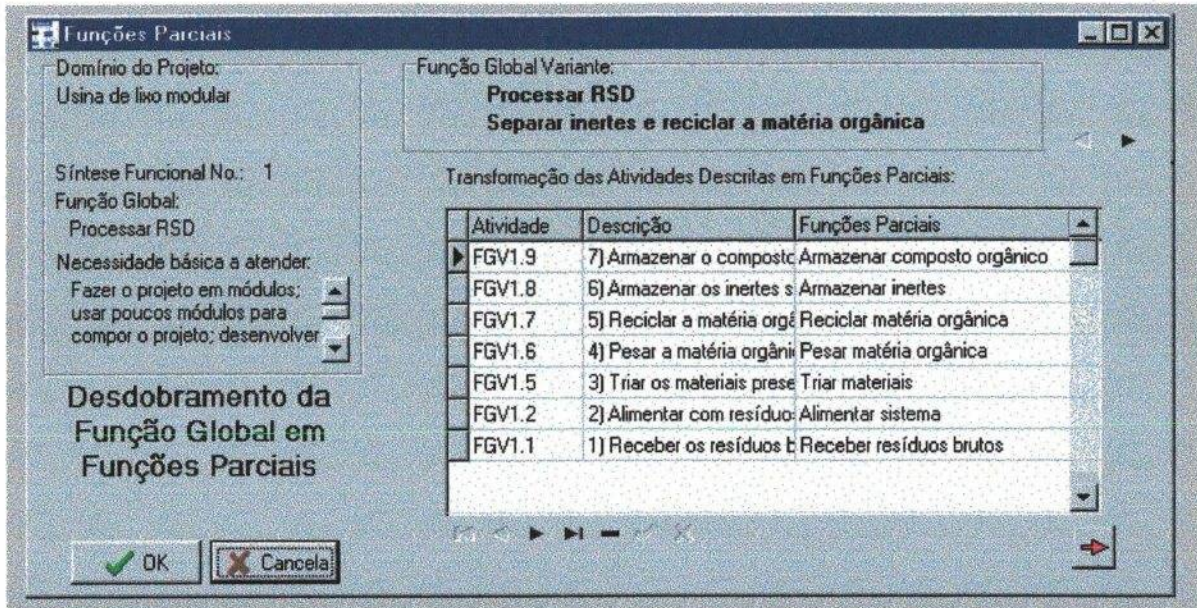


Figura 9.24. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das funções parciais de cada variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4).

A ícone “ponta de seta” (▶), apresentado na Figura 9.24, auxilia o usuário a mudar de variante da função global, assim como percorrer pelas funções parciais estabelecidas. Já a seta em vermelho (→), faz com que o usuário entre no ambiente de caracterização das funções parciais. Para maiores informações sobre este comentário ver Figura 9.25.

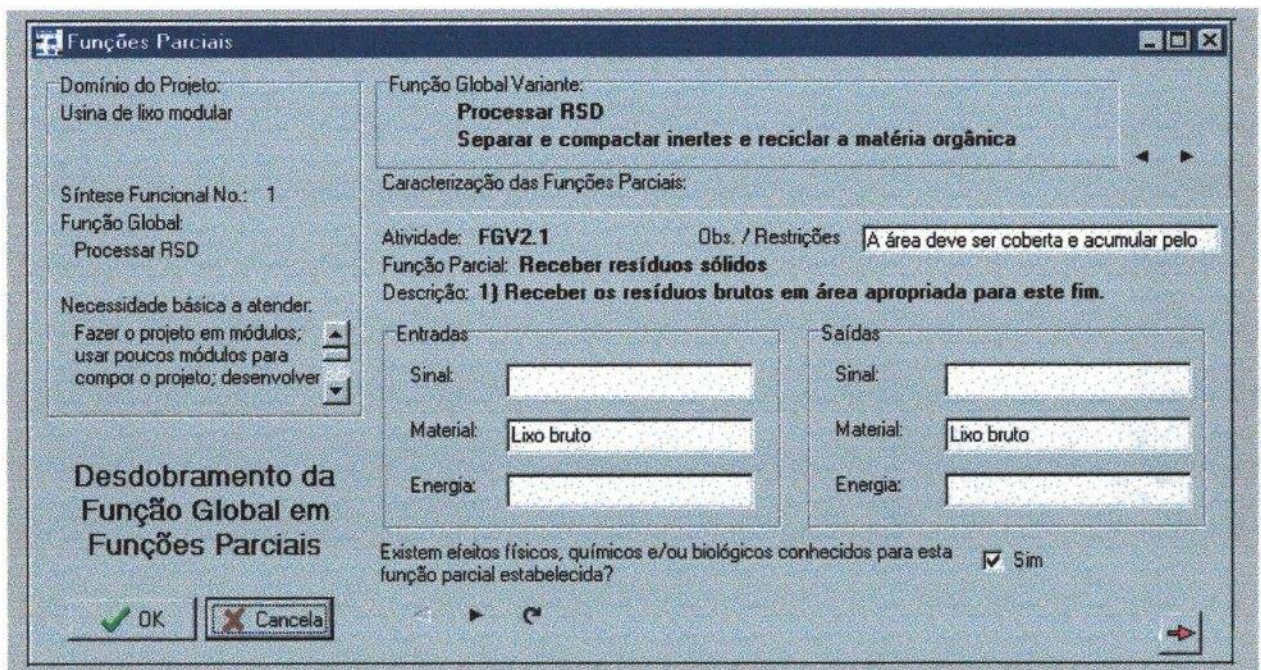


Figura 9.25. Tela do SISMOD de auxílio à caracterização das funções parciais de cada variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4).

A seta curvada que aparece na parte de baixo desta tela tem a função de salvar as informações digitadas. Chama-se a atenção que após preenchidos todos estes campos destinados à caracterização de cada função parcial, será preciso responder a pergunta que está formulada na parte de baixo desta tela, no tocante a existência de efeitos conhecidos para esta função parcial estabelecida. Nos casos positivos esta função não mais será desdobrada devendo, portanto, ser sinalizada conforme apresenta-se na Figura 9.25. Nos casos contrários, deve-se desmarcar o "sim", o que vai indicar que esta função ainda sofrerá desdobramentos. A seta em vermelho auxilia o usuário a mudar de ambiente.

Após percorrer as demais telas destinadas a caracterizar os efeitos estabelecidos, chega-se a tela de auxílio ao estabelecimento das estruturas funcionais do sistema modular (Ver Figura 9.26).

Neste ambiente, o usuário dispõe de sinais destinados a indicar qual ou quais funções iniciam a estrutura funcional (clique duas vezes no campo sinal para ter as opções de sinais). Maiores informações podem ser visualizadas na Figura 12.28, nos apêndices; das funções parciais e, posteriormente, após os desdobramentos, das funções elementares que compõem cada variante da função global do sistema modular e, por fim, dos campos destinados a informar se tais funções estão em série e/ou em paralelo com quais outras funções.

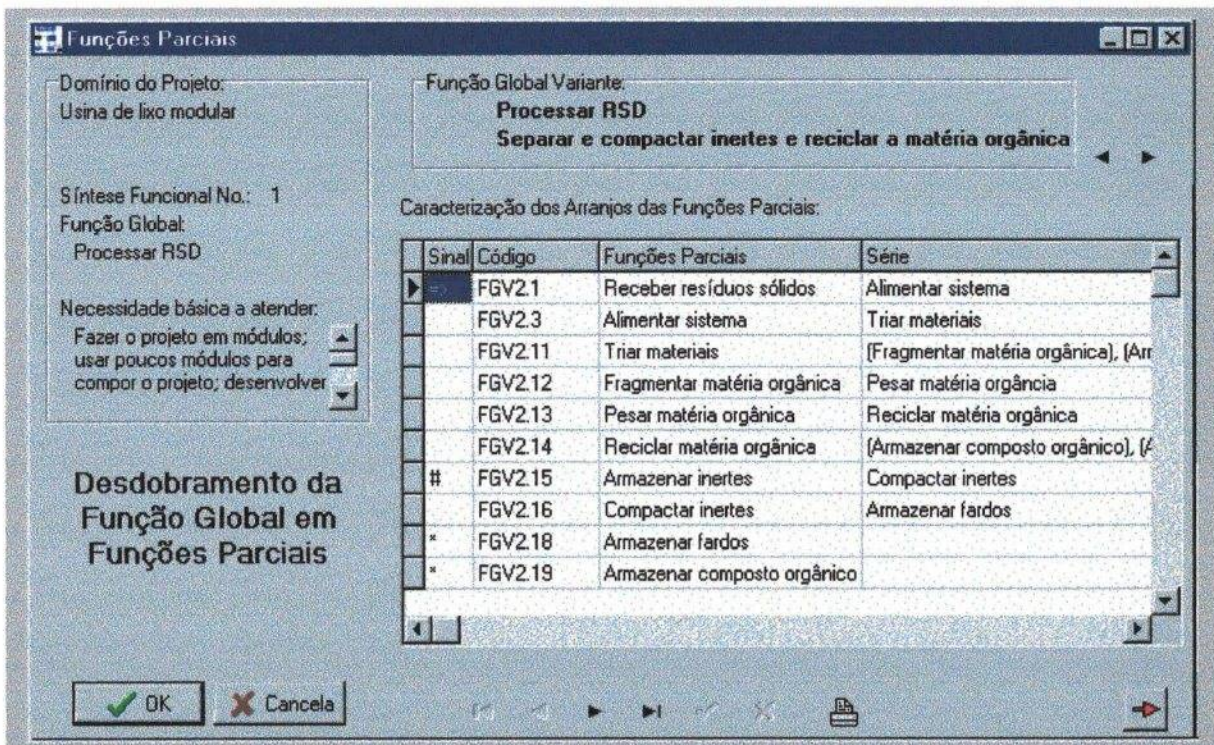


Figura 9.26. Tela do SISMOD de auxílio à construção das estruturas funcionais do sistema modular (Ferramenta 4).

Estas informações aliadas as recomendações apresentadas no Apêndice M, orientam os usuários deste sistema a estabelecerem as alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular.

Há de salientar, que as representações gráficas destas estruturas funcionais não são executadas no ambiente do SISMOD devendo, portanto, serem executadas em outros ambientes de auxílio à construção

de fluxogramas, devido as dificuldades encontradas em manusear informações do tipo texto e gráficas ao mesmo tempo.

Estabelecidas estas alternativas de estruturas funcionais, volta-se ao menu principal do projeto conceitual e entra-se no ambiente de estabelecimento dos módulos funcionais, de seleção da variante e da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto e no ambiente de estabelecimento dos módulos construtivos (Ver Figura 9.27).

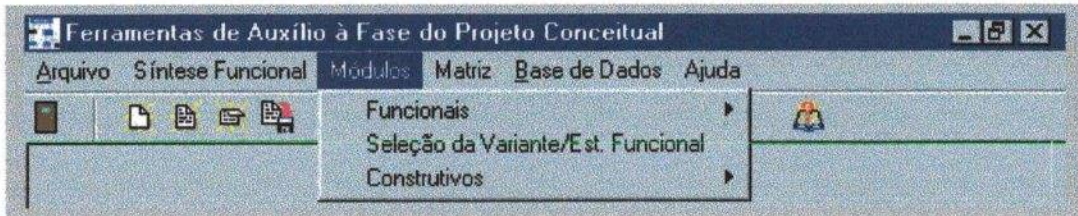


Figura 9.27. Tela do SISMOD que mostra o menu principal do projeto conceitual do sistema modular (Ferramenta 4/Ferramenta 5).

No ambiente dos módulos funcionais, destaca-se a matriz similaridade apresentada na Figura 9.28, destinada a auxiliar os projetistas a estabelecerem quais funções são iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais e diferentes (ver Apêndice M), entre as alternativas de estruturas funcionais das variantes da função global do sistema modular.

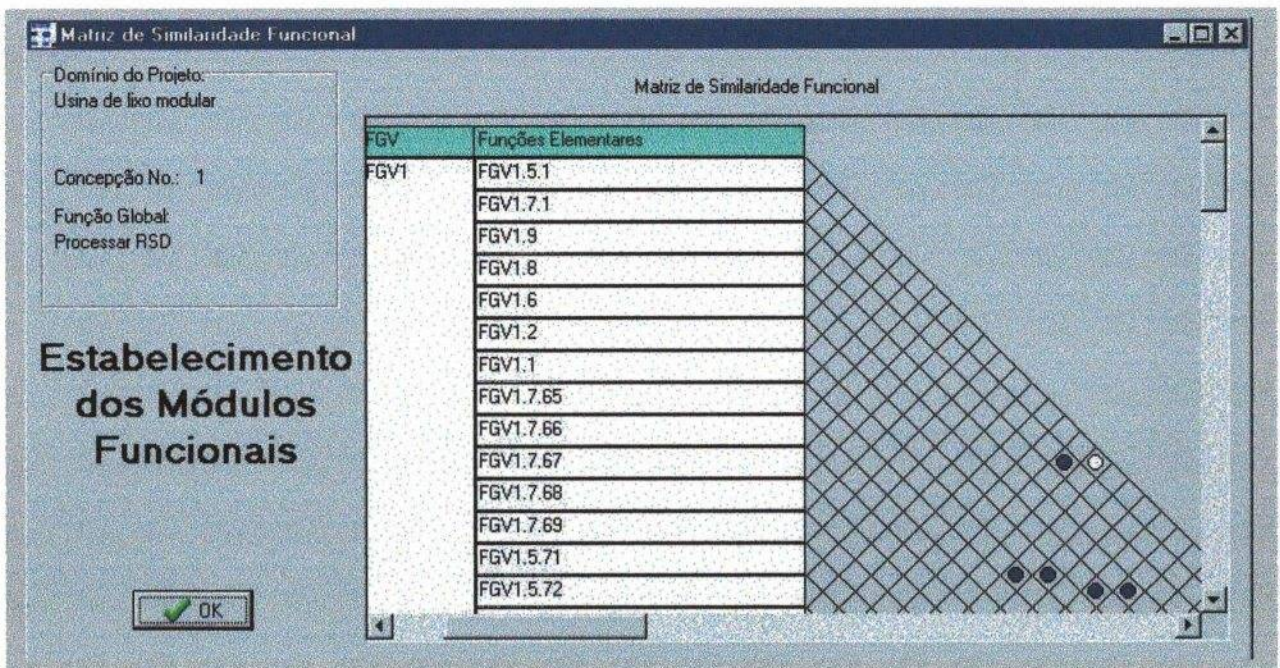


Figura 9.28. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento da similaridade das funções estabelecidas para compor o sistema modular (Ferramenta 4).

Para tanto o usuário deve clicar uma vez com o botão direito sobre esta matriz para se ter acesso ao menu de relacionamentos e, em seguida, sobre a opção "Relacionar funções", para entrar no ambiente de relacionamento de funções. Para maiores informações ver Figura 9.29.

Figura 9.29. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos relacionamentos entre funções (Ferramenta 4).

Neste ambiente o usuário tem a sua disposição a relação de funções elementares estabelecidas para o sistema modular. Cabe a ele, neste instante, relacionar as funções entre si, isto é, ele deve fixar uma função, por exemplo, a FGV2.14.1 (Amontoar matéria orgânica) da variante 2 e relacionar com as demais funções das demais variantes, a fim de estabelecer se esta função é igual, parcialmente igual, semanticamente igual ou diferente quando comparada com as demais funções estabelecidas para o sistema modular.

Sob este enfoque existem três perguntas elaboradas neste ambiente (ver Figura 9.29). Inicialmente o usuário deve ir para a primeira pergunta. Se o mesmo responder "sim", o sistema classifica esta função com peso 5 e abre-se automaticamente um campo nesta tela destinado a registrar alguma observação sobre a mesma. Se o usuário clicar em "não", ele passa para a segunda pergunta e o procedimento se repete. Caso ele responda "não" para todas as perguntas, esta função é considerada uma função diferente e recebe classificação "zero".

Concluído os relacionamentos o usuário deve clicar no botão "OK" que o levará ao ambiente de otimização de funções, ou seja, ao ambiente onde o mesmo poderá modificar as funções visando torná-las comuns nas diversas variantes estabelecidas. Este ambiente é representado na tela mostrada na Figura 9.30 a seguir.

Este ambiente mostra as funções que compõem o sistema modular e a sua situação em relação umas às outras, isto é, quais funções são iguais, parcialmente iguais e semanticamente iguais.

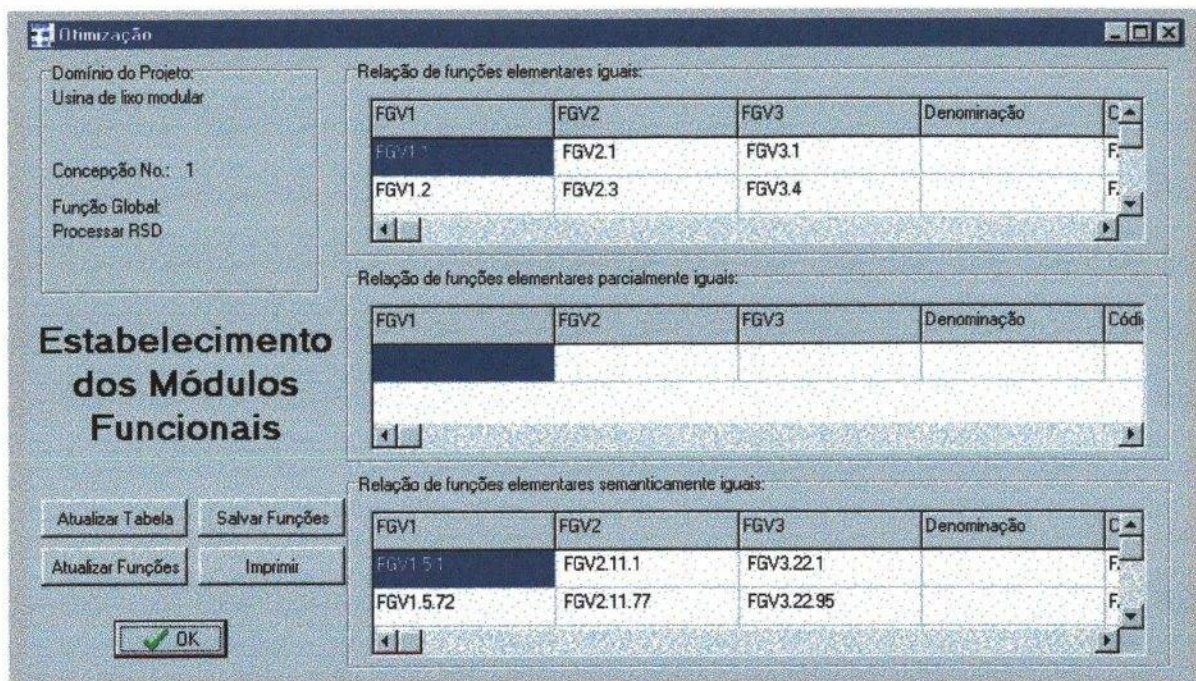


Figura 9.30. Tela do SISMOD de auxílio à otimização de funções (Ferramenta 4).

Caso o usuário deseje otimizar algumas destas funções, ou seja, transformar as funções que são semanticamente iguais em parcialmente iguais ou em funções iguais ou, ainda, transformar as funções que são parcialmente iguais em funções iguais, ele deverá clicar com o botão direito nesta tela a fim de entrar no ambiente de otimização de funções apresentado na Figura 9.31. Ali ele deve indicar quais funções devem ser transformadas; em seguida voltar a tela da Figura 9.30 e clicar no botão “Atualizar tabela”, para atualizar as funções. Posteriormente, o usuário deve clicar no botão “Salvar funções”, para gravar as informações manuseadas.

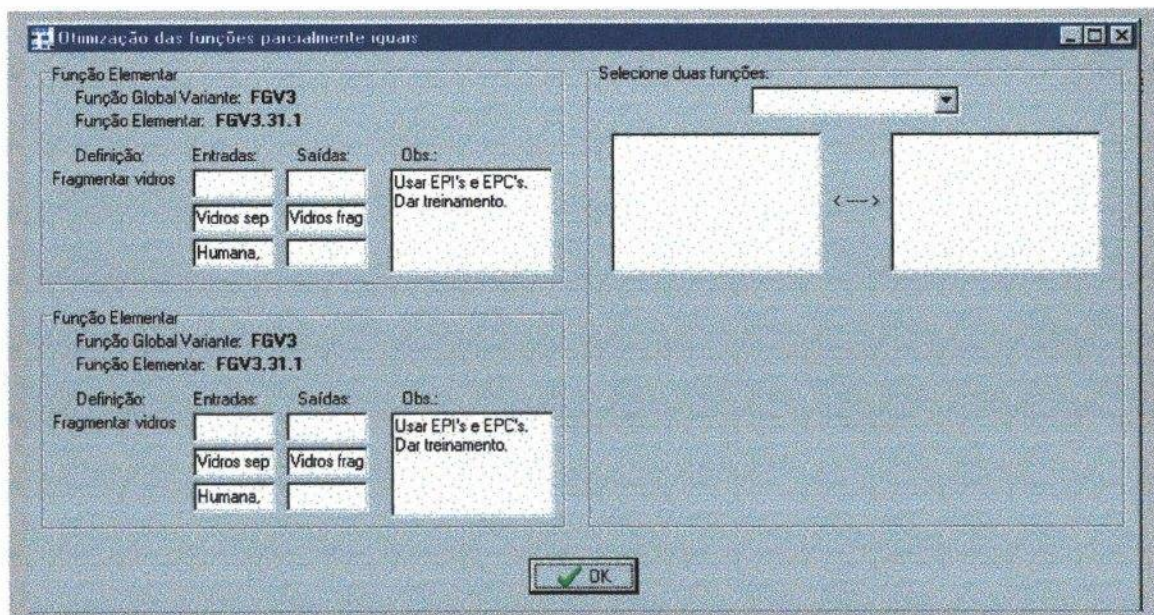


Figura 9.31. Tela do SISMOD destinada a auxiliar a equipe de projeto a indicar quais funções devem ser otimizadas (Ferramenta 4).

Concluída esta atividade, o usuário deve clicar no botão “OK” e, novamente, no botão “OK” da tela seguinte para que o mesmo entre no ambiente de criação dos módulos funcionais, Figura 9.32.

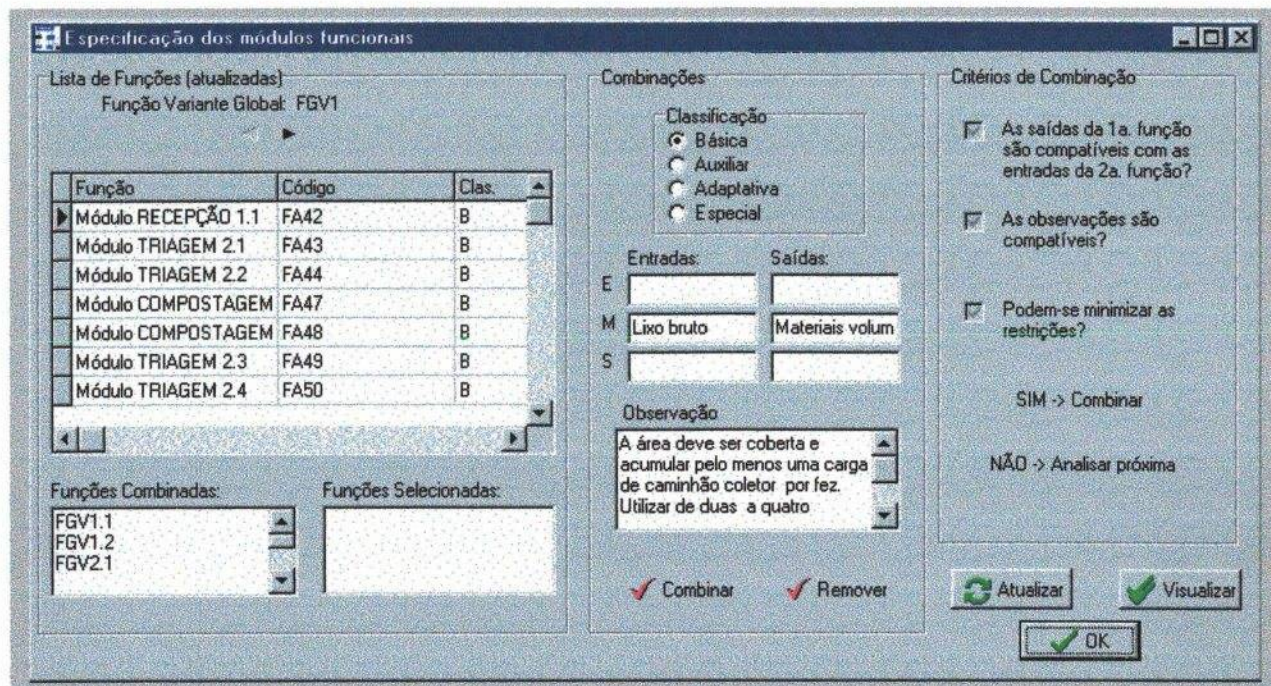


Figura 9.32. Tela do SISMOD destinada a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer os módulos funcionais do sistema modular (Ferramenta 4).

Aqui cabe uma explicação: a criação dos módulos funcionais é realizada a partir da combinação das funções estabelecidas para o sistema modular apresentadas, de maneira automática, no campo “Função” da Figura 9.32. Em seguida o usuário deve ir selecionando com duplo clique as funções que formarão os módulos funcionais do sistema modular. Ao final desta operação o mesmo deve clicar em “Combinar” e, automaticamente, o sistema atualiza a lista de funções criando uma nova função com código “FA?”.

Este procedimento deve ser repetido para todas as variantes da função global do sistema modular e ao final, deve-se apagar as funções elementares (tipo FGV??.?) utilizando o comando “Ctrl + Del” da lista de funções apresentada no campo “Função” da Figura 9.32. Por fim, clica-se em “OK” para voltar ao menu principal do projeto conceitual.

Concluída esta atividade, passa-se a selecionar a variante da função global que melhor se enquadra no problema de projeto e, posteriormente, a alternativa de estrutura funcional, dentro desta variante escolhida, que melhor atende o problema de projeto.

A primeira das telas que se visualiza ao entrar neste ambiente é a que traz as variantes da função global, sua denominação e a quantidade de estruturas funcionais que as compõem. Para maiores esclarecimentos ver Figura 9.33.

Na tela (Figura 9.34) o usuário dispõe da lista de O QUES, das variantes que compõe o sistema modular, de um ambiente de relacionamentos entre O QUES X VARIANTES e de um campo para apresentar as justificativas dos relacionamentos.

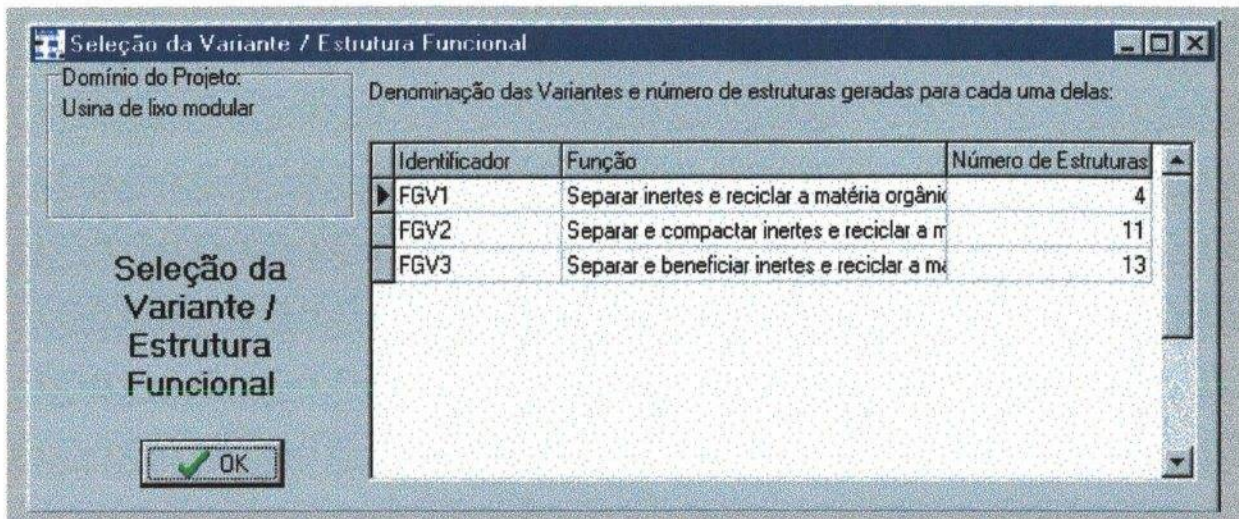


Figura 9.33. Tela do SISMOD que mostra as opções de variantes do sistema modular, destinadas a satisfazerem os desejos e necessidades dos clientes do projeto (Ferramenta 4).

Ao clicar no botão "OK" da Figura 9.33, entra-se na tela visualizada na Figura 9.34.

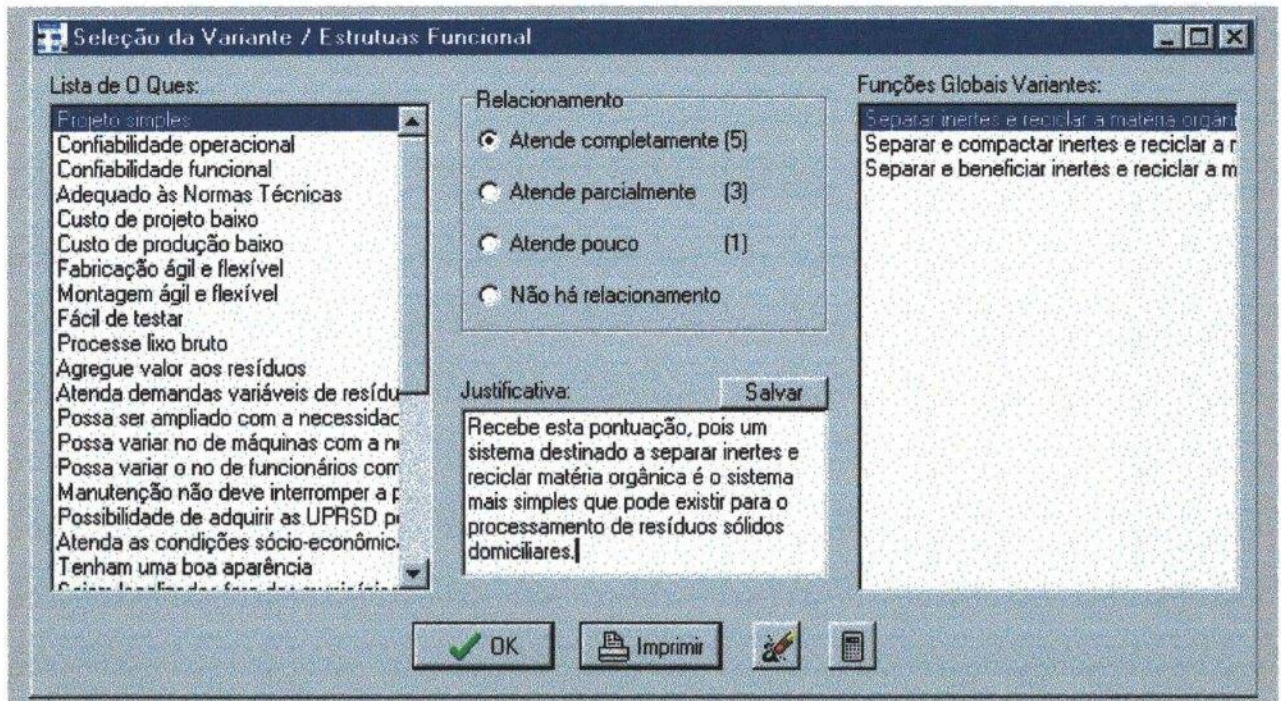


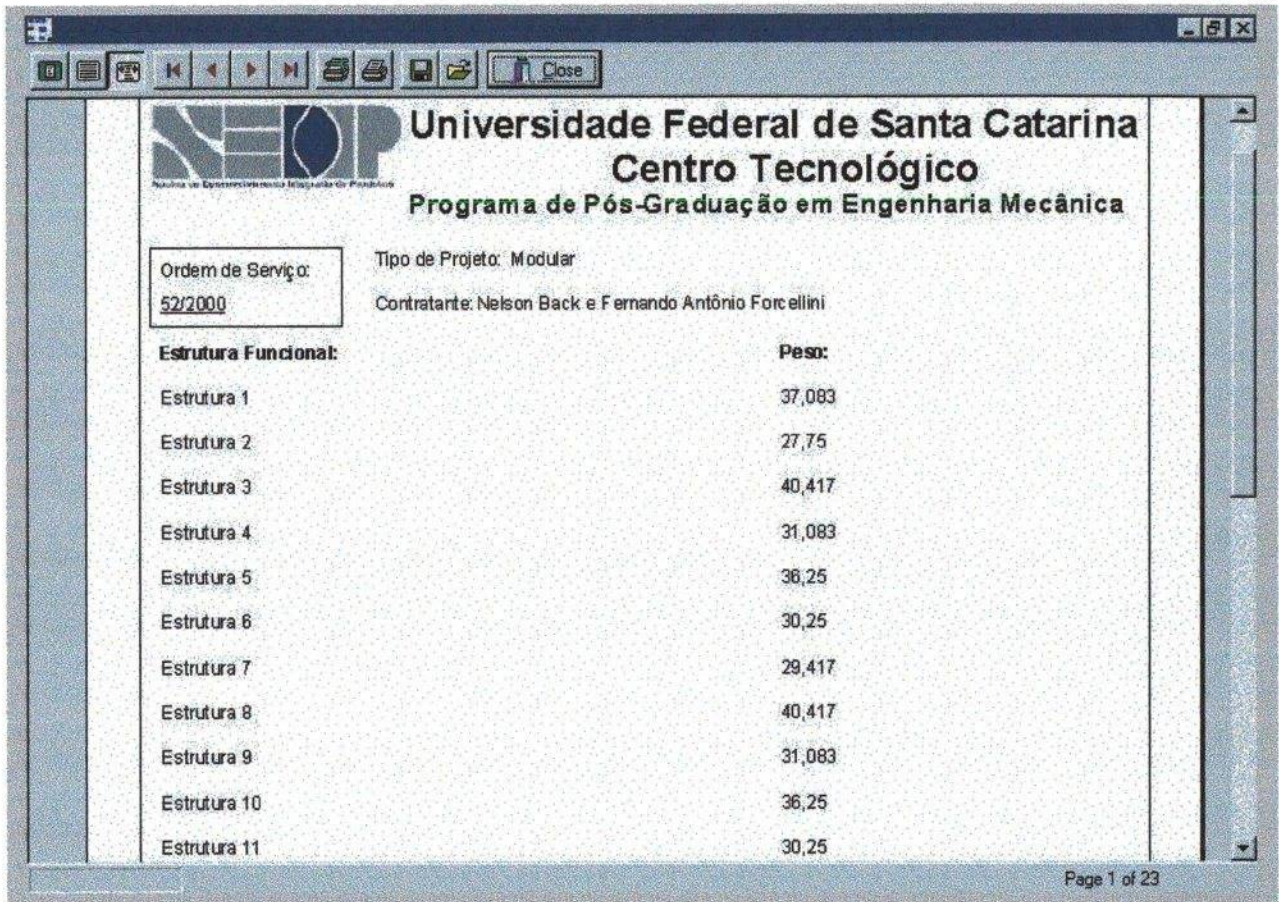
Figura 9.34. Tela do SISMOD de auxílio à seleção da variante da função global do sistema modular (Ferramenta 4).

Ao finalizar os relacionamentos o mesmo deve clicar no botão "Calculadora" e, em seguida, no botão "Imprimir" para visualizar o relatório que mostra a classificação obtida. Como exemplo desta atividade



apresenta-se na Figura 9.35 o resultado para a seleção das alternativas de estruturas funcionais para a variante de número dois do sistema modular (Separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica).

Nos casos em que duas ou mais estruturas funcionais tenham pontuações iguais, deve-se valer das justificativas dadas quando da montagem das mesmas, afim de escolher a que melhor contemplará o problema de projeto. Detalhe: a maior pontuação determina a melhor estrutura funcional.



Ordem de Serviço: 52/2000

Tipo de Projeto: Modular

Contratante: Nelson Back e Fernando Antônio Forcellini

Estrutura Funcional:	Peso:
Estrutura 1	37,083
Estrutura 2	27,75
Estrutura 3	40,417
Estrutura 4	31,083
Estrutura 5	36,25
Estrutura 6	30,25
Estrutura 7	29,417
Estrutura 8	40,417
Estrutura 9	31,083
Estrutura 10	36,25
Estrutura 11	30,25

Page 1 of 23

Figura 9.35. Tela do SISMOD que mostra o resultado da seleção das alternativas de estruturas funcionais que melhor atendem o problema de projeto (Ferramenta 4).

Concluída esta atividade, deve-se retornar ao menu principal do projeto conceitual, visando estabelecer as concepções construtivas para os módulos funcionais do sistema modular.

A primeira das telas que surge é a que se apresenta na Figura 9.36.

Ao clicar no botão "OK", visualiza-se a pergunta mostrada mais à frente desta tela (Figura 9.36), na qual o usuário deverá responder por módulo funcional estabelecido, se ele estabelecerá os princípios de solução para o módulo construtivo a partir do módulo como um todo ou se ele o tratará de maneira particular, por funções que o compõem.

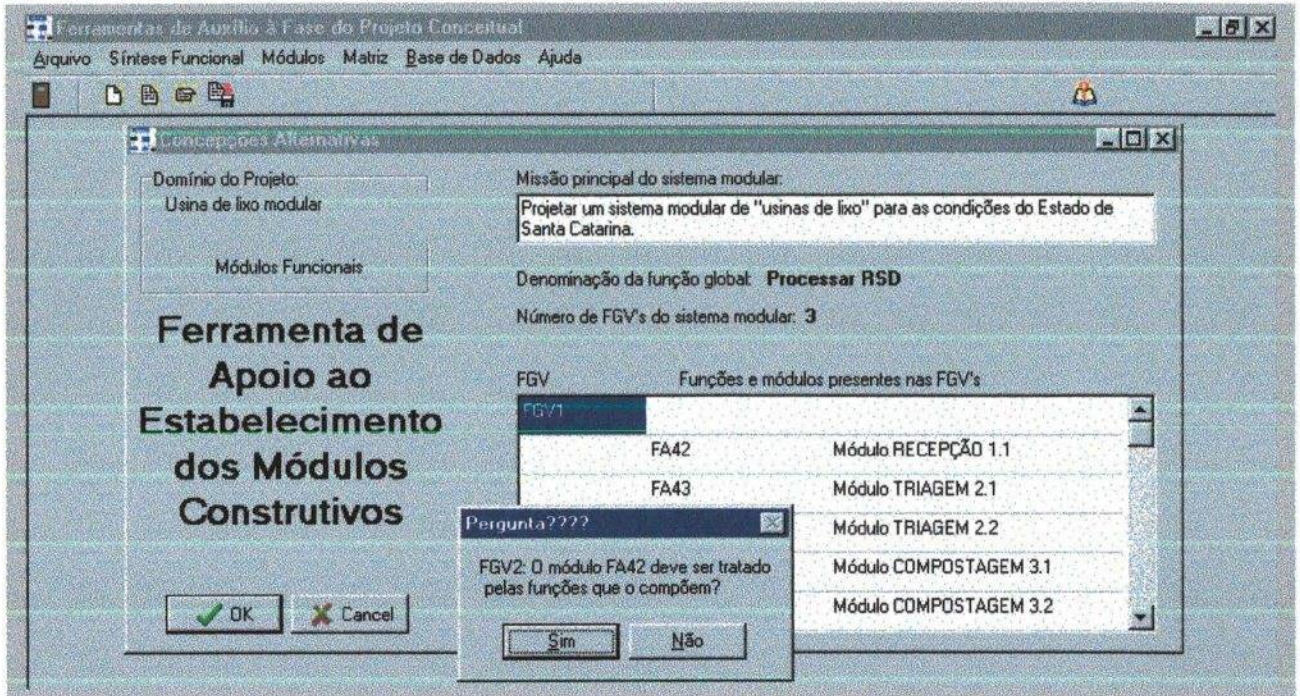


Figura 9.36. Telas do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular (Ferramenta 5).

Ao responder estas perguntas, entra-se no ambiente de especificação dos efeitos, portadores de efeitos e princípios de solução por módulo funcional estabelecido. Ver Figura 9.37.

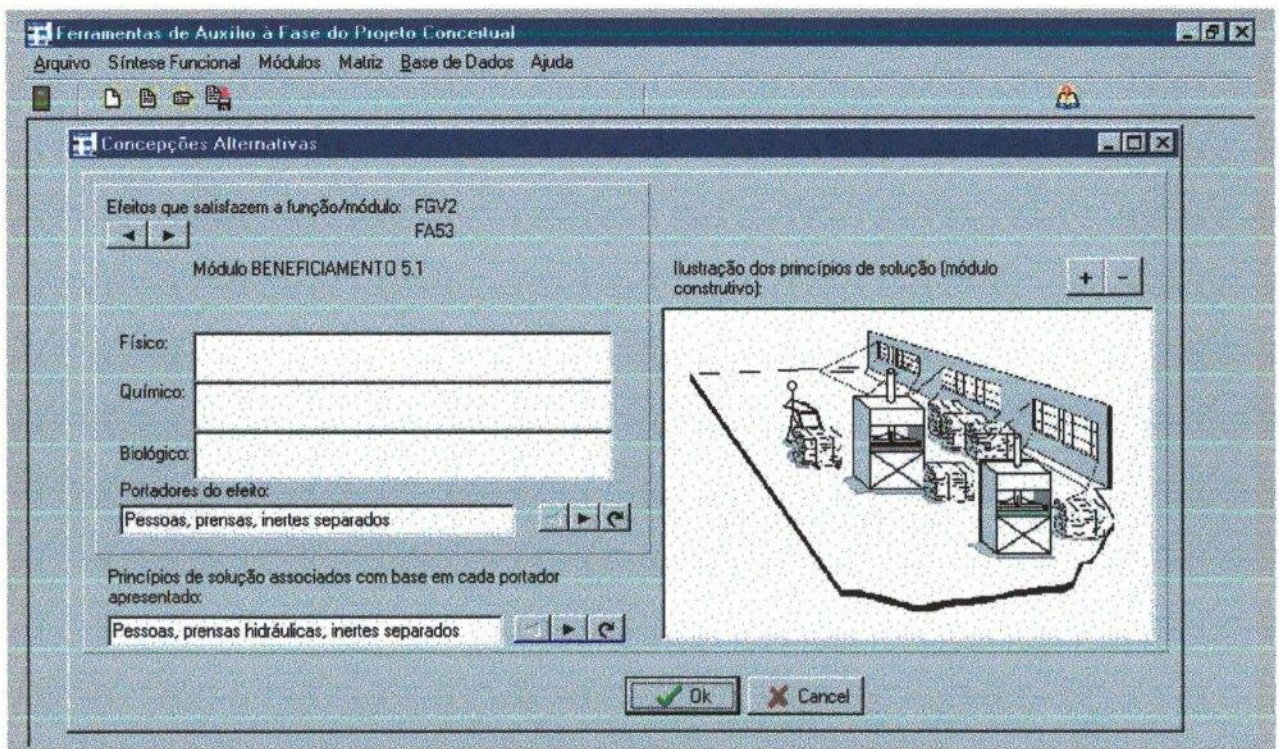


Figura 9.37. Tela do SISMOD destinada ao estabelecimento dos efeitos, portadores de efeitos e princípios de solução que contemplam os módulos funcionais do sistema modular (Ferramenta 5).

Uma observação cabe neste momento: para se trabalhar com as telas seguintes do SISMOD, faz-se necessário preencher pelo menos um portador de efeito e um princípio de solução para cada módulo funcional apresentado. Caso isto não seja observado o sistema acusará erro.

Com relação ao estabelecimento dos princípios de solução a compor este ambiente (Figura 9.37) a equipe de projeto pode tanto concebê-los através de algum método de auxílio à criatividade fora do ambiente do SISMOD ou encontrá-los prontos no mercado. Em ambos os casos deve-se, neste ambiente, apresentar um croqui, um desenho ou uma foto do mesmo, como forma de melhor visualizá-lo.

Assim sendo, as pontas de setas servem para mudar de módulo funcional, portadores de efeitos e princípios de solução. O sinal mais “+” adiciona um croqui, desenho ou foto no campo destinado a ilustração do princípio de solução (detalhe: a figura deverá ter extensão ponto bmp “?.bmp.”); o sinal menos “-” retira (apaga) uma figura existente. A seta curvada salva as informações e o botão “OK” muda de tela.

Concluída esta atividade o usuário deve mudar para o ambiente destinado a selecionar os melhores princípios de solução a contemplarem o problema de projeto, Figura 9.38.

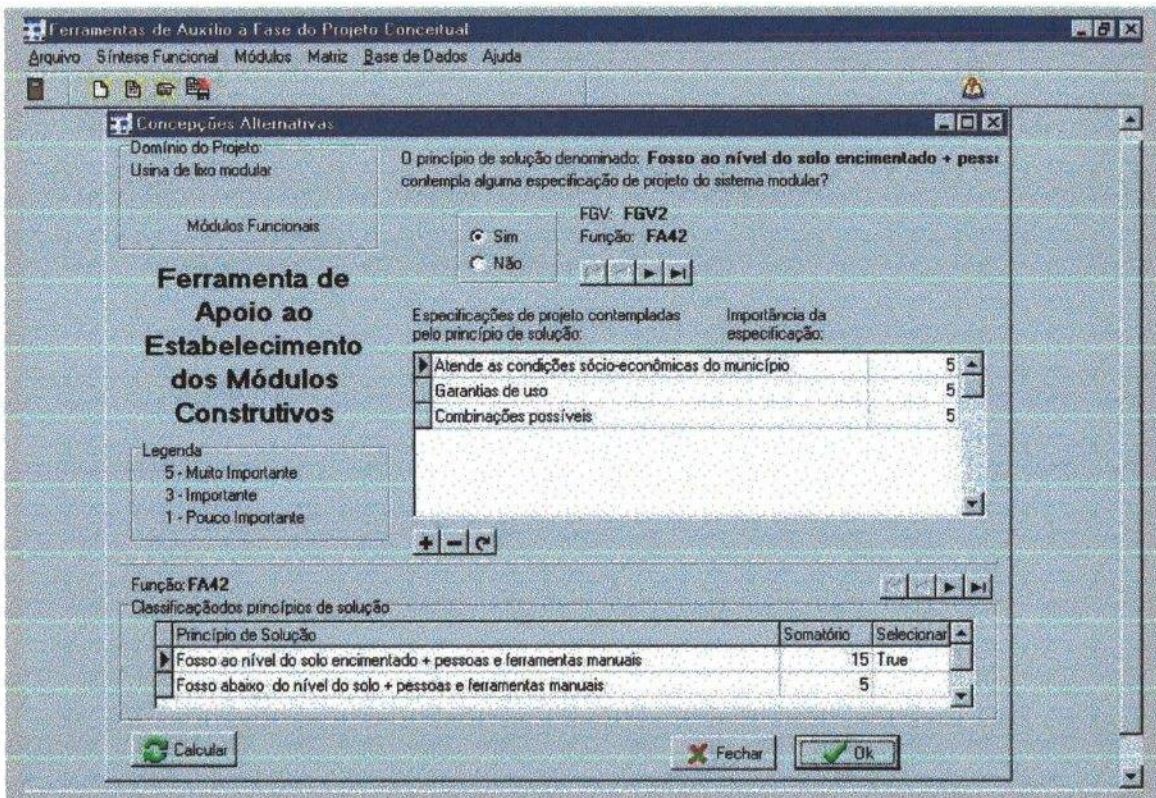


Figura 9.38. Tela do SISMOD de auxílio à escolha dos melhores princípios de solução a compor os módulos construtivos destinados a atender o problema de projeto (Ferramenta 5).

Ao clicar nas pontas de setas mudam-se os módulos funcionais e demais opções presentes nesta tela. Para cada módulo funcional apresentado, deve-se responder a pergunta visualizada na parte de cima desta tela. Em seguida, deve-se digitar as especificações de projeto atendidas por tal módulo construtivo e a importância desta especificação no desenvolvimento do projeto.

Ao final deve-se clicar no botão “Calcular” para que o sistema efetue o somatório dos valores atribuídos a estas especificações de projeto por módulo construtivo. Por fim, deve-se escolher o princípio de

solução que melhor contempla o módulo construtivo, a partir de um duplo clique no campo destinado a selecionar o princípio de solução.

Concluída esta atividade clica-se no botão "OK" para entrar no ambiente de interfaceamento entre princípios de solução. Para maiores informações ver Figura 9.39.

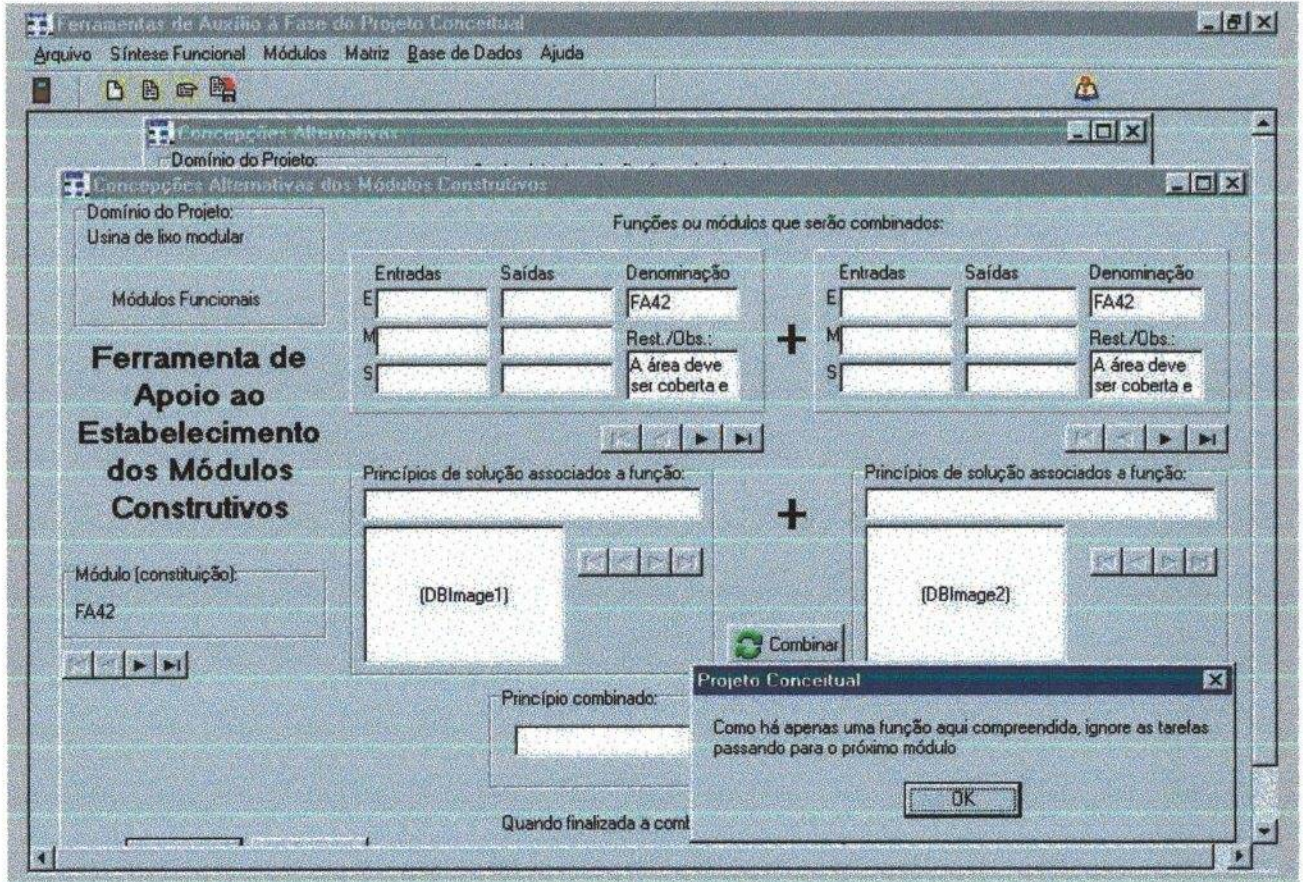


Figura 9.39. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos (módulo funcional tratado de maneira particularizada) (Ferramenta 5).

Este ambiente fornece ao usuário a possibilidade de combinar princípios de solução entre si, a fim de estabelecer o módulo construtivo associado ao seu respectivo módulo funcional. Como neste caso, trabalhou-se o módulo funcional de maneira global, isto é, procurou-se estabelecer um princípio de solução que o atendesse de maneira geral e não por funções que o compõe, surge nesta tela a mensagem visualizada na Figura 9.39, a saber: "Como há apenas uma função aqui compreendida, ignore as tarefas passando para o próximo módulo".

Caso os módulos funcionais fossem trabalhados de maneira particularizada, isto é, por funções que os compõem, apareceriam nesta tela todas as funções estabelecidas para cada módulo funcional, assim como seus respectivos princípios de solução. Através de uma associação destes princípios de solução (Indicando o nome do módulo construtivo e clicando no botão "Combinar") o usuário estabeleceria as concepções construtivas para cada módulo funcional do sistema modular.

No entanto, como neste exemplo procedeu-se de maneira diferente, ou seja, trabalhou-se visando estabelecer o princípio de solução para o módulo como um todo, passa-se para a próxima tela do SISMOD destinada a auxiliar o usuário do sistema a estabelecer os módulos construtivos (módulo funcional tratado de maneira global).

Para maiores esclarecimentos ver Figura 9.40, que mostra entre outros aspectos os campos destinados a denominação do módulo construtivo que está sendo estabelecido; a concepção proposta (constituição do módulo) e um croqui, que dá uma visão melhor desta concepção.

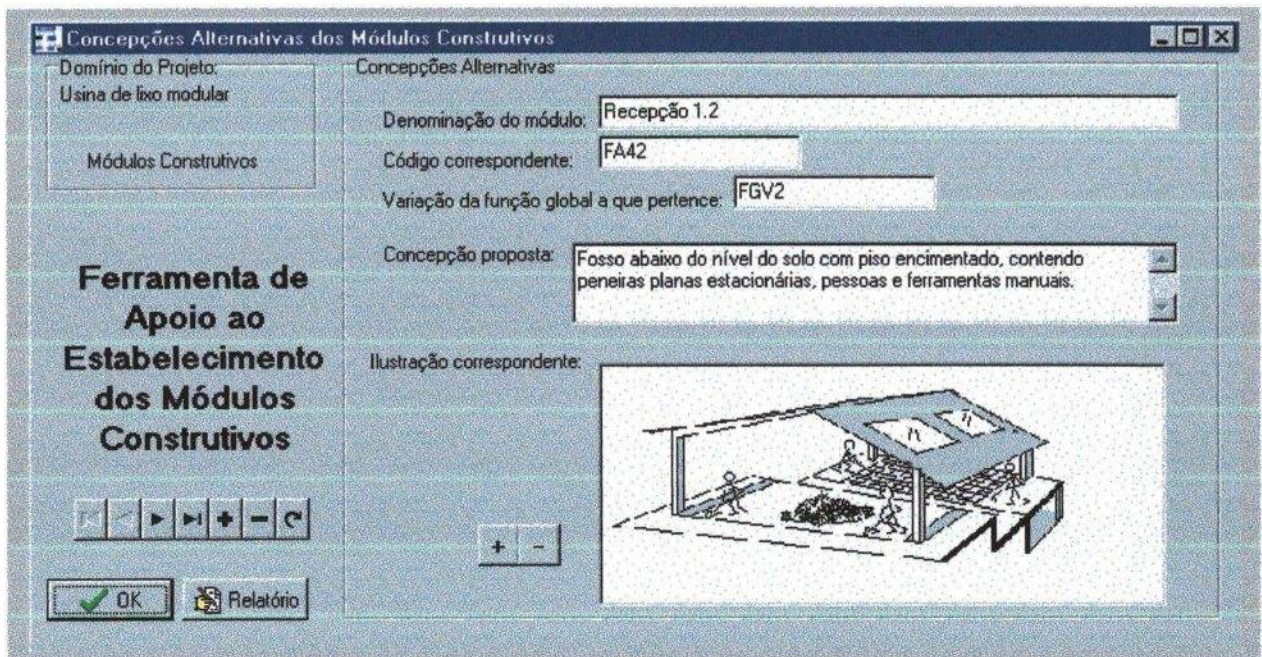


Figura 9.40. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento dos módulos construtivos (Módulo tratado de maneira global) (Ferramenta 6).

Estabelecidas todas as opções de módulos construtivos destinadas a atender o problema de projeto, o usuário deve retornar ao menu principal do projeto conceitual e entrar no ambiente referente à matriz de concepção do sistema modular.

Neste ambiente ele visualizará a tela apresentada na Figura 9.41.

A primeira atividade a ser executada nesta tela, é indicar a variante que foi selecionada visando atender o problema de projeto. Isto fará com que o sistema apresente todos os módulos funcionais que o compõe. Em seguida, é preciso dar um duplo clique sobre o módulo funcional que deverá compor a concepção de projeto, a fim de que apareça no campo "Denominação" os módulos construtivos associados a cada um destes módulos funcionais. Posteriormente, deve-se selecionar um dos módulos construtivos a compor a concepção de projeto e em seguida clicar no botão "Adicionar". Este procedimento fará com que o sistema vá montando a concepção de projeto escolhida.

Concluída esta primeira concepção, o usuário deve ir ao campo "Concepção" (parte de cima da tela) e mudar a numeração indicando que será estabelecida uma nova concepção de projeto e repetir as operações mencionadas anteriormente.

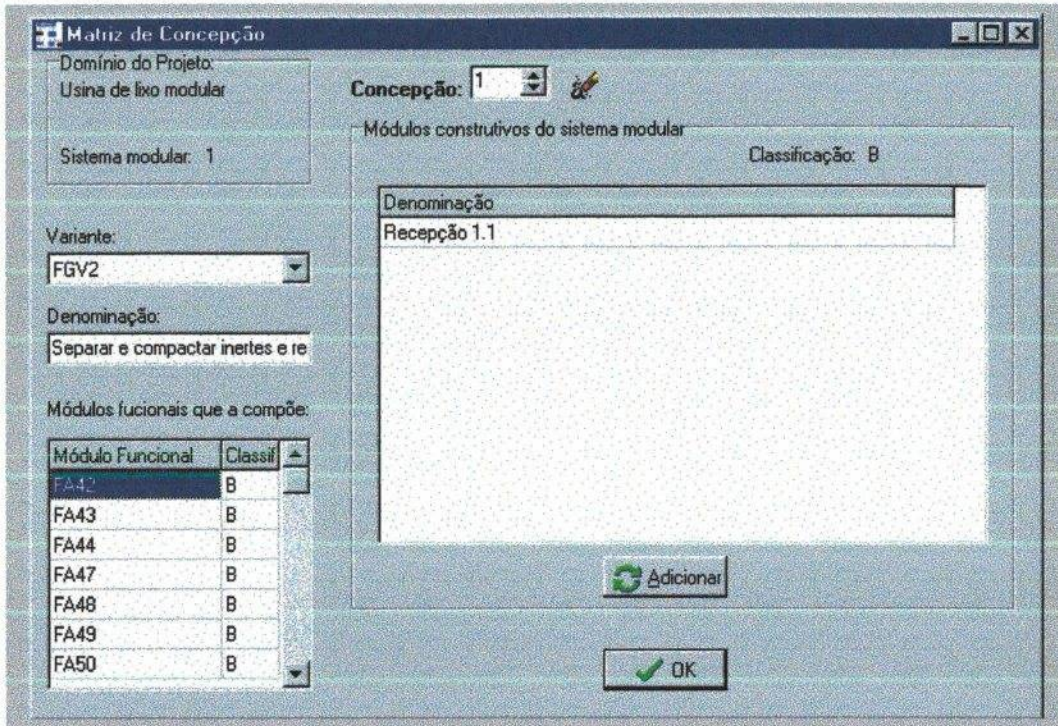


Figura 9.41. Tela do SISMOD de auxílio ao estabelecimento das concepções do sistema modular (Ferramenta 6).

Concluídas todas as concepções possíveis o usuário deve clicar no botão “OK” (Figura 9.41) que o levará a tela visualizada na Figura 9.42.

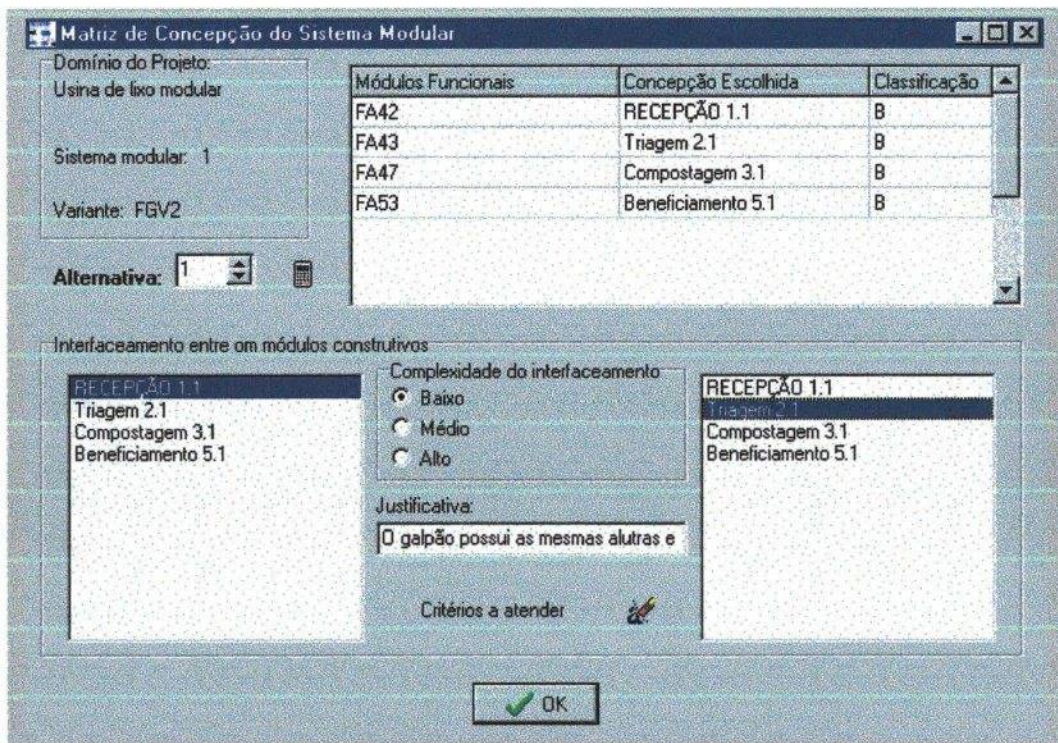


Figura 9.42. Tela do SISMOD de auxílio ao interfacing dos módulos do sistema modular (Ferramenta 6).

Neste ambiente, o mesmo deve clicar nos módulos a unir (em destaque azul na Figura 9.42), indicar a complexidade do interfaceamento entre eles e, por fim, justificar a complexidade atribuída a este acoplamento. Este procedimento deve ser repetido para as demais alternativas de concepção. No final deve-se clicar no botão “OK”, que efetuará o cálculo e indicará as duas melhores concepções de projeto a atender o problema de projeto.

Para maiores informações visualizar a Figura 9.43.

Neste ambiente o SISMOD apresenta, entre outros aspectos, a seleção das duas melhores concepções de projeto destinadas a atender o problema de projeto baseadas nas complexidades dos interfaceamentos das mesmas.

Neste instante o usuário analisa as escolhas efetuadas. Se elas forem adequadas, ele clica no botão “OK”, que o conduzirá à tela do menu principal do projeto conceitual. Em seguida, ele deve passar ao estágio de avaliação destas concepções de projeto, a fim de determinar qual delas deverá ser levada à próxima fase do processo de projeto. Nos casos contrários ele deve refazer as operações anteriores e efetuar nova seleção.

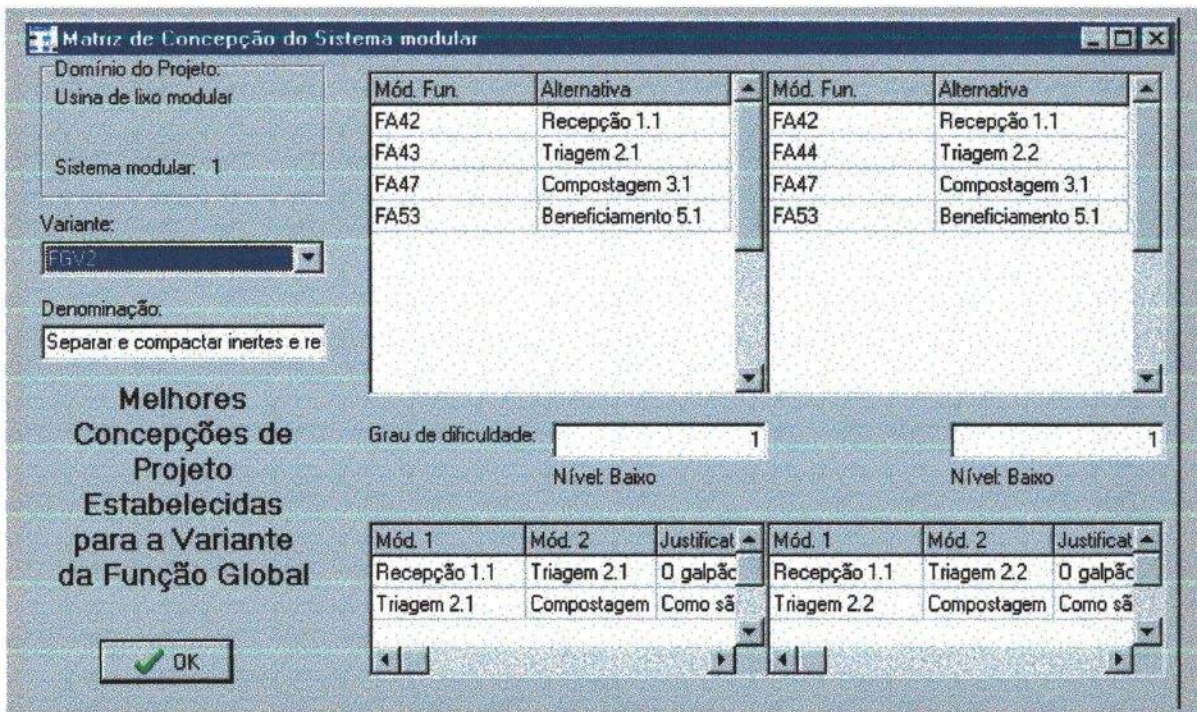


Figura 9.43. Tela do SISMOD que apresenta a seleção das duas melhores concepções de projeto para o problema em estudo (Ferramenta 6).

Para avaliar qual destas duas concepções de projeto é a mais adequada à solução do problema em estudo, o usuário deve entrar no ambiente visualizado na Figura 9.44.

Neste ambiente o usuário deve digitar o nome da concepção (Modelo de usina 1) no campo “Descrição da concepção”. Em seguida, deve-se clicar no campo “Mód. Construtivos” para se ter acesso aos módulos que compõem a referida concepção de projeto. Posteriormente deve-se ir preenchendo os demais campos desta tela no que se refere aos “Principais componentes do módulo, Materiais constituintes, Processos de produção e Outras informações”.

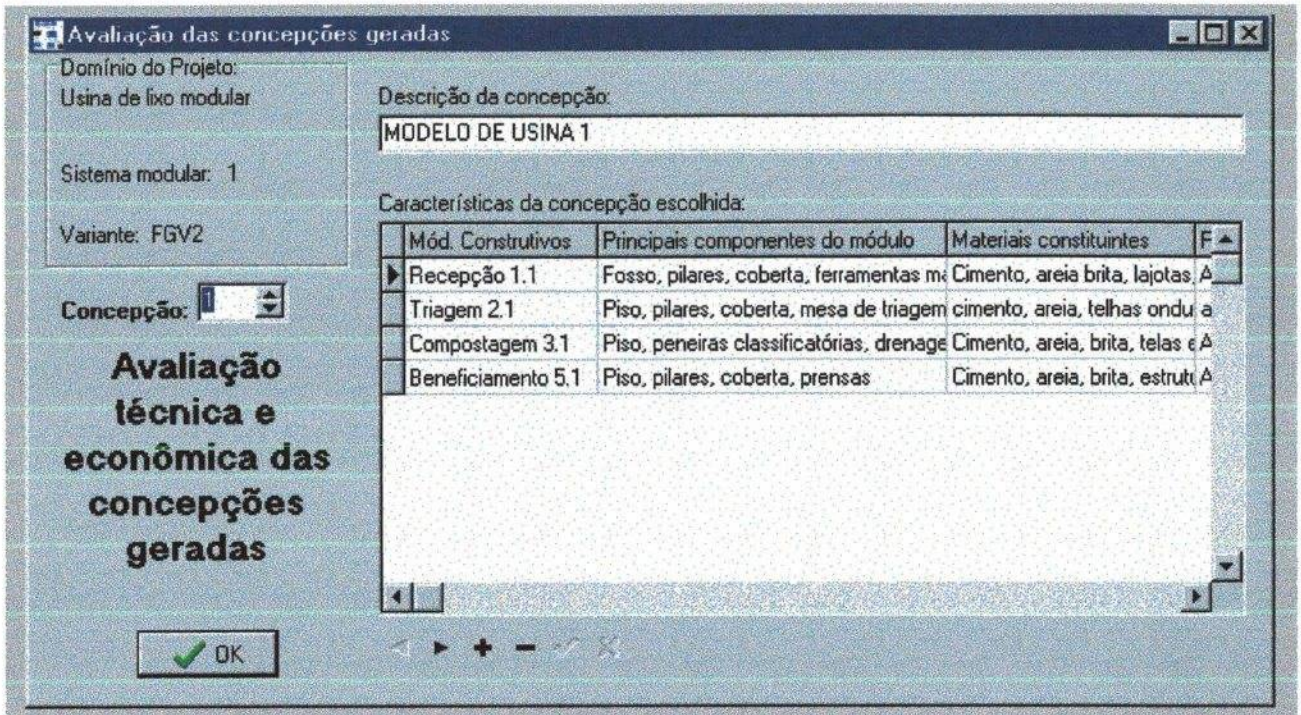


Figura 9.44. Primeira das telas do SISMOD de auxílio à avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7).

Concluída esta atividade, deve-se clicar no botão “OK” (Figura 9.44), que o levará ao ambiente apresentado na Figura 9.45.

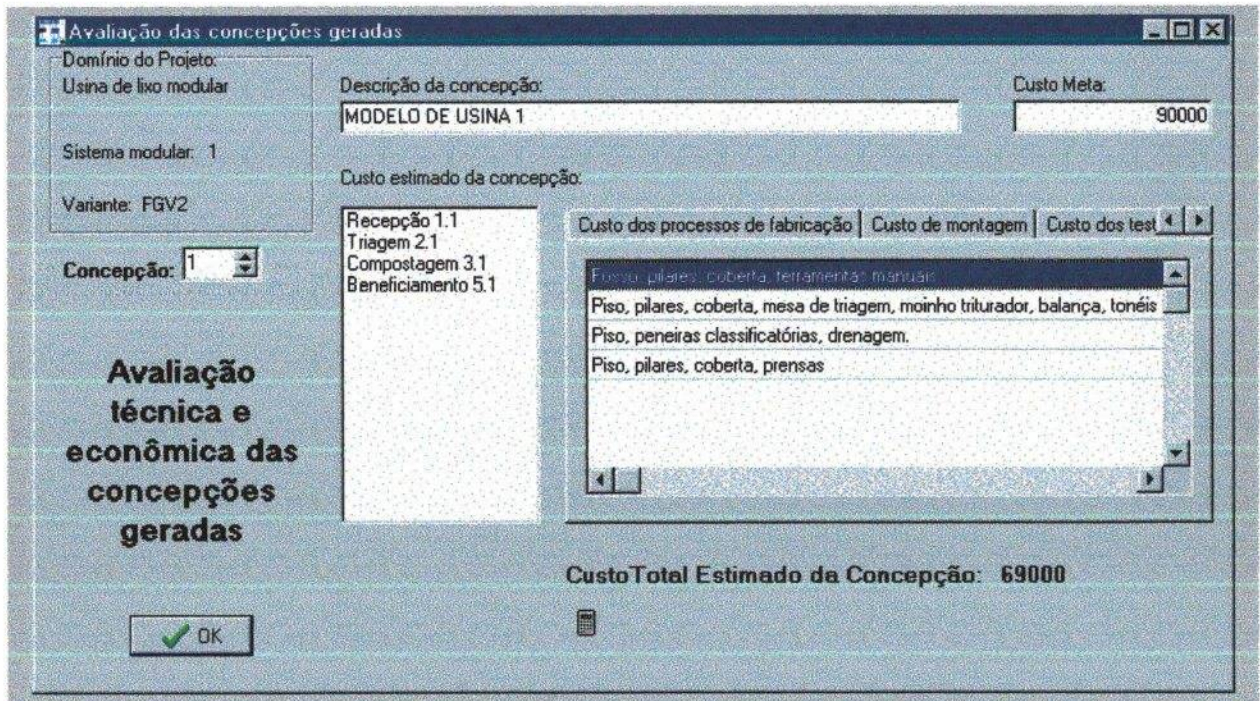


Figura 9.45. Segunda tela do SISMOD destinada a avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7).



Neste ambiente o usuário deverá indicar o custo meta do projeto (90000 reais) e os demais custos para fabricar ou adquirir os módulos estabelecidos para esta concepção (Recepção 1.1, Triagem 2.1, Compostagem 3.1 e Beneficiamento 5.1).

Concluída esta atividade ele deverá clicar no ícone “calculadora”, para que o sistema apresente o custo estimado desta concepção (69000 reais).

Este procedimento deverá ser repetido para as demais concepções de projeto estabelecidas.

Em seguida, clicando-se no botão “OK”, o usuário entra no ambiente de avaliação técnica das concepções. Ver Figura 9.46.

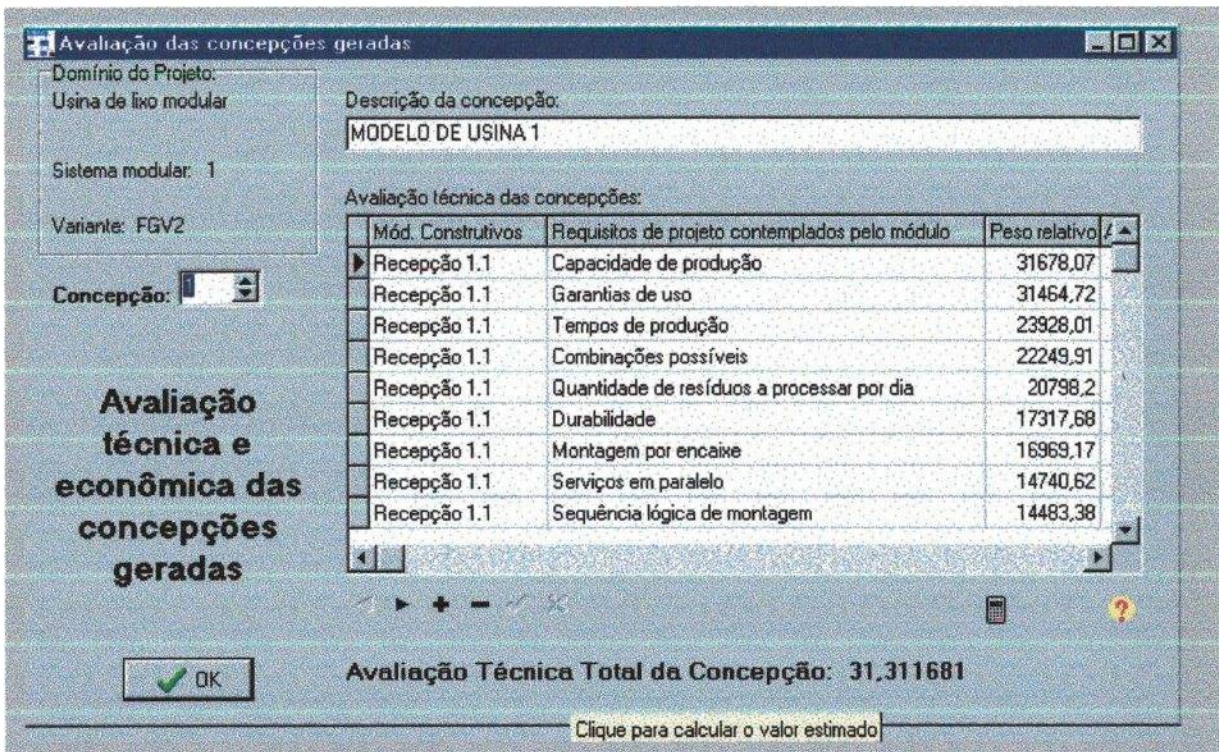


Figura 9.46. Terceira tela do SISMOD destinada à avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7).

Aqui o usuário deve digitar, por módulo estabelecido, os requisitos de projeto que ele contemplou, os pesos relativos destes requisitos obtidos na hierarquização dos mesmos a partir do emprego da matriz da casa da qualidade e avaliação do grau de importância deste requisito no desenvolvimento do projeto.

Ao final deve-se dar um duplo clique nesta “tabela”, a qual fará sua atualização, isto é, fará o cálculo das linhas preenchidas. Em seguida, o usuário deve clicar na “calculadora” para que o sistema efetue a avaliação técnica da concepção de projeto estabelecida. Neste estudo de caso pode-se ver que o resultado desta avaliação é 31,31..., apresentada na parte de baixo da Figura 9.46.

Este procedimento deve ser repetido para as demais concepções.

Clicando-se no botão “OK”, o usuário passa à última tela de auxílio à escolha da melhor concepção de projeto para o problema em estudo (Matriz de avaliação das concepções de projeto), Figura 9.47.

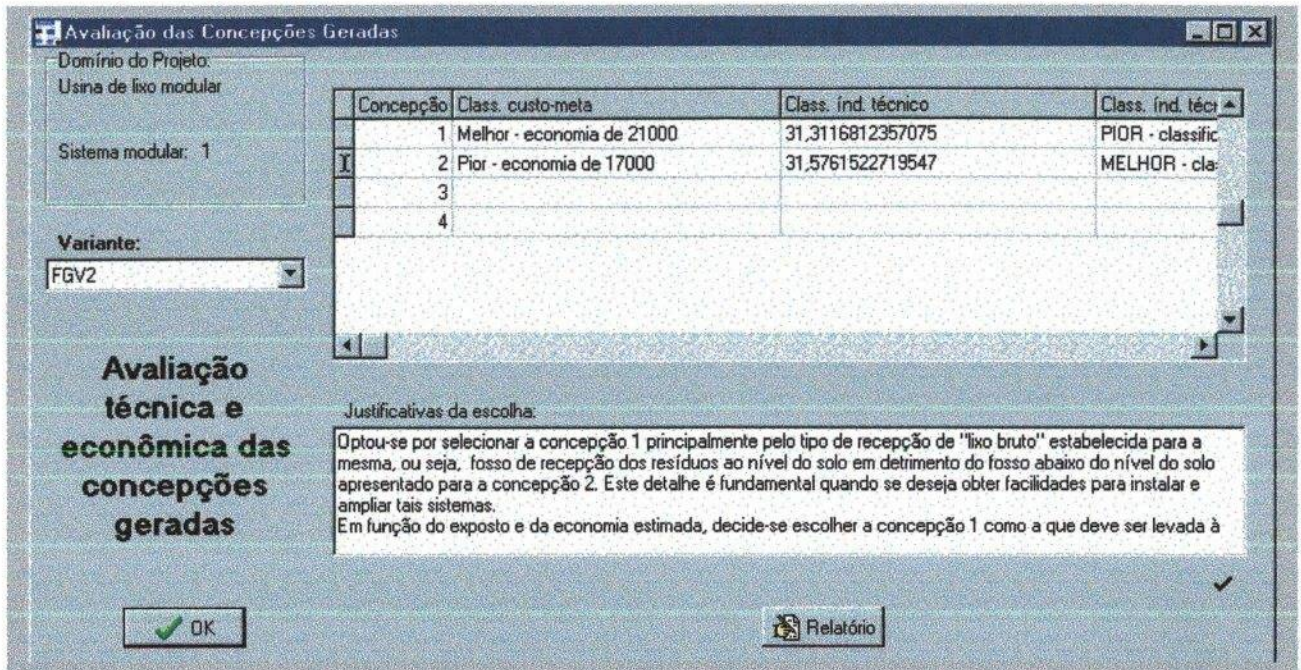


Figura 9.47 – Última tela do SISMOD destinada a avaliação técnica e econômica das concepções geradas (Ferramenta 7).

Neste ambiente o usuário dispõe das informações sobre a classificação das concepções segundo o custo meta, segundo o índice técnico e segundo o índice técnico e o custo meta. Resta, portanto, ao usuário decidir qual das concepções geradas é a que deverá ser levada à próxima fase: projeto preliminar do sistema modular.

Neste momento ele deverá digitar a palavra "true" no campo "Melhor concepção" (não visível na Figura 9.47) para, em seguida, justificar sua escolha no campo "Justificativas da escolha". Posteriormente deve clicar no ícone ✓, para salvar as informações digitadas.

Concluída esta atividade o usuário pode clicar no botão "Relatório", para obter uma cópia física das informações registradas na busca pela melhor concepção de projeto para o problema em estudo. Para maiores esclarecimentos, apresenta-se na Figura 9.48 parte deste relatório.

Feito isto, encerra-se a fase do projeto conceitual e passa-se à fase do projeto preliminar, não implementado neste trabalho.

## 9.5 – Considerações finais

Ao longo deste capítulo procurou-se apresentar o SISMOD, destacando as principais telas de auxílio aos projetistas no estabelecimento das especificações de projeto do sistema modular, assim como no estabelecimento da melhor concepção construtiva a atender o problema de projeto em estudo.

Sob este enfoque, desenvolveu-se o estudo de caso relacionado ao estabelecimento de um sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, tendo como base os conhecimentos pessoais deste autor.

Como resultado desta implementação computacional e aplicação ao estudo de caso, mencionado anteriormente, pode-se afirmar que o sistema mostrou-se bastante consistente e robusto. Em outras palavras, desde que o usuário entre com as informações de forma correta o sistema não apresentou erros ou falhas de operação, que comprometessem o seu desenvolvimento.

Há de salientar, porém, que o número de telas apresentadas no SISMOD é alto. Isto se verifica em função do tipo de informação que é manuseada nestas duas primeiras fases do processo de projeto, ou seja, informações de caráter subjetivo.

Este fato faz com que sejam utilizadas várias telas destinadas a auxiliar os projetistas a armazenarem informações e decisões de projeto.

Sob este aspecto, faz-se necessário um estudo posterior visando otimizá-las, isto é, reduzir o número de telas do SISMOD e melhorar os tipos de relatórios a imprimir ao longo das mesmas. Estes últimos não seguem os modelos apresentados nos Apêndices deste trabalho em função das limitações de "softwares" e, muitas vezes, possuem páginas em demasia.

Quanto às informações utilizadas no desenvolvimento do estudo de caso e introduzidas no SISMOD, o que se pode dizer é que o sistema se mostrou adequado ao registro de tais informações.

A base de dados gerada a partir deste sistema sobre o assunto em estudo pode, muito bem, nuclear outros trabalhos nesta mesma linha de desenvolvimento.

De maneira geral, pode-se afirmar que o protótipo apresentado neste trabalho mostrou-se viável à sistematização das duas primeiras fases do processo de projeto, sendo necessário, portanto, desenvolver novos estudos visando melhorar as interfaces com os usuários, implementar os "loopings" que deixarão a sua utilização mais simples e ampliar o seu desenvolvimento para as demais fases do processo de projeto: projeto preliminar e projeto detalhado do sistema modular.

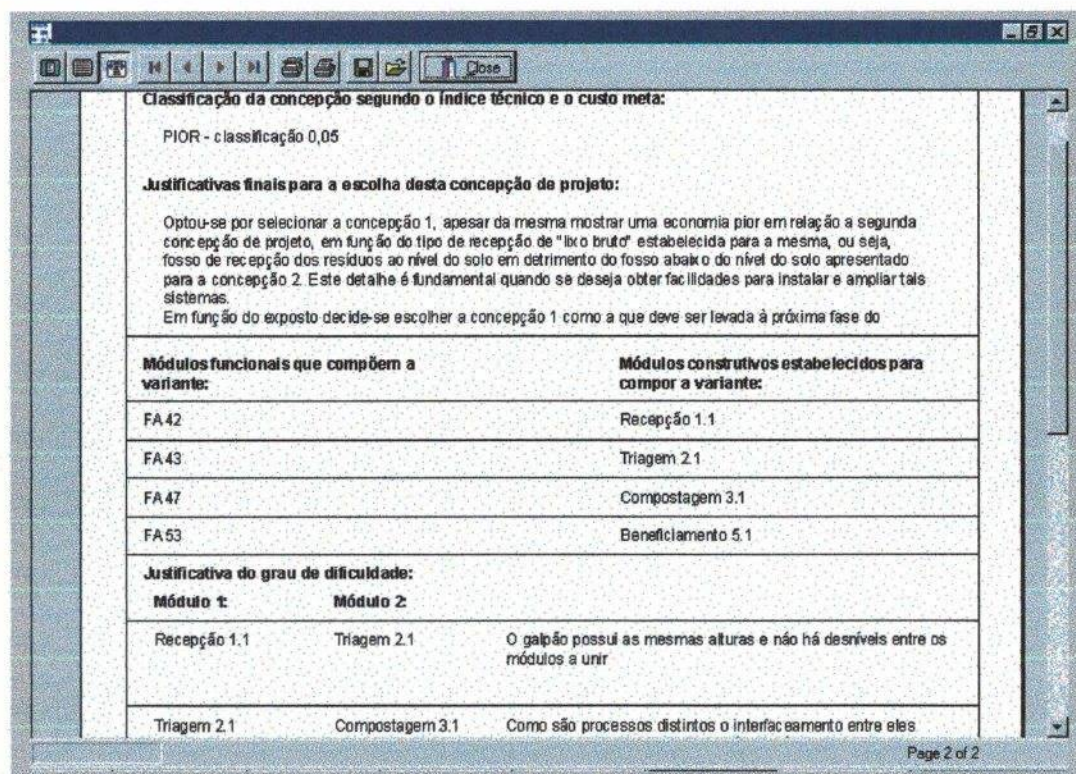


Figura 9.48. Vista parcial do relatório final da fase do projeto conceitual do sistema modular (Ferramenta 7).

# CAPÍTULO X

## 10.0 – PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL DE UM SISTEMA MODULAR DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: Estudo de caso

### 10.1 – Introdução

O presente capítulo apresenta o projeto conceitual de um sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, desenvolvido a partir de um estudo envolvendo oito destes sistemas visando, **num primeiro momento**, dois aspectos básicos a saber:

1) utilizar a metodologia de projeto desenvolvida neste trabalho, assim como as ferramentas computacionais descritas no Capítulo IX e,

2) apresentar uma proposta de desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares mais flexível quanto a forma de instalação e capacidade de produção, a fim de atender mais facilmente as demandas de produção desses resíduos em municípios com até 40.000 habitantes.

E, **num segundo momento**, avaliar a clareza, a riqueza do detalhamento do processo de projeto e os auxílios desenvolvidos ao longo deste trabalho, com o intuito de estabelecer diretrizes para aperfeiçoar a metodologia de projeto apresentada e otimizar o sistema computacional desenvolvido, a fim de nuclear futuras pesquisas neste domínio de estudo.

Chama-se atenção, neste momento, para dois aspectos básicos, a saber: 1) que os documentos, textos e demais figuras apresentadas ao longo deste capítulo, constitui um resumo das informações alimentadas no SISMOD. Maiores informações do que se encontra mencionado neste capítulo podem ser obtidas a partir de sua base de dados. Agiu-se assim para facilitar a leitura, o acompanhamento das atividades desenvolvidas no estabelecimento do sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares e, ao mesmo tempo, reduzir o volume da documentação que seria gerada se fossem apresentados os relatórios concebidos, de forma automática, pelo sistema computacional. No entanto, chamar-se-á atenção nas figuras apresentadas para as telas do sistema onde tais informações se encontram inseridas. 2) que este estudo de caso é

um exercício acadêmico que visa experimentar a metodologia de projeto e o software desenvolvido. As informações constantes do mesmo são de cunho pessoal obtidas em grande parte de um outro trabalho, em nível de mestrado no ano de 1994, precisando, portanto, serem atualizadas.

## 10.2 – Problema de projeto

Pesquisando sobre os projetos instalados no país e comentados na literatura especializada sobre unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares (UPRSD), foi possível constatar que muitos deles se encontram parados, desativados ou funcionando com baixa eficiência, devido a uma série de aspectos que vão desde erros no dimensionamento dos projetos, passando pela falta de continuidade política, até problemas de mau gerenciamento de seus processos de produção.

Entre os aspectos citados que levaram estes projetos a tais situações, certamente os que envolvem os custos de aquisição, manutenção e operação sejam um dos mais críticos.

Sob este enfoque, destaca-se que tais projetos são concebidos, geralmente, para serem projetos únicos, o que implica em custos de aquisição mais elevados; são projetos que não contemplam possibilidades de ampliações de suas capacidades de produção, ou seja, estes projetos são oferecidos aos clientes com arquitetura física fechada, tendo um limite máximo de produção por dia o que implica, geralmente, em pagar mais pelo projeto do que é realmente necessário; são projetos que trabalham com máquinas e equipamentos oriundos de outras atividades que não o de processamento de resíduos sólidos domiciliares, o que implica em maiores custos para manter e operar tais unidades, devido ao caráter de improvisação empregado, entre outros.

Diante deste quadro, percebe-se que os clientes destas unidades de processamento (as Prefeituras Municipais) não dispõem de muitas alternativas de concepção de projeto, para avaliar qual delas seria a melhor para as condições sócio-econômicas de sua região. Este fato pode ser um dos motivos que explicam o porque de tantos projetos se encontrarem nas situações já mencionadas.

Assim sendo e baseado no exposto, o problema de projeto proposto para este estudo de caso, constitui-se em desenvolver um sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares que atenda as variações na demanda de resíduos para municípios com até 40.000 habitantes. Entende-se por unidade de processamento de resíduos sólidos domiciliares (UPRSD) as instalações físicas destinadas a receber, separar, reciclar e, em alguns casos, beneficiar resíduos sólidos domiciliares, na sua forma bruta ou proveniente de coleta seletiva.

As razões para se trabalhar com tal faixa de habitantes é porque mais de 70% dos municípios do nosso país é constituído por população com até 40.000 habitantes.

Já as razões para se empregar a técnica de sistemas modulares no campo de desenvolvimento de UPRSD, se deu em função da possibilidade de introduzir nos mesmos a filosofia modular (ver Capítulo II) que, se bem absorvida, pode resolver muitos dos problemas encontrados atualmente nestes projetos.

Apresentados tais comentários descreve-se nos tópicos a seguir os procedimentos adotados, os recursos utilizados e os resultados obtidos, como forma de verificar os aspectos positivos e

negativos da metodologia de projeto desenvolvida, assim como da implementação computacional realizada, como forma de apontar pesquisas futuras e melhoramentos necessários.

### 10.3 – Projeto informacional do sistema modular

O projeto teve início a partir da seguinte demanda preliminar proferida pelos responsáveis pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Catarina, a saber:

**“ Desenvolver um sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, destinada a maioria dos municípios do Estado de Santa Catarina.”** (Ver Figura 9.4).

A partir deste instante fez-se uso da metodologia de projeto desenvolvida idealizando o seguinte argumento: Esta demanda inicial, proferida pelos responsáveis do NeDIP, está sendo feita a um escritório de projeto que deverá cadastrar tal pedido, formalizar um contrato e em seguida, constituir a equipe responsável pelo desenvolvimento do mesmo. A equipe neste caso, é constituída pelo autor deste trabalho e membros do próprio NeDIP. Assumiu-se ainda, que este tipo de demanda é nova para o escritório de projeto, ou seja, ainda não foi executado nenhum tipo de projeto desta natureza até o presente momento. Dito isto, a metodologia de projeto deve servir de auxílio para que a equipe possa, através dela, buscar e adquirir o conhecimento necessário para estabelecer as especificações de projeto da demanda inicial, assim como as concepções de projeto que permitirão, posteriormente, a construção física das unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares.

Assim sendo, a primeira das etapas a serem desenvolvidas pela equipe de projeto, nesta fase, é pesquisar informações sobre o tema de projeto (ver Figura 6.1).

Empregando os documentos e os recursos desenvolvidos para esta etapa (ver Figuras 6.1, 9.6 e 9.7), foi possível armazenar um grande número de informações que auxiliaram a equipe de projeto a estabelecer que as fases do ciclo de vida mais importantes no desenvolvimento destes sistemas compreendem: a fabricação, a montagem, os testes, o uso e a manutenção e, que para cada uma delas existe uma possibilidade de inovação face as formas atuais de produção, uso e manutenção das mesmas.

Este sentimento foi reforçado pelas informações obtidas com o catálogo de informações técnicas o qual, entre outros aspectos, registra que as oito UPRSD apresentadas na Figura 10.1 têm por característica processos produtivos montados em série.

De posse das informações obtidas com tais documentos e de um conhecimento maior sobre a demanda inicial, a equipe partiu para a etapa seguinte: definir o problema de projeto.

Neste instante, fez-se uso das recomendações metodológicas, assim como dos documentos e recursos desenvolvidos para esta etapa (ver Figuras 6.1, 9.4, 9.6, 9.7, 9.8 e 9.9). Como conclusões achou-se que as informações obtidas na etapa anterior eram suficientes para que a equipe pudesse apontar a existência ou não de oportunidades técnicas e mercadológicas para o desenvolvimento do projeto solicitado e, assim, definir mais claramente o problema em estudo.

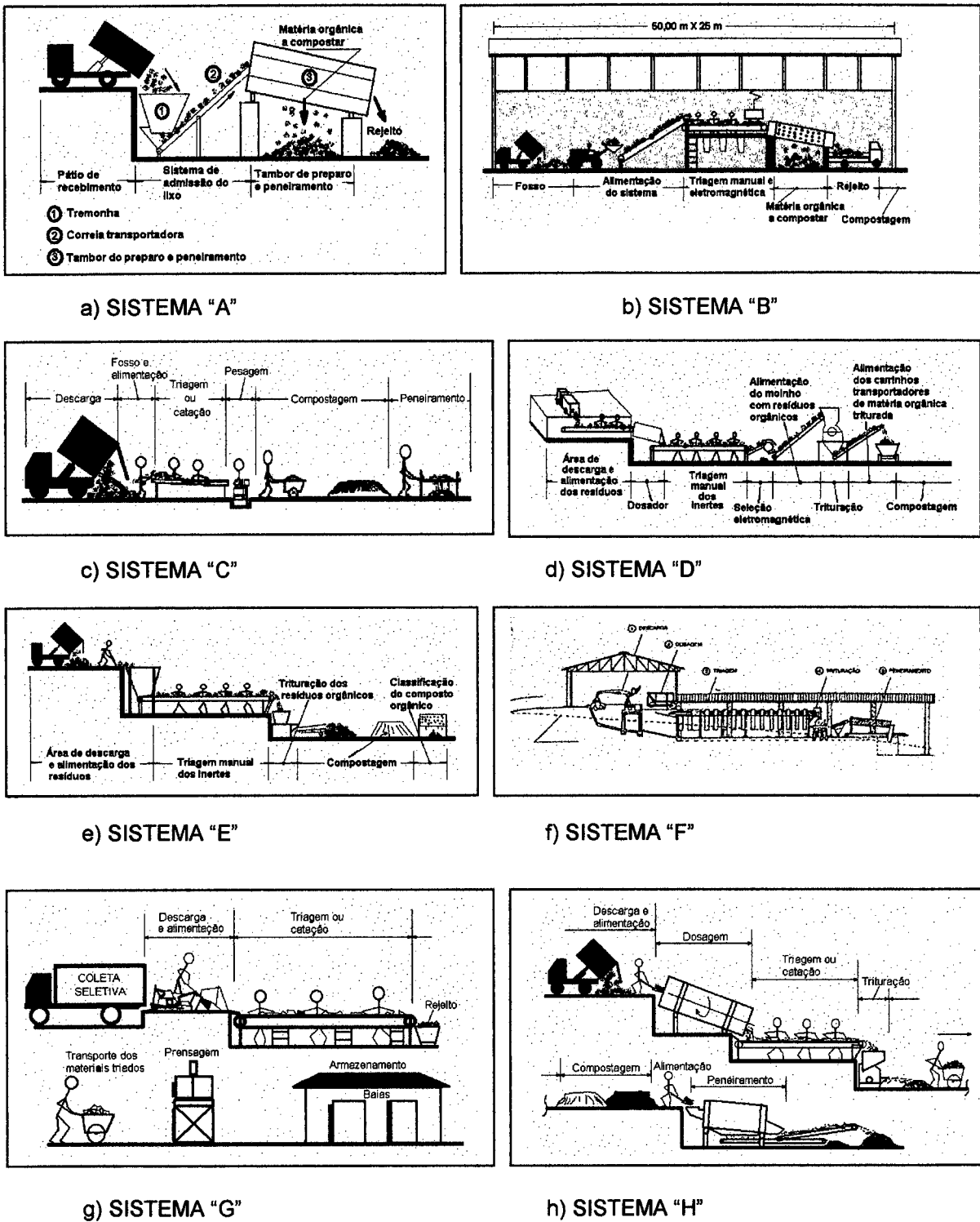


Figura 10.1. Representações esquemáticas dos modelos de UPRSD pesquisados no mercado para este estudo de caso.

Entre as conclusões obtidas com tais informações citam-se:

**“Os componentes pertencentes aos sistemas existentes no mercado são dispostos para funcionarem em série. Este fato faz com que a confiabilidade operacional destes sistemas seja**

baixa. Uma primeira oportunidade que surge é o desenvolvimento de sistemas que disponham seus componentes em paralelo. Com isto o sistema trabalharia com maior confiabilidade operacional.

**Os sistemas existentes no mercado possuem uma arquitetura física estática.** Este fato dificulta ampliações para atender demandas variáveis. Uma segunda oportunidade que surge é não fazer todo o projeto estático e, sim parte dele, ou seja, só seria estática aquela parte do projeto que atende a demanda normal do município. Naqueles períodos de pico de resíduos entraria a arquitetura temporária, que forneceria as condições necessárias para atender o município somente naqueles meses de pico. Esta proposta faria com que o município só utilizasse o que necessitasse.

**Os sistemas existentes no mercado são projetos de arquitetura única.** Este fato os tornam mais caros para a sua aquisição. Uma terceira oportunidade que surge é projetá-los na forma de módulos, os quais pudessem ser intercambiáveis entre si, a fim de gerar diferentes configurações de “usinas de lixo” e, com isto, atender diferentes desejos e necessidades dos clientes do projeto, com custos de aquisição mais acessíveis. Este fato pode se concretizar, pois os produtos ou sistemas concebidos de forma modular têm inúmeras vantagens e, entre elas, a de reduzir os custos do projeto em desenvolvimento.

**Os sistemas existentes no mercado possuem uma logística deficiente.** Este fato faz com que os clientes do projeto, muitas vezes, fiquem sem peças de reposição ou a devida assistência técnica. A consequência que pode decorrer disto são “usinas de lixo” paradas ou desativadas. Esta é uma quarta oportunidade de projeto identificada, ou seja, se tais “usinas de lixo” forem concebidas de forma modular é possível corrigir esta falha de projeto, visto que quando faz-se uso desta técnica de projeto, leva-se em consideração as fases do ciclo de vida. E dentro deste contexto, visualizam-se os problemas causados, por exemplo, pela falta da logística para o projeto em estudo. “

Estas oportunidades detectadas, terminaram por alertar o caminho a ser buscado pela equipe de projeto e em conjunto com as informações já obtidas, a formular o seguinte problema de projeto:

**“ Deve-se desenvolver um projeto de um sistema modular de UPRSD, destinadas a atender as variações na demanda de resíduos em municípios com até 40.000 habitantes do Estado de Santa Catarina”** (ver Figura 9.9).

Como metas a considerar no auxílio a tal desenvolvimento, destacam-se:

**A quantidade mínima de resíduos a processar por unidade instalada é de 20 toneladas/dia;**

**As variações na demanda em alguns municípios podem aumentar em até 50% esta quantidade por até 4 meses, logo retornando aos níveis de 20 toneladas diárias ou abaixo disto;**

**Estas unidades devem processar tanto os inertes como os inorgânicos, ou seja, o lixo bruto;**

**O projeto destas unidades deve ser simples, de fácil instalação, operação e manutenção;**

**Os custos de implantação (erguer as instalações físicas) deste projeto não deve exceder a U\$ 50,000.00 (cinquenta mil dólares);**



**Estas unidades devem ser seguras do ponto de vista ambiental, operacional e funcional;**

**De preferência fazer uso de poucas máquinas e pessoas e, por fim, que a área a ser ocupada por tal projeto, não supere dois hectares (20.000m<sup>2</sup>)”** (ver Figura 9.9).

Definido desta forma o problema de projeto, partiu-se para etapa seguinte: identificar os desejos e necessidades dos clientes do sistema modular.

Para tanto fez-se uso das recomendações metodológicas assim como dos documentos desenvolvidos para esta etapa.

Entre os clientes de projeto pesquisados, citam-se: os autores de publicações técnicas sobre o assunto e os Prefeitos municipais do Estado de Santa Catarina.

Para os primeiros, fez-se uma busca minuciosa em livros e artigos publicados em congressos nacionais e internacionais, listando-se aqueles considerados, no entender da equipe, como os mais importantes no desenvolvimento de UPRSD.

Para os segundos, elaborou-se um questionário contendo 27 (vinte e sete) perguntas, sendo a grande maioria delas perguntas fechadas (ver Apêndice F). Salienta-se, porém, que para esta atividade não foi implementada nenhuma ferramenta computacional, devido a problemas de limitação do tempo de execução dos trabalhos de Tese.

A princípio tais questionários deveriam ser enviados a cada município, que os responderiam e nos enviariam de volta. No entanto, no mês de setembro do ano de 1999, ocorreu no município de Lages, Estado de Santa Catarina, nos dias 13 a 14, o XV Encontro Anual de Municípios Catarinenses. Este fato reunia num mesmo local os maiores interessados na aquisição de UPRSD. Assim sendo, fez-se contato com a Prefeitura do município de Lages, com o intuito de aplicar os questionários durante este evento, a qual se mostrou bastante receptiva. Obtida esta permissão, aplicou-se 300 questionários junto aos integrantes deste evento, tendo-se o cuidado de explicar os motivos da referida pesquisa (vide texto de apresentação do questionário estruturado no Apêndice F). A taxa de retorno destes questionários foi de 26%, o que implica em 78 questionários. Entre as principais informações obtidas citam-se aquelas apresentadas na Tabela 10.1.

Tabela 10.1. Principais informações obtidas com a aplicação do questionário estruturado, intitulado “O perfil de uma boa usina de lixo”, junto ao XV Encontro Anual de Municípios Catarinenses realizado nos dias 13 e 14, durante o mês de setembro do ano de 1999, no município de Lages, Estado de Santa Catarina.

Porcentagem das respostas obtidas	Informações obtidas com a aplicação dos questionários junto aos respondentes dos mesmos
65%	Tinham entre 20 e 30 anos.
73%	Eram do sexo masculino.
53%	Eram Prefeitos e secretários.
50%	Estão no cargo a menos de 5 anos.
53%	Conhecem uma usina de lixo.
64%	Conheceram o que é um projeto de usina de lixo a partir de um projeto instalado em um outro município.
71%	Acham que um projeto desta natureza é muito importante para o município.
67%	Acham que tais projetos devem ser instalados afastados da cidade.
91%	Desejam que a usina de lixo processe tanto a matéria orgânica como a matéria inorgânica.
48%	Acham que tais projetos devem funcionar em dois turnos (manhã e tarde).

Continuação da Tabela 10.1.

Porcentagem das respostas obtidas	Informações obtidas com a aplicação dos questionários junto aos respondentes dos mesmos
96%	Dos respondentes desejam que tais projetos processem todo o lixo do município.
82%	Desejam que tais projetos sejam fáceis de operar.
56%	Dos respondentes desejam que tais projetos sejam operados com poucas pessoas (até 15).
65%	Acreditam que para tais projetos funcionarem bem é preciso ter poucas máquinas.
74%	Desejam que os acessos até a usina sejam pavimentadas.
76%	Desejam que tais usinas devam ter boa aparência.
96%	Dizem que a instalação de um projeto deste tipo no município melhora sua imagem.
92%	Desejam que o projeto de usinas de lixo seja instalado em blocos e ampliado a medida que se precise; que sua capacidade de produção, número de máquinas e funcionários devem variar com a necessidade; que a manutenção não deve parar todo o sistema e que o projeto fosse comprado por partes, ampliando a medida que necessitasse.
70%	Tem idéia da quantidade de lixo produzido por dia no município
71%	Dizem que em seus municípios a quantidade de lixo produzido é menor que 20 toneladas por dia.
69%	Dizem que seus municípios tem menos de 50 mil habitantes.
95%	Sabem onde o lixo do seu município é disposto.
45%	Dizem que eles são dispostos em aterros controlados.
61%	Desejam que a construção de tais usinas sejam feitas com estruturas préfabricadas.
69%	Acreditam que a implantação de tais projetos em seus municípios melhoraria as condições sanitárias dos mesmos.

Além destas informações, foi possível constatar que a grande maioria dos municípios catarinenses, aproximadamente 92%, produzem de 5 a 20 toneladas de resíduos sólidos domiciliares por dia, o que corrobora com as estatísticas brasileiras de resíduos para municípios pequenos, com faixa de população entre 10 e 40 mil habitantes.

De posse destas informações trabalhou-se da seguinte maneira: os desejos e necessidades colhidos na literatura especializada foram considerados adequados a serem introduzidos como linhas na matriz da casa da qualidade. Já os desejos e necessidades obtidos com a aplicação dos questionários sofreram uma interpretação por parte da equipe de projeto, por achar que muitas delas estavam no seu estado bruto. Sob este aspecto, fez-se uso dos recursos implementados computacionalmente no tocante a tradução das necessidades dos clientes do projeto em requisitos dos clientes do projeto (ver Figura 9.10), para auxiliar nesta atividade.

A título de exemplo de uma destas interpretações apresenta-se a que se segue.

**"Fase do ciclo de vida em que se encontra o desejo ou necessidade:** Uso.

**Pergunta cadastrada nesta fase:** Uma UPRSD deve processar que tipo de resíduos no município?

**Resposta obtida:** Deve processar todo o lixo do município. O que vem das feiras, das residências e das lojas.

**Aspecto que se investiga nesta pergunta:** Tipo de resíduos a processar.

**Uma interpretação possível para esta resposta:** O cliente deseja que as UPRSD processem tanto a matéria orgânica como a inorgânica, ou seja, processem o "lixo bruto" do município, pois certamente neste município não se tem coleta seletiva.

Com base nesta interpretação julgou-se que o texto a compor uma das linhas da matriz da casa da qualidade seria: as UPRSD devem processar lixo bruto, logo a linha é assim preenchida - **"processem lixo bruto"**. E, por achar que tal desejo é de suma importância quando se desenvolve um projeto desta natureza, atribuiu-se valor 10 (dez) para este requisito do cliente, justificando-o da seguinte maneira:

**“O estabelecimento deste requisito do cliente impõe ao projeto em estudo que o mesmo deve contemplar pelos menos duas fases bem distintas. A primeira, responsável por separar os inertes dos orgânicos existentes na massa de resíduos e a segunda, responsável pela reciclagem da matéria orgânica. Em outras palavras, tal requisito do cliente influi nos custos do projeto e no processo de produção de toda a UPRSD, razão pela qual atribui-se tal valor.”**

E assim procedeu-se para os demais desejos e necessidades brutas coletadas, gerando a lista de requisitos dos clientes apresentada na Tabela 10.2.

Tabela 10.2. Principais requisitos dos clientes encontrados na literatura especializada e junto ao levantamento de campo efetuado no XV Encontro Anual de Municípios Catarinenses, envolvendo unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares destinadas a pequenos municípios.

Fases do ciclo de vida investigadas	Cientes pesquisados	Principais requisitos dos clientes obtidos (O que eles querem num projeto de uma UPRSD destinado a pequenos municípios)
Projeto	Pesquisadores da área de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto seja simples</li> <li>• Confiabilidade operacional</li> <li>• Confiabilidade funcional</li> <li>• Adequado às Normas técnicas</li> <li>• Custo de projeto baixo</li> <li>• Custo de produção baixo</li> </ul>
Fabricação	Pesquisador do trabalho de Tese	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de fabricação ágil e flexível</li> </ul>
Montagem	Pesquisador do trabalho de Tese	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de montagem ágil e flexível</li> </ul>
Teste	Pesquisador do trabalho de Tese	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de testar</li> </ul>
Uso	Prefeitos municipais de vários municípios catarinenses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processe lixo bruto</li> <li>• Agregue valor aos resíduos</li> <li>• Atenda demandas variáveis de resíduos</li> <li>• Possa ser ampliado com a necessidade</li> <li>• O número de máquinas do processo de beneficiamento deve variar com a necessidade</li> <li>• O número de funcionários das UPRSD deve variar com a necessidade</li> <li>• A manutenção no sistema não deve interromper a produção</li> <li>• Possibilidade de adquirir as UPRSD por partes</li> <li>• Atenda as condições sócio-econômicas de municípios pequenos</li> <li>• A UPRSD tenha uma boa aparência</li> <li>• Seja localizada fora do município</li> <li>• O seu funcionamento seja em dois turnos</li> <li>• Deve ser operada por poucas pessoas</li> <li>• Que tenha seus acessos pavimentados</li> <li>• Que seja construída com estruturas pré-fabricadas</li> <li>• Que a sua implantação melhore as condições sanitárias do município</li> <li>• Que sua implantação permita a criação de uma cooperativa de processamento de resíduos</li> <li>• Que o projeto ofereça garantias de uso e assistência técnica</li> </ul>
Manutenção	Pesquisadores da área de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares e do trabalho de Tese.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção seja fácil e rápida</li> <li>• A UPRSD dê pouca manutenção</li> <li>• O sistema seja fácil de higienizar</li> <li>• O sistema seja fácil de montar e desmontar</li> </ul>

Com esta lista em mãos, passou-se a valorar tais requisitos dos clientes, justificando a sua importância no desenvolvimento do projeto das UPRSD com base nos conhecimentos pessoais de cada membro da equipe de projeto (avaliação subjetiva). Para maiores esclarecimentos ver Tabela 10.3.

Tabela 10.3. Valoração e justificativas dos requisitos dos clientes de UPRSD estabelecidos na Tabela 10.2 (ver Figura 9.10).

Nº de requisitos	Denominação do requisito do cliente	Valor do requisito no projeto	Justificativas da valoração atribuída aos requisitos dos clientes do projeto
1	Projeto simples	10	Este fator implica facilidade de construção, instalação, operação e manutenção, refletindo-se diretamente na redução dos custos do projeto como um todo.
2	Confiabilidade operacional	10	Atender este requisito implica deixar o projeto mais seguro do ponto de vista de utilização.
3	Confiabilidade funcional	10	Atender este requisito é atender a missão principal a que se propõe o sistema.
4	Adequado às Normas Técnicas	10	Adequar um projeto às Normas Técnicas é garantir um projeto conveniente às exigências dos órgãos reguladores destas atividades.
5	Custo de projeto baixo	10	Reduzir o custo de projeto é reduzir o custo de venda das UPRSD.
6	Custo de produção baixo	10	Reduzir o custo de produção é reduzir o custo de venda das UPRSD.
7	Fabricação ágil e flexível	8	Sendo o processo de fabricação ágil e flexível é possível atender mais rapidamente as variações das demandas do mercado.
8	Montagem ágil e flexível	8	Sendo o processo de montagem ágil e flexível é possível atender mais rapidamente as variações das demandas do mercado.
9	Fácil de testar	8	Se o sistema for fácil de testar certamente ele será um sistema simples e, conseqüentemente, mais barato.
10	Processe lixo bruto	10	O estabelecimento deste requisito do cliente impõem ao projeto em estudo que o mesmo deve contemplar pelos menos duas fases bem distintas. A primeira, responsável por separar os inertes dos orgânicos existentes na massa de resíduos e a segunda, responsável pela reciclagem da matéria orgânica. Em outras palavras, tal requisito do cliente influi nos custos do projeto e no processo de produção de toda a UPRSD, razão pela qual atribui-se tal valor.
11	Agregue valor aos resíduos	10	Esta necessidade mexe com a eficiência do sistema e com a missão principal a que se propõem tais projetos.
12	Atenda demandas variáveis de resíduos	8	Um sistema que atende demandas variáveis implica num projeto mais adequado às condições sócio-econômicas de um número maior de municípios.
13	Possa ser ampliado com a necessidade	8	Um projeto que dá condições a seus clientes de ser ampliado à medida que necessite, caracteriza-se por ser um projeto mais versátil e mais adequado às condições sócio-econômicas de um número maior de municípios.
14	Possa variar nº de máquinas com a necessidade	8	Um projeto que dá condições a seus clientes de variar o número de máquinas à medida que necessite, caracteriza-se por ser um projeto mais versátil e mais adequado às condições sócio-econômicas de um número maior de municípios.
15	Possa variar o nº de funcionários com a necessidade	7	Esta necessidade pode influenciar na operação do sistema tanto de maneira positiva como de maneira negativa. Assim sendo, deve ser considerada com uma certa importância, principalmente, quando se deseja reduzir custos operacionais.
16	Manutenção não deve interromper a produção	10	Este requisito termina por influenciar na imagem e na eficiência do projeto. Assim sendo, devem ser procuradas formas de minimizar os efeitos das manutenções no processo de produção de tais UPRSD.
17	Possibilidade de adquirir as UPRSD por parte	8	Um projeto que dá condições a seus clientes de ser adquirido por partes, caracteriza-se por ser um projeto mais versátil e mais adequado às condições sócio-econômicas de um número maior de municípios.
18	Atenda as condições sócio-econômicas dos municípios	10	Trata-se de um requisito de grande importância, pois se o sistema não atender tais condições, certamente, ele não será adquirido ou não funcionará por muito tempo.
19	Tenham uma boa aparência	6	A aparência termina por deixar o ambiente de trabalho mais agradável e pode influenciar na aceitação junto a população próxima ao projeto.
20	Sejam localizadas fora dos municípios	6	A localização fora do município evita eventuais problemas com a população.
21	Funcionem em dois turnos de trabalho	8	Trabalhando-se em dois turnos é possível atender mais facilmente a demanda de projeto estipulada para cada UPRSD.
22	Sejam operadas por poucas pessoas	5	Quando o projeto é mais simples o número de pessoas nem sempre pode ser reduzido, pois pode comprometer a produção estimada para a UPRSD.
23	Tenham seus acessos pavimentados	8	As UPRSD que não possuem acessos internos e externos pavimentados, correm o risco nos períodos de chuvas ficar sem funcionar.
24	Sejam construídas com estruturas pré-fabricadas	7	A construção das UPRSD a partir de estruturas pré-fabricadas terminam por auxiliar a reduzir os custos de montagem e, conseqüentemente, o preço de venda destas UPRSD.

Continuação da Tabela 10.3.

Nº de requisitos	Denominação do requisito do cliente	Valor do requisito no projeto	Justificativas da valoração atribuída aos requisitos dos clientes do projeto
25	Melhore as condições sanitárias do município	10	O grande objetivo de uma UPRSD é auxiliar a sanear o meio ambiente e dentro deste contexto as condições sanitárias do município.
26	Implantação possa gerar 1 cooperativa de resíduos	7	Se a UPRSD atender as expectativas do município é possível estender seus serviços para municípios vizinhos podendo, então, ser criada uma cooperativa de gerenciamento de resíduos sólidos.
27	Ofereçam garantias de uso e de assistência técnica	10	As UPRSD podem ser entendidas como "produtos" e como tal devem oferecer a seus clientes as devidas garantias e assistência técnica. Isto dá credibilidade ao projeto adquirido.
28	A manutenção seja fácil e rápida	8	Quanto mais rápida e fácil for a manutenção, menos o sistema fica parado e, conseqüentemente, mais disponível ele estará para processar os resíduos sólidos domiciliares.
29	As UPRSD dêem pouca manutenção	8	Quanto menos manutenção der o sistema mais robusto ele será e mais disponível ele estará para processar os resíduos sólidos domiciliares.
30	O sistema seja fácil de higienizar	7	O sistema sendo fácil de higienizar ganha-se um tempo maior para usar o sistema e ao mesmo tempo reduzem-se os custos desta atividade.
31	O sistema seja fácil de desmontar e montar	10	Quanto mais fácil for o sistema tanto para montar como para desmontar, melhores serão as condições de manutenção e reparo deste sistema. Este fato pode auxiliar a reduzir os custos de operação do mesmo.

Com todos os requisitos dos clientes valorados e justificados, passou-se para a próxima etapa (Estabelecer os requisitos de projeto para o sistema modular).

A intenção, neste momento, era de traduzir a "voz dos clientes" (os requisitos dos clientes) na "voz da engenharia" (os requisitos de projeto) e, sob este aspecto, fez-se uso dos recursos implementados no SISMOD, para apoiar tal atividade.

No entanto, com o desenrolar das atividades percebeu-se que a base de dados contida no SISMOD, no que trata dos requisitos de projeto, deveria ser ampliada, assim foi desenvolvido um meio de melhor interpretar os requisitos dos clientes, para que fosse possível, com maior clareza, estabelecer os requisitos de projeto.

Diante desta necessidade desenvolveu-se uma tabela de apoio, que não foi implementada computacionalmente, mas que serviu de auxílio ao estabelecimento dos requisitos de projeto. Basicamente é composta de cinco colunas sendo assim denominadas: **coluna 1**, números de requisitos dos clientes; **coluna 2**, denominação dos requisitos dos clientes; **coluna 3**, aspectos que auxiliam a equipe de projeto a compreender melhor a maneira como tais requisitos dos clientes podem ser atendidos ou contemplados pela engenharia; **coluna 4**, denominação dos requisitos de projeto estabelecidos pela equipe a serem levados à matriz da casa da qualidade e, por fim, **coluna 5**, elementos que devem ser especificados a partir dos requisitos de projeto estabelecidos.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se na Tabela 10.4 este documento de apoio mencionado anteriormente.

Tabela 10.4. Documento de apoio aos projetistas no estabelecimento dos requisitos de projeto.

Nº	Requisitos dos clientes (Os QUES)	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projeto estabelecidos (Os COMOS)	O que especificar para que este requisito de projeto seja insendo no projeto em desenvolvimento ou seja dentro do sistema modular de UPRSD?
1	Projeto simples	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizando o mínimo de máquinas no projeto</li> <li>Construindo o mínimo de setores de apoio às atividades desenvolvidas nas UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de máquinas</li> <li>Quantidade de setores por UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir o número de esteiras de triagem, número de trituradores de matéria orgânica, número de peneiras classificatórias, número de prensas a ser utilizado em cada módulo do sistema.</li> <li>Definir por grupo de desejos e necessidades o número de módulos a compor cada uma das variações de UPRSD.</li> </ul>
2	Confiabilidade operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzindo o risco de acidentes no processo</li> <li>Definindo as atividades por funcionário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de EPI's e EPC's</li> <li>Número de funções a executar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir o tipo e a quantidade de máscaras, luvas, botas, aventais, bonês, uniformes, extintores de incêndio, hidrantes a constar dentro de cada módulo do sistema.</li> <li>Definir por pessoa o número de atividades a ser executada dentro do processo de produção das UPRSD (separar papel, papelão, plástico, etc, alimentar esteira, transportar materiais, entre outros) em cada módulo do sistema.</li> </ul>
3	Confiabilidade funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a redundância (ativa e/ou passiva) de máquinas</li> <li>Aumentando a redundância passiva de pessoas no processo</li> <li>Definindo como o projeto pode ser expandido para aumentar sua capacidade de produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redundância de máquinas</li> <li>Rodízio de funcionários</li> <li>Capacidade de produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir onde deverá existir e a quantidade de máquinas a ser utilizada no sistema para que o mesmo não viesse a parar por problemas de manutenção ou quebra de equipamentos</li> <li>Definir quantas horas deve um funcionário trabalhar para que ele execute suas funções de maneira adequada, até ser substituído por outro que exerça suas funções em cada módulo do sistema</li> <li>Definir a capacidade de produção de cada módulo a ser instalado no projeto</li> </ul>
4	Adequado às Normas Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificando o número e o tipo de Normas consultadas para o desenvolvimento do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade de Normas consultadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Especificar quais Normas foram utilizadas no auxílio ao desenvolvimento do sistema modular de UPRSD e o que trata cada Norma.</li> </ul>
5	Custo de projeto baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvendo um projeto simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 1</li> </ul>
6	Custo de produção baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazendo uso de materiais fáceis de encontrar no mercado</li> <li>Usando materiais fáceis de trabalhar</li> <li>Reduzindo os tempos de produção de cada módulo do sistema</li> <li>Terceirizando parte da produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de fornecedores</li> <li>Materiais padronizados</li> <li>Tempos de produção</li> <li>Número de componentes ou módulos a terceirizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir o número mínimo de fornecedores para um mesmo tipo de material.</li> <li>Definir os melhores materiais a serem utilizados no projeto que podem ser facilmente trabalhados, a partir dos recursos existentes na empresa responsável pelo desenvolvimento do projeto</li> <li>Estabelecer uma faixa para os ajustes, tolerâncias e acabamentos compatíveis com os recursos disponíveis na empresa responsável pela construção do projeto</li> <li>Definir quais são os componentes dos módulos ou módulos que serão adquiridos de terceiros</li> </ul>

Continuação da Tabela 10.4.

Nº	Requisitos dos clientes (Os QUES)	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projeto estabelecidos (Os COMOS)	O que especificar para que este requisito de projeto seja inserso no projeto em desenvolvimento ou seja, dentro do sistema modular de UPRSD?
7	Fabricação ágil e flexível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecendo um leiaute flexível</li> <li>Treinando os funcionários</li> <li>Adquirindo novas máquinas para compor o novo leiaute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade de células de fabricação</li> <li>Serviços em paralelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer o tipo e a quantidade de máquinas, assim como de pessoas, a compor cada célula de fabricação dentro do novo leiaute de fabricação da empresa responsável pela construção do sistema modular</li> <li>Definir o que pode ser construído ou encomendado a terceiros para que as demandas dos clientes sejam rapidamente atendidas</li> </ul>
8	Montagem ágil e flexível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecendo uma seqüência lógica de montagem</li> <li>Fazendo uso de equipamentos adequados no auxílio desta atividade</li> <li>Treinando a mão-de-obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seqüência lógica de montagem</li> <li>Montagem por encaixe</li> <li>Treinamento da mão-de-obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir quais componentes ou módulos devem ser montados primeiro para que outros sejam montados em seguida</li> <li>Definir o que deve ser encaixado ou posicionado de maneira não permanente dentro de cada módulo do sistema modular</li> <li>Definir o que, quem, o tempo e a frequência de treinamento para cada funcionário dentro do processo produtivo</li> </ul>
9	Fácil de testar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Testando os sistemas por parte ou seja, antes dele ser todo montado</li> <li>Fazendo uso de equipamentos de teste simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade de teste por módulo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar a quantidade de resíduos a receber por dia, a quantidade de resíduos a alimentar por hora no sistema, a quantidade de resíduos a ser triado por pessoa, a quantidade de resíduos a armazenar por dia, a quantidade de matéria orgânica a reciclar, a quantidade de composto orgânico esperado, a taxa de rejeito do processo e demais aspectos relacionados ao balanço de massa do sistema</li> </ul>
10	Processe lixo bruto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazendo um projeto constituído de duas fases, a primeira destinada a separar os inertes da matéria orgânica, a segunda destinada a reciclar a matéria orgânica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação dos inertes da matéria orgânica</li> <li>Beneficiamento dos inertes</li> <li>Reciclagem da matéria orgânica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir o número de pessoas ou máquinas para alimentar e triar os materiais existentes no interior da massa de resíduos</li> <li>Definir se os inertes serão lavados, secados, compactados, enfardados ou sofrerem outros processos de beneficiamento. Definir as áreas físicas para que tais processos sejam executados</li> <li>Definir o tamanho do pátio de compostagem, a disposição das leiras, as ferramentas de apoio a esta atividade e a forma de processamento das leiras visando obter o composto orgânico</li> </ul>
11	Agregue valor aos resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separando os inertes por tipo e cor</li> <li>Beneficiando-os e embalando-os de maneira adequada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 10</li> <li>Embalagens adequadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 10</li> <li>Definir o tipo de embalagem para os papéis, papéis, plásticos, vidros, metais ferrosos, metais não ferrosos, ossos e composto orgânico</li> </ul>
12	Atenda demandas variáveis de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvendo um sistema modular de UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de módulos do sistema modular</li> <li>Combinações possíveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar os setores necessários para processar lixo bruto (fosso, triagem, pátio de compostagem, beneficiamento, baias, apoio, etc.)</li> <li>Definir o que liga, une um setor a outro e padronizar as entradas e saídas dos mesmos</li> </ul>

Continuação da Tabela 10.4.

Nº	Requisitos dos clientes (Os QUES)	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projeto estabelecidos (Os COMOS)	O que especificar para que este requisito de projeto seja insendo no projeto em desenvolvimento, ou seja, dentro do sistema modular de UPRSD?
13	Possa ser ampliado com a necessidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvendo um sistema modular de UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>
14	Possa variar nº de máquinas com a necessidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a confiabilidade funcional do sistema</li> <li>Aumentando a confiabilidade operacional do sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao números 2 e 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao números 2 e 3</li> </ul>
15	Possa variar o nº de funcionários com a necessidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a confiabilidade operacional do sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 2</li> </ul>
16	Manutenção não deve interromper a produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a confiabilidade funcional do sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 2</li> </ul>
17	Possibilidade de adquirir as UPRSD por parte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvendo um sistema modular de UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>
18	Atenda as condições sócio-econômicas dos municípios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvendo um sistema modular de UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 12</li> </ul>
19	Tenham uma boa aparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>Providenciando para o sistema um projeto paisagístico</li> <li>Procurando utilizar cores mais claras em todo o projeto</li> <li>Desenvolvendo um bom projeto arquitetônico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cerca verde</li> <li>Número de jardins</li> <li>Cores claras</li> <li>Ambientes reguláveis (aberto/fechado)</li> <li>Áreas limpas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar o tipo e a quantidade de árvores a contornar a área onde será instalada a UPRSD</li> <li>Determinar as formas, a quantidade e o tipo de vegetação que serão utilizadas em cada jardim</li> <li>Determinar quais os tipos, as quantidades e as cores claras a serem usadas no projeto</li> <li>Definir para cada ambiente de trabalho as formas de controle da ventilação, iluminação, ruídos e demais aspectos ligados ao conforto térmico dos mesmos</li> <li>Definir os procedimentos de limpeza para cada setor das UPRSD e quem será o responsável por executá-los</li> </ul>
20	Sejam localizadas fora do município	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definindo uma distância máxima do centro produtor de resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distância do centro produtor de resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir um raio máximo do centro produtor de resíduos para situar a instalação das UPRSD</li> </ul>
21	Funcionem em dois turnos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definindo a quantidade de resíduos a processar por dia</li> <li>Definindo a quantidade de resíduos a separar por pessoa por dia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade de resíduos a processar por dia</li> <li>Quantidade de resíduos a separar por pessoa por dia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar a quantidade de toneladas de resíduos a processar por dia</li> <li>Determinar a quantidade de quilos a manusear por dia por pessoa</li> </ul>
22	Sejam operadas por poucas pessoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 21</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 21</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 21</li> </ul>
23	Tenham seus acessos pavimentados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimentando as vias de acesso até as UPRSD</li> <li>Pavimentando as vias internas das UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimentação das vias externas até as UPRSD</li> <li>Pavimentação das vias internas das UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer o tipo e a quilometragem da pavimentação até as UPRSD</li> <li>Estabelecer o tipo de pavimento das vias internas das UPRSD</li> </ul>



Continuação da Tabela 10.4.

Nº	Requisitos dos clientes (Os QUES)	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projeto estabelecidos (Os COMOS)	O que especificar para que este requisito de projeto seja insendo no projeto em desenvolvimento ou seja, dentro do sistema modular de UPRSD?
24	Sejam construídas com estruturas pré-fabricadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirindo de terceiros ou construindo suas próprias estruturas pré-fabricadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade de estruturas pré-fabricadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinando por setor a construir o tipo e quantidade destes materiais</li> </ul>
25	Melhore as condições sanitárias do município	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a quantidade de resíduos a processar nas UPRSD</li> <li>Controlando melhor o processo de produção nas UPRSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 21</li> <li>Controle do processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 21</li> <li>Controlando o nível de rejeito do processo e as emissões de percolados e demais efluentes</li> </ul>
26	Implantação possa gerar 1 cooperativa de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentando a capacidade de produção das UPRSD</li> <li>Beneficiando os subprodutos gerados no processo das UPRSD</li> <li>Divulgando melhor os resultados obtidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 3</li> <li>Idem ao número 10</li> <li>Divulgação dos resultados obtidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 3</li> <li>Idem ao número 10</li> <li>Estabelecendo um marketing para o projeto e posteriormente estabelecer a forma como será veiculado se no rádio, na televisão e/ou nos jornais</li> </ul>
27	Ofereça garantias de uso e de assistência técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definindo um prazo de assistência técnica gratuita para o cliente do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garantias de uso</li> <li>Assistência técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecendo um número de meses ou anos no qual o projeto estará coberto contra certos tipos de falhas</li> <li>Estabelecendo as formas de contato e serviços a serem prestados aos clientes do projeto</li> </ul>
28	A manutenção seja fácil e rápida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dando maior acessibilidade aos pontos em falha ou sujeitos a manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acessibilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecendo janelas de inspeção, aberturas ou passagens compatíveis com as ações a serem executadas nestes equipamentos</li> </ul>
29	As UPRSD dêem pouca manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazendo um projeto robusto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Empregando produtos e componentes com alta confiabilidade ou largamente testados</li> </ul>
30	O sistema seja fácil de higienizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dando maior acessibilidade aos pontos sujeitos a manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 28</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 28</li> </ul>
31	O sistema seja fácil de montar e desmontar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idem ao número 8</li> </ul>

Concluído o estabelecimento dos requisitos de projeto, passou-se às atividades de preenchimento da matriz da casa da qualidade (ver Figura 9.11).

Sob este aspecto, tal ferramenta de projeto auxilia a equipe a desenvolver as etapas de análise dos sistemas concorrentes e de hierarquização dos requisitos de projeto do sistema modular em estudo.

Com relação aos sistemas concorrentes listou-se sete (07) das oito (08) unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares (UPRSD) pesquisadas, para esta análise. A razão de não incluir nesta avaliação o sistema "G", é que o mesmo não processa resíduos brutos. Este sistema só processa resíduos provenientes de coleta seletiva, ou seja, só inertes.

A intenção neste momento, era a de identificar entre os sistemas pesquisados qual seria o sistema meta a ser "perseguido", ou seja, qual seria o sistema que deveria ser superado pelo projeto em desenvolvimento. O resultado desta avaliação, elegeu o sistema "C", como o projeto a ser perseguido (Ver Figuras 9.17 e 10.2 e o Anexo A).

No entanto, observando a Figura 10.2 era possível perceber que existiam campos de relacionamento sem preenchimento na coluna correspondente ao sistema "C". A constatação deste fato, fez com que a equipe de projeto retornasse ao SISMOD e utilizasse a Regra 12.1, mencionada no Apêndice H, que diz: "**Quando existir algum relacionamento em branco nesta matriz, o**

**usuário deve retornar à matriz e preencher o campo em branco com o maior relacionamento encontrado nesta mesma linha, onde está situado o referido relacionamento”.**

Porém, a aplicação desta regra, não alterou a classificação obtida anteriormente, ou seja, o sistema meta a ser superado ainda seria o sistema “C”. O que pôde ser observado foi que o resultado do cálculo sofreu uma pequena alteração da primeira para a segunda avaliação. Na primeira avaliação o resultado obtido foi de 33,88 e na segunda avaliação o resultado obtido foi de 33,13. O que faz crer que quando o número de linhas da matriz é alto, o não preenchimento de alguns campos de alguma coluna dos sistemas concorrentes, não interfere nos resultados da classificação.

Assim sendo, conhecendo-se o sistema meta a ser superado e seus principais pontos falhos, foi possível traçar algumas estratégias de projeto. Por exemplo:

O sistema meta (sistema C) **tem deficiências** em atender demandas variáveis de resíduos. Uma primeira estratégia de projeto que surge é desenvolver um leiaute ágil e flexível a ponto de processar uma faixa de resíduos entre 5 e 40 toneladas por dia.

O sistema meta **não é construído** com estruturas pré-fabricadas. Uma segunda estratégia de projeto que surge é utilizar, onde for possível, tais tipos de estruturas, para se ganhar em tempo de fabricação, montagem e custo frente ao sistema concorrente.

O sistema meta **tem deficiências** em agregar valor aos resíduos. Uma terceira estratégia de projeto que surge é desenvolver um módulo destinado a este fim, ou seja, destinado a beneficiar os resíduos comercialmente atraentes encontrados no interior da massa de resíduos, entre outras.

Com estas estratégias de projeto estabelecidas aliadas às oportunidades de inovações tecnológicas e mercadológicas, identificadas com a aplicação do Formulário de Identificação de Oportunidades (Figura 9.8), foi possível definir com maior clareza o que focar no desenvolvimento do sistema modular em estudo.

No entanto estes são apenas um dos pontos a serem observados no desenvolvimento deste sistema. Em outras palavras, é preciso também obter as especificações de projeto do sistema modular. E sob este aspecto, fez-se necessário efetuar os relacionamentos entre as necessidades dos clientes e os requisitos de projeto, tendo-se como critérios de classificação o uso do telhado da matriz da casa da qualidade.

As Figuras 9.14, 9.15 e 10.2 e Anexo A mostram em maiores detalhes os relacionamentos e a classificação obtida.

Percebe-se pela classificação obtida que os problemas surgidos com os projetos implantados em épocas passadas (baixa eficiência do projeto, alto nível de rejeito do processo, falta de assistência técnica, pouco tempo de uso, problemas de manutenção, entre outros), foram marcantes durante o processo de avaliação dos O QUE's versus COMO's, razão pela qual tenham sido os requisitos “**capacidade de produção** (maximizar), **garantias de uso** (maximizar), **tempos de produção** (minimizar), **combinações possíveis** (maximizar) e **redundância de máquinas** (maximizar)” os melhores classificados nesta avaliação (ver Anexo A).

Outro ponto que também se observa, neste caso, é que o uso do telhado como critério de classificação não influenciou muito nos resultados, ou seja, o que foi primeiro colocado na classificação sem o telhado, passou a ser segundo considerando o telhado e vice-versa. No entanto, isto nem

sempre acontece. O comum é observar, quando da utilização do telhado, discrepância nesta classificação. E isto se verifica em função do maior ou menor relacionamento existente entre os COMO's, segundo a visão da equipe de projeto.

Concluída esta atividade, passou-se a especificar cada um dos requisitos de projeto estabelecidos para o sistema modular. Para maiores informações ver Tabela 10.5 e Figura 9.18.

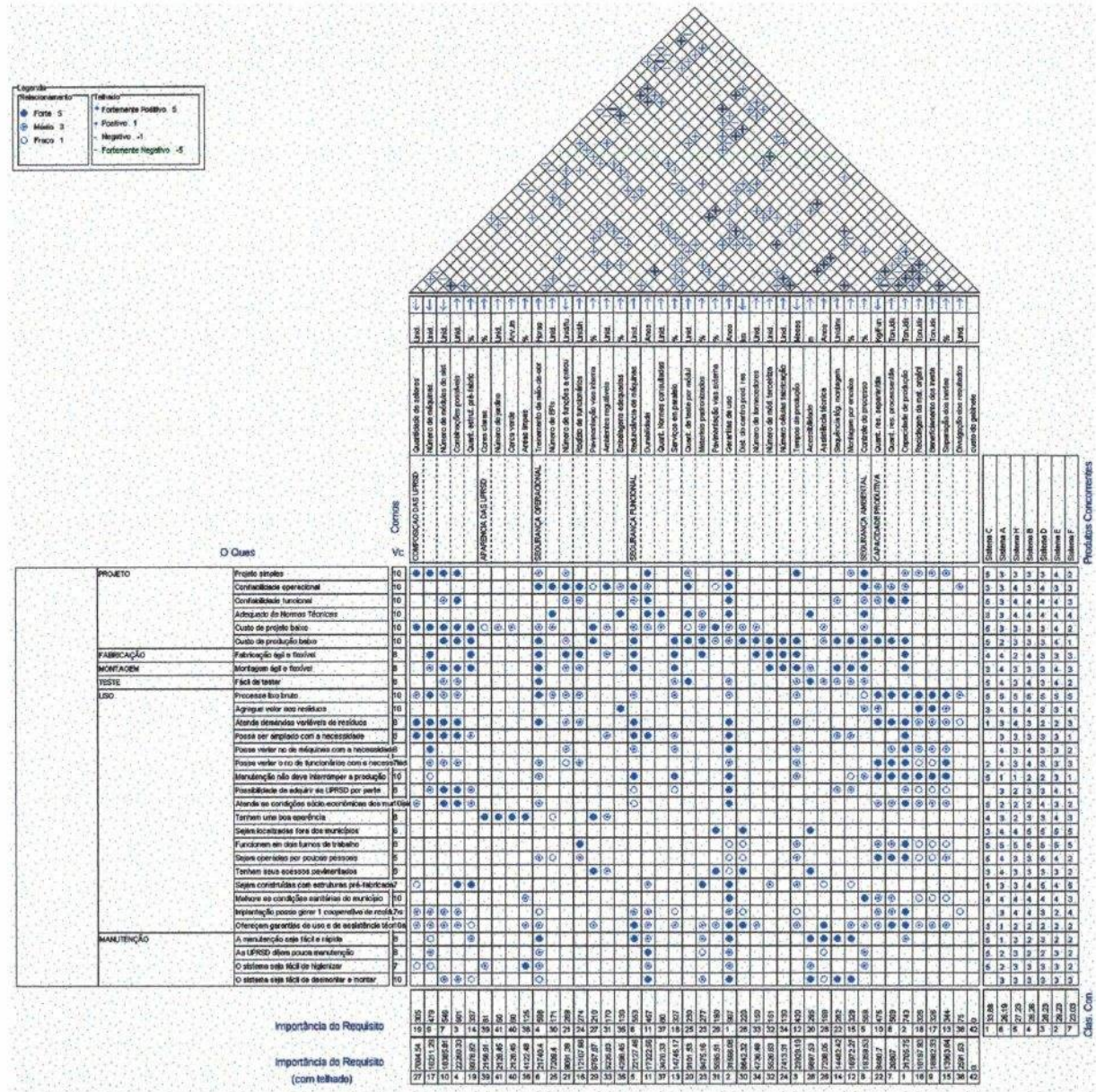


Figura 10.2. Matriz da casa da qualidade aplicada no desenvolvimento de UPRSD.

Tabela 10.5. Especificações de projeto do sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares (ver Figura 9.18).

Crítério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
Com o telhado	1	Capacidade de produção	Ton./dia	Maximizar	<b>O projeto básico deve ter capacidade mínima de processamento de 20 toneladas/dia.</b> Esta quantidade pode ser ampliada conforme a necessidade até o limite da área onde será instalado o projeto. Os módulos de ampliação a serem acoplados a este projeto básico devem fornecer capacidade de 10 ton./dia ou de 20 ton./dia.	3, 21, 26, 17
	2	Garantias de uso	Anos	Maximizar	O fabricante deverá dar uma garantia de uso contra certas falhas de pelo menos 1 ano. Deve assegurar aos clientes fácil ampliação das capacidades do sistema, operação simples e segura e fácil manutenção. Para tanto, deve-se identificar os pontos de maior criticidade no projeto, avaliar estes pontos críticos, desenvolver ações para minimizá-los ou isolá-los para só, então, estimar esta garantia.	
	3	Tempos de produção	Meses	Minimizar	A redução dos tempos de produção das UPRSD devem ser conseguidos através de terceirização de máquinas, equipamentos e obras. Dependendo da empresa que está encarregada do projeto pode-se tanto terceirizar os equipamentos mecânicos, como as obras civis. Outra forma é trabalhar com o conceito de células de fabricação (grupos de máquinas e pessoas que juntos podem conceber qualquer módulo do projeto), produzindo paralelamente os módulos do sistema. Assim sendo, deve-se procurar entregar o projeto instalado em não mais do que 6 meses.	1, 17, 4
	4	Combinações possíveis	Unidades	Maximizar	Identificar as entradas, saídas e restrições de cada módulo (materiais, energias, sinais) e a partir destas informações, estabelecer formas construtivas que tenham interfaces padronizadas (compatíveis com as entradas, saídas e restrições identificadas). Determinado isto, desenvolver o máximo de combinações possíveis a fim de oferecer um leque maior de opções aos clientes do projeto (desenvolver um sistema modular).	3, 26, 17
	5	Redundância de máquinas	Unidades	Maximizar	A redundância de máquinas deve ser utilizada nos pontos críticos do sistema, tais como na alimentação do sistema, na seleção magnética dos metais ferrosos e na trituração dos resíduos orgânicos. Outro ponto é na compactação dos inertes. Assim deve-se prever a possibilidade da redundância passiva de máquinas voltadas para este fim.	26, 17
	6	Treinamento da mão-de-obra	Horas	Maximizar	A mão-de-obra deve ter pelo menos 40 horas de treinamento (uma semana) antes de começar suas atividades. E quando esta mão-de-obra atuar no processo de produção, deve-se reduzir o fluxo de alimentação dos resíduos até que o encarregado pelo setor perceba que eles estão mais adaptados as suas funções. Outros treinamentos devem ser ministrados, de forma regular, quanto aos aspectos ergonômicos e de saúde física exigidos para tais funções (posturas, descansos, cargas máximas a manusear, vacinas necessárias, exames médicos regulares, etc.).	
	7	Quantidade de resíduos a processar/dia	Ton./dia	Maximizar	<b>O projeto deve processar por dia um mínimo de 20 toneladas de resíduos brutos.</b> No entanto, esta quantidade pode ser ampliada de 10 em 10 ou de 20 em 20 de acordo com a necessidade do cliente.	22, 10, 21, 26, 17
	8	Controle do processo	%	Maximizar	Estabelecer o balanço de massa do sistema e passar a controlar a taxa de rejeito do processo de produção, procurando sempre reduzi-la. Outros pontos a atuar são: procurar reduzir a quantidade de "chorume" no processo de compostagem, controlando melhor a temperatura, umidade e oxigenação das leiras; captar as águas residuais dos processos, a fim de tratá-la e, se possível, realimentá-la novamente no processo é, por fim, controlar a produtividade do sistema a partir da quantidade de resíduos que entram e que são beneficiados pelo processo.	

## Continuação da Tabela 10.5.

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
	9	Beneficiamento dos inertes	Ton./dia	Maximizar	Para maximizar o beneficiamento dos inertes é preciso, inicialmente, <b>aumentar a quantidade selecionada dos mesmos</b> . Para tanto, deve-se <b>aumentar o número de catadores e/ou equipamentos destinados a este fim</b> . Em seguida, é preciso estabelecer o processo de beneficiamento: <b>limpar, lavar, secar, triturar, compactar, modificar</b> . Para tanto, deve-se determinar o tipo e a capacidade das prensas hidráulicas, dos secadores ou centrifugas, moinhos e picadores, tanques de lavagem, extrusoras, entre outras. A escolha destes equipamentos depende de vários fatores. No entanto, um dos mais importantes é o que envolve o mercado dos reciclados. Se houver divulgação e empresas próximas ao projeto que possam absorver tais subprodutos, é possível adquirir um módulo de beneficiamento mais completo face essa possibilidade de mercado.	22
	10	Nº de módulos do sistema modular	Unidades	Minimizar	O sistema deve funcionar com pelo menos dois módulos (um de triagem e outro de compostagem). No entanto, com apenas dois módulos não se poderá agregar valor aos inertes. O máximo que se conseguirá é separá-los. Assim, <b>recomenda-se que sejam utilizados no mínimo três (03) módulos: os dois já mencionados e um terceiro de beneficiamento</b> . O diferencial deverá ser o número de equipamentos utilizados em cada módulo do sistema, como forma de adequar o sistema às condições sócio-econômicas de cada região.	7
Com o telhado	11	Durabilidade	Anos	Maximizar	As UPRSD devem ser projetadas para <b>uma vida útil de pelo menos 15 anos</b> . Este parâmetro deve ser determinado levando-se em consideração crescimento demográfico do município, a quantidade de resíduos coletada por dia, a área disponível para a instalação do projeto, a dinâmica de crescimento do município e a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município (porcentagem de materiais presentes no interior dos RSD).	7
	12	Montagem por encaixe	%	Maximizar	Para maximizar a montagem por encaixe é preciso, inicialmente, definir o que será arquitetura física permanente e, em seguida, o que será arquitetura temporária (atender picos de demanda) nos projetos de cada cliente. Em seguida, estabelecer para cada módulo o que deve compô-los. Por fim, estabelecer os locais onde cada equipamento ou estrutura deve ser posicionada para que seja possível montar o sistema solicitado. <b>Recomenda-se que 100% dos equipamentos e das estruturas físicas sejam montadas por encaixe ou simplesmente posicionadas de tal forma que eles possam executar suas funções de forma adequada</b> . Naqueles equipamentos que desempenham suas funções por meio de vibrações ou oscilações, deve-se prever nas suas bases dispositivos que anulem estas vibrações.	
	13	Serviços em paralelo	%	Maximizar	Se a empresa responsável pelo projeto não for da construção civil, esta deve terceirizar <b>100%</b> destes serviços. O mesmo se aplica se a empresa não for da indústria metal-mecânica. Esta decisão deixa a empresa responsável pelo projeto mais ágil e flexível para atender as variações na demanda do mercado. Dentro das UPRSD os serviços que podem ser 100% executados de maneira paralela são os de triagem, beneficiamento e compostagem da matéria orgânica.	21, 26, 17
	14	Seqüência lógica montagem	Unidades/mês	Maximizar	Para maximizar a seqüência lógica de montagem é preciso considerar que o terreno onde será instalada as UPRSD já esteja devidamente preparado e aprovado pelos órgãos competentes. Em seguida, é preciso conceber estruturas pré-fabricadas para auxiliar na fundação dos projetos, a compor seus pisos, suas estruturas de apoio, paredes e coberta. Neste interim, deve-se prever as instalações elétricas e prediais. Por fim, a alocação de máquinas e equipamentos. A intenção é, pelo menos, instalar um projeto a cada seis meses por equipe de trabalho.	
	15	Separação dos inertes da matéria orgânica	%	Maximizar	Para maximizar a separação dos inertes da matéria orgânica é preciso estabelecer o fluxo de resíduos, a produção média de cada catador em cada posto de trabalho e a capacidade de produção de cada máquina de auxílio a esta atividade. No entanto, espera-se que todo o inerte ( <b>100%</b> ) seja retirado da matéria orgânica, visando não aumentar ou prejudicar a compostagem da mesma.	17, 22

## Continuação da Tabela 10.5.

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
Com o telhado	16	Rodízio de funcionários	Unidades/hora	Maximizar	Para maximizar o rodízio de funcionários no processo produtivo é necessário desenvolver estudos ergonômicos a fim de estabelecer um tempo "ótimo" para este tipo de atividade insalubre. No entanto, sugere-se que a cada hora trabalhada o funcionário descanse 15 minutos.	21, 17, 22
	17	Número de máquinas	Unidades	Minimizar	Para minimizar o número de máquinas em cada UPRSD é necessário conhecer as necessidades de cada cliente do projeto. No entanto, recomenda-se que pelo menos exista em cada projeto uma (01) esteira de triagem, um (01) triturador de matéria orgânica, uma (01) peneira rotativa e uma (01) prensa hidráulica.	5, 16, 1, 3, 14, 24, 15, 4, 7
	18	Reciclagem da matéria orgânica	Ton./dia	Maximizar	Para maximizar a reciclagem da matéria orgânica é preciso, antes de tudo, eliminar da mesma os inertes. Em seguida, deve-se fragmentá-la para facilitar o processo de compostagem. Posteriormente, estabelecer a área do pátio de compostagem, o número de pessoas ou máquinas envolvidas neste processo. Por fim, pela composição gravimétrica dos resíduos a processar, estimar a quantidade de matéria orgânica a ser compostada por dia. Segundo as estatísticas brasileiras de 50 a 70% dos resíduos são compostos por resíduos orgânicos. Logo, pode-se prever para este projeto uma quantidade de matéria orgânica a reciclar próxima de 10 toneladas diárias.	
	19	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	%	Maximizar	Deve-se utilizar o máximo de estruturas pré-fabricadas para a construção civil. Logo, devem ser empregados painéis, colunas, estruturas metálicas, telhas e pisos, que sejam fáceis de montar e desmontar. Se possível, utilizar 100% destes materiais.	
	20	Quantidade de testes por módulo	Unidades	Maximizar	Os módulos devem ser testados mais de uma (01) vez, antes de serem encaminhados à montagem. Sob este aspecto, devem ser verificados acoplamentos, interfaces, dimensões, geometrias e desempenho.	
	21	Nº de funções a executar	Unidades/funcionário	Minimizar	Os funcionários devem ser treinados para executarem no máximo duas funções na esteira ou mesa de triagem, como forma de aumentar a especialização e, consequentemente, a produção de resíduos triados. No entanto, deve-se prever o rodízio de funções de tempos em tempos tanto neste setor como em outros setores das UPRSD.	1, 16, 14, 24, 7
	22	Quantidade de resíduos a separar/dia	Kg/dia	Minimizar	Deve-se estimar por pessoa uma Quantidade de resíduos a ser triados por dia entre 500 e 700 kg. Valores acima destes, podem causar fadiga e dores pelo corpo com o tempo.	7, 18, 9, 15, 1, 16
	23	Materiais padronizados	%	Maximizar	Utilizar o máximo de materiais facilmente encontrados no mercado e facilmente trabaláveis com os recursos disponíveis na empresa responsável pelo desenvolvimento das UPRSD. Defini-los, então, como materiais padrão, desde que não comprometam a confiabilidade dos sistemas. Assim sendo, recomenda-se o uso de 100% destes materiais.	
	24	Nº de células de fabricação	Unidades	Maximizar	Este conceito de célula de fabricação deve ser utilizado tanto por quem fabrica os módulos quanto por quem processa os resíduos. Assim sendo, o leiaute deve ser organizado de tal forma que permita que atividades sejam realizadas de forma independente uma das outras, mas que se destinem a montar um todo ao final do processo. Logo, deve-se analisar a possibilidade da criação de setores que fabriquem de maneira individual os equipamentos destinados a compor cada módulo ou processem os resíduos brutos. Assim, recomenda-se a criação de pelo menos duas células de fabricação para cada atividade.	21, 26, 17
	25	Nº de EPI'S/EPC's	Unidades	Maximizar	Cada funcionário deve ter seu EPI e um de reserva (dois por funcionário: dois bonés, dois aventais, etc.) que deve ser guardado no local de trabalho. Quanto aos EPC's, quantos se fizerem necessários para dar as condições adequadas para o desempenho das atividades.	

## Continuação da Tabela 10.5.

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto		Requisitos conflitantes
Com o telhado	26	Assistência técnica	Anos	Maximizar	A assistência técnica aos clientes do projeto deve perdurar enquanto o projeto existir. <b>A princípio por 15 anos</b> , podendo ser ampliado este prazo à medida que o sistema seja melhorado e devidamente mantido.		
	27	Quantidade de setores	Unidades	Minimizar	A quantidade de setores a instalar por UPRSD depende dos desejos e necessidades de cada cliente. No entanto, recomenda-se que sejam usados <b>um mínimo de três (03) setores</b> : setor de triagem, setor de reciclagem da matéria orgânica e setores de armazenamento dos subprodutos.		1, 5, 14, 24, 4, 7
	28	Acessibilidade	m <sup>2</sup>	Maximizar	Quando o acesso for de veículos estes devem ser compatíveis com suas dimensões e com as necessidades de manobrabilidade das suas atividades. Quando o acesso for dos funcionários aos equipamentos, visando mantê-los, prever espaços ou janelas adequadas a estas atividades. Então, para veículos que transportam os resíduos brutos ou beneficiados, ruas com largura não inferior a <b>10 metros</b> . Para veículos que transportam resíduos triados nos setores de triagem, prever ruas para a passagem de <b>pelo menos dois (02) carrinhos por vez</b> e, para os acessos até os pontos que sofrerão manutenção, prever os <b>espaços ergonômicos recomendados na literatura especializada</b> .		
	29	Pavimentação das vias internas	%	Maximizar	Pavimentar <b>100%</b> das vias internas com materiais pré-fabricados. Esta decisão evitará problemas de acidentes de trabalho e má aparência nas instalações.		
	30	Distância do centro produtor de resíduos	Km	Minimizar	As UPRSD não devem estar afastadas a <b>menos de 20 km do centro produtor de resíduos</b> , em função dos custos de transporte dos resíduos até suas instalações. A não observação desta recomendação de projeto pode ocasionar a parada do sistema por falta de recursos.		
	31	Pavimentação das vias externas	%	Maximizar	Pavimentar <b>100%</b> das vias externas das UPRSD, sob pena de correr o risco dos sistemas não funcionarem em dias chuvosos ou por pressão da população residente próxima a área de instalação das UPRSD.		
	32	Nº de módulos terceirizados	%	Maximizar	Se a empresa responsável pelo projeto for da área da construção civil, terceirizar as máquinas e equipamentos necessários ao processo de produção. Se a empresa responsável pelo projeto for da indústria metal-mecânica proceder de modo inverso. Isto deixará a empresa mais ágil e flexível para atender as variações nas demandas de seus clientes. Assim recomenda-se terceirizar <b>100%</b> dos componentes ou módulos que não forem da competência da empresa.		
	33	Ambientes reguláveis	Unidades	Maximizar	Os ambientes que devem ser regulados são aqueles responsáveis por receber e triar os resíduos brutos, pois tratam-se dos setores mais críticos do sistema em função de manusear resíduos virgens (ainda não processados). Assim, <b>pelo menos dois (02) setores</b> devem ser regulados: o setor de recebimento e o setor de triagem dos resíduos brutos.		
	34	Número de fornecedores	Unidades	Maximizar	Não se deve trabalhar só com um fornecedor de materiais. Deve-se <b>pelo menos ter dois fornecedores</b> , até para que os custos dos insumos sejam barateados e não haja dependência de uma única empresa.		
	35	Embalagens adequadas	%	Maximizar	Os subprodutos obtidos com o processamento devem ser adequadamente embalados, visando melhorar o manuseio dos mesmos e consequentemente a sua aceitação pelos clientes externos. Assim, recomenda-se que tais subprodutos sejam <b>100%</b> embalados de forma adequada (em sacos, entarçados, compactados, embalados, etc.).		
	36	Áreas limpas	%	Maximizar	Deve-se deixar, sempre que possível, <b>100%</b> das áreas limpas das UPRSD, em função da higiene necessária às atividades ali desenvolvidas e da boa aparência requerida para tais sistemas.		
	37	Quantidade de Normas consultadas	Unidades	Maximizar	Consultar o máximo de Normas Técnicas sobre o assunto, ou seja, Normas para instalação de atividades poluidoras, para atividade em locais insalubres, para manuseio de cargas pesadas, entre outras.		

Continuação da Tabela 10.5.

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	
					Requisitos conflitantes	
Com o telhado	38	Divulgação dos resultados	Unidades	Maximizar	<b>Divulgar mensalmente nos jornais</b> da região da região os resultados obtidos com o projeto instalado. Isto fará com que a população tome conhecimento da importância do mesmo para a região e empresas recicladoras se interessem por comprar a produção.	
	39	Cores claras	%	Maximizar	Utilizar <b>100%</b> de cores claras nos sistemas a serem instalados. Isto passará uma imagem de limpeza que é fundamental na aparência destes sistemas.	
	40	Cerca verde	Árvores / metro	Maximizar	Deve-se plantar de preferência <b>uma (01) árvore a cada dois metros</b> a fim de criar uma cerca verde uniforme e dar uma melhor aparência ao projeto.	
	41	Número de jardins	unidades	Maximizar	Os projetos a serem instalados devem possuir uma área de jardinagem em volta dos setores de triagem e setores de apoio, visando dar uma melhor aparência a tais projetos. A quantidade deles dependerá número de módulos a atender as demandas dos clientes do projeto.	



Com as especificações de projeto em mãos passou-se à fase do projeto conceitual.

## 10.4 – Projeto conceitual do sistema modular

A fase do projeto conceitual do sistema modular tem por objetivo auxiliar os projetistas a estabelecerem as concepções construtivas que melhor atendem o problema de projeto.

Sob este enfoque, inicialmente, deve-se estabelecer estruturas funcionais do sistema modular (Etapa 2.1). Esta etapa é desenvolvida através de uma série de tarefas e ferramentas de apoio ao processo de projeto apresentadas, respectivamente, na Figura 6.1 e Apêndice M.

Assim sendo descreveu-se, interpretou-se e caracterizou-se a função global do sistema modular conforme apresenta-se na Figura 10.3 (ver também Figura 9.22).

ENTRADAS	FUNÇÃO GLOBAL DO SISTEMA MODULAR	SAÍDAS
<b>Materiais:</b> Lixo bruto, água, vermes, sabão. <b>Energias:</b> Humana, elétrica, hidráulica, eletromagnética, potencial, cinética, mecânica, térmica.	<b>Processar resíduos sólidos domiciliares</b>	<b>Materiais:</b> Composto orgânico, inertes separados, inertes compactados, inertes beneficiados, rejeito
OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES		
Os resíduos sólidos domiciliares a serem processados estão na sua forma bruta, ou seja, misturados matéria orgânica e inorgânica. A quantidade mínima de resíduos que entra no processo é de 20 toneladas por dia. Os custos de cada UPRSD do sistema modular deve ficar próximo dos US\$ 50,000.00 (cinquenta mil dólares). Tais UPRSD se destinam a municípios com população estimada em até 40 mil habitantes. Tais sistemas são expansíveis.		

Figura 10.3. Caracterização da função global do sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares (FERRAMENTA 4).

Em seguida, passou-se a estabelecer as variantes desta função global, ou seja, quais os grupos de desejos e necessidades a estabelecer a partir da caracterização apresentada na Figura 10.3, que pudesse atender as variações nas demandas de mercado.

Dentro deste contexto, enumerou-se três grupos básicos, a saber:

**Grupo 1:** Constituídos pelos municípios que desejam apenas separar os inertes e reciclar a matéria orgânica.

**Grupo 2:** Constituídos pelos municípios que desejam separar e compactar inertes e reciclar a matéria orgânica, e

**Grupo 3:** Constituídos pelos municípios que desejam além de separar os inertes, beneficiá-los e reciclar a matéria orgânica.

Estabelecidos tais grupos de desejos a partir das informações constantes do catálogo de informações técnicas (Apêndice C, Figura 9.7), do formulário de identificação de oportunidades (Apêndice D, Figura 9.8) e do quadro de especificações de projeto (Tabela 10.5, Figura 9.18) descreveu-se, interpretou-se e caracterizou-se três variantes da função global (Figura 10.3), conforme se apresenta nas Figura 10.4, 10.5 e 10.6 (ver também Figura 9.23).

ENTRADAS	VARIANTE 1 DA FUNÇÃO GLOBAL	SAÍDAS
<b>Materiais:</b> Lixo bruto, água. <b>Energias:</b> Humana, cinética e potencial	Separar inertes/reciclar matéria orgânica	<b>Materiais:</b> Composto orgânico, inertes separados, rejeito
OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES		
Além das restrições apresentadas na função global, tal variante deve empregar no processamento dos resíduos o máximo de mão-de-obra e não utilizar equipamentos eletromecânicos.		

Figura 10.4. Caracterização da variante 1 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).

ENTRADAS	VARIANTE 2 DA FUNÇÃO GLOBAL	SAÍDAS
<b>Materiais:</b> Lixo bruto, água, vermes. <b>Energias:</b> Humana, elétrica, potencial, cinética, mecânica e hidráulica	Separar e compactar inertes/reciclar matéria orgânica	<b>Materiais:</b> Composto orgânico, vermicomposto, inertes separados, inertes compactados, rejeito
OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES		
Além das restrições apresentadas na função global, tal variante deve empregar no processamento dos resíduos um misto de de mão-de-obra e equipamentos eletromecânicos.		

Figura 10.5. Caracterização da variante 2 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).

ENTRADAS	VARIANTE 3 DA FUNÇÃO GLOBAL	SAÍDAS
<b>Materiais:</b> Lixo bruto, água, vermes, sabão. <b>Energias:</b> Humana, elétrica, potencial, cinética, mecânica, hidráulica, eletromagnética e térmica.	Separar e beneficiar inertes / reciclar matéria orgânica	<b>Materiais:</b> Composto orgânico, vermicomposto, inertes separados e beneficiados, rejeito
OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES		
Além das restrições apresentadas na função global, tal variante deve empregar no processamento dos resíduos o máximo equipamentos eletromecânicos e o mínimo de mão-de-obra.		

Figura 10.6. Caracterização da variante 3 da função global do sistema modular de UPRSD (FERRAMENTA 4).

Estabelecidas tais variantes da função global, passou-se a estabelecer por variante as suas respectivas funções parciais/elementares.

Dentro deste contexto, novamente foi necessário descrever as operações relativas a realização de cada variante da função global, estabelecendo texto, que interpretados geraram a seguinte lista de funções parciais/elementares apresentada na Tabela 10.6 (ver Figura 9.24). Em seguida, passou-se a caracterizar cada uma destas funções parciais/elementares apresentadas gerando uma série de documentos tais como o apresentado na Figura 10.7 (ver Figura 9.25).

Tabela 10.6. Interpretações das descrições das operações de cada variante do sistema modular (Nível 1) (FERRAMENTA 4).

Funções parciais/elementares da Variante 1: Separar inertes / Reciclar matéria orgânica (Nível 1 de desdobramento)	Funções parciais/elementares da Variante 2: Separar e compactar inertes / Reciclar matéria orgânica (Nível 1 de desdobramento)	Funções parciais/elementares da Variante 3: Beneficiar inertes / Reciclar matéria orgânica (Nível 1 de desdobramento)
1.1) Receber resíduos brutos	2.1) Receber resíduos brutos	3.1) Receber resíduos brutos
1.2) Alimentar sistema	2.2) Alimentar sistema	3.2) Alimentar sistema
1.3) Triar materiais	2.3) Triar materiais	3.3) Triar materiais
1.4) Pesar matéria orgânica	2.4) Fragmentar matéria orgânica	3.4) Fragmentar matéria orgânica
1.5) Reciclar matéria orgânica	2.5) Pesar matéria orgânica	3.5) Pesar matéria orgânica
1.6) Armazenar inertes	2.6) Reciclar matéria orgânica	3.6) Reciclar matéria orgânica
1.7) Armazenar composto orgânico	2.7) Armazenar inertes	3.7) Armazenar inertes
	2.8) Compactar inertes	3.8) Compactar inertes
	2.9) Armazenar fardos	3.9) Armazenar fardos
	2.10) Armazenar composto orgânico	3.10) Armazenar composto orgânico
	2.11) Armazenar vermicomposto	3.11) Armazenar vermicomposto
		3.12) Beneficiar inertes
		3.13) armazenar inertes beneficiados.

Observações: As funções sem destaque são funções comuns nas três variantes. As funções com destaque em amarelo são comuns nas variantes 2 e 3. As funções com destaque em verde só existem na variante 3.

ENTRADAS	VARIANTE 1 DA FUNÇÃO GLOBAL	SAÍDAS	OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES
Materiais: Lixo bruto	Receber resíduos brutos	Materiais: Lixo bruto	A área deve ser coberta e acumular pelo menos uma carga de um caminhão coletor por vez.
Materiais: Lixo bruto Energia: Humana	Alimentar sistema	Materiais: Lixo bruto esfacelado, materiais volumosos (rejeito)	Utilizar pelo menos duas pessoas nesta função. Fornecer EPI's e ferramentas manuais. Dar treinamento.
Materiais: Lixo bruto esfacelado Energia: Humana	Triar materiais	Materiais: Inertes separados, matéria orgânica, rejeito	Triar por pessoa uma quantidade entre 500 e 700 kg por jornada de trabalho. Fornecer ferramentas manuais e EPI's. Prever revezamento. Pode ser utilizada uma mesa para apoiar os resíduos. Dar treinamento.
Materiais: Matéria orgânica Energia: Humana	Pesar matéria orgânica	Materiais: Matéria orgânica	Utilizar uma balança com tara de 200kg. Prever abertura no piso para acomodá-la.
Materiais: Matéria orgânica e água Energia: Humana	Reciclar matéria orgânica	Materiais: Composto orgânico e rejeitos	O período para obtenção do composto orgânico é estimado entre 90 e 120 dias. Dar treinamento.
Materiais: Inertes Energia: Humana	Armazenar inertes	Materiais: Inertes separados	Os inertes são armazenados em áreas cobertas.
Materiais: Composto orgânico Energia: Humana	Armazenar composto orgânico	Materiais: composto orgânico	O composto orgânico é armazenado em área a céu aberto.

Figura 10.7. Caracterização das funções parciais/elementares da variante 1 da função global do sistema modular (nível de desdobramento 1).

Posteriormente, pesquisou-se para cada uma destas funções listadas em cada uma das variantes da função global estabelecidas, a existência de efeitos, portadores de efeitos ou princípios de solução que as realizassem, gerando outros documentos conforme se apresenta na Tabela 10.7.

Nos casos afirmativos a função parcial/elementar à qual associou-se pelo menos um efeito, um portador de efeito ou um princípio de solução, passa a ser uma função totalmente conhecida. Portanto, tal função parcial/elementar sai desta categoria (parcial/elementar) para a categoria de função elementar.

Tabela 10.7. Confirmação ou não de efeitos, portadores de efeitos ou princípios de solução que realizam ou satisfazem as funções parciais/elementares estabelecidas para a variante1 da função global do sistema modular.

Variante 1 da função global: Separar inertes/Reciclar matéria orgânica		
Funções parciais/elementares estabelecidas	Existe algum efeito, portador de efeito ou princípio de solução associado ou que atende tais funções?	Descrição do(s) efeito(s), portador(es) de efeito(s) ou princípio(s) de solução(ões)
Receber resíduos brutos	Sim. Existem princípios de solução associados a esta função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosso ao nível do solo com piso encimentado ou pavimentado com paralelepípedos ou lajotas de cimento.</li> <li>• Fosso abaixo do nível do solo com piso e encostas encimentadas ou em chapas de aço.</li> <li>• Fosso abaixo do nível do solo com piso encimentado, contendo peneiras planas estacionárias.</li> </ul>
Alimentar sistema	Sim. Existem princípios de solução associados a esta função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> <li>• Tremonha metálica.</li> <li>• Cilindro dosador.</li> <li>• Correia transportadora.</li> <li>• Pólipo hidráulico.</li> <li>• Talha e garras.</li> </ul>
Triar materiais	Não. É preciso desdobrar esta função em outros níveis de menor complexidade, a fim de deixá-la mais clara e mais fácil de resolvê-la.	
Pesar matéria orgânica	Sim. Existem princípios de solução associados a esta função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balança com tara até 200 kg.</li> </ul>
Reciclar matéria orgânica	Não. É preciso desdobrar esta função em outros níveis de menor complexidade, a fim de deixá-la mais clara e mais fácil de resolvê-la.	
Armazenar composto orgânico	Sim. Existem princípios de solução associados a esta função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana.</li> <li>• Carrinhos-de-mão.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> <li>• Caminhão com caçamba basculante.</li> </ul>
Armazenar inertes	Sim. Existem princípios de solução associados a esta função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana.</li> <li>• Empilhadeira mecânica acionada manualmente.</li> <li>• Carrinhos-de-mão.</li> <li>• Empilhadeira movida à combustão interna.</li> </ul>

Os campos sem preenchimento na Tabela 10.7 indicam que ainda não foram encontrados efeitos, portadores de efeitos ou princípios de solução para as funções listadas. Nestes casos, foi necessário desdobrar tais funções em outros níveis até o ponto em que todas as funções se tornaram conhecidas.

Com todas as funções conhecidas para cada variante da função global, passou-se a estabelecer as estruturas funcionais de cada variante da função global. Para tanto, fez-se uso da terminologia básica de apoio à sistematização de estruturas funcionais (Apêndice M, Figura 12.28), da tabela de arranjos das funções elementares estabelecidas para cada variante da função global do sistema modular (Apêndice M, Tabela 12.5) e das recomendações de auxílio à composição das estruturas funcionais (Apêndice M, Figura 12.29) (Tais informações também se encontram no "Help" do SISMOD).

Como resultado, obteve-se tabelas contendo as formas de organização das estruturas funcionais de cada variante da função global. A título de exemplo, apresenta-se a tabela dos arranjos de funções elementares para a variante 2 da função global (Tabela 10.8) e uma das estruturas funcionais concebidas a partir desta tabela (Ver Figura 10.30).

Tabela 10.8. Arranjos das funções elementares estabelecidas para a variante 2 da função global do sistema modular (ver também Figura 9.26).

Variante 2 da função global do sistema modular: Separar e compactar inertes/Reciclar matéria orgânica			
Sinais	A função:	Está em série com:	Está em paralelo com:
⇒	Receber resíduos brutos	Alimentar sistema	
	Alimentar sistema	(Movimentar resíduos brutos), (identificar materiais)	
	Movimentar resíduos brutos	Movimentar matéria orgânica	(Identificar materiais), (catar materiais), (armazenar temporariamente materiais)
	Identificar materiais	Catar materiais	
	Catar materiais	Armazenar temporariamente materiais	
#	Armazenar temporariamente materiais	Armazenar inertes	
	Movimentar matéria orgânica	Fragmentar matéria orgânica	
	Fragmentar matéria orgânica	Pesar matéria orgânica	
	Pesar matéria orgânica	Amontoar matéria orgânica	
	Amontoar matéria orgânica	Formar leiras e formar canteiros	
	Formar leiras	Molhar leiras	
#	Molhar leiras	Revirar leiras periodicamente	
	Revirar leiras periodicamente	Amontoar composto orgânico	
	Amontoar composto orgânico	Classificar composto orgânico	
*	Classificar composto orgânico	Armazenar composto orgânico	
	Armazenar composto orgânico		
	Formar canteiros	Introduzir vermes	
#	Introduzir vermes	Abrigar dos efeitos da luz	
	Abrigar dos efeitos da luz	Controlar quantidade de matéria orgânica	
	Controlar quantidade de matéria orgânica	Amontoar vermicomposto	
	Amontoar vermicomposto	Classificar vermicomposto	
*	Classificar vermicomposto	Armazenar vermicomposto	
	Armazenar vermicomposto		
	Armazenar inertes	Compactar inertes	
#	Compactar inertes	Armazenar fardos	
*	Armazenar fardos		
→	Receber+alimentar resíduos brutos	(Movimentar resíduos brutos), (identificar materiais)	

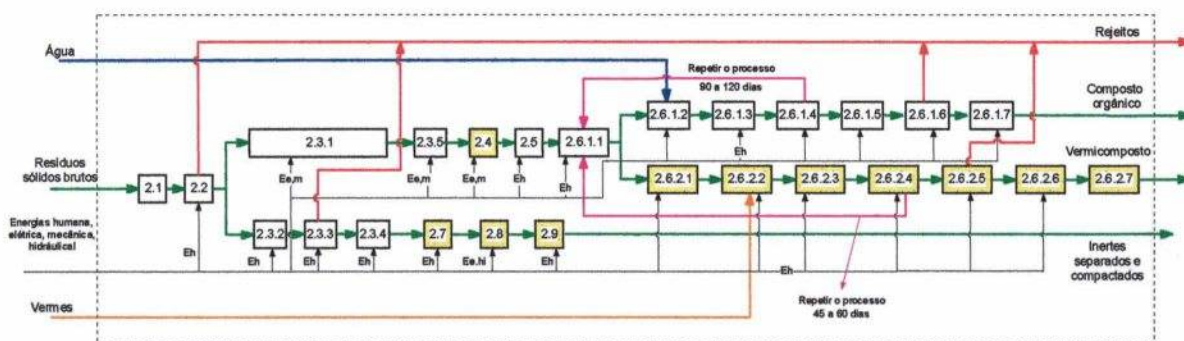


Figura 10.8. Estrutura funcional básica da variante de número 2 da função global do sistema modular de UPRSD.

Estabelecidas as estruturas funcionais alternativas de cada variante da função global, passou-se a etapa que trata do estabelecimento dos módulos funcionais do sistema modular (ver Anexo C).

Para o desenvolvimento da mesma, fez-se uso do documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais e diferentes em cada umas das

alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular (Apêndice M, Figura 12.32), das recomendações para o estabelecimento e apresentação dos módulos funcionais do sistema modular (Apêndice M, Figura 12.33) e da **Regra 12.3**. Juntos tais documentos terminaram por auxiliar a gerar as Tabelas 10.9 e 10.10 apresentadas a seguir.

Tabela 10.9. Documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais e diferentes em cada uma das alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global (ver também Figuras 9.28, 9.29 e 9.30).

Lista de funções estabelecidas nas alternativas de estruturas funcionais	Código das funções em cada variante da função global do sistema modular			Situação das funções analisadas entre as estruturas funcionais que compõe o sistema modular				Observação
	V1	V2	V3	Iguais	Parc. Iguais	Semantic Iguais	Difer.	
Receber resíduos brutos	1.1	2.1	3.1	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.1.
Alimentar sistema	1.2	2.2	3.2	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.2.
Movimentar resíduos	1.3.1	2.3.1	3.3.1		X			A função 1.3.1 difere das demais no tipo de energia utilizada. Usa humana enquanto as demais usam elétrica e mecânica. Logo o código da função na variante 1 permanece 1.3.1 e os demais códigos são unificados para FE2.3.1.
Identificar materiais	1.3.2	2.3.2	3.3.2	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.3.2.
Catar materiais	1.3.3	2.3.3	3.3.3		X			A função 3.3.3 difere das demais por utilizar um tipo a mais de energia (a eletromagnética). Logo o código da função na variante 1 permanece 1.3.3 e os demais códigos são unificados para FE2.3.3.
Armazenar temporariamente materiais	1.3.4	2.3.4	3.3.4	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.3.4.
Movimentar matéria orgânica	1.3.5	2.3.5	3.3.5		X			A função 1.3.5 difere das demais no tipo de energia utilizada. Usa humana enquanto as demais usam elétrica e mecânica. Logo o código da função na variante 1 permanece 1.3.3 e os demais códigos são unificados para FE2.3.5.
Fragmentar matéria orgânica		2.4	3.4	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.4.
Pesar materiais	1.4	2.5	3.5	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.4.
Amontoar matéria orgânica	1.5.1	2.6.1.1	3.6.1.1	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.1.
Formar leiras	1.5.2	2.6.1.2	3.6.1.2	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.2.
Molhar leiras	1.5.3	2.6.1.3	3.6.1.3	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.3.
Revirar leiras periodicamente	1.5.4	2.6.1.4	3.6.1.4	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.4.
Amontoar composto orgânico	1.5.5	2.6.1.5	3.6.1.5	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.5.
Classificar composto orgânico	1.5.6	2.6.1.6	3.6.1.6	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.5.6.
Formar canteiros		2.6.2.1	3.6.2.1	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2.1.

Continuação da Tabela 10.9.

Lista de funções estabelecidas nas alternativas de estruturas funcionais	Código das funções em cada variante da função global do sistema modular			Situação das funções analisadas entre as estruturas funcionais que compõe o sistema modular				Observação
	V1	V2	V3	Iguais	Parc. Iguais	Semantic iguais	Difer.	
Introduzir vermes		2.6.2.2	3.6.2.2	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2.2.
Abrigar dos efeitos da luz		2.6.2.3	3.6.2.3	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2.3.
Controlar quantidade de matéria orgânica		2.6.2.4	3.6.2.4	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2.4.
Armonizar vermicomposto		2.6.2.5	3.6.2.5	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2.5.
Classificar vermicomposto		2.6.2.6	3.6.2.6	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.6.2..
Armazenar inertes	1.6	2.7	3.7	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.6.
Compactar inertes		2.8	3.8	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.8.
Armazenar fardos		2.9	3.9	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.9.
Armazenar composto orgânico		2.10	3.10	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.10.
Armazenar vermicomposto		2.11	3.11	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE2.11.
Fragmentar vidros			3.12.1.1				X	
Lavar vidros			3.12.1.2				X	
Secar vidros			3.12.1.3				X	
Ensilar vidros			3.12.1.4				X	
Lavar plásticos			3.12.2.1				X	
Secar plásticos			3.12.2.2				X	
Fragmentar plásticos			3.12.2.3				X	
Extrudar plásticos			3.12.2.4				X	
Peletizar plásticos			3.12.2.5				X	
Acondicionar subprodutos			3.12.2.6				X	
Armazenar inertes beneficiados			3.13				X	
Receber + alimentar resíduos brutos	1.1+1.2	2.1+2.2	3.1+3.3	X				Unificar os código das funções chamando-as de FE1.1+1.2.

Tabela 10.10. Módulos funcionais que compõem o sistema modular de UPRSD (ver Figura 9.32).

Denominação do módulo funcional	Classificação do módulo funcional	Código de identificação do módulo funcional	Função ou grupos de funções que o compõe	Código das funções que compõem os módulos	Combinações possíveis deste módulo com outros módulos
Recepção	Básico	B 1.1	Receber resíduos brutos	FE1.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3); (B2.4)
	Adaptativo	Ad1.1	Alimentar sistema	FE1.2	(B2.1); (B2.2); (B2.3); (B2.4)
Triagem	Básico	B2.1	Movimentar resíduos	1.3.1	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Identificar materiais	1.3.2	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Catar materiais	1.3.3	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Armazenar temp. materiais	1.3.4	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Movimentar matéria orgânica	1.3.5	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
	Pesar matéria orgânica	1.4	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);		
	Básico	B2.2	Movimentar resíduos	1.3.1	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Identificar materiais	1.3.2	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Catar materiais	1.3.3	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Movimentar matéria orgânica	1.3.5	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
Pesar matéria orgânica			1.4	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);	
Armazenar inertes	1.6	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);			

Continuação da Tabela 10.10.

Denominação do módulo funcional	Classificação do módulo funcional	Código de identificação do módulo funcional	Função ou grupos de funções que o compõe	Código das funções que compõem os módulos	Combinações possíveis deste módulo com outros módulos
Triagem	Básico	B2.3	Movimentar resíduos	2.3.1	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Identificar materiais	1.3.2	
			Catar materiais	1.3.3	
			Armazenar temp. materiais	1.3.4	
			Movimentar matéria orgânica	2.3.5	
			Fragmentar matéria orgânica	2.4	
			Pesar matéria orgânica	1.4	
	Básico	B2.4	Movimentar resíduos	2.3.1	(B1.1) / (B3.1), (B3.2), (E1.1), (E1.2), (B3.1), (E3.1), (E3.2);
			Identificar materiais	1.3.2	
			Catar materiais	1.3.3	
			Armazenar inertes	1.6	
			Movimentar matéria orgânica	2.3.5	
			Fragmentar matéria orgânica	2.4	
			Pesar matéria orgânica	1.4	
Compostagem	Básico	B3.1	Amontoar matéria orgânica	1.5.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
			Formar leiras	1.5.2	
			Molhar leiras	1.5.3	
			Revirar leiras periodicamente	1.5.4	
			Amontoar composto orgânico	1.5.5	
			Armazenar composto orgânico	1.7	
	Básico	B3.2	Amontoar matéria orgânica	1.5.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
			Formar leiras	1.5.2	
			Molhar leiras	1.5.3	
			Revirar leiras periodicamente	1.5.4	
			Amontoar composto orgânico	1.5.5	
			Classificar composto orgânico	2.6.1.6	
			Armazenar composto orgânico	1.7	
			Vermicompostagem	Especial	
Formar canteiros	2.6.2.1				
Introduzir vermes	2.6.2.2				
Abrigar dos efeitos da luz	2.6.2.3				
Controlar quantidade de matéria orgânica	2.6.2.4				
Amontoar vermicomposto	2.6.2.5				
Armazenar vermicomposto	2.6.2.7				
Especial	E1.2	Amontoar matéria orgânica		2.6.1.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
		Formar canteiros		2.6.2.1	
		Introduzir vermes		2.6.2.2	
		Abrigar dos efeitos da luz		2.6.2.3	
		Controlar quantidade de matéria orgânica		2.6.2.4	
		Amontoar vermicomposto		2.6.2.5	
		Classificar vermicomposto		2.6.2.6	
Armazenar vermicomposto	2.6.2.7				



Continuação da Tabela 10.10.

Denominação do módulo funcional	Classificação do módulo funcional	Código de identificação do módulo funcional	Função ou grupos de funções que o compõe	Código das funções que compõem os módulos	Combinações possíveis deste módulo com outros módulos
Beneficiamento	Básico	B3.1	Compactar inertes	2.8	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
			Armazenar fardos	2.9	
	Especial	E3.1	Fragmentar vidros	3.12.1.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
			Lavar vidros	3.12.1.2	
			Secar vidros	3.12.1.3	
			Ensililar vidros	3.12.1.4	
			Armazenar inertes beneficiados	3.13	
	Especial	E3.2	Lavar plásticos	3.12.2.1	(B2.1); (B2.2); (B2.3) (B2.4)
			Secar plásticos	3.12.2.2	
			Fragmentar plásticos	3.12.2.3	
			Extrudar plásticos	3.12.2.4	
			Peletizar plásticos	3.12.2.5	
	Armazenar inertes beneficiados	3.13			
Apoio	Administração, sala de reunião, almoxarifado, refeitório, guarita, vestiários, sanitários, são setores que devem ser considerados nestes tipos de projetos. Devem ser posicionados de tal forma que o processo da UPRSD não contamine ou não interfira em suas operações. Deve-se considerar ainda o sistema de tratamento dos efluentes do processo (lagoas de estabilização) e a posição do ventos.				

Estabelecidos os módulos funcionais que compõem o sistema modular, passou-se a estabelecer os critérios de interfaceamento entre eles.

Assim sendo, apresenta-se na Tabela 10.11 as recomendações de projeto utilizadas no estudo de caso para tais interfaceamentos (ver no SISMOD o "Help").

Tabela 10.11. Recomendações de projeto para o interfaceamento dos módulos funcionais.

Módulos funcionais a combinar	Crítérios básicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto para o interfaceamento dos módulos funcionais
(B1.1)/(Ad1.1) (B2.1)/(B2.2)/(B2.3)/(B2.4)	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana.
	Similaridade de materiais a processar	Processar lixo bruto esfacelado.
	Similaridade de sinais	Verificar o volume de lixo bruto esfacelado que está sendo processado na mesa ou esteira de catação. Se pouco, abastecer. Se muito, não abastecer. Se nem muito nem pouco, manter abastecimento.
(Ad1.1)/(Ad1.1) (B2.1)/(B2.2)/(B2.3)/(B2.4)	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana combinada com a força da gravidade.
	Similaridade de materiais a processar	Processar lixo bruto esfacelado.
	Similaridade de sinais	Verificar o volume de lixo bruto esfacelado que está sendo processado na mesa ou esteira de catação. Se pouco, abastecer. Se muito, não abastecer. Se nem muito nem pouco, manter abastecimento.
(B2.1)/(B2.2) (B3.1)/(E1.1)/(E1.2)	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana.
	Similaridade de materiais a processar	Processar matéria orgânica.
	Similaridade de sinais	Verificar se as leiras tem alturas, larguras e umidade adequadas para o processo de compostagem.
(B2.3)/(B2.4) (B3.1)/(E1.1)/(E1.2)	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana.
	Similaridade de materiais a processar	Processar matéria orgânica triturada.
	Similaridade de sinais	Verificar se as leiras tem alturas, larguras e umidade adequadas para o processo de compostagem.
(B2.1)/(B2.2)/(B2.3)/(B2.4) B3.1	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana, elétrica, mecânica e hidráulica.
	Similaridade de materiais a processar	Compactar papéis, papelões, plásticos e latas.
	Similaridade de sinais	Verificar se as capacidades das prensas são compatíveis com o volume de produção e com a tara exigida no transporte dos materiais processados até empresas compradoras.

Continuação da Tabela 10.11.

Módulos funcionais a combinar	Critérios básicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto para o interfaceamento dos módulos funcionais
(B2.1)/(B2.2)/(B2.3)/(B2.4) + E3.1	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana, elétrica, mecânica e térmica.
	Similaridade de materiais a processar	Processar vidros.
	Similaridade de sinais	Verificar se os vidros a processar possuem a mesma cor.
(B2.1)/(B2.2)/(B2.3)/(B2.4) + E3.2	Similaridade de energias	Fazer uso da força humana, elétrica, mecânica e térmica.
	Similaridade de materiais a processar	Processar plásticos.
	Similaridade de sinais	Verificar se os plásticos a processar são do mesmo tipo de material.

Concluída esta tarefa, passou-se a etapa de seleção da estrutura funcional mais adequada ao problema de projeto (ver Figuras 9.33, 9.34 e 9.35).

Para tanto, fez-se uso da matriz destinada, num primeiro momento, para selecionar a variante da função global mais adequada ao grupo de desejos e necessidades dos clientes do projeto. Num segundo momento, fez-se novamente uso desta matriz com o intuito de selecionar, dentro desta variante escolhida, a alternativa de estrutura funcional mais adequada à solução do problema de projeto. Maiores informações sobre tal matriz pode ser encontrada no Apêndice M e Figura 12.34.

Assim sendo, inicialmente, analisou-se a lista de necessidades que faz parte dos o QUE's visando identificar entre elas, uma ou mais necessidades que fossem determinantes na escolha da variante da função global mais adequada a este grupo de necessidades. Em seguida, relacionou-se tais necessidades com as missões principais de cada variante da função global, identificando a variante 2, mostrada na Figura 10.9. O cálculo destes valores é efetuado com auxílio da **equação 12.4**.

Necessidades determinantes à escolha da variante da função global	Peso da necessidade no projeto	Variantes da função global: Processar resíduos sólidos domiciliares em municípios com até 40 mil habitantes		
		Separar inertes/reciclar matéria orgânica	Separar e compactar inertes/reciclar matéria orgânica	Beneficiar inertes/reciclar matéria orgânica
Projeto simples	10	●	●	○
Custo de produção baixo	10	●	○	○
Agregue valor aos resíduos	10	○	●	●
Possa variar o número de máquinas com a necessidade	8		●	●
Atenda as condições sócio-econômicas dos municípios	10	●	●	○
Somatório das colunas		40	51	33
Classificação obtida		2	1	3

Figura 10.9. Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais.

Neste caso, selecionou-se apenas cinco das 31 (trinta e uma) necessidades estabelecidas, por achar que estas seriam as necessidades mais determinantes para esta escolha.

Identificado então a variante, procedeu-se de maneira análoga para a escolha da alternativa de estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto. Chama-se a atenção que tal alternativa faz parte do grupo de estruturas funcionais pertencente a variante 2. Neste caso, fez-se uso de 12 (doze) necessidades. O resultado é apresentado na Figura 10.10 (ver Figura 9.35).

Necessidades determinantes à escolha da variante da função global	Peso da necessidade no projeto	Alternativas das variantes da função global: Processar resíduos sólidos domiciliares em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes/reciclar matéria orgânica										
		V 2.1	V 2.2	V 2.3	V 2.4	V 2.5	V 2.6	V 2.7	V 2.8	V 2.9	V 2.10	V 2.11
Projeto simples	10	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○
Confiabilidade operacional	10	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Confiabilidade funcional	10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Custo de produção baixo	10	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○
Fabricação ágil e flexível	8	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○
Montagem ágil e flexível	8	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○
Atenda demandas variáveis de resíduos	8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Possa ser ampliado com a necessidade	8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Manutenção não deve interromper a produção	10	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○
Sejam operada por poucas pessoas	5	○	○	●	●	○	○	○	●	●	○	○
A manutenção seja fácil e rápida	8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sistema seja fácil de desmontar e montar	10	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○
Somatório das colunas		37,08	27,75	40,42	29,42	36,25	30,25	29,42	40,42	30,08	36,25	30,25
Classificação obtida		2	7	1	6	3	4	6	1	5	3	4

Figura 10.10. Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais.

Após computados os resultados, percebeu-se que duas estruturas funcionais obtiveram a mesma pontuação, isto é, 40,42 pontos. Nestes casos, deve-se utilizar os comentários efetuados durante o estabelecimento das alternativas de estruturas funcionais no auxílio à escolha da melhor alternativa entre as duas melhores selecionadas.

Para a alternativa de estrutura funcional 2.3 (2.3 - variante 2, alternativa de estrutura funcional 3), comentou-se que a eliminação do processo de vermicompostagem reduziria o número de setores a compor o sistema e, conseqüentemente, o número de funcionários, funções a executar e custos.

Para a alternativa de estrutura funcional 2.8 (2.8 - variante 2, alternativa de estrutura funcional 8), comentou-se que além do já exposto acima, a eliminação da função "armazenar temporariamente os resíduos", reduziria o número de elementos a compor o sistema o qual influi nos custos (reduzindo-os) e, no número de setores a compor o sistema.

Percebe-se, pelos comentários, que tanto uma estrutura funcional como a outra pode vir a atender o problema de projeto. Neste caso, escolheu-se a estrutura funcional 2.3, como concepção não física do problema de projeto, em função de um detalhe particular: a primeira das funções da estrutura 2.8 é uma função combinada que implica o uso da força da gravidade. Este fato faz com que a construção física da UPRSD seja feita num terreno com declive ou com movimentação de terra para que se tenha as condições necessárias à sua realização. Este detalhe pode, muitas vezes,

acarretar custos de instalação maiores, razão pela qual preferiu-se trabalhar com a alternativa 2.3 em detrimento a alternativa 2.8. Para maiores informações ver Figura 10.11 e Anexo C.

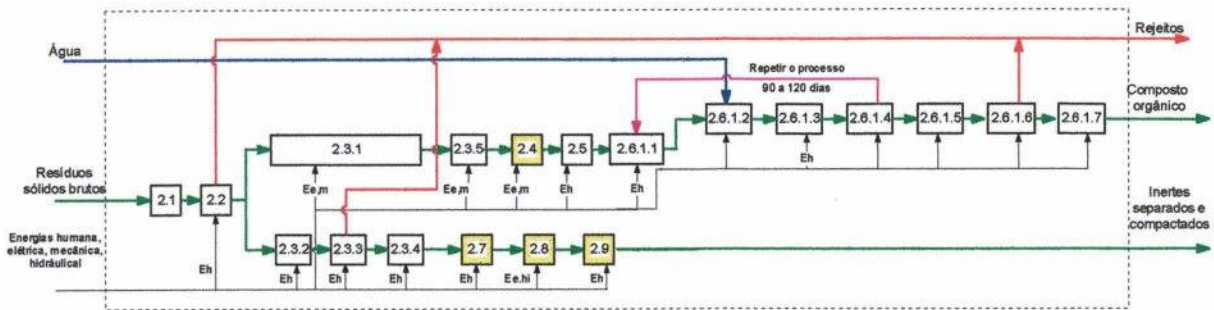


Figura 10.11. Estrutura funcional selecionada para atender o problema de projeto.

É preciso ter em mente que embora esta estrutura funcional não esteja com as indicações de redundância funcionais visíveis, não implica dizer que ela não as possua. Em outras palavras, a redundância é obtida com a duplicação dos módulos ou de alguns componentes dentro dos módulos, como é o caso da esteira de triagem, das prensas e dos moinhos fragmentadores de matéria orgânica. Assim sendo, deve-se considerar tal redundância neste projeto já que durante a criação dos requisitos de projeto tal preocupação foi levantada e estabelecida.

Concluída esta etapa, partiu-se para estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto e, conseqüentemente, esta estrutura funcional.

A primeira das tarefas para este fim foi a de identificar os módulos funcionais que compõem a estrutura funcional selecionada (ver Figura 9.36).

Sob este enfoque foram identificados os seguintes módulos: Módulo básico (B1.1) - Recepção; Módulo básico (B2.3) – Triagem; Módulo básico (B3.2) – Compostagem; Módulo básico (B2.1) – Beneficiamento, os quais possuem respectivamente as seguintes funções, a saber: receber resíduos brutos (FE1.1) e alimentar sistema (FE1.2); movimentar resíduos (2.3.1), identificar materiais (1.3.2); catar materiais (1.3.3), armazenar temporariamente materiais (1.3.3), movimentar matéria orgânica (2.3.5), fragmentar matéria orgânica (2.4) e pesar matéria orgânica (1.4); amontoar matéria orgânica (1.5.1), formar leiras (1.5.2), molhar leiras (1.5.3), revirar leiras periodicamente (1.5.4) amontoar composto orgânico (1.5.5), classificar composto orgânico (2.1.6) e armazenar composto orgânico (1.7); compactar inertes (2.8) e armazenar fardos (2.9).

Identificados tais módulos passou-se a apresentar os princípios de solução associados a cada uma das funções que os compõem (ver Figuras 10.12 e 9.37).

Denominação do módulo funcional	Funções contidas no módulo	Princípios de solução encontrados ou estabelecidos para cada função contida no módulo
Recepção (B1.1)	Receber resíduos brutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fosso ao nível do solo com piso encimentado ou pavimentado com paralelepípedos ou lajotas de cimento.</li> <li>Fosso abaixo do nível do solo com piso e encostas encimentadas ou em chapas de aço.</li> <li>Fosso abaixo do nível do solo com piso encimentado, contendo peneiras planas estacionárias.</li> </ul>

Figura 10.12. Quadro de apoio a geração dos módulos construtivos do sistema modular.

Denominação do módulo funcional	Funções contidas no módulo	Princípios de solução encontrados ou estabelecidos para cada função contida no módulo
Recepção (B1.1)	Alimentar sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> <li>• Tremonha metálica.</li> <li>• Cilindro dosador.</li> <li>• Correia transportadora.</li> <li>• Pólo hidráulico.</li> <li>• Talhas e garras.</li> </ul>
Triagem (B2.3)	Movimentar resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Correia transportadora.</li> </ul>
	Identificar materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visão humana.</li> </ul>
	Catar materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidade humana.</li> <li>• Habilidade humana mais pólo magnética.</li> </ul>
	Armazenar temporariamente materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonéis de 200 litros.</li> <li>• Carrinhos-de-mão.</li> <li>• Canecas com fundo removível.</li> <li>• Áreas de espera.</li> </ul>
	Movimentar matéria orgânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Correia transportadora.</li> </ul>
	Fragmentar matéria orgânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moinhos de facas.</li> <li>• Moinhos de bolas.</li> <li>• Moinhos de martelos.</li> <li>• Raspadores.</li> <li>• Ferramentas manuais.</li> </ul>
Compostagem (B3.2)	Pesar matéria orgânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balança com tara até 200 kg.</li> </ul>
	Amontoar matéria orgânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> <li>• Esteira elevatória.</li> </ul>
	Formar leiras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> </ul>
	Molhar leiras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangueiras de jardim.</li> <li>• Sistema de irrigação.</li> </ul>
	Revirar leiras periodicamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> </ul>
	Amontoar composto orgânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana mais ferramentas manuais.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> </ul>
	Classificar composto orgânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peneiras planas estacionárias.</li> <li>• Peneiras planas de acionamento manual.</li> <li>• Peneiras planas vibratórias.</li> <li>• Peneiras cilíndricas de acionamento manual.</li> <li>• Peneiras cilíndricas eletromecânicas.</li> </ul>
Armazenar composto orgânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Força humana.</li> <li>• Carrinhos-de-mão.</li> <li>• Trator com pá carregadeira.</li> <li>• Caminhão com caçamba basculante.</li> </ul>	
Beneficiamento (B3.1)	Compactar inertes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa manual.</li> <li>• Prensa eletromecânica.</li> <li>• Prensa hidráulica de acionamento vertical.</li> <li>• Prensa hidráulica de acionamento horizontal.</li> </ul>
	Armazenar fardos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carrinhos-de-mão.</li> <li>• Empilhadeira de acionamento manual.</li> <li>• Empilhadeira movida a combustão interna.</li> <li>• Talhas.</li> </ul>

Continuação da Figura 10.12.

No auxílio desta tarefa fez-se uso do Apêndice N e da Figura 12.35 (ver também Figuras 9.36, 9.37, 9.38 e 9.40).

Concluída mais esta tarefa, passou-se a estabelecer os módulos construtivos, a partir dos princípios de solução apresentados, que satisfazem os módulos funcionais da estrutura funcional selecionada visando atender o problema de projeto. Neste caso, fez-se uso da matriz de concepção dos módulos construtivos apresentada na Figura 12.39 do Apêndice N (ver Figuras 9.41, 9.42 e 9.43).

Assim, baseado nesta Figura 12.39, elaborou-se a matriz apresentada na Figura 10.13 (ver implementação computacional nas Figura 9.37, 9.38 , 9.39 e 9.40).

Módulo funcional	Funções que compõe	Princípios de solução encontrados ou estabelecidos para cada função contida no módulo funcional						
		PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS	PS7
B1.1	FE1.1	Fosso ao nível do solo com piso encimentado ou pavimentado com paralelepípedos ou lajotas de cimento	Fosso abaixo do nível do solo com piso e encostas encimentadas ou em chapas de aço	Fosso abaixo do nível do solo com piso encimentado, contendo peneiras planas estacionárias				
	FE1.2	Força humana + ferramentas manuais	Trator com pá carregadeira	Tremonha metálica	Cilindro dosador	Correia transportadora	Pólo hidráulico	Talhas e garras
B2.3	2.3.1	Força humana mais ferramentas manuais	Correia transportadora					
	1.3.2	Visão humana						
	1.3.3	Habilidade humana	Habilidade humana mais póla magnética					
	1.3.4	Tonéis de 200 litros	Carrinhos-de-mão	Canecas com fundo removível	Áreas de espera			
	2.3.5	Força humana mais ferramentas manuais	Correia transportadora					
	2.4	Moinhos de facas	Moinhos de bolas	Moinhos de martelos	Raspadores	Ferramentas manuais		
	1.4	Balança com tara até 200 kg						
B3.2	1.5.1	Força humana mais ferramentas manuais	Trator com pá carregadeira	Esteira elevatória				
	1.5.2	Força humana mais ferramentas manuais	Trator com pá carregadeira					
	1.5.3	Mangueiras de jardim	Sistema de irrigação					
	1.5.4	Força humana mais ferramentas manuais	Trator com pá carregadeira					
	1.5.5	Força humana mais ferramentas manuais	Trator com pá carregadeira					
	2.6.1.6	Peneiras planas estacionárias	Peneiras planas de acionamento manual	Peneiras planas vibratórias	Peneiras cilíndricas de acionamento manual	Peneiras cilíndricas de acionamento manual	Peneiras cilíndricas eletromecânicas	
	1.7	Força humana	Carrinhos-de-mão	Trator com pá carregadeira	Caminhão com caçamba basculante			
B3.1	2.8	Prensa manual	Prensa eletromecânica	Prensa hidráulica de acionamento vertical	Prensa hidráulica de acionamento horizontal			
	2.9	Carrinhos-de-mão	Empilhadeira de acionamento manual	Empilhadeira movida a combustão interna	Talhas			

Figura 10.13. Gerador dos módulos construtivos do sistema modular.

De posse destes princípios de solução, passou-se a selecionar os melhores a compor cada módulo construtivo associado a cada um dos módulos funcionais estabelecidos para a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (ver Figura 9.38). Em outras palavras, foram confrontados os princípios de solução apresentados com os QUE's, com a definição do problema de projeto e com as especificações de projeto, a fim de identificar quais deles são os mais adequados ao

problema em estudo. Questões tais como custo, processos de produção, leiaute ágil e flexível fazem parte dos critérios de escolha de tais princípios de solução.

Com base em tais confrontações, foram selecionados os princípios de solução apresentados na Figura 10.14, como sendo os mais adequados a solução do problema de projeto (ver Figura 9.40).

Módulo funcional	Funções que compõe o	Princípios de solução encontrados ou estabelecidos para cada função contida no módulo funcional						
		PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7
B1.1	FE1.1	Fosso ao nível do solo com piso encimentado ou pavimentado com paralelepípedos ou lajotas de cimento		Fosso abaixo do nível do solo com piso encimentado, contendo peneiras planas estacionárias				
	FE1.2	Força humana + ferramentas manuais				Correia transportadora		
B2.3	2.3.1	Força humana mais ferramentas manuais	Correia transportadora					
	1.3.2	Visão humana						
	1.3.3	Habilidade humana	Habilidade humana mais polia magnética					
	1.3.4	Tonéis de 200 litros	Carrinhos-de-mão		Áreas de espera			
	2.3.5	Força humana mais ferramentas manuais	Correia transportadora					
	2.4	Moinhos de facas		Moinhos de martelos		Ferramentas manuais		
	1.4	Balança com tara até 200 kg						
B3.2	1.5.1	Força humana mais ferramentas manuais		Esteira elevatória				
	1.5.2	Força humana mais ferramentas manuais						
	1.5.3	Mangueiras de jardim	Sistema de irrigação					
	1.5.4	Força humana mais ferramentas manuais						
	1.5.5	Força humana mais ferramentas manuais						
	2.6.1.6		Peneiras planas de acionamento manual			Peneiras cilíndricas de acionamento manual		
	1.7	Força humana	Carrinhos-de-mão					
B3.1	2.8			Prensa hidráulica de acionamento vertical				
	2.9	Carrinhos-de-mão	Empilhadeira de acionamento manual			Talhas		

Figura 10.14. Princípios que melhor contemplam as especificações de projeto do sistema modular.

E com base nesta nova matriz pôde-se conceber os seguintes módulos construtivos, a saber:

#### Para o Módulo B1.1 – Recepção:

1) Fosso ao nível do solo com piso encimentado ou pavimentado com paralelepípedos ou lajotas de cimento (PS1 da FE1.1) mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da FE1.2). Para maiores informações ver Figura 10.15 e 10.16, que ilustram esta primeira concepção.



Figura 10.15. Primeira concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO - SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 23, 25, 28 e 33.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.8 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.12, citam-se:

Tabela 10.12. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução FE1.1 e FE1.2.

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana. Usar neste setor dois funcionários com período de revezamento a cada 2 horas de trabalho.
	Materiais	Entre estes princípios de solução não existem materiais a unir. Apenas deve-se prover os funcionários com os EPI's e ferramentas manuais necessárias a esta operação.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais volumosos a fim de retirá-los do processo; identificar os invólucros a fim de abri-los e verificar se há necessidade de abastecer o setor de triagem ou não.
	Geometria	A recepção deve ter um pé direito de 7 metros e uma largura de 10 metros, para facilitar a manobra dos caminhões e permitir uma melhor ventilação do setor.
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto; proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 4, trabalhando sempre em dupla com o revezamento a cada 2 horas de trabalho. O setor pode receber até dois caminhões por vez.
	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de triagem, quando a montagem for em série. Unir este setor a outro setor de recepção, quando a montagem for em paralelo.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Vibrações	Fornecer EPI's ou retirar os funcionários do setor quando o caminhão for descarregar os resíduos.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas do resíduos sólidos Domiciliares, de seus efluentes e das intempéries.

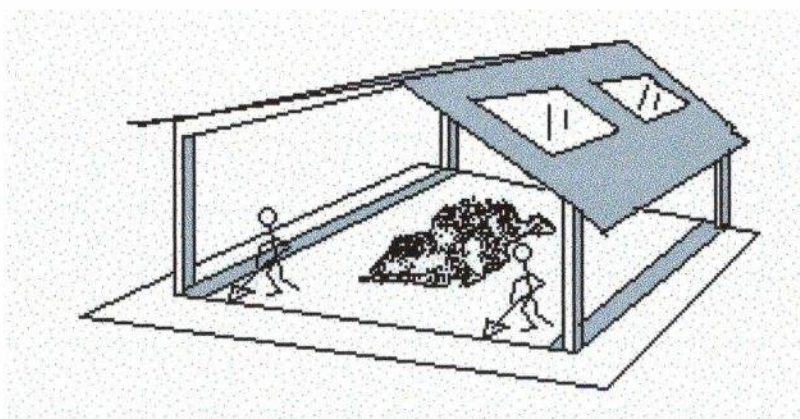


Figura 10.16. Primeira concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – CROQUI.



2) Fosso abaixo do nível do solo com piso encimentado, contendo peneiras planas estacionárias (PS3 da FE1.1) mais força humana + ferramentas manuais (PS1 da FE1.2). Ver Figuras 10.17 e 10.18 que ilustram melhor esta segunda concepção para o módulo B1.1.



Figura 10.17. Segunda concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 23, 25, 28 e 33.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.8 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.13, citam-se:

Tabela 10.13. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução FE1.1 e FE1.2.

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana. Usar neste setor dois funcionários com período de revezamento a cada 2 horas de trabalho.
	Materiais	Entre estes princípios de solução não existem materiais a unir. Apenas deve-se prover os funcionários com os EPI's e ferramentas manuais necessárias a esta operação. Quanto as telas usadas no processo estas devem se protegidas contra a corrosão ou serem fabricadas de material que não sofra tanto com a ação dos resíduos.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais volumosos a fim de retirá-los do processo; identificar os invólucros a fim de abri-los e verificar se há necessidade de abastecer o setor de triagem ou não.
	Geometria	A recepção deve ter um pé direito de 6 metros e uma largura de 10 metros, para facilitar a manobra dos caminhões e permitir uma melhor ventilação do setor. O local onde os resíduos serão descarregados deve está abaixo do nível do solo 1 metro. A altura da tela para o piso do setor de triagem deve ser de 1,20 metro.
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto; proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 4, trabalhando sempre em dupla com o revezamento a cada 2 horas de trabalho. O setor pode receber até dois caminhões por vez.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de triagem, quando a montagem for em série. Unir este setor a outro setor de recepção, quando a montagem for em paralelo.
	Vibrações	Fornecer EPI's ou retirar os funcionários do setor quando o caminhão for descarregar os resíduos.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas do resíduos sólidos Domiciliares, de seus efluentes e das intempéries.

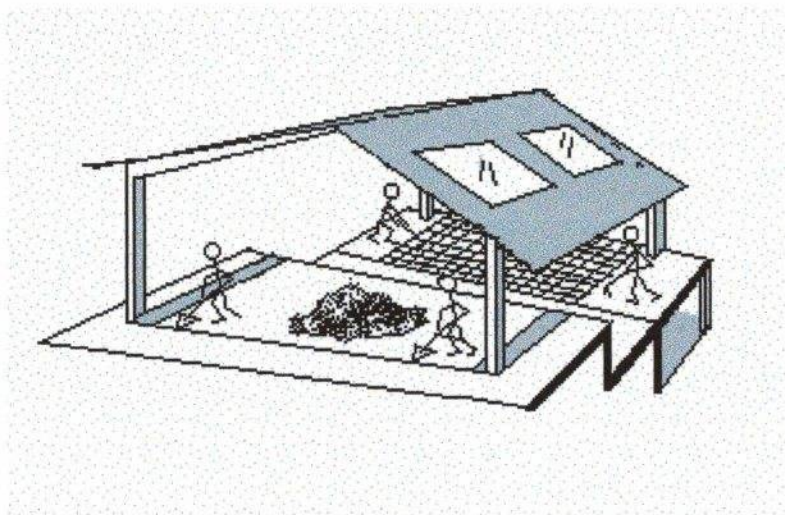


Figura 10.18. Segunda concepção construtiva do módulo RECEPÇÃO – CROQUI (ver Figura 9.40).

#### Para o Módulo B2.3 – Triagem:

1) Força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.1), mais a visão humana (PS1 da 1.3.2), mais os tonéis de 200 litros (PS1 da 1.3.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.5), mais moinhos de facas (PS1 da 2.4), mais balança com tara de 200 kg. Para maiores informações ver Figuras 10.19 e 10.20 que ilustram melhor esta primeira concepção para o módulo B2.3.

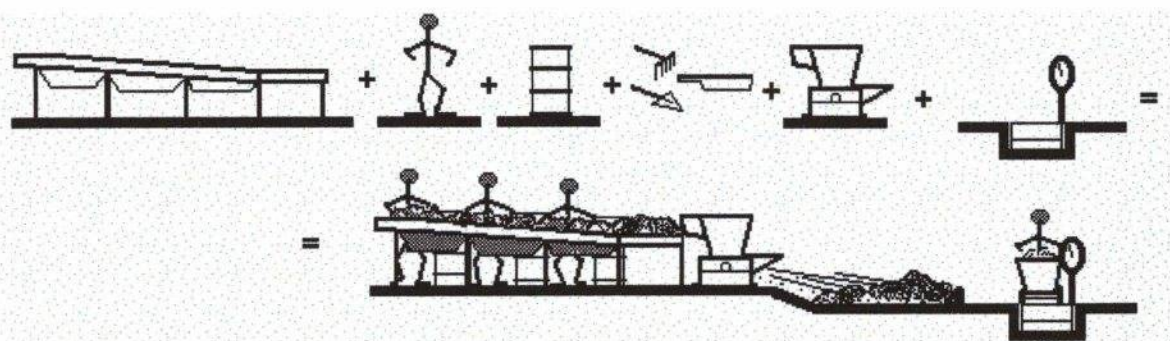


Figura 10.19. Primeira concepção construtiva do módulo TRIAGEM - SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 28, 32 e 33.

**Critérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.14, citam-se:

Tabela 10.14. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + FE1.2 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana na mesa de triagem, na alimentação do triturador e na pesagem dos resíduos. Fazer uso de energia elétrica e mecânica no triturador de matéria orgânica. Usar neste setor 16 funcionários por mesa de triagem.

Continuação da Tabela 10.14.

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Materiais	Usar na mesa de triagem estruturas premoldadas e telas que podem ser construídas em alvenaria ou em chapas de aço ou mesmo com telas galvanizadas. O triturador deve ter proteção contra corrosão e o piso deve ser encimentado.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais metálicos a fim de retirá-los do processo. Identificar os materiais passíveis de comercialização. Identificar quando a área de acúmulo de matéria orgânica estiver cheia.
	Geometria	A mesa de triagem deve ser retangular com inclinação e telada para facilitar o fluxo dos resíduos. Deve possuir altura que varia de 1,20 metro no início a 80 centímetro na área de acúmulo da matéria orgânica. A largura da mesma não deve exceder 1,20 metro. A área de acúmulo deve ser hexagonal com altura de 80 centímetro. Deve-se limitar o tamanho da matéria orgânica a entrar no moinho triturador (Não exceder a 50 centímetros).
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais; montagem da mesa de triagem, área de acúmulo, triturador e balança.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto. Proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 34, trabalhando sempre de maneira intercalada por material a triar.
	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de recepção e ao setor de compostagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de triagem numa montagem em paralelo.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Vibrações	Fornecer EPI's. As principais vibrações surgirão do moinho triturador. Provê-lo de vibrastop.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada (6m) para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas do resíduos sólidos domiciliares, de seus efluentes e das intempéries. Limpar diariamente as telas e o triturador de matéria orgânica ao fim do trabalho.
	Cinemática	O triturador deve possuir uma velocidade no rotor de trituração entre 1.700 e 2.000 rpm. A potência do motor não deve ser inferior a 15 CV.

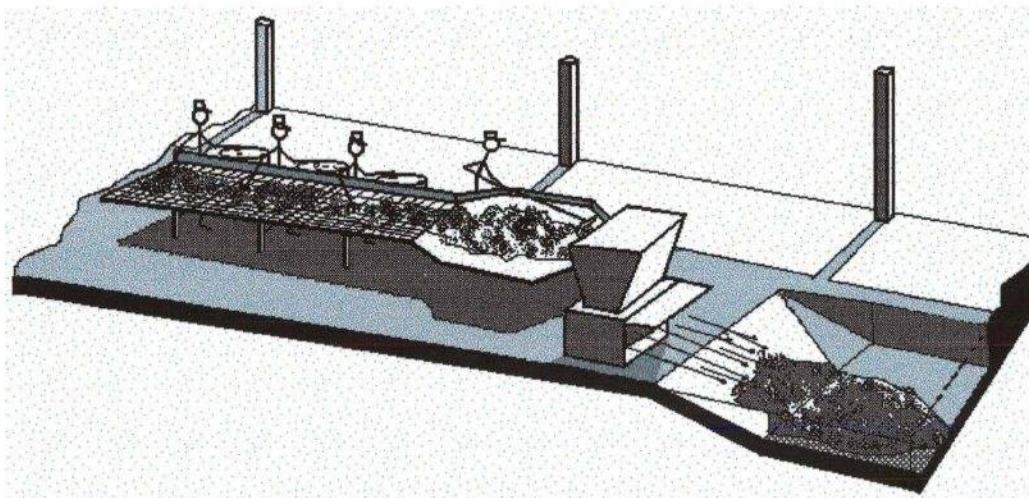


Figura 10.20. Primeira concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.

2) Correia transportadora (PS2 da 2.3.1), mais a visão humana (PS1 da 1.3.2), mais a habilidade humana (PS1 da 1.3.3), mais os tonéis de 200 litros (PS1 da 1.3.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.5), mais moinhos de facas (PS1 da 2.4), mais balança com tara de 200 kg. Para maiores informações ver Figuras 10.21 e 10.22 que ilustram melhor esta primeira concepção para o módulo B2.3.

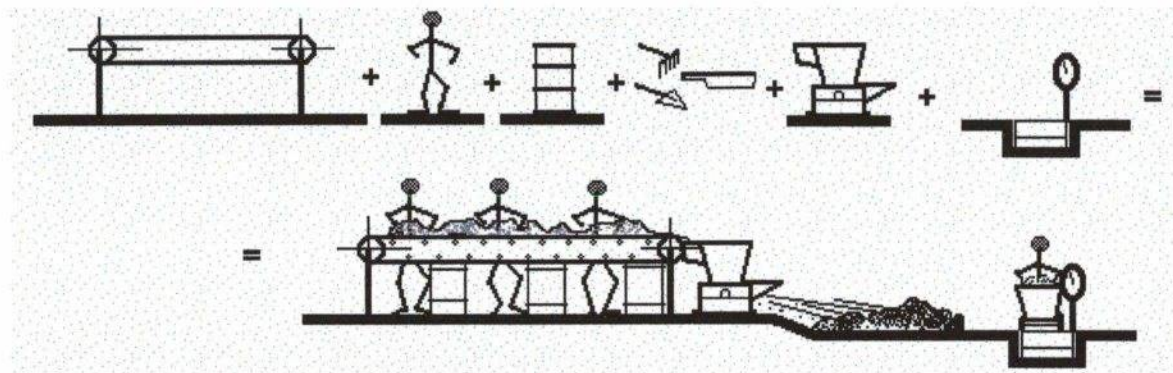


Figura 10.21. Segunda concepção construtiva do módulo TRIAGEM - SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 28, 32 e 33.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.15, citam-se:

Tabela 10.15. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS2) + FE1.2 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS1) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana na mesa de triagem, na alimentação do triturador e na pesagem dos resíduos. Fazer uso de energia elétrica e mecânica na esteira de triagem e no triturador de matéria orgânica. Usar neste setor 16 funcionários por mesa de triagem.
	Materiais	Usar na esteira de triagem correias de lona e borracha. O triturador deve ter proteção contra corrosão e o piso deve ser encimentado.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais metálicos a fim de retirá-los do processo; identificar os materiais passíveis de comercialização. Identificar quando a área de acúmulo de matéria orgânica estiver cheia.
	Geometria	A esteira de triagem deve ser retangular. Deve possuir altura de 1,20 metro. A largura da mesma não deve exceder 1,20 metro. Deve-se limitar o tamanho da matéria orgânica a entrar no moinho triturador (Não exceder a 50 centímetros).
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais; montagem da esteira de triagem, área de acúmulo, triturador e balança.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto. Proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 34, trabalhando sempre de maneira intercalada por material a triar.
Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de recepção e ao setor de compostagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de triagem numa montagem em paralelo.	

Continuação da Tabela 10.15.

Crítérios gerais de interfaceamento	Crítérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Vibrações	Fornecer EPI's. As principais vibrações surgirão do moinho triturador. Provê-lo de vibrastop.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada (6m) para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas dos resíduos sólidos domiciliares, de seus efluentes e das intempéries. Limpar diariamente a esteira de triagem e o triturador de matéria orgânica ao fim do trabalho.
	Cinemática	A esteira de triagem deve possuir velocidade regulável e atuar com velocidade entre 6 a 12 metros/minuto. O triturador deve possuir uma velocidade no rotor de trituração entre 1.700 e 2.000 rpm. A potência do motor não deve ser inferior a 15 CV.

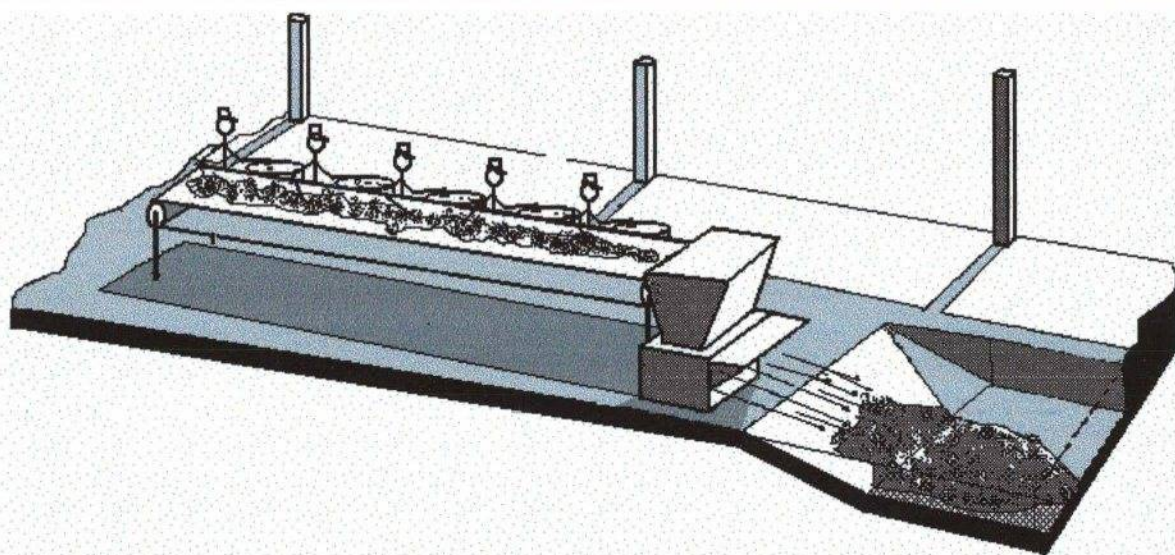


Figura 10.22. Segunda concepção construtiva do módulo TRIAGEM - CROQUI.

3) Força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.1), mais a visão humana (PS1 da 1.3.2), mais carrinhos-de-mão (PS2 da 1.3.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.5), mais moinhos de martelos (PS3 da 2.4), mais balança com tara de 200 kg. Para maiores informações ver Figuras 10.23 e 10.24 que ilustram melhor esta primeira concepção para o módulo B2.3.

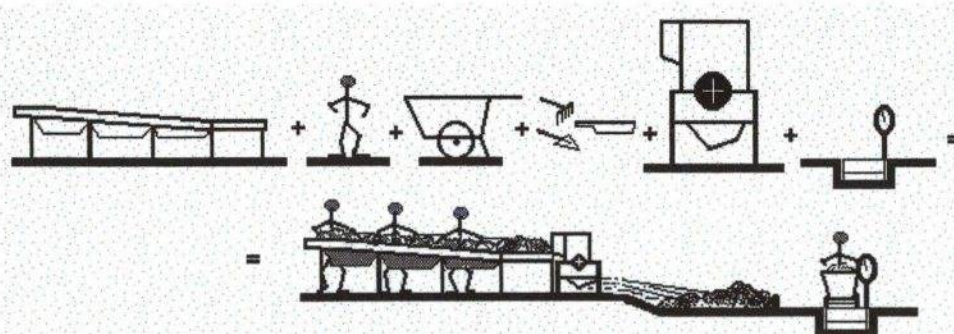


Figura 10.23. Terceira concepção construtiva do módulo TRIAGEM - SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 28, 32 e 33.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.16, citam-se:

Tabela 10.16. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS1) + 1.3.4 (PS2) + 2.3.5 (PS1) + 2.4 (PS3) + 1.4 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana na mesa de triagem, na alimentação do triturador e na pesagem dos resíduos. Fazer uso de energia elétrica e mecânica no triturador de matéria orgânica. Usar neste setor 16 funcionários por mesa de triagem.
	Materiais	Usar na mesa de triagem estruturas premoldadas e telas que podem ser construídas em alvenaria ou em chapas de aço ou mesmo com telas galvanizadas. O triturador deve ter proteção contra corrosão e o piso deve ser encimentado.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais metálicos a fim de retirá-los do processo; identificar os materiais passíveis de comercialização. Identificar quando a área de acúmulo de matéria orgânica estiver cheia.
	Geometria	A mesa de triagem deve ser retangular com inclinação e telada para facilitar o fluxo dos resíduos. Deve possuir altura que varia de 1,20 metro no início a 80 centímetro na área de acúmulo da matéria orgânica. A largura da mesma não deve exceder 1,20 metro. A área de acúmulo deve ser hexagonal com altura de 80 centímetro. Deve-se limitar o tamanho da matéria orgânica a entrar no moinho triturador (Não exceder a 50 centímetros).
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais; montagem da mesa de triagem, área de acúmulo, triturador e balança.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto; proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 34, trabalhando sempre de maneira intercalada por material a triar.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de recepção e ao setor de compostagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de triagem numa montagem em paralelo.
	Vibrações	Fornecer EPI's. As principais vibrações surgirão do moinho triturador. Provê-lo de vibrastop.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada (6m) para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas do resíduos sólidos domiciliares, de seus efluentes e das intempéries. Limpar diariamente as telas e o triturador de matéria orgânica ao fim do trabalho.
	Cinemática	O triturador deve possuir uma velocidade no rotor de trituração entre 1.700 e 2.000 rpm. A potência do motor não deve ser inferior a 15 CV.

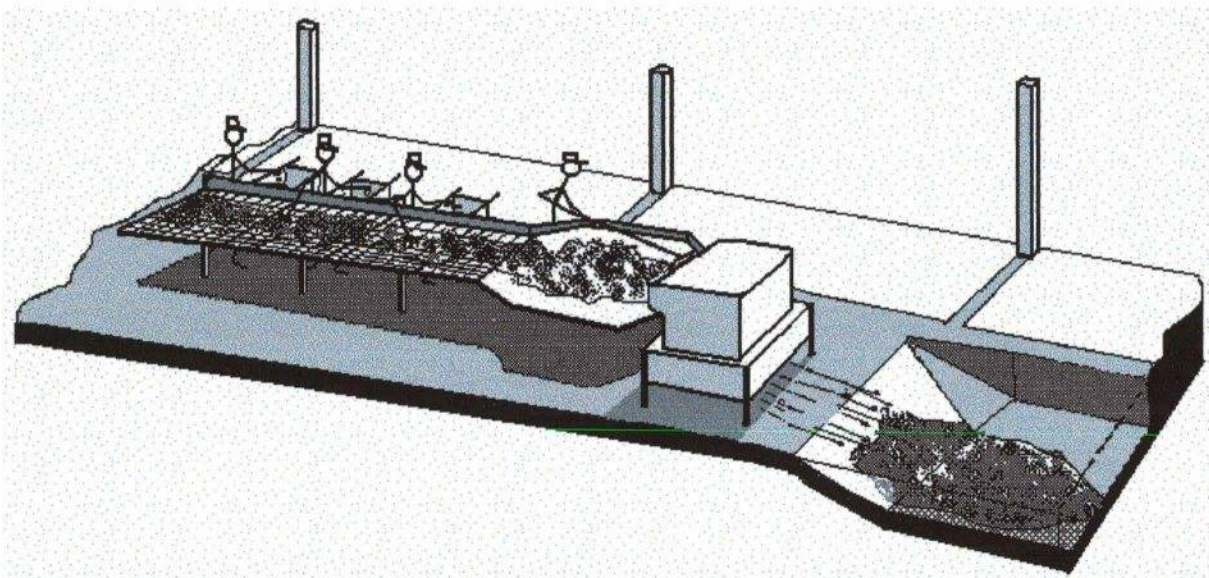


Figura 10.24. Terceira concepção construtiva do módulo TRIAGEM - CROQUI.

4) Correia transportadora (PS2 da 2.3.1), mais a visão humana (PS1 da 1.3.2), mais habilidade humana mais polia magnética (PS2 da 1.3.3), mais os carrinhos-de-mão (PS2 da 1.3.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 2.3.5), mais moinhos de facas (PS1 da 2.4), mais balança com tara de 200 kg. Para maiores informações ver Figuras 10.25 e 10.26 que ilustram melhor esta primeira concepção para o módulo B2.3.

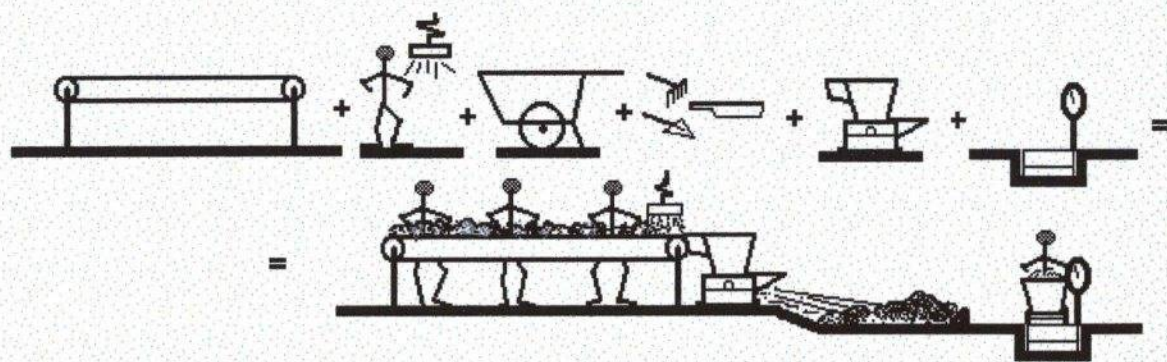


Figura 10.25. Quarta concepção construtiva do módulo TRIAGEM – SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 28, 32 e 33.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.17, citam-se:

Tabela 10.17. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.3.1 (PS1) + 1.3.2 (PS1) + 1.3.3 (PS2) + 1.3.4 (PS2) + 2.3.5 (PS2) + 2.4 (PS1) + 1.4 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana na esteira de triagem, na alimentação do triturador, na pesagem dos resíduos e eletromagnética na esteira de catação. Fazer uso de energia elétrica e mecânica no triturador de matéria orgânica. Usar neste setor 16 funcionários por mesa de triagem.
	Materiais	Usar na esteira de triagem uma correia de lona e borracha. O triturador deve ter proteção contra corrosão e o piso deve ser encimentado.
	Sinais	Identificar visualmente os materiais metálicos a fim de retirá-los do processo; identificar os materiais passíveis de comercialização. Identificar quando a área de acúmulo de matéria orgânica estiver cheia.
	Geometria	A esteira de triagem deve ter um comprimento de 15 metros. Deve possuir altura de 1,20 metro. A largura da mesma não deve exceder 1,20 metro. Deve-se limitar o tamanho da matéria orgânica a entrar no moinho triturador (Não exceder a 50 centímetros).
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes, piso e drenagem do setor. Fazer uso de paredes reguláveis para facilitar a regulagem das condições do ambiente de trabalho. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais; montagem da esteira de triagem, polia magnética, triturador e balança.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto; proteger estes pontos.
	Arranjos	O número de pessoas a trabalhar neste setor será de no máximo 34, trabalhando sempre de maneira intercalada por material a triar.
	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de recepção e ao setor de compostagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de triagem numa montagem em paralelo.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Vibrações	Fornecer EPI's. As principais vibrações surgirão do moinho triturador. Provê-lo de vibrastop.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada (6m) para que os gases possam ser facilmente retirados do local de trabalho, assim como de paredes reguláveis para auxiliar neste trabalho. Proteger o local do sol com anteparos adequados a este fim. Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor.
	Corrosões	Proteger os locais de encaixe das estruturas metálicas do resíduos sólidos domiciliares, de seus efluentes e das intempéries. Limpar diariamente as telas e o triturador de matéria orgânica ao fim do trabalho.
	Cinemática	O triturador deve possuir uma velocidade no rotor de trituração entre 1.700 e 2.000 rpm. A potência do motor não deve ser inferior a 15 CV.

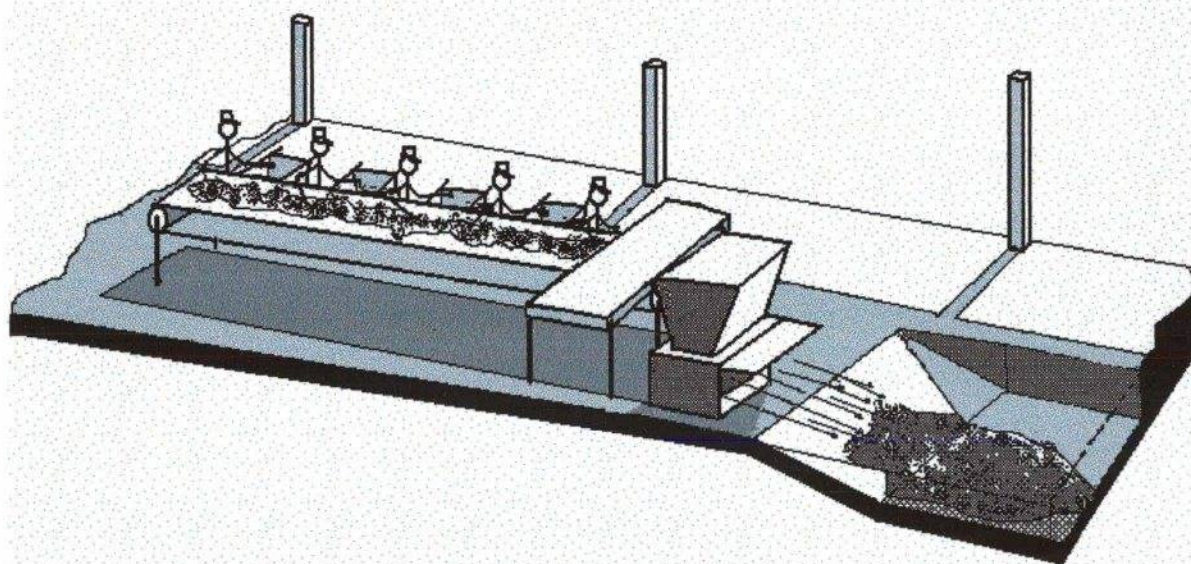


Figura 10.26. Quarta concepção construtiva do módulo TRIAGEM – CROQUI.



Outras concepções poderiam ainda ser mostradas no entanto, apresentar-se-ão apenas estas quatro a título de ilustração.

### Para o Módulo B3.2 – Compostagem:

1) Força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.1), mais força humana, mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.2), mais mangueiras de jardim (PS1 da 1.5.3), mais força humana, mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.5), mais peneiras planas de acionamento manual (PS2 da 2.6.1.6), mais força humana (PS1 da 1.7). Para maiores esclarecimentos ver Figuras 10.27 e 10.28.

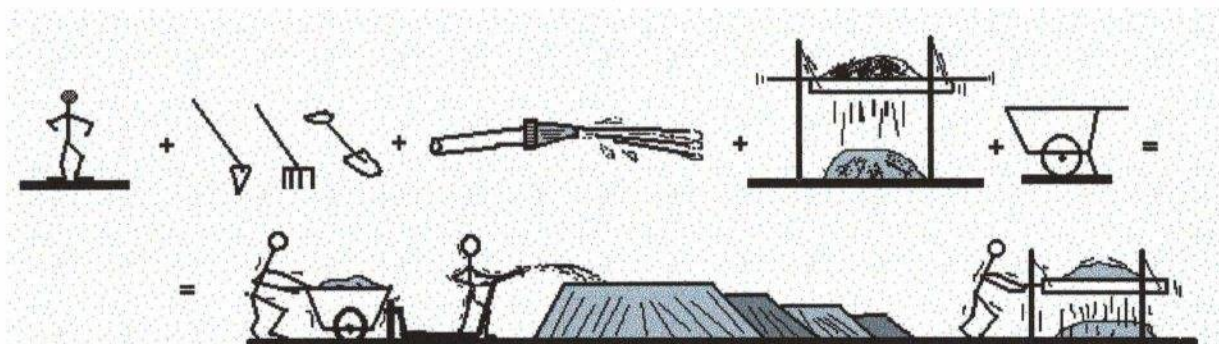


Figura 10.27. Primeira concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 19, 23, 25, 28, 29 e 36.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.18, citam-se:

Tabela 10.18. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 1.5.1 (PS1) + 1.5.2 (PS1) + 1.5.3 (PS1) + 1.5.4 (PS1) + 1.1.5 (PS1) + 2.6.1.6 (PS2) + 1.7 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana em todo o processo. Usar neste setor 6 funcionários.
	Materiais	Usar no pátio lajotas de cimento e/ou paralelepípedos.
	Sinais	Identificar por meio da aferição da temperatura da leira e de aparência os períodos de reviramento, molhamento e humificação da matéria orgânica.
	Geometria	O pátio de compostagem deve Ter.
	Formas físicas	O pátio de compostagem deve ser retangular. As leiras deverão ter base retangular (largura 2,50m; altura entre 1,20 e 1,60m e comprimento qualquer), com cume abaulado.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, instalações prediais.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	O piso deverá ser feito com material impermeável.
	Arranjos	Deve trabalhar neste setor aproximadamente 4 a 6 pessoas. As leiras devem ser arranjadas uma ao lado da outra, com espaço suficiente para o seu reviramento. Devem possuir uma placa que identifique o dia que ela foi formada e a provável data de sua compostagem.
	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de triagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de compostagem numa montagem em paralelo.
	Temperaturas	Fornecer EPI's aos funcionários.
Corrosões	Proteger a tela da peneira contra a ação dos resíduos orgânicos humificados e intempéries.	

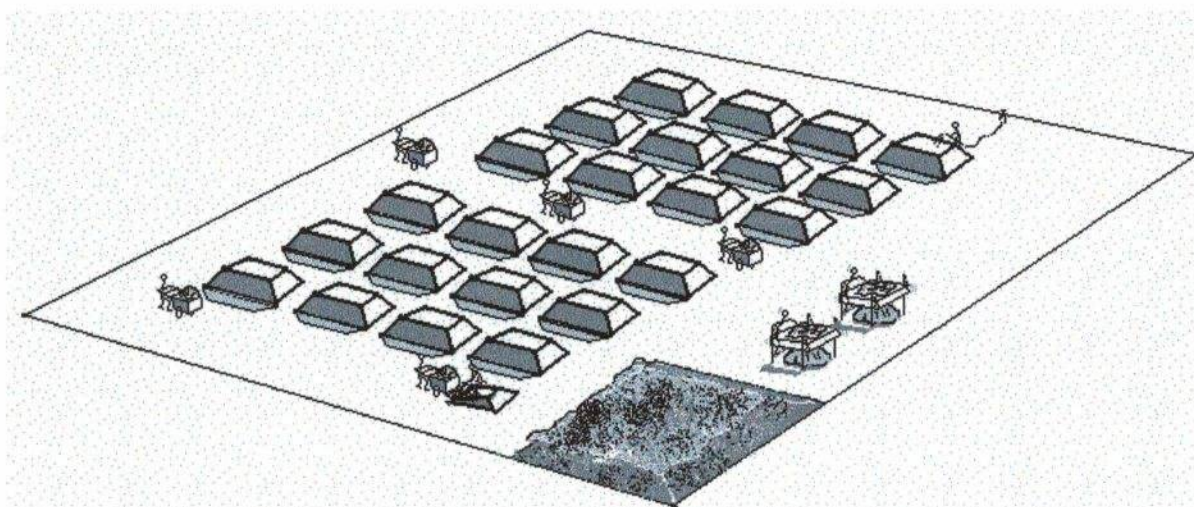


Figura 10.28. Primeira concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – CROQUI.

2) uma outra forma de atender este módulo é substituir parte do esforço humano de levar a matéria orgânica triturada até o pátio, pelo uso de uma esteira elevatória. Logo, o módulo seria assim constituído: esteira elevatória (PS3 da 1.5.1), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.2), mais mangueiras de jardim (PS1 da 1.5.3), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.4), mais força humana mais ferramentas manuais (PS1 da 1.5.5), mais peneiras planas de acionamento manual (PS2 da 2.6.1.6), mais força humana (PS1 da 1.7). Para maiores esclarecimentos ver Figuras 10.29 e 10.30.

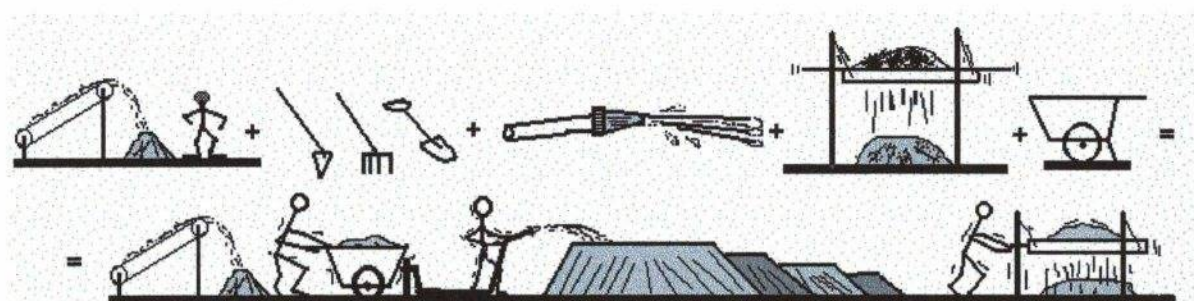


Figura 10.29. Segunda concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 19, 23, 25, 28, 29 e 36.

**Critérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.19, citam-se:

Tabela 10.19. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 1.5.1 (PS3) + 1.5.2 (PS1) + 1.5.3 (PS1) + 1.5.4 (PS1) + 1.1.5 (PS1) + 2.6.1.6 (PS2) + 1.7 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana em todo o processo. Usar neste setor 6 funcionários.
	Materiais	Usar no pátio lajotas de cimento e/ou paralelepípedos.
	Sinais	Identificar por meio da aferição da temperatura da leira e de aparência os períodos de reviramento, molhamento e humificação da matéria orgânica.

Continuação da Tabela 10.19.

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Semelhança entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Geometria	O pátio de compostagem deve Ter uma área de 7.500 metros quadrados por sistema que processe 20 toneladas de resíduos por dia.
	Formas físicas	O pátio de compostagem deve ser retangular. As leiras deverão ter base retangular (largura 2,50m; altura entre 1,20 e 1,60m e comprimento qualquer), com cume abaulado.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, instalações prediais.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	O piso deverá ser feito com material impermeável.
	Arranjos	Deve trabalhar neste setor aproximadamente 4 a 6 pessoas. As leiras devem ser arranjadas uma ao lado da outra, com espaço suficiente para o seu reviramento. Devem possuir uma placa que identifique o dia que ela foi formada e a provável data de sua compostagem.
	Número de partes a unir	Unir este setor ao setor de triagem numa montagem em série. Unir este setor a outro setor de compostagem numa montagem em paralelo.
Minimizar os problemas que podem ocorrer nas interações entre os componentes físicos.	Temperaturas	Fornecer EPI's aos funcionários.
	Corrosões	Proteger a tela da peneira contra a ação dos resíduos orgânicos humificados e intempéries.

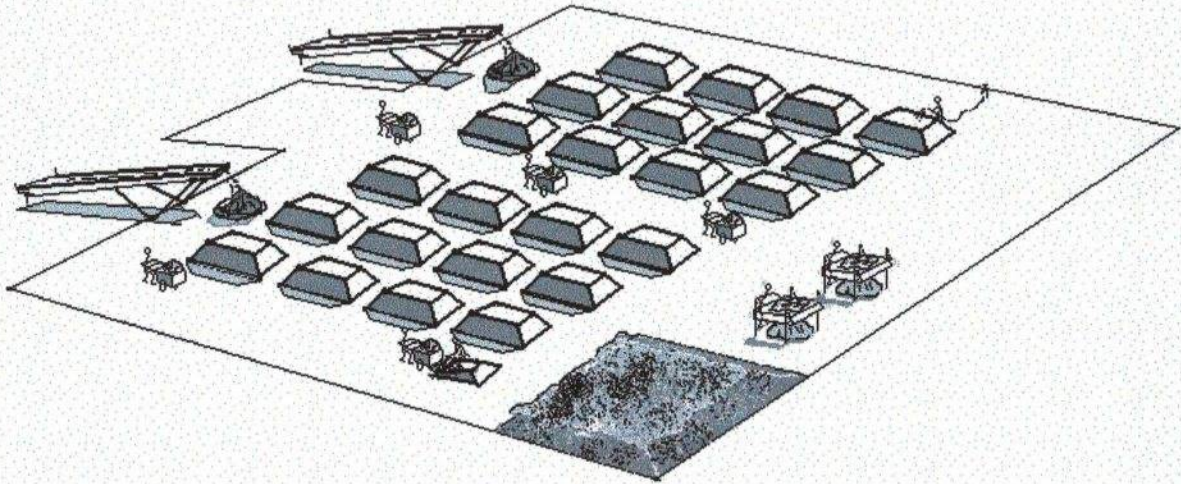


Figura 10.30. Segunda concepção construtiva do módulo COMPOSTAGEM – CROQUI.

**Para o Módulo B3.1 – Beneficiamento:**

1) Prensa hidráulica de acionamento vertical(PS3 da 2.8) mais carrinhos-de-mão (PS1 da 2.9). Ver Figuras 10.31 e 10.32.

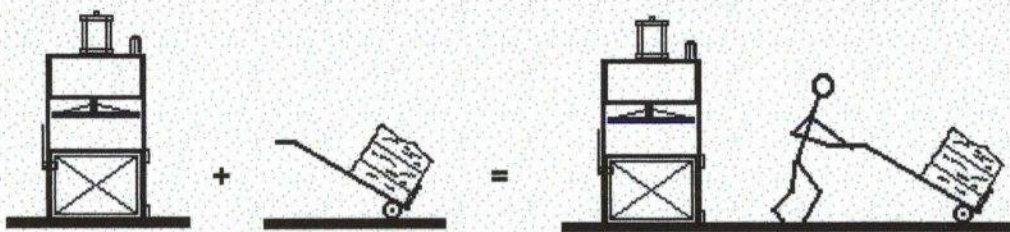


Figura 10.31. Primeira concepção construtiva do módulo BENEFICIAMENTO - SIMBOLOGIA.

**Especificações de projeto atendidas:** Segundo a ordem de classificação foram as de número 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 13, 16 e 17.

**Crítérios de interfaceamento a atender:** Segundo os critérios listados na Tabela 12.28 do Apêndice N e organizados na Tabela 10.20, citam-se:

Tabela 10.20. Critérios de interfaceamento para os princípios de solução 2.8 (PS3) + 2.9 (PS1).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseados nestes critérios de interfaceamento
Similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular	Energias	Fazer uso da energia humana, hidráulica e mecânica. Usar neste setor 3 funcionários por prensa. Dois para auxiliar na compactação e o outro para transportar os fardos. Os materiais a compactar são: papéis, papelões e plásticos.
	Materiais	
	Sinais	Ruído de compactação. Preenchimento da câmara de compactação.
	Geometria	Formar fardos de 150 a 200 kg. Com dimensões aproximadas de 1,0m x 0,6m x 1,0m.
	Formas físicas	Fazer uso de estruturas pré-fabricadas para os pilares, telhas, paredes e piso. No teto fazer uso de clarabóias. A área terá a forma de um retângulo.
	Processo de produção	Preparação do terreno, obras civis, montagem das estruturas metálicas, telhado e paredes, instalações elétricas e prediais.
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	Proteger as estruturas metálicas dos efeitos da corrosão. Prever os pontos de ampliação do projeto; proteger estes pontos. Pintura na cor branca em todo o galpão.
	Arranjos	O número máximo de pessoas a trabalhar neste setor será de 8. Usar uma prensa a cada 20 toneladas de resíduos por dia.
	Número de partes a unir	Este é um setor que fica isolado do setor de recepção, triagem e compostagem. Deve-se unir este setor a outro igual.
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações físicas entre os componentes físicos	Vibrações	Fornecer EPI's. As principais vibrações surgirão da prensa. Estes índices geralmente são acima de 85 dB.
	Temperaturas	Prover o setor de uma altura adequada (5m). Fornecer uniformes de algodão e sapatos adequados a este local de trabalho. Fazer uso de aberturas no teto que facilite a expulsão dos bolsões de calor e de clarabóias para melhorar a iluminação do setor.

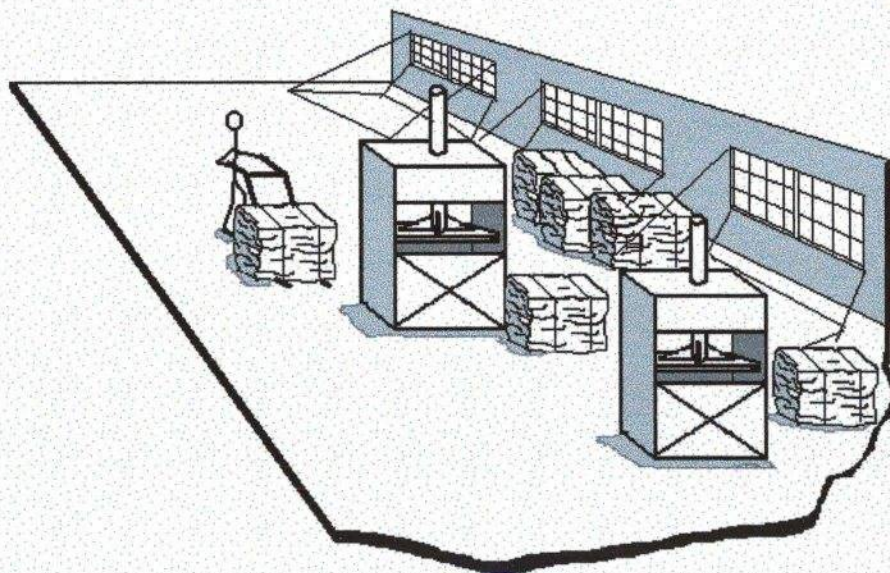


Figura 10.32. Primeira concepção construtiva do módulo BENEFICIAMENTO - CROQUI.

Estabelecidos os módulos construtivos, passa-se a etapa de estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem a demanda inicial (ver Figuras 9.41, 9.42 e 9.43).

A primeira tarefa, desta etapa, é a que trata da análise das similaridades geométricas e dos problemas que podem ocorrer para unir um módulo construtivo com outros.

Sob este enfoque, observa-se que as maiores dificuldades se encontram nas uniões das instalações elétricas, prediais e de caracter físico, ou seja, alturas, larguras, espessuras. No mais, trata-se apenas de fornecer os EPI's e EPC's necessários a cada uma das atividades a serem desenvolvidas em cada um destes módulos.

Concluída a tarefa de análise, passou-se a aplicar a matriz de concepção do sistema modular (Ver Apêndice O, Figuras 12.40 e 9.41). No entanto, antes de aplicá-la fez-se uso dos documentos 1, 2 e 3 de apoio ao preenchimento desta matriz, mencionados neste mesmo Apêndice O, Figuras 12.41, 12.42 e 12.43. Para maiores informações ver Figura 10.33 que mostra tal documento preenchido. Antes, porém, faz-se necessário dizer que os módulos construtivos são apresentados com seus códigos, devido aos problemas de inserir as figuras neste documento.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção No.	
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				1	
Módulos funcionais que compõem esta variante da função global	Classificação dos módulos funcionais	Módulos construtivos associados a cada módulo funcional da variante da função global			
Recepção	Básico	PS1 da FE1.1+ PS1 da FE1.2	PS3 da FE1.1+ PS1 da FE1.2		
Triagem	Básico	PS1 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2+ PS1 da 1.3.4+ PS1 da 2.3.5+ PS1 da 2.4	PS2 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2+ PS1 da 1.3.4+ PS1 da 2.3.5+ PS1 da 2.4	PS1 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2+ PS2 da 1.3.4+ PS1 da 2.3.5+ PS3 da 2.4	PS2 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2+ PS2 da 1.3.3+ PS2 da 1.3.4+ PS1 da 2.3.5+ PS1 da 2.4
Compostagem	Básico	PS1 da 1.5.1+ PS1 da 1.5.2+ PS1 da 1.5.3+ PS1 da 1.5.4+ PS1 da 1.5.5+ PS1 da 2.6.1.6 + PS1 da 1.7	PS3 da 1.5.1+ PS1 da 1.5.2+ PS1 da 1.5.3+ PS1 da 1.5.4+ PS1 da 1.5.5+ PS1 da 2.6.1.6 + PS1 da 1.7		
Beneficiamento	Básico	PS3 da 2.8+ PS1 da 2.9			

Figura 10.33. Documento 1 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular.

Assim, com base neste documento estabeleceu-se as combinações possíveis a compor a solução do problema de projeto (ver também Figura 9.42).

A primeira concepção escolhida é apresentada na Figura 10.34 (ver também Figura 9.43). O grau de dificuldade de realização desta concepção, segundo a equação 12.5, é igual a 1 (um). Esta concepção envolve o mesmo grau de complexidade para o acoplamento dos módulos construtivos (baixa complexidade).

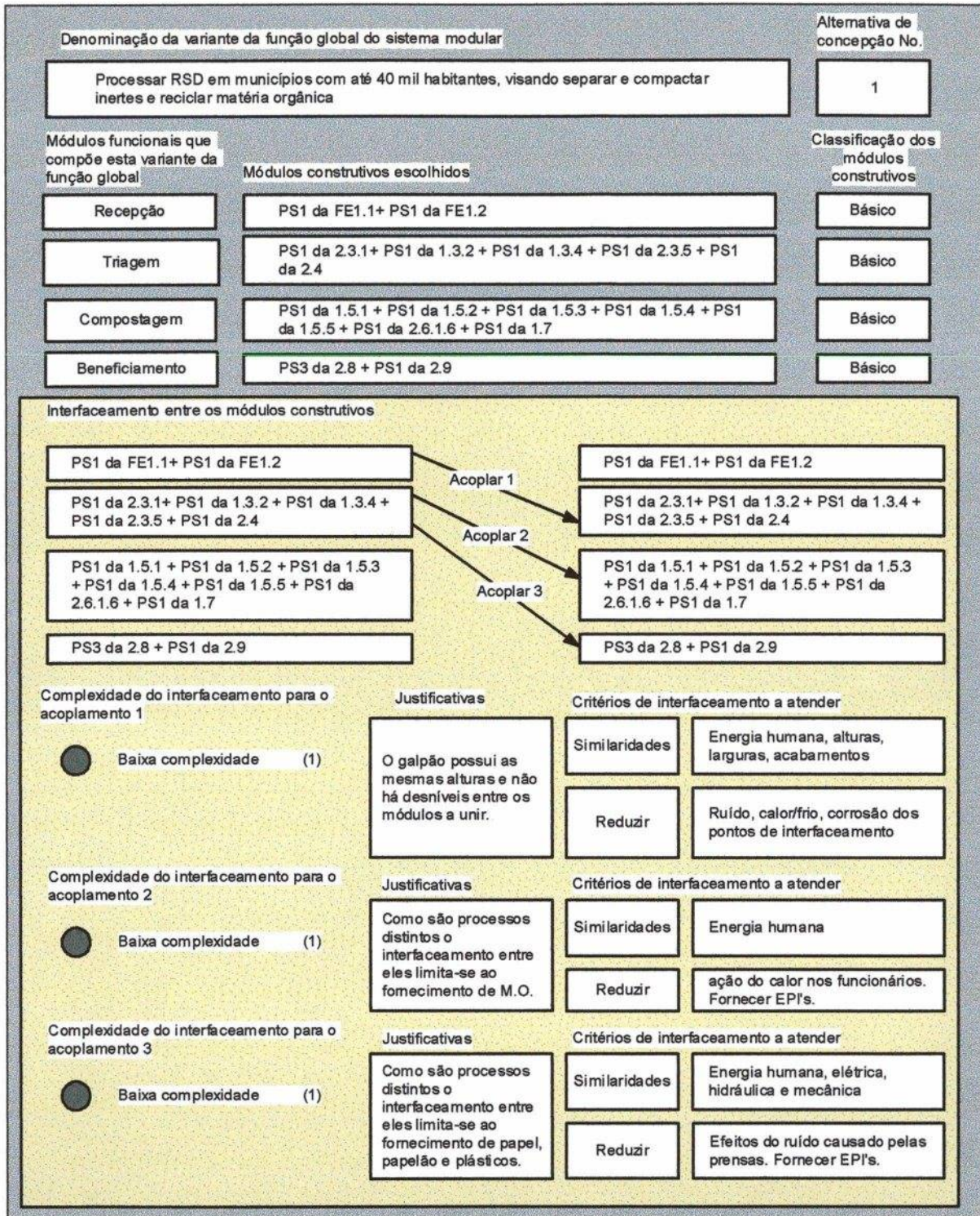


Figura 10.34. Primeira concepção construtiva do problema de projeto.

A segunda concepção construtiva escolhida para atender o problema de projeto é apresentada na Figura 10.35. O grau de dificuldade de realização desta concepção, segundo a equação 12.5, é igual a 1,6 (um vírgula seis). Esta concepção envolve complexidades de interfaceamento diferentes para o acoplamento dos módulos (baixa e média complexidade).

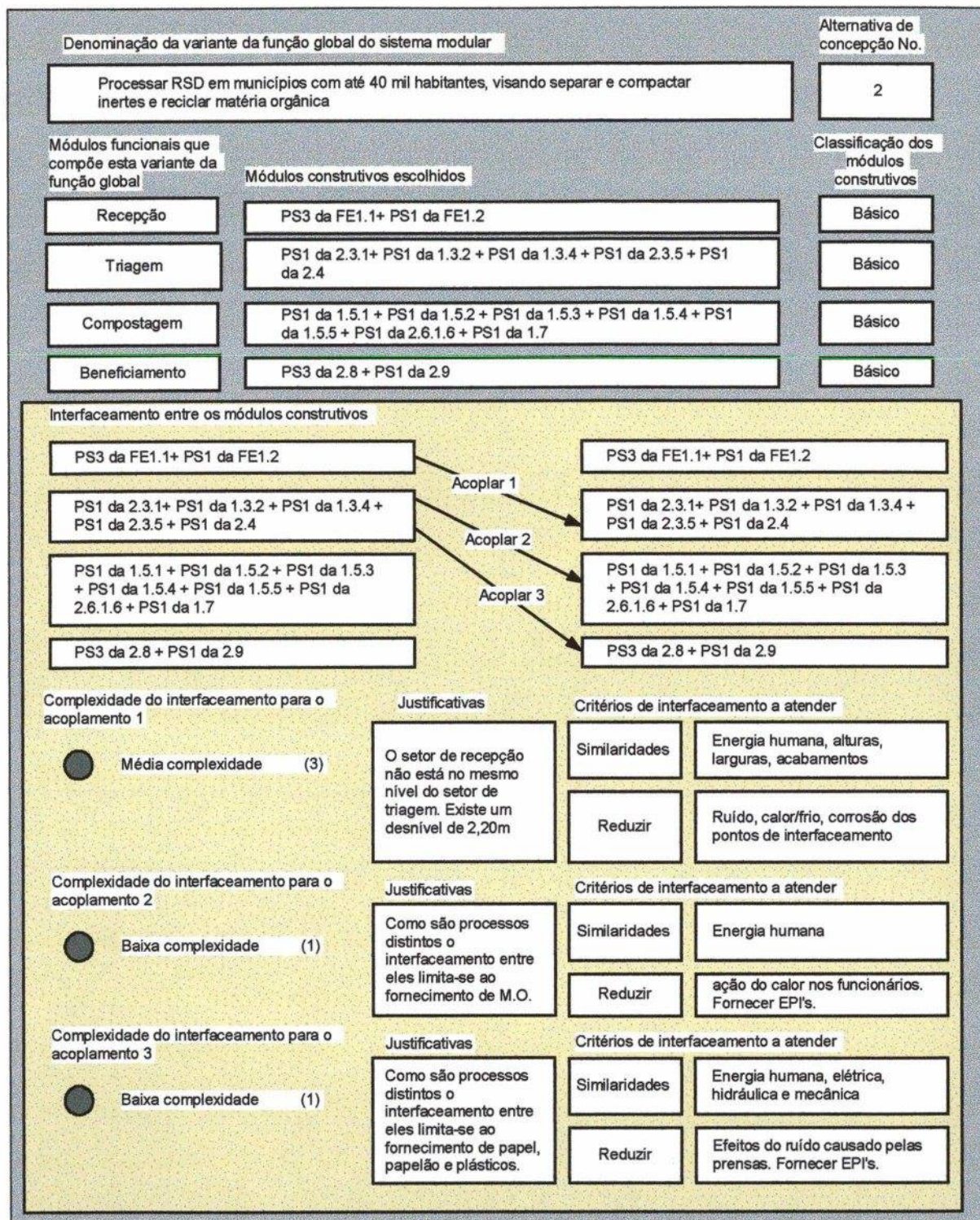


Figura 10.35. Segunda concepção construtiva do problema de projeto.

A terceira concepção construtiva escolhida para atender o problema de projeto é apresentada na Figura 10.36. O grau de dificuldade de realização desta concepção, segundo a equação 12.5, é igual a 1 (um). Esta concepção envolve complexidades de interfaceamento iguais para o acoplamento dos módulos (baixa complexidade).

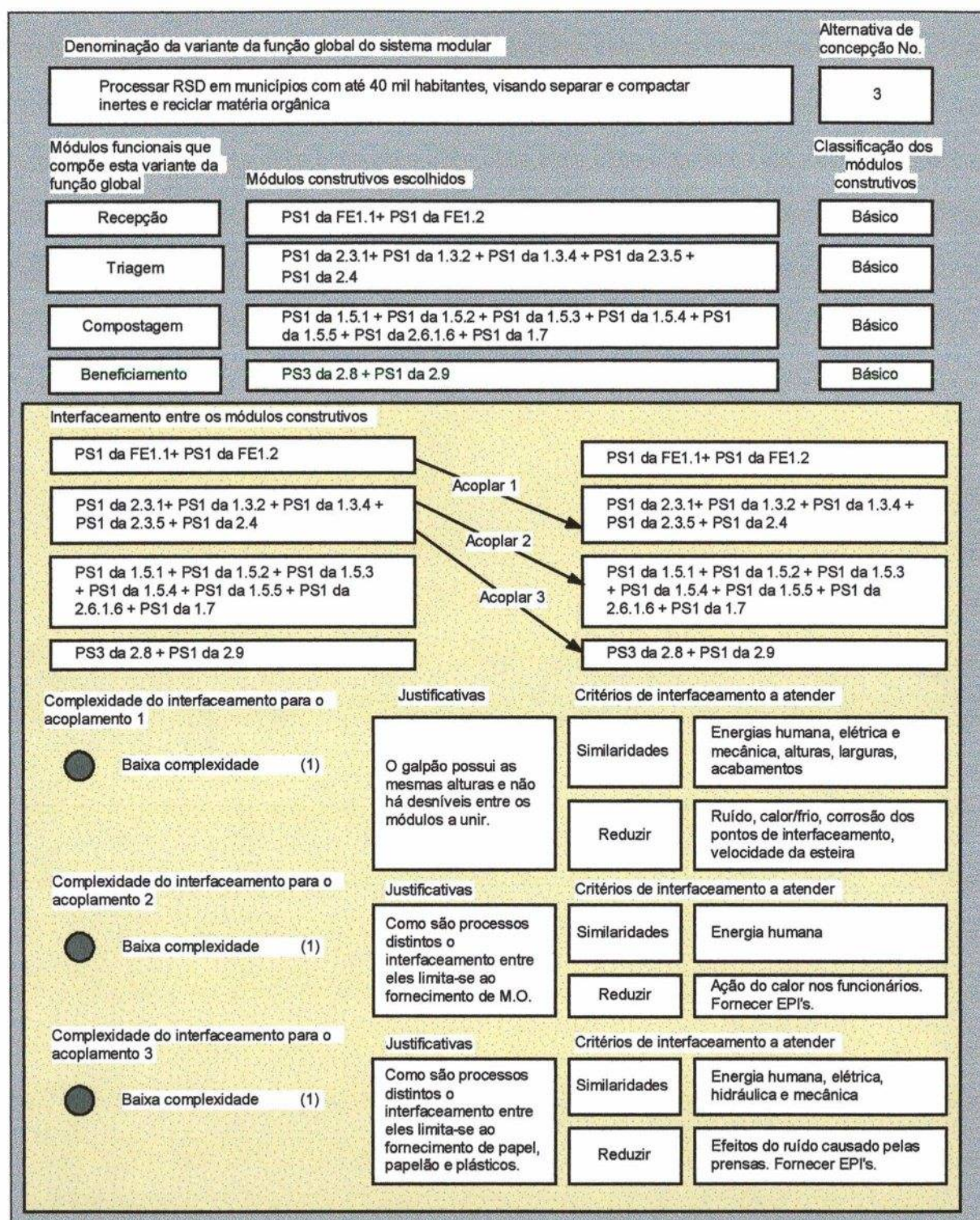


Figura 10.36. Terceira concepção construtiva do problema de projeto.

A quarta concepção construtiva escolhida para atender o problema de projeto é apresentada na Figura 10.37. O grau de dificuldade de realização desta concepção, segundo a equação 12.5, é igual a 1,6 (um vírgula seis). Esta concepção envolve complexidades de interfaceamento diferentes para o acoplamento dos módulos (baixa e média complexidade).



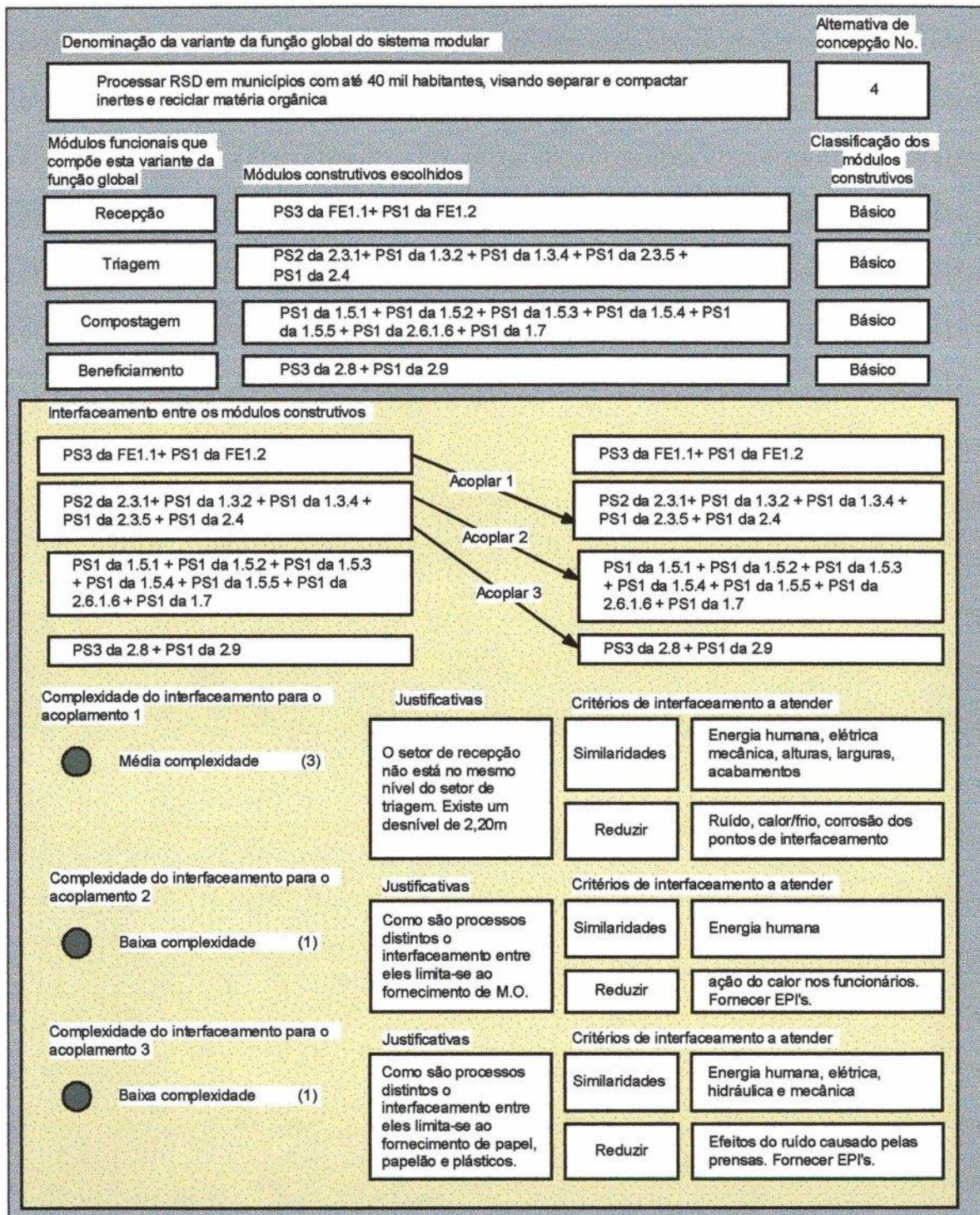


Figura 10.37. Quarta concepção construtiva do problema de projeto.

Outras concepções construtivas ainda poderiam ser criadas. No entanto, serão apresentados apenas estas quatro.

Após concluída estas atividades o SISMOD calcula o grau de dificuldade de realização das concepções apresentando as duas melhores (Ver Figura 10.38 e também a Figura 9.43).

Denominação da variante da função global do sistema modular		
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica		
Módulos funcionais que compõe esta variante da função global	Alternativa de concepção construtiva 1	Alternativa de concepção construtiva 2
Recepção	PS1 da FE1.1+ PS1 da FE1.2	PS1 da FE1.1+ PS1 da FE1.2
Triagem	PS1 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2 + PS1 da 1.3.4 + PS1 da 2.3.5 + PS1 da 2.4	PS1 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2 + PS1 da 1.3.4 + PS1 da 2.3.5 + PS1 da 2.4
Compostagem	PS1 da 1.5.1 + PS1 da 1.5.2 + PS1 da 1.5.3 + PS1 da 1.5.4 + PS1 da 1.5.5 + PS1 da 2.6.1.6 + PS1 da 1.7	PS1 da 1.5.1 + PS1 da 1.5.2 + PS1 da 1.5.3 + PS1 da 1.5.4 + PS1 da 1.5.5 + PS1 da 2.6.1.6 + PS1 da 1.7
Beneficiamento	PS3 da 2.8 + PS1 da 2.9	PS3 da 2.8 + PS1 da 2.9
Grau de dificuldade de realização da função global do sistema modular	1 (Baixa complexidade)	1 (Baixa complexidade)
Justificativas	O galpão possui as mesmas alturas e não há desníveis entre os módulos a unir. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de M.O. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de papel, papelão e plásticos.	O galpão possui as mesmas alturas e não há desníveis entre os módulos a unir. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de M.O. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de papel, papelão e plásticos.

Figura 10.38. Concepções construtivas que melhor atendem o problema de projeto.

Concluída esta tarefa passou-se a escolher entre estas duas a que deveria ser levada à próxima fase do processo de projeto.

Neste momento, fez-se uso das ferramentas de avaliação apresentadas no Apêndice P. A primeira destas ferramentas se destina a caracterizar as alternativas apresentadas. Para maiores informações ver Figuras 10.39 e 10.40 que mostram, respectivamente, a caracterização da primeira e da segunda concepção escolhida para atender o problema de projeto.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção No.
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				1
Descrição da concepção				
A concepção é formada por quatro módulos: recepção, triagem, compostagem e beneficiamento. O primeiro se destina a receber os resíduos brutos e alimentá-los no sistema. O segundo se destina a retirar da massa de resíduos os materiais passíveis de reciclagem. O terceiro se destina a reciclar a matéria orgânica presente nos resíduos e o quarto se destina a compactar os papéis, papelões e plásticos separados no setor de triagem, visando agregar maior valor aos mesmos.				
Características da concepção escolhida				
Módulos construtivos	Principais componentes do módulo	Materiais constituintes	Processos de produção	Outras informações
RECEPÇÃO	Fosso	Cimento, areia, brita, lajotas ou paralelepípedos, placas pré-fabricadas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Ferramentas manuais	Enxadas, gadanhos, ancinhos e ganchos	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
TRIAGEM	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Mesa de triagem	Pilares de alvenaria, telas e calhas	Alvenaria	Pode ser confeccionado por terceiros
	Moinho triturador		Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Balança		Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Tonéis	Chapas de aço ou de plástico	Indústrias de plástico ou metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Ferramentas manuais	Instrumentos de jardinagem	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
COMPOSTAGEM	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Peneiras classificatórias	Telas e madeira	Carpintaria	Pode ser executado dentro da própria empresa
	Drenagem	Canaletas de cimento	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
BENEFICIAMENTO	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Prensas	Chapas de aço, cilindro hidráulico, motor	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros

Figura 10.39. Caracterização da alternativa de concepção construtiva 1 do sistema modular (ver também Figura 9.44).

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção No.
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				2
Descrição da concepção				
A concepção é formada por quatro módulos: recepção, triagem, compostagem e beneficiamento. O primeiro se destina a receber os resíduos brutos e alimentá-los no sistema. O segundo se destina a retirar da massa de resíduos os materiais passíveis de reciclagem. O terceiro se destina a reciclar a matéria orgânica presente nos resíduos e o quarto se destina a compactar os papéis, papelões e plásticos separados no setor de triagem, visando agregar maior valor aos mesmos.				
Características da concepção escolhida				
Módulos construtivos	Principais componentes do módulo	Materiais constituintes	Processos de produção	Outras informações
RECEPÇÃO	Fosso	Cimento, areia, brita, lajotas ou paralelepípedos, placas pré-fabricadas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pré-triagem	Cimento, areia e brita, estruturas metálicas e telas	Estruturas pré-fabricadas	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Ferramentas manuais	Enxadas, gadanhos, ancinhos e ganchos	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
TRIAGEM	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Mesa de triagem	Pilares de alvenaria, telas e calhas	Alvenaria	Pode ser confeccionado por terceiros
	Moinho triturador		Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Balança		Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Tonéis/carrinhos-de-mão	Chapas de aço ou de plástico	Indústrias de plástico ou metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
	Ferramentas manuais	Instrumentos de jardinagem	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros
COMPOSTAGEM	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Peneiras classificatórias	Telas e madeira	Carpintaria	Pode ser executado dentro da própria empresa
	Drenagem	Canaletas de cimento	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
BENEFICIAMENTO	Piso	Cimento, areia, brita e/ou lajotas	Alvenaria	Trabalho que deve ser executado no campo
	Pilares	Cimento armado ou estruturas metálicas	Estruturas pré-fabricadas	Pode ser confeccionado por terceiros
	Coberta	Telhas onduladas opacas e transparentes	Estruturas pré-fabricadas	Deve ser confeccionado por terceiros
	Prensas	Chapas de aço, cilindro hidráulico, motor	Indústria metal-mecânica	Deve ser confeccionado por terceiros

Figura 10.40. Caracterização da alternativa de concepção construtiva 2 do sistema modular.

A segunda ferramenta se destina a estimar os custos das alternativas de concepção do sistema modular. Para maiores informações ver Figuras 10.41 e 10.42 que mostram, respectivamente, os custos da primeira e da segunda concepção construtiva escolhida para atender o problema de projeto. Observação: estes custos foram estimados com base na experiência de algumas pessoas que lidam com a área da construção civil, as quais se basearam nos croquis desenvolvidos (ver Figuras 10.16, 10.18, 10.20, 10.22, 10.24, 10.26, 10.28, 10.30 e 10.32).

Denominação da variante da função global do sistema modular							Alternativa de concepção No.
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica							1
Descrição da concepção							Custo meta.
A concepção é formada por quatro módulos: recepção, triagem, compostagem e beneficiamento. O primeiro se destina a receber os resíduos brutos e alimentá-los no sistema. O segundo se destina a retirar da massa de resíduos os materiais passíveis de reciclagem. O terceiro se destina a reciclar a matéria orgânica presente nos resíduos e o quarto se destina a compactar os papéis, papelões e plásticos separados no setor de triagem, visando agregar maior valor aos mesmos.							R\$ 90.000,00
Características da concepção escolhida							
Módulos construtivos	Custo dos módulos prontos	Principais componentes do módulo	Custo dos materiais constituintes	Custo dos processos de fabricação	Custo das montagens	Custo dos testes	Custo total do módulo
RECEPÇÃO	R\$ 4.000,00	Fosso					R\$ 4.000,00
		Pilares					
		Coberta					
		Ferramentas manuais					
TRIAGEM	R\$ 15.000,00	Piso					R\$ 15.000,00
		Pilares					
		Coberta					
		Mesa de triagem					
		Moinho triturador					
		Balança					
		Tonéis					
		Ferramentas manuais					
COMPOSTAGEM	R\$ 25.000,00	Piso					R\$ 25.000,00
		Peneiras classificatórias					
		Drenagem					
BENEFICIAMENTO	R\$ 25.000,00	Piso					R\$ 25.000,00
		Pilares					
		Coberta					
		Prensas					
SETORES DE APOIO	R\$ 30.000,00						R\$ 30.000,00
CUSTO TOTAL ESTIMADO DA CONCEPÇÃO							R\$ 99.000,00

Figura 10.41. Estimativa de custo da alternativa de concepção construtiva 1 do problema de projeto (ver Figura 9.45).

Denominação da variante da função global do sistema modular							Alternativa de concepção No.
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica							2
Descrição da concepção							Custo meta.
A concepção é formada por quatro módulos: recepção, triagem, compostagem e beneficiamento. O primeiro se destina a receber os resíduos brutos e alimentá-los no sistema. O segundo se destina a retirar da massa de resíduos os materiais passíveis de reciclagem. O terceiro se destina a reciclar a matéria orgânica presente nos resíduos e o quarto se destina a compactar os papéis, papelões e plásticos separados no setor de triagem, visando agregar maior valor aos mesmos.							R\$ 90.000,00
Características da concepção escolhida							
Módulos construtivos	Custo dos módulos prontos	Principais componentes do módulo	Custo dos materiais constituintes	Custo dos processos de fabricação	Custo das montagens	Custo dos testes	Custo total do módulo
RECEPÇÃO	R\$ 8.000,00	Fosso					R\$ 8.000,00
		Pré-triagem					
		Pilares					
		Coberta					
		Ferramentas manuais					
TRIAGEM	R\$ 15.000,0	Piso					R\$ 15.000,0
		Pilares					
		Coberta					
		Mesa de triagem					
		Moinho triturador					
		Balança					
		Tonéis / carrinhos-de-mão					
		Ferramentas manuais					
COMPOSTAGEM	R\$ 25.000,00	Piso					R\$ 25.000,00
		Peneiras classificatórias					
		Drenagem					
BENEFICIAMENTO	R\$ 25.000,00	Piso					R\$ 25.000,00
		Pilares					
		Coberta					
		Prensas					
SETORES DE APOIO	R\$ 30.000,00						R\$ 30.000,00
CUSTO TOTAL ESTIMADO DA CONCEPÇÃO							R\$ 103.000,00

Figura 10.42. Estimativa de custo da alternativa de concepção construtiva 2 do problema de projeto.

A terceira ferramenta permite avaliar tecnicamente as alternativas de concepção do sistema modular. Para maiores informações ver Tabelas 10.21 e 10.22 (ver também Figura 9.46).

Tabela 10.21. Avaliação técnica da alternativa de concepção 1 para o problema de projeto.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção N <sup>o</sup>
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				1
Avaliação técnica das concepções				
Módulos construtivos	Requisitos de projeto contemplados pelo módulo	Peso relativo dos requisitos de projeto *	Avaliação dos módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto	Total da avaliação por módulo
RECEPÇÃO	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Durabilidade	17.317,68	5	86588,40
	Montagem por encaixe	16.969,17	3	50907,51
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
	Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30
	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65	
Ambientes reguláveis	5.234,94	5	26174,70	
TRIAGEM	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Redundâncias de máquinas	22.118,06	3	66354,18
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Número de módulos do sistema modular	18.379,47	5	91897,35
	Montagem por encaixe	16.969,37	5	84846,85
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
	Separação dos inertes	13.963,22	5	69816,10
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
	Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30
	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de células de fabricação	7.413,21	1	7413,21
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65	
Número de módulos terceirizados	5.527,08	5	27635,40	
Ambientes reguláveis	5.234,94	5	26174,70	
COMPOSTAGEM	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Controle do processo	19.352,98	5	96764,90
	Durabilidade	17.317,68	5	86588,40
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20	

\* Os pesos relativos dos requisitos de projeto são valores resgatados da matriz da casa da qualidade.

Continuação da Tabela 10.21.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção N°
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				1
Avaliação técnica das concepções				
Módulos construtivos	Requisitos de projeto contemplados pelo módulo	Peso relativo dos requisitos de projeto	Avaliação dos módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto	Total da avaliação por módulo
COMPOSTAGEM	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
	Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65
	Pavimentação das vias internas	6.766,55	5	33832,75
	Áreas limpas	4.121,98	5	20609,90
BENEFICIAMENTO	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Redundância de máquinas	22.118,06	5	110590,30
	Beneficiamento dos inertes	18.902,32	5	94511,60
	Número de módulos do sistema modular	18.379,47	5	91897,35
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
	Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30
AVALIAÇÃO TÉCNICA TOTAL DA CONCEPÇÃO				31,31

Tabela 10.22. Avaliação técnica da alternativa de concepção 2 para o problema de projeto.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção N°
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				2
Avaliação técnica das concepções				
Módulos construtivos	Requisitos de projeto contemplados pelo módulo	Peso relativo dos requisitos de projeto	Avaliação dos módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto	Total da avaliação por módulo
RECEPÇÃO	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Durabilidade	17.317,68	5	86588,40
	Montagem por encaixe	16.969,17	3	50907,51
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
	Separação dos inertes	13.963,22	3	41889,66
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
	Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30
	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
	Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65
	Ambientes reguláveis	5.234,94	5	26174,70



Continuação da Tabela 10.22.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção N <sup>o</sup>
Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica				2
Avaliação técnica das concepções				
Módulos construtivos	Requisitos de projeto contemplados pelo módulo	Peso relativo dos requisitos de projeto	Avaliação dos módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto	Total da avaliação por módulo
TRIAGEM	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Redundâncias de máquinas	22.118,06	3	66354,18
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Número de módulos do sistema modular	18.379,47	5	91897,35
	Montagem por encaixe	16.969,37	5	84846,85
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
	Separação dos inertes	13.963,22	5	69816,10
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
	Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30
	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de células de fabricação	7.413,21	1	7413,21
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65	
Número de módulos terceirizados	5.527,08	5	27635,40	
Ambientes reguláveis	5.234,94	5	26174,70	
COMPOSTAGEM	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Quantidade de resíduos a processar por dia	20.798,20	5	103991,00
	Controle do processo	19.352,98	5	96764,90
	Durabilidade	17.317,68	5	86588,40
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Seqüência lógica de montagem	14.483,38	5	72416,90
Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20	
COMPOSTAGEM	Quantidade de estruturas pré-fabricadas	9.373,81	5	46869,05
	Materiais padronizados	8.476,10	5	42380,50
	Número de EPI/EPC	7.209,93	5	36049,65
	Acessibilidade	6.898,53	5	34492,65
	Pavimentação das vias internas	6.766,55	5	33832,75
Áreas limpas	4.121,98	5	20609,90	
BENEFICIAMENTO	Capacidade de produção	31.678,07	5	158390,35
	Garantias de uso	31.464,72	5	157323,60
	Tempos de produção	23.928,01	5	119640,05
	Combinações possíveis	22.249,91	5	111249,55
	Redundância de máquinas	22.118,06	5	110590,30
	Beneficiamento dos inertes	18.902,32	5	94511,60
	Número de módulos do sistema modular	18.379,47	5	91897,35
	Serviços em paralelo	14.740,62	5	73703,10
	Rodízio de funcionários	12.107,24	5	60536,20
Número de máquinas	10.326,26	5	51631,30	
AVALIAÇÃO TÉCNICA TOTAL DA CONCEPÇÃO				31,57

Concluídas tais atividades e obtidos tais dados fez-se uso da matriz de seleção da melhor alternativa de concepção de projeto para o problema em estudo, apresentada no Anexo O. Para maiores informações ver Figura 10.43 (ver também implementação computacional, Figura 9.47).

CONCEPÇÕES AVALIADAS	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O CUSTO META	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O ÍNDICE TÉCNICO	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O CUSTO ESTIMADO E O ÍNDICE TÉCNICO	Selecionar a melhor concepção
Concepção 1	Melhor - Economia de R\$ 21.000,00	31,31	Pior concepção 0,05	<input checked="" type="radio"/>
Concepção 2	Pior - Economia de R\$ 17.000,00	31,57	Melhor concepção 0,04	<input type="radio"/>

Justificativas da escolha

Optou-se por selecionar a concepção 1 pela melhor economia e principalmente pelo tipo de recepção dos resíduos brutos estabelecida para a mesma, ou seja, fosso de recepção dos resíduos ao nível do solo em detrimento do fosso abaixo do nível do solo apresentado para a concepção 2. Este detalhe é fundamental quando se deseja obter facilidades para instalar e ampliar tais sistemas.

Em função do exposto decide-se escolher a concepção 1 como a que deve ser levada à próxima fase do processo de projeto.

Figura 10.43. Seleção da melhor alternativa de concepção construtiva para a solução do problema de projeto.

Conforme pode ser visualizado pela Figura 10.43 a melhor concepção de projeto é a de número 1, em função das classificações obtidas segundo o custo meta, o índice técnico e segundo o índice técnico e o custo estimado, as quais vão de encontro aos interesses dos desejos e necessidades dos clientes do projeto, assim como das metas estabelecidas pelos projetistas no início do projeto. Em outras palavras, cada unidade construída deve processar 20 toneladas de resíduos por dia; deve permitir ampliações físicas para suportar variações na demanda do município; processar resíduos brutos, ou seja, resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos juntos; ser fácil de instalar, operar e dar manutenção; ter custo de implantação inferior a U\$ 50.000,00 (cinquenta mil dólares); ser segura do ponto de vista ambiental, operacional e funcional; fazer uso de poucas máquinas e pessoas e, por fim, ocupar uma área que não supere dois hectares (20.000m<sup>2</sup>).

Diante do exposto e destes resultados é possível apresentar a seguinte concepção de projeto para a demanda inicial (Figura 10.44). Neste croqui não constam as lagoas de estabilização. No entanto, estas devem ser consideradas no projeto.

Concluídas todas as etapas desta fase é possível imprimir um relatório no qual deixam-se registradas todas as informações que culminaram com a escolha desta concepção apresentada. Para maiores esclarecimentos ver Figura 10.45 e, também, Figura 9.48.

## 10.5 – Considerações finais

Neste capítulo apresentou-se um resumo das informações inseridas no SISMOD e utilizadas no estudo de caso envolvendo o projeto informacional e o projeto conceitual de um sistema modular de UPRSD, com o propósito de avaliar a metodologia de projeto e o sistema computacional desenvolvido, como também apresentar uma proposta de concepção de UPRSD mais adequada às condições sócio-econômicas de municípios com até 40 mil habitantes.

Sob estes aspectos pôde-se comprovar que a metodologia de projeto apresentada se mostrou adequada neste estudo de caso, assim como num outro trabalho envolvendo a modularização de implementos agrícolas (ver MAZETTO, 2000).

Esta adequação é percebida pelo nível de detalhamento do seu processo de projeto (fases, etapas e tarefas), assim como no número e nos tipos de documentos e ferramentas de apoio para ela desenvolvidas, as quais terminam por facilitar o seu uso e a sua aplicação em vários domínios de projeto.

Chama-se atenção, também, para os critérios estabelecidos ao longo do seu processo de projeto, com vistas a auxiliar os projetistas nas tomadas de decisões e no desenvolvimento dos vários estágios desta metodologia de projeto. Estes critérios terminam por aclarar o que fazer para se sair de um estágio de projeto para o outro facilitando, assim, o desenvolvimento do problema apresentado.

Quanto ao emprego das informações manuseadas ao longo deste capítulo e inseridas no sistema computacional, o que se pode afirmar é que o mesmo, de maneira geral, mostrou-se adequado ao fim a que se propõem, isto é, auxiliar uma equipe de projeto a estabelecer um sistema modular. É bem verdade que o sistema computacional carece de melhorias futuras, principalmente, quanto a apresentação da forma dos relatórios e ao número alto de telas geradas na fase do projeto conceitual, mas se mostrou viável no auxílio deste estudo de caso, ou seja, auxiliou os projetistas a organizarem e registrarem as informações sobre o assunto, a estabelecerem as especificações de projeto no desenvolvimento do sistema modular de UPRSD e a conceber e escolher uma concepção de projeto de UPRSD modular que, na visão dos projetistas, se mostra adequada à grande maioria dos municípios brasileiros.

Em função do exposto acima e pelos resultados obtidos com o emprego da metodologia de projeto e do sistema computacional é possível afirmar que os propósitos iniciais, mencionados acima, foram alcançados e, portanto, auxiliam na validação tanto da metodologia de projeto desenvolvida, como também na validação do sistema computacional implementado.

<b>NeDIP</b>		<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA</b>	
Ordem de serviço No. ____/____	Tipo de projeto: Modular Contratante: Nelson Back e Fernando Antônio Forcellini		
Endereço do contratante: Campus Universitário, Trindade, Caixa Postal 476, Florianópolis, SC. Telefone: (48) 331-9719 Fax: (48) 234-1519 E-mail: www.nedip.ufsc.br			
Informações do contratante: Pedido de projeto: Desenvolver "usinas de lixo" modulares para serem instaladas em municípios do Estado de Santa Catarina. Restrições Iniciais: Sejam projetos destinados a municípios com até 40 mil habitantes; processem por dia de 10 a 20 toneladas de RSD; processem tanto a matéria orgânica como a inorgânica; faça uso de poucas máquinas e pessoas; sejam projetos simples, fáceis de usar e manter e, por fim, que tais projetos sejam adequados às condições sócio-econômicas dos municípios do Estado de Santa Catarina.			
<b>CONCEPÇÃO DE PROJETO ESCOLHIDA PARA ATENDER O PROBLEMA DE PROJETO</b>			
Variante: 02	Processar RSD em municípios com até 40 mil habitantes, visando separar e compactar inertes e reciclar matéria orgânica		
Módulos funcionais que compõe a variante	Módulos construtivos estabelecidos para compor a variante	Grau de dificuldade de realização da concepção	Justificativas do grau de dificuldade
Recepção	PS1 da FE1.1+ PS1 da FE1.2	Baixa complexidade	O galpão possui as mesmas alturas e não há desníveis entre os módulos a unir. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de matéria orgânica. Como são processos distintos o interfaceamento entre eles limita-se ao fornecimento de papel, papelão e plásticos do setor de triagem para o setor de beneficiamento.
Triagem	PS1 da 2.3.1+ PS1 da 1.3.2 + PS1 da 1.3.4 + PS1 da 2.3.5 + PS1 da 2.4		
Compostagem	PS1 da 1.5.1 + PS1 da 1.5.2 + PS1 da 1.5.3 + PS1 da 1.5.4 + PS1 da 1.5.5 + PS1 da 2.6.1.6 + PS1 da 1.7		
Beneficiamento	PS3 da 2.8 + PS1 da 2.9		
Classificação da concepção segundo o custo meta	Classificação da concepção segundo o índice técnico	Classificação da concepção segundo o índice técnico e o custo estimado	Justificativas finais para a escolha desta concepção de projeto
Melhor - Economia de R\$ 21.000,00	31,31	Pior concepção 0,05	Optou-se por selecionar a concepção 1 pela melhor economia e principalmente pelo tipo de recepção dos resíduos brutos estabelecida para a mesma, ou seja, fosso de recepção dos resíduos ao nível do solo em detrimento do fosso abaixo do nível do solo apresentado para a concepção 2. Este detalhe é fundamental quando se deseja obter facilidades para instalar e ampliar tais sistemas. Em função do exposto decide-se escolher a concepção 1 como a que deve ser levada à próxima fase do processo de projeto.

Figura 10.45. Relatório final da fase do projeto conceitual do sistema modular.

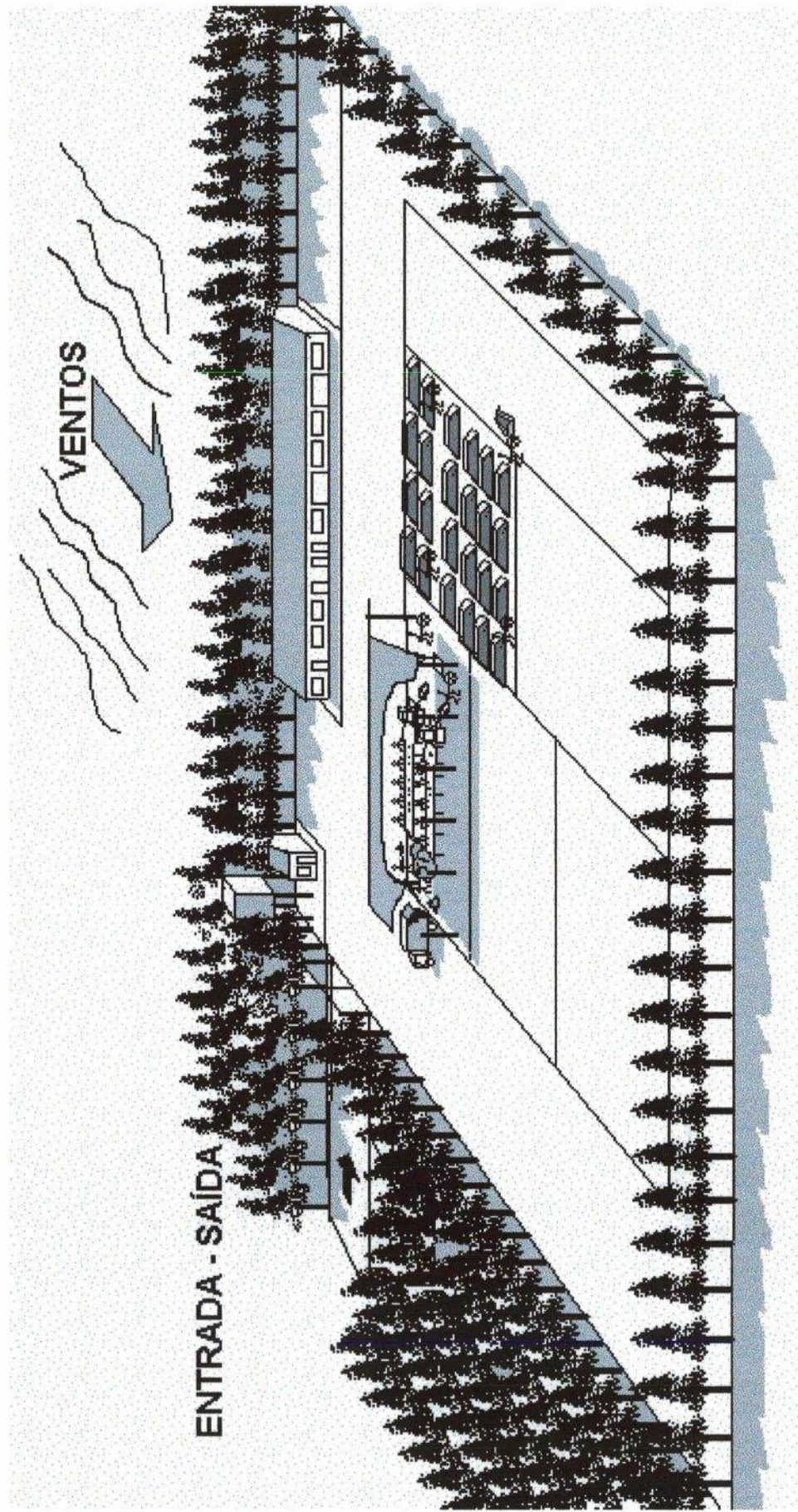


Figura 10.44. Visão geral da concepção construtiva da unidade modular de processamento de resíduos sólidos domiciliares, para municípios com até 40 mil habitantes.

Observação: O galpão de apoio deve ficar a favor dos ventos, pois se assim não o for receberá os maus cheiros do processo de recepção e triagem dos RSD.

# CAPÍTULO XI

## 11.0 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 11.1 – Introdução

O propósito deste capítulo é apresentar as conclusões e, conseqüentemente, as recomendações para futuros trabalhos relacionados ao objeto de Tese (Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares).

A intenção é destacar as contribuições obtidas com o desenvolvimento deste estudo, assim como estabelecer novas propostas de pesquisas.

Sob este enfoque, apresentam-se nos tópicos que se seguem as principais conclusões e recomendações da presente Tese.

### 11.2 – Conclusões

Após constatar que o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares não estava claro e nem sistematizado, investigou-se uma série de aspectos ligados tanto ao desenvolvimento de metodologias de projeto, quanto ao desenvolvimento de sistemas modulares, assim como sobre as terminologias associadas a estes temas de estudo visando auxiliar, num primeiro momento, a elucidar tal fato (falta de clareza e sistematização do desenvolvimento de sistemas modulares). Posteriormente, aplicar os conhecimentos adquiridos no desenvolvimento de um sistema modular de UPRSD mais adequado às condições sócio-econômicas da maioria dos municípios brasileiros e, por fim, destacar a importância da implementação computacional dos documentos e ferramentas de apoio desenvolvidas para a metodologia de projeto em estudo.

As principais observações obtidas com este estudo com relação a falta de clareza e sistematização da metodologia de projeto de sistemas modulares dizem respeito a não existência de diretrizes básicas destinadas a auxiliarem os projetistas no estabelecimento desta metodologia de projeto; ao uso de termos técnicos de entendimentos variados para um mesmo tema de estudo e, por ser considerado o

desenvolvimento de sistemas modulares um fator estratégico dentro das indústrias, fazendo com que tais informações fiquem restritas nestes ambientes.

Baseado nestas observações obtidas o trabalho que se apresenta contribui nos seguintes pontos, a saber: estabelecimento de diretrizes voltadas para o desenvolvimento de metodologias de projeto e, mais precisamente, para o desenvolvimento da metodologia de projeto de sistemas modulares; estabelecimento de uma “linguagem” mais clara e uniforme, junto ao desenvolvimento de sistemas modulares; maior competitividade das indústrias; na apresentação de um dos possíveis modelos de UPRSD destinados a atender às condições sócio-econômicas de municípios com até 40.000 habitantes e, na sistematização de uma técnica de projeto que não está clara e nem bem difundida junto aos meios acadêmicos e industriais.

Com relação ao estabelecimento de diretrizes, este trabalho oferece um conjunto de indicações destinadas a orientar os desenvolvedores de metodologias de projeto a estabelecer desde a forma de apresentação das metodologias de projeto até seus documentos e ferramentas de apoio a estes processos de projeto. Esta contribuição é importante por diversos motivos, a saber: primeiro, por não se encontrar na literatura especializada algo destinado a este fim, ou seja, as metodologias de projeto apresentadas seguem, muitas vezes, a história de uma experiência de projeto ou a linha de pensamento de um único autor. Neste caso, não. Estabeleceu-se tais diretrizes baseadas em várias linhas de pensamento de diversos autores, enunciando cinco mais representativas (ver Capítulo IV), como sendo as mais indicadas no desenvolvimento deste tema de estudo. Segundo, É possível a partir deste instante desenvolver propostas metodológicas mais uniformes e, conseqüentemente, mais fáceis de entender e utilizar em função de existir um conjunto de instruções voltadas a este fim. Por fim, pode-se destacar que através destas diretrizes é possível, também, avaliar metodologias de projeto existentes, ou seja, dispõe-se agora de métricas destinadas a tal verificação. Em outras palavras, nucleou-se com este trabalho parâmetros para a normalização de metodologias de projeto ou para uma discussão envolvendo este assunto.

No tocante a uma “linguagem” mais clara e uniforme no desenvolvimento de sistemas modulares, este trabalho oferece, na visão de vários autores, as principais terminologias utilizadas no desenvolvimento destes sistemas. Esta contribuição reúne num único documento informações antes dispersas na literatura especializada facilitando, assim, o estudo, o ensino e o desenvolvimento de sistemas modulares.

Já quanto a uma maior competitividade das indústrias, este trabalho oferece um meio de conceber uma família de produtos a partir do estabelecimento de um grupo de módulos construtivos, destinados a atender as variações nas demandas de mercado. Esta contribuição termina por auxiliar tais indústrias a “pensar” sobre os diversos tipos de produtos a serem solicitados pelo mercado e, com isto, efetuar um planejamento prévio de tais produtos, o que contribui na redução de tempos de fabricação, montagem, teste, entre outros e, principalmente, nos custos de aquisição, montagem, uso e manutenção destes produtos.

Por sua vez, quanto à sistematização desta técnica de projeto, este trabalho contribui no desenvolvimento e implementação computacional de diversos documentos e ferramentas de apoio ao processo de projeto, os quais terminam por auxiliar os projetistas a conduzirem e registrarem as informações e decisões de projeto, visando o desenvolvimento de sistemas modulares. Sob este enfoque salienta-se a falta de “softwares” no mercado voltados para o auxílio destas fases do processo de projeto implementadas computacionalmente neste trabalho (projeto informacional e projeto conceituai) e, dentro

deste contexto o sistema computacional desenvolvido (SISMOD), vem preencher uma lacuna existente, principalmente, na área de ensino e pesquisa de metodologias de projeto e desenvolvimento de sistemas modulares.

Já quanto ao modelo de UPRSD apresentado, este trabalho contribui oferecendo uma concepção de projeto com um nível de confiabilidade operacional e funcional maior do que seus similares encontrados no mercado, em função do uso de redundâncias de máquinas e componentes, além das possibilidades de expansão previsto no projeto apresentado. Outro destaque são as 28 alternativas de estruturas funcionais estabelecidas para a concepção de UPRSD e os demais princípios de solução estabelecidos para compor os módulos destas unidades de processamento. Com relação ao primeiro destaque, o que se pode afirmar é que estas alternativas permitem que as indústrias da reciclagem possam realizar uma melhor gestão sobre tais projetos se antecipando aos desejos e necessidades dos clientes dos mesmos. Salienta-se que a partir destas alternativas apresentadas, podem ser criados diversos outros sistemas, com capacidades de produção mais elevadas e com nível de confiabilidade operacional e funcional maior, fazendo uso de redundâncias (passivas e ativas) de máquinas, equipamentos e pessoal. Já quanto aos princípios de solução estabelecidos e armazenados na base de dados, chama-se a atenção para o sistema computacional desenvolvido, o qual auxilia os projetistas a armazenarem os princípios de solução estabelecidos e/ou encontrados no mercado servindo, posteriormente, como uma excelente fonte de dados neste domínio de projeto.

Por fim, quanto a metodologia de projeto de sistemas modulares desenvolvida, pode-se afirmar que o seu processo de projeto se encontra mais detalhado, fácil de entender e utilizar e, rico em termos de ferramentas e documentos de apoio a cada fase deste processo de projeto, quando comparadas com as metodologias de projeto atualmente publicadas na literatura especializada. Este fato, experimentado através de uma outra pesquisa (ver MAZETTO, 2000), promove a difusão deste conhecimento, a princípio, nos meios de ensino e, futuramente, nos meios de produção das indústrias.

Diante do exposto, é possível afirmar que a metodologia de projeto desenvolvida é de aplicação geral, ou seja, pode ser utilizada nos vários domínios de estudo voltados ao desenvolvimento de sistemas modulares e que sua aplicação e utilização é simples quando comparada com as demais metodologias de projeto existentes na literatura, o que nos credencia a afirmar que os objetivos iniciais desta pesquisa foram atingidos: aclarar o processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares, tornando-o de fácil aplicação e utilização.

### **12.3 – Recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos**

A título de desenvolvimentos de futuros trabalhos nesta linha de pesquisa, é possível mencionar os seguintes temas de estudos:

- Aplicar a metodologia de projeto desenvolvida em outros domínios de conhecimento, visando melhorar e ampliar documentos e demais ferramentas de apoio ao processo de projeto. Este primeiro certamente mereceria uma pesquisa de mestrado devido a necessidade de aprofundamento nos domínios escolhidos e nos resultados a obter;



- Desenvolver os documentos e ferramentas de apoio ao processo de projeto para as fases do projeto preliminar e do projeto detalhado do sistema modular. Este segundo é mais indicado a um trabalho de doutorado em função da abrangência dos assuntos e número de documentos e ferramentas de projeto a desenvolver;
- Desenvolver estudos visando estabelecer a padronização dos relatórios e demais documentos utilizados nos estágios do processo de projeto apresentado. Este terceiro estudo é passível de um mestrado em função do grau de dificuldade deste trabalho. Ele deve ser desenvolvido depois que a metodologia de projeto for aplicada em outros domínios de estudo. Isto permitirá que os documentos sofram melhorias e, conseqüentemente, contribuam no desenvolvimento deste referido trabalho.

No tocante à implementação computacional desenvolvida, chama-se a atenção para os seguintes pontos, a saber:

- Melhorar as formas de apresentação dos relatórios implementados, procurando aproximá-los dos modelos sugeridos nos apêndices deste trabalho. Esta melhoria pode ser desenvolvida por um aluno de iniciação científica na área de computação, em função da natureza do trabalho;
- Implementar os "loopings" (locais dentro do SISMOD destinados a reiniciar tarefas sem o prejuízo das informações inseridas) necessários a otimização do SISMOD, o que deixaria o trabalho de preenchimento dos campos de suas telas menos cansativo e mais rápido. Este trabalho é similar ao trabalho mencionado anteriormente. No entanto, como não é um trabalho tão simples em função do planejamento lógico de telas a estabelecer; poderia muito bem ser desenvolvido numa dissertação;
- Melhorar os aspectos ergonômicos da fase do projeto conceitual, desenvolvendo uma ferramenta de auxílio à representação gráfica das estruturas funcionais. Este é um trabalho típico de doutorado face as dificuldades de sistematização dos conhecimentos e representação dos resultados obtidos na sua forma gráfica. O conhecimento em implementação computacional orientada a objeto é de fundamental importância e, por fim,
- Ampliar ou desenvolver a base de dados para o desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares, o qual certamente auxiliaria em muito os projetistas e demais clientes envolvidos nesta área de interesse. Sob este aspecto indica-se um trabalho em nível de mestrado, face as informações a pesquisar, manusear e inserir na base de dados do SISMOD.

No mais, salienta-se que os resultados obtidos e as conclusões apresentadas nos auxiliam a confirmar que este trabalho contribuiu não só para o desenvolvimento de metodologias de projeto, como também para o ensino e o desenvolvimento de pesquisas nesta área de estudo.

## APÊNDICES

### 12.1 - Introdução

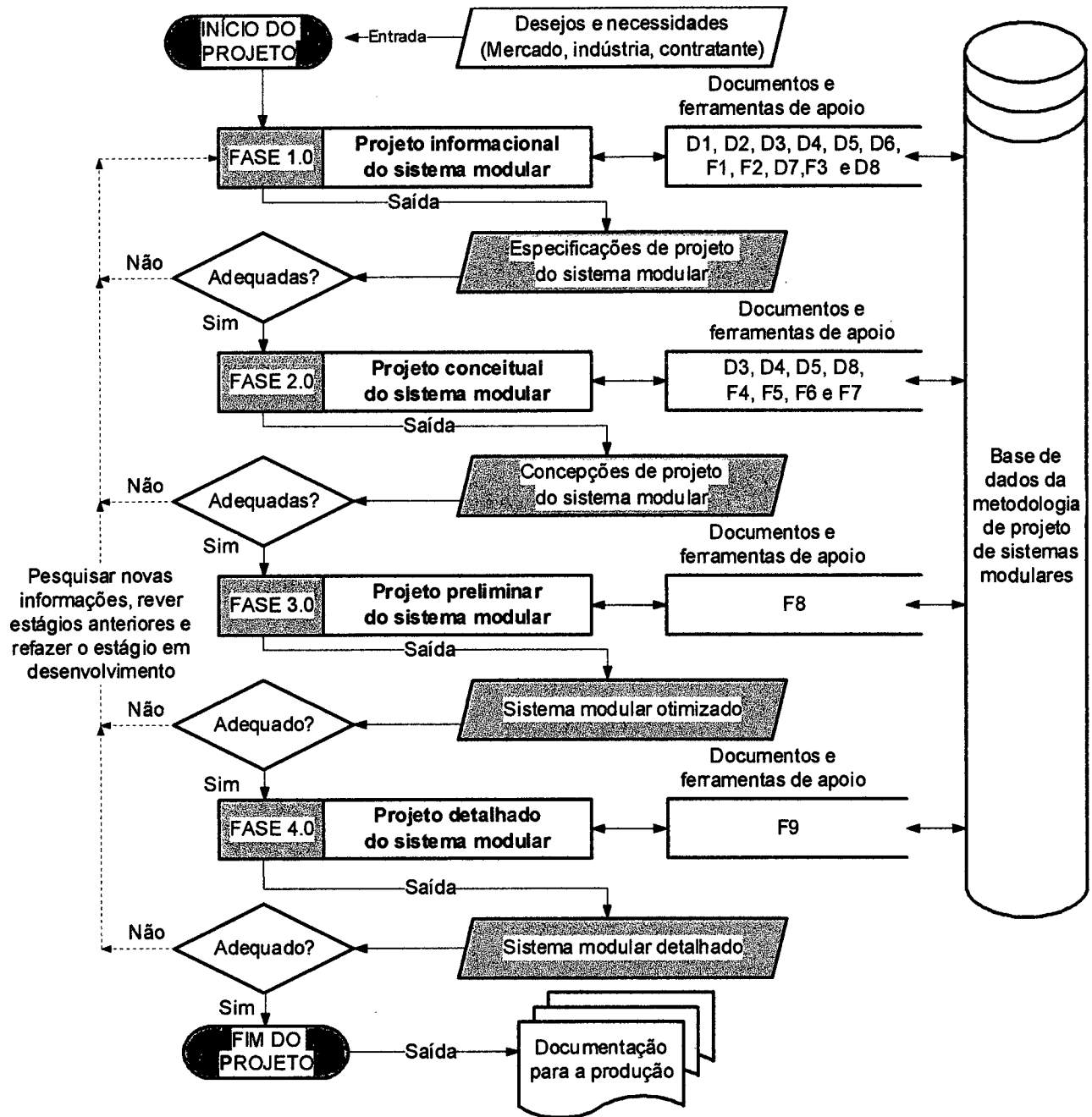
O objetivo destes apêndices é apresentar os modelos de documentos e ferramentas de apoio às tarefas de projeto que serviram de base para a implementação computacional das duas primeiras fases da metodologia de projeto de **SIS**temas **MOD**ulares (**SISMOD**), a saber: projeto informacional e projeto conceitual.

Sob este enfoque apresenta-se, inicialmente, o fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares (Figura 12.1). Em seguida apresentam-se cada uma das fases que compõe esta metodologia de projeto (Figuras 12.2, 12.3, 12.4, 12.5 e 12.6). Posteriormente apresenta-se a convenção básica utilizada na criação do fluxo do processo de projeto (Figura 12.7) e, por fim, o detalhamento e as explicações sobre cada um dos documentos e ferramentas de apoio ao processo de projeto desenvolvidas para o SISMOD (ver Tabela 12.1).

Tabela 12.1. Documentos e ferramentas de apoio ao processo de projeto desenvolvidas para utilização no SISMOD.

Identificação	Denominação da ferramenta	Apêndice
Documento 1	Ordem de serviço.	A
Documento 2	Ciclo de vida do produto.	B
Documento 3	Catálogo de informações técnicas.	C
Documento 4	Formulário de identificação de oportunidades.	D
Documento 5	Definição do problema de projeto.	E
Documento 6	Questionários estruturados.	F
Ferramenta 1	Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto.	G
Ferramenta 2	Análise dos produtos concorrentes.	H
Documento 7	Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares.	I
Ferramenta 3	Matriz da casa da qualidade.	J
Documento 8	Quadro de especificações de projeto do sistema modular.	L
Ferramenta 4	Síntese funcional do sistema modular.	M
Ferramenta 5	Gerador dos módulos construtivos.	N
Ferramenta 6	Matriz de concepção do sistema modular.	O
Ferramenta 7	Avaliador das concepções construtivas do sistema modular.	P
Ferramenta 8	Ferramentas de modelamento e otimização.*	Q*
Ferramenta 9	Ferramentas de detalhamento.*	R*

\* Observação: As ferramentas de número 9 e 10 não foram desenvolvidas, razão pela qual os Apêndices Q e R não serão apresentados neste trabalho de Tese.



**LEGENDA**

D1 - Ordem de serviço.	D8 - Quadro de especificações de projeto do sistema modular.
D2 - Ciclo de vida dos produtos.	F4 - Síntese funcional do sistema modular.
D3 - Catálogo de informações técnicas.	F5 - Gerador dos módulos construtivos.
D4 - Formulário de identificação de oportunidades	F6 - Matriz de concepção do sistema modular.
D5 - Definição do problema de projeto	F7 - Avaliador das concepções construtivas do sistema modular.
D6 - Questionários estruturados.	F8 - Catálogos técnicos; ferramentas de modelamento, otimização, gerenciamento de riscos, estimativas de custos e bancos de dados normativos.
F1 - Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto.	F9 - Ferramentas computacionais de auxílio ao desenho, ao cálculo do custo do sistema modular e de verificação dos resultados obtidos.
F2 - Análise dos produtos concorrentes.	
D7 - Lista dos requisitos de projeto do sistema modular.	
F3 - Matriz da casa da qualidade.	

Figura 12.1. Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares.

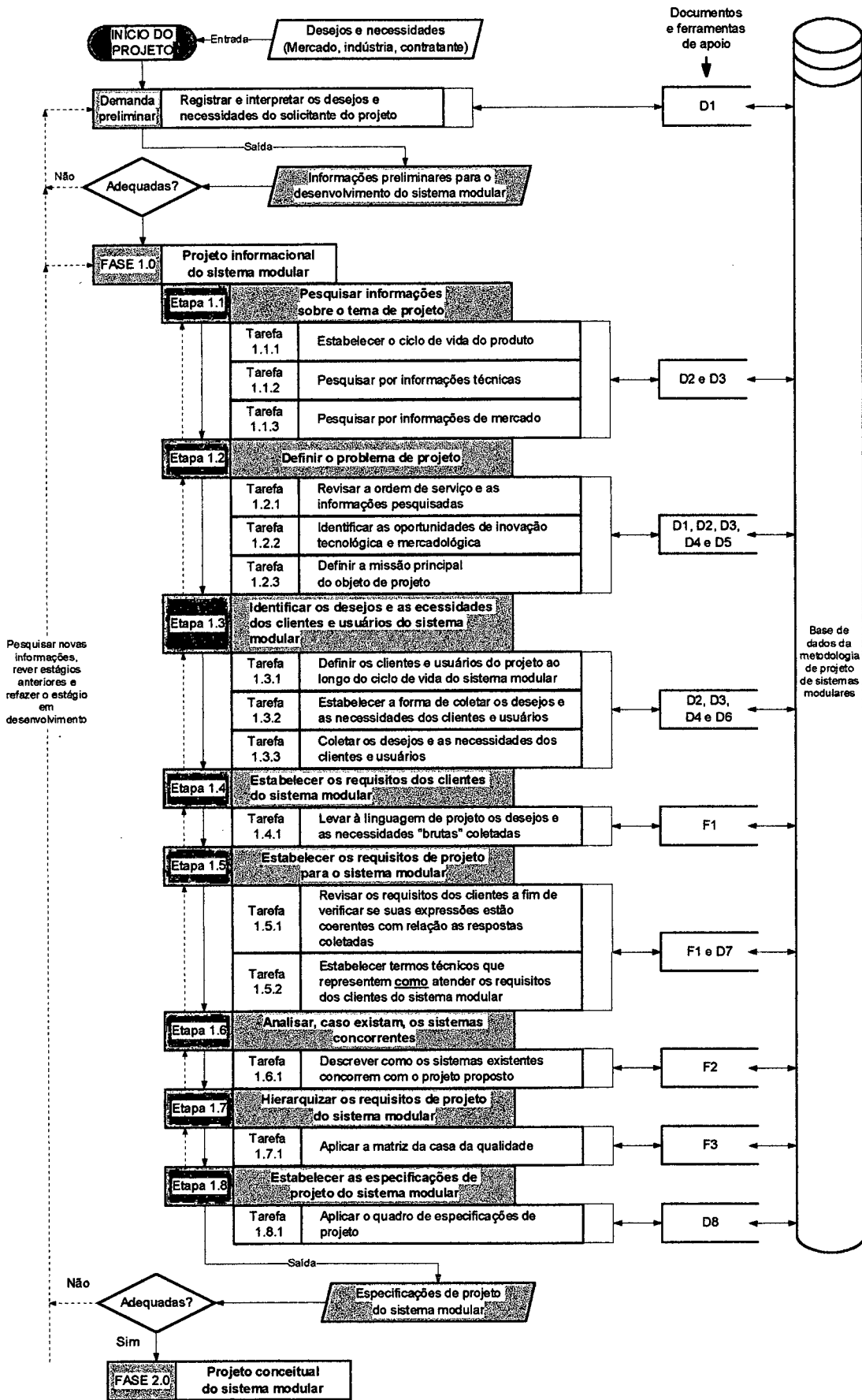


Figura 12.2. Detalhamento do projeto informacional do sistema modular.

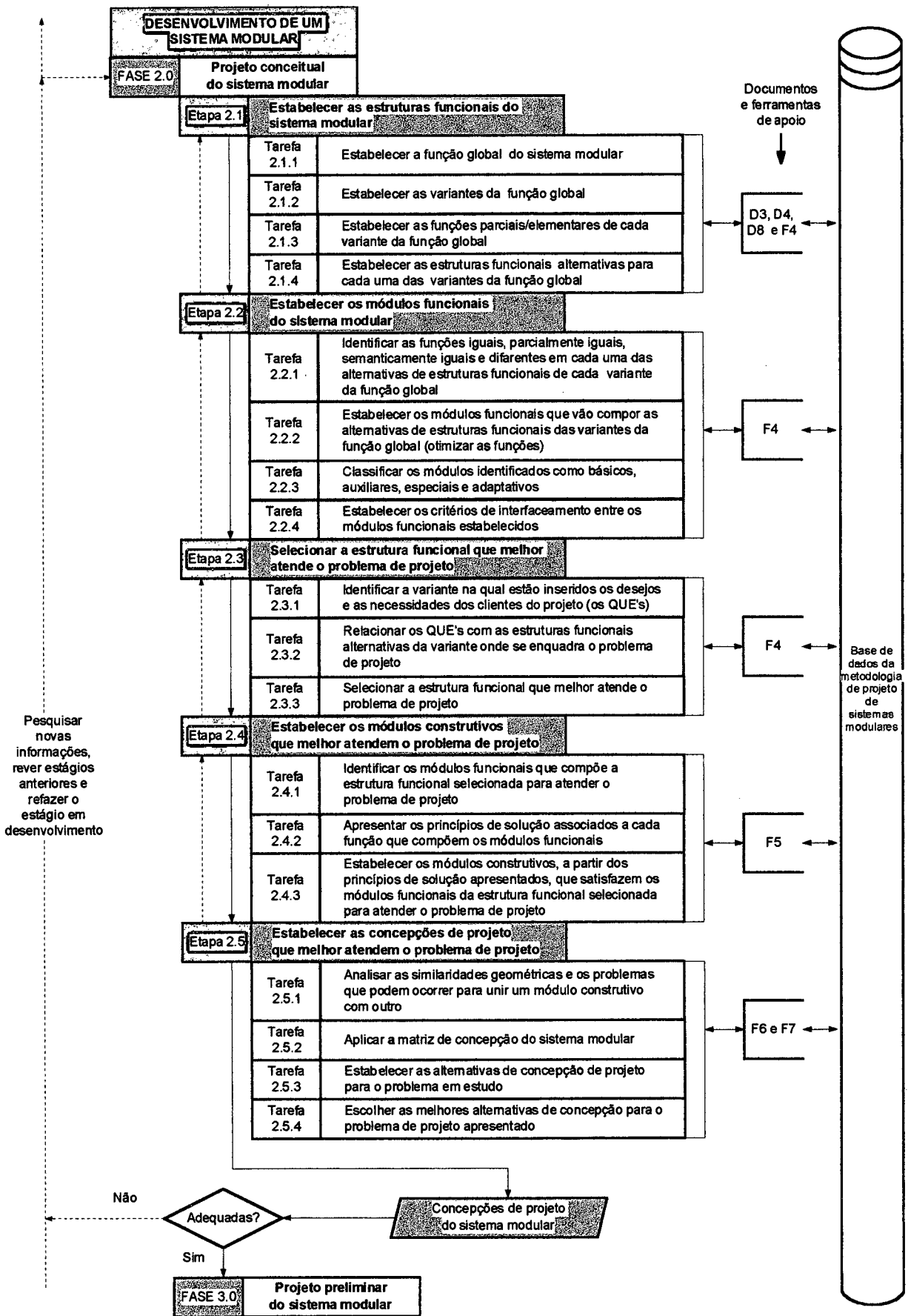


Figura 12.3. Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular – ROTEIRO 1.

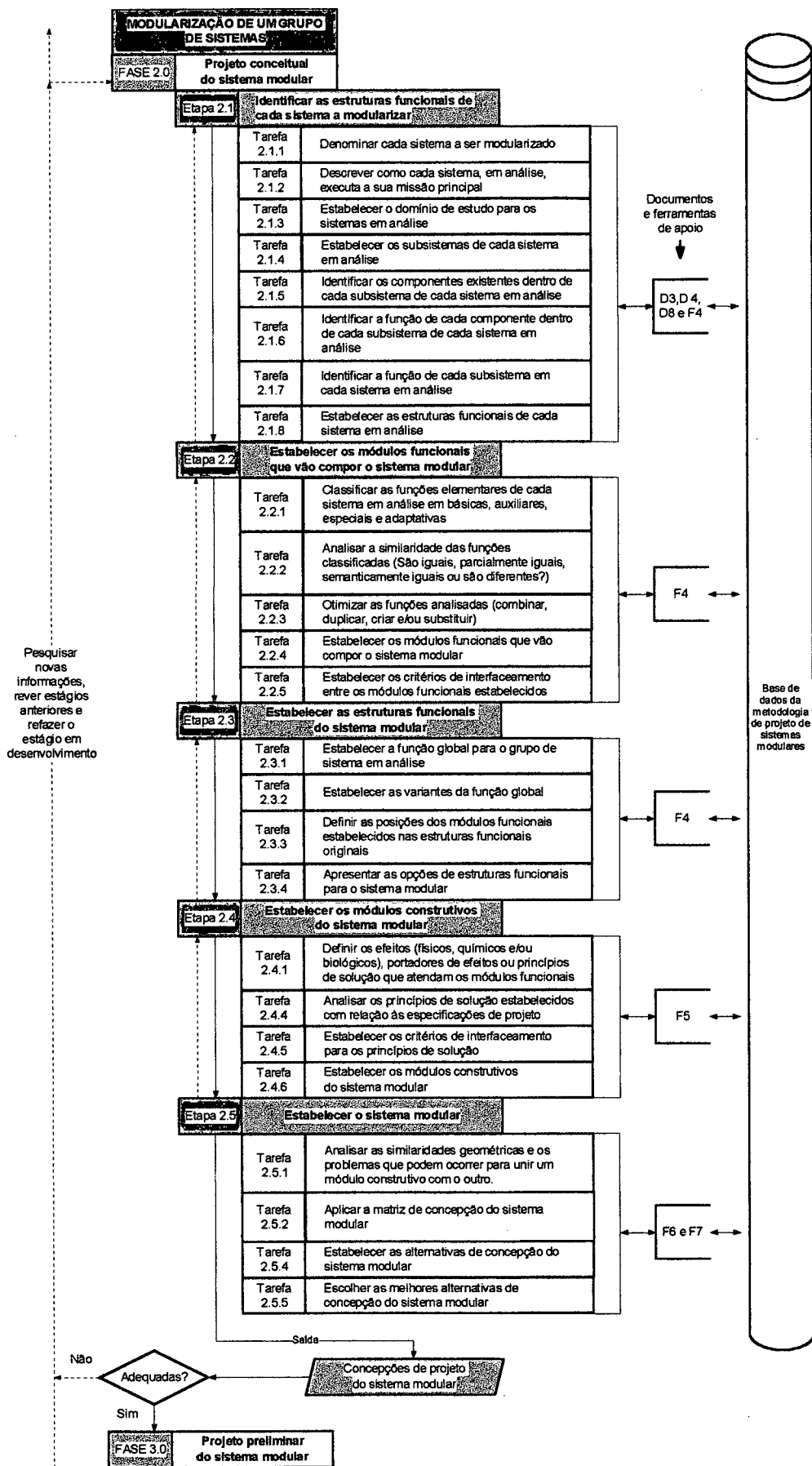


Figura 12.4. Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular – ROTEIRO 2.

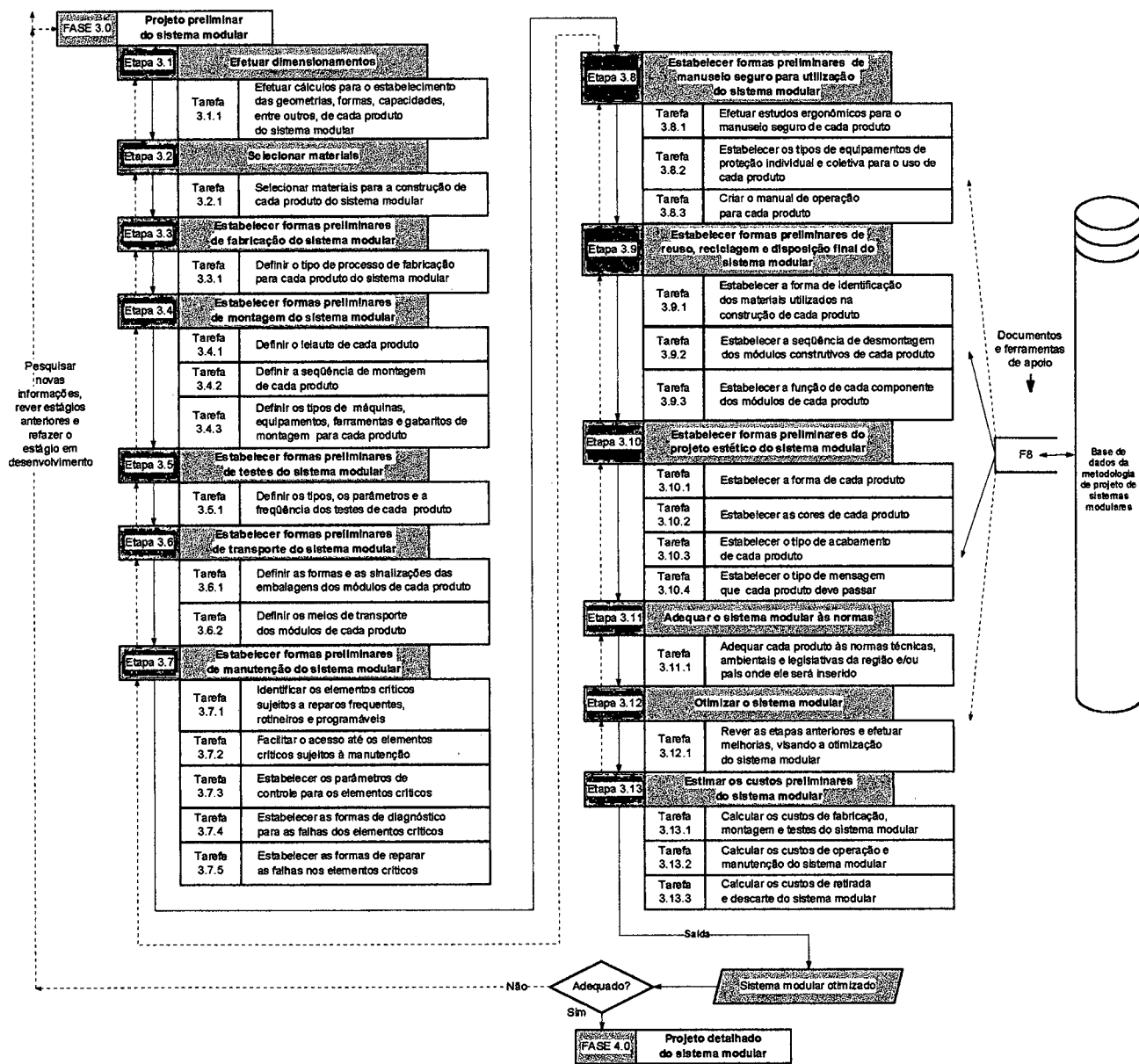


Figura 12.5. Detalhamento do projeto preliminar do sistema modular.

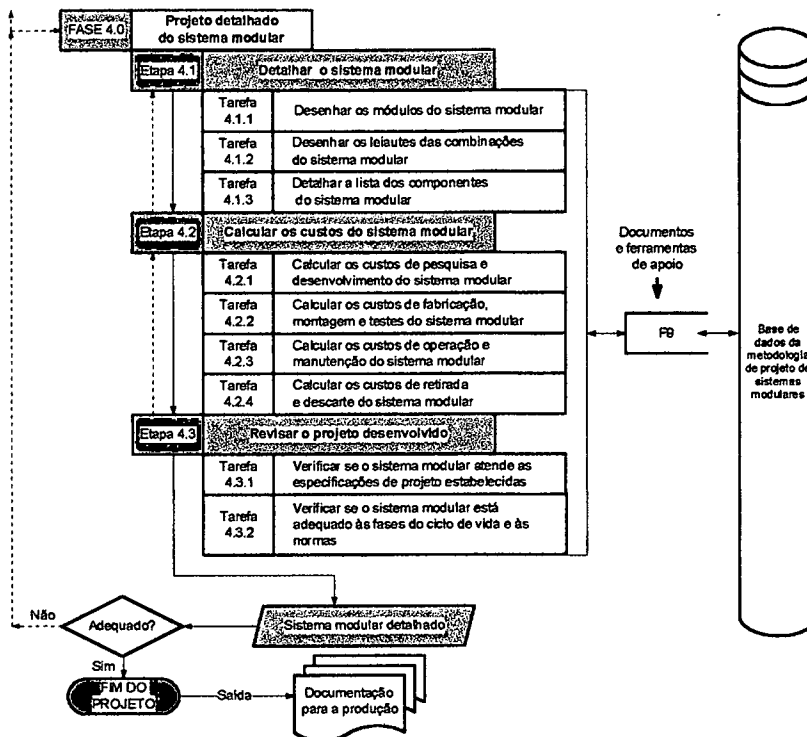


Figura 12.6. Detalhamento do projeto detalhado do sistema modular.

SÍMBOLOS BÁSICOS	SIGNIFICADO DOS SÍMBOLOS DENTRO DO PROCESSO DE PROJETO
	Este símbolo indica o início ou o fim do processo de projeto.
	Este símbolo indica um processo, uma ação, uma atividade a ser executada.
	Este símbolo indica uma avaliação dentro do processo de projeto.
	Este símbolo indica um documento a ser impresso.
	Este símbolo indica uma entrada ou saída de dados ou informações.
	Este símbolo indica armazenamento de dados e/ou informações.
	Este símbolo indica um comentário.
	Este símbolo indica preparação ou elaboração de dados ou informações.
	Este símbolo indica a seqüência do processo de projeto.
	Este símbolo indica um retorno dentro do processo de projeto.

Figura 12.7. Convenção básica de auxílio à construção de fluxos de metodologias de projeto.



## 12.2 – APÊNDICE A: Ordem de Serviço

A **Ordem de Serviço** é um documento destinado a registrar as primeiras declarações sobre o que se deseja projetar. Tem por objetivo maior formalizar a contratação dos serviços de projeto. Com base nas informações registradas neste documento estabelece-se a equipe de projeto.

Assim sendo, dependendo do domínio de projeto em que se insere o problema é possível formar uma equipe só com profissionais do escritório de projeto ou mesmo solicitar o auxílio a vários outros especialistas em diferentes estágios do desenvolvimento do mesmo.

Este documento é formado por duas folhas básicas. A primeira destina-se a registrar as primeiras necessidades e interpretações junto ao contratante do projeto (vide Figura 12.8).

<b>NeDIP</b>		Universidade Federal de Santa Catarina	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos		Centro Tecnológico	
Ordem de serviço		Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica	
No. ____ / ____		Tipo de projeto	<input type="text"/>
		Contratante	<input type="text"/>
Endereço do solicitante do projeto	<input type="text"/>		
CPF ou CGC No Incrição Estadual	<input type="text"/>	Telefone:	<input type="text"/>
		Fax:	<input type="text"/>
		E-mail:	<input type="text"/>
Nome da pessoa contactada	<input type="text"/>	Cargo ou função do contratante	<input type="text"/>
<b>INFORMAÇÕES INICIAIS DO CONTRATANTE DO PROJETO</b>			
Pedido de projeto	<input type="text"/>		
Restrições iniciais	<input type="text"/>		
<b>INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR DO PEDIDO DE PROJETO</b>			
Objetivo geral do pedido de projeto	<input type="text"/>		
Metas preliminares a serem alcançadas	<input type="text"/>		
Restrições iniciais	<input type="text"/>		
Florianópolis ____ / ____ / ____			
Assinatura do contratante do projeto		Assinatura do responsável pelo projeto	

Figura 12.8. Documento destinado a registrar as informações preliminares para o desenvolvimento do problema de projeto (DOCUMENTO 1).

A segunda se destina a registrar outras informações com relação ao problema de projeto, assim como a sua definição formal a ser estabelecida após a pesquisa por informações sobre o assunto em estudo (vide Figura 12.9).

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos		
Ordem de serviço No. ____/____	Tipo de projeto	<input type="text"/>
	Contratante	<input type="text"/>
INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA O ESTABELECIMENTO DO PROJETO		
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PROJETO		

Figura 12.9. Documento adicional destinado a registrar novas informações à Ordem de Serviço (DOCUMENTO 1).

## 12.3 – APÊNDICE B: Ciclo de Vida do Produto

O **Ciclo de Vida do Produto** é um documento de apoio ao processo de projeto destinado a registrar as necessidades dos vários clientes envolvidos no desenvolvimento de um produto ou sistema.

Sob o enfoque do desenvolvimento de produtos modulares, onde se propõem oferecer produtos customizados, fáceis de fabricar, montar e testar, a partir de um processo de produção ágil e flexível, destacam-se as seguintes fases ao longo deste ciclo de vida, a saber: fabricação, montagem, teste, uso e manutenção.

No entanto mesmo destacando tais fases é preciso analisar as demais fases que fazem parte deste ciclo de vida, visando mapear todos os caminhos percorridos pelos materiais e os produtos resultantes de

cada uma delas, a fim de identificar insumos, poluições e demais informações envolvidas na origem, uso e descarte de tais produtos.

Os dados obtidos fornecerão informações úteis ao desenvolvimento do projeto, no tocante a possíveis reduções de custos de projeto, possibilidade de inovação tecnológica e melhoramentos no desenvolvimento do produto como um todo.

Dentro deste contexto, apresentam-se nas Figuras 12.10 e 12.11 os documentos que auxiliarão a equipe de projeto a estabelecer o ciclo de vida do produto e, conseqüentemente, registrar as necessidades dos clientes envolvidos no desenvolvimento do mesmo.

<b>NeDIP</b>		Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica																													
Ordem de Serviço No. ____ / ____		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;">Tipo do projeto</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Contratante</td> <td colspan="9"></td> </tr> </table>										Tipo do projeto										Contratante									
Tipo do projeto																															
Contratante																															
CICLO DE VIDA DO PRODUTO																															
Sistema a desenvolver:																															
Fases do ciclo de vida do produto	Objetivo desta fase	Importância desta fase	Materiais que		Energias que		Principais transformações que ocorrem nesta fase	Meios utilizados para efetuar tais transformações	Possibilidade de inovação	Principais atores envolvidos nesta fase	Outros aspectos a observar																				
			Entram	Saem	Entram	Saem																									
Fabricação																															
Montagem																															
Teste																															
Embalagem																															
Armazenagem																															
Transporte / distribuição																															
Venda																															
Uso																															
Manutenção																															
Reuso																															
Reciclagem																															
Disposição final																															

Figura 12.10. Documento de apoio à equipe de projeto na análise do ciclo de vida do produto (DOCUMENTO 2).

Fases do ciclo de vida do produto	Alguns dos aspectos a serem investigados dentro de cada fase do ciclo de vida
Fabricação	Processos de fabricação: usinagem, soldagem, fundição, extrusão.
Montagem	Componentes a montar, seqüência de montagem, ferramentas de auxílio.
Teste	Componentes a testar, padrão a ser aferido, normas a utilizar, instrumentos de medição.
Embalagem	Componentes a embalar, tipo da embalagem, seqüência de embalamento, rotulagem.
Armazenamento	Tipo, forma e peso do material a armazenar, leiaute de armazenamento, definição do empilhamento.
Transporte / distribuição	Tipo, forma, peso e dimensões do material a transportar, tipo de veículo a utilizar, rotas, distâncias.
Venda	Produtos a comercializar, marketing do produto, preço, entrega do produto, garantias.
Uso	Identificação dos clientes, tipo de assistência técnica, segurança operacional e funcional.
Manutenção	Tipos de manutenções a oferecer, segurança operacional e funcional.
Reuso	Funções do produto, materiais empregados.
Reciclagem	Materiais empregados no produto, formas de identificação e desmontagem destes materiais.
Disposição final	Coleta dos materiais, rota de descarte, locais de descarga, forma de disposição.

Figura 12.11. Alguns dos aspectos que devem ser investigados dentro do ciclo de vida do produto.

## 12.4 – APÊNDICE - C: Catálogo de Informações Técnicas

O **Catálogo de Informações Técnicas** é um documento destinado a registrar e organizar as informações técnicas sobre o projeto em estudo, visando facilitar a busca e o uso de informações úteis para o desenvolvimento do novo produto.

Sob este enfoque, este documento apresenta campos destinados a auxiliar a equipe de projeto a descrever a missão principal do produto que se deseja projetar; a descrever como o objeto de projeto executa sua missão principal; a descrever quais são os meios utilizados para que o objeto de projeto possa executar a sua missão principal; a identificar os parâmetros de projeto que auxiliam os modelos existentes no mercado a serem mais competitivos do que outros, além de outros campos destinados a registrar as fontes de pesquisa sobre o assunto em estudo e os parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento destes projetos.

Para maiores informações, apresentam-se as Figuras 12.12 e 12.13 que mostram respectivamente a primeira e segunda folha deste documento.

<b>NeDIP</b> Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Produtos	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de Serviço No. _____ / _____	Pedido de projeto	<input type="text"/>
	Contratante	<input type="text"/>
<b>CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>		
Missão principal do sistema modular	<input type="text"/>	
Atividades necessárias a execução da missão principal	<input type="text"/>	
Meios de auxílio a estas atividades	<input type="text"/>	
<b>PRODUTOS CONCORRENTES ENCONTRADOS NO MERCADO</b>		
Nome do produto	<input type="text"/>	
<u>Características do produto:</u> Capacidade de produção, tipo do processo, descrição do funcionamento, pessoas envolvidas, dimensões, etc.	<input type="text"/>	
Principais interfaces a considerar neste produto:	<input type="text"/>	
<u>Outras informações:</u> Fabricante, preço, endereço, etc.	<input type="text"/>	

Figura 12.12. Catálogo de Informações Técnicas – Folha 1 (DOCUMENTO 3).

<b>NeDIP</b> Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Produtos	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de Serviço No. _____ / _____	Pedido de projeto	<input type="text"/>
	Contratante	<input type="text"/>
<b>CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>		
Fontes de consulta		
Sites da Internet: http:// http://	Observações sobre os sites pesquisados: <input type="text"/> <input type="text"/>	
Normas Técnicas: <input type="text"/> <input type="text"/>	Observações sobre as Normas Técnicas pesquisadas: <input type="text"/> <input type="text"/>	
Artigos/livros sobre o assunto Autor, ano, título, volume, página.	Observações sobre os livros/artigos pesquisados: <input type="text"/>	
Autor, ano, título, volume, página.	<input type="text"/>	
Parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento do projeto		
<input style="width: 100%; height: 80px;" type="text"/>		

Figura 12.13. Catálogo de Informações Técnicas – Folha 2 (DOCUMENTO 3).

## 12.5 – APÊNDICE D: Formulário de Identificação de Oportunidades

O **Formulário de Identificação de Oportunidades** é um documento destinado a registrar as oportunidades técnicas e comerciais para o lançamento de um novo produto.

De maneira sucinta consiste de treze questões envolvendo o problema em estudo, as quais devem ser respondidas e justificadas pela equipe de projeto, visando identificar deficiências nos produtos concorrentes e conveniências para o lançamento de um produto melhor face tais deficiências.

Para maiores informações ver Figura 12.14, que mostra o modelo e as perguntas deste formulário.

Para cada uma das perguntas listadas deve-se responder SIM ou NÃO, justificando a resposta. Ao final, deve-se apresentar o número de sistemas ou produtos pesquisados e quais as conclusões que a equipe de projeto pôde tirar a partir das informações obtidas com relação ao projeto em estudo.

Esta conclusão, junto com as demais informações já obtidas, servirão para balizar e melhor orientar a equipe de projeto a definir a missão principal do objeto de projeto e, conseqüentemente, o problema de projeto.

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos		
Ordem de Serviço No. _____ / _____	Pedido de projeto <input style="width: 100%;" type="text"/>	
	Solicitante <input style="width: 100%;" type="text"/>	

<b>FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES</b>		
Questionamentos a serem feitos	Resposta	Comentários
Existe mercado para o projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Existe perspectiva de lucro para este projeto?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Os projetos concorrentes vendem bem?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
O projeto em estudo oferece melhores vantagens do que seus concorrentes?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Existe uma clara diferenciação deste projeto para os demais projetos existentes no mercado?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
É possível identificar o benefício básico deste projeto (vantagem principal) com relação aos projetos existentes?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
São conhecidos os fatores que determinarão o sucesso comercial deste projeto?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
É possível estimar um preço meta para o projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
É possível estimar a vida do projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
É possível estimar o tempo de retorno do investimento antes de começar a entrar na fase lucrativa?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
É possível estimar o lucro total previsto durante toda a vida do projeto no mercado?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Quantos sistemas ou produtos foram analisados para que a equipe de projeto pudesse fornecer tais comentários?	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
<b>Quais as conclusões que a equipe de projeto pode tirar a partir destas informações com relação ao projeto em estudo?</b>		
<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>		

Figura 12.14. Formulário para identificação de oportunidades (DOCUMENTO 4).

## 12.6 – APÊNDICE E: Definição do Problema de Projeto

A **Definição do Problema de Projeto** é um documento no qual a equipe de projeto registra de maneira sucinta o objetivo e as metas a serem atingidas com o desenvolvimento do projeto. Tal registro é apoiado pelas informações obtidas com os documentos anteriores (DOCUMENTOS 1, 2, 3 e 4). Para maiores informações ver Figura 12.15.

<b>NeDIP</b> Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Produtos	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de Serviço No. _____ / _____	Pedido de projeto	<input type="text"/>
	Contratante	<input type="text"/>
<b>Objetivo do problema de projeto</b> <input type="text"/>		
<b>Metas específicas a serem atingidas</b> <input type="text"/>		

Figura 12.15. Documento de auxílio a equipe de projeto para definição da demanda inicial (DOCUMENTO 5).

## 12.7 – APÊNDICE F: Questionários Estruturados

Os **Questionários Estruturados** correspondem a uma das técnicas de levantamento de dados ou informações que se encontram, muitas vezes, dispersas geograficamente.

Segundo LABES (1998), quando se está para elaborar questionários deve-se ter atenção sobre os seguintes itens: redação do cabeçalho e orientação aos respondentes; redação das perguntas; elaboração do questionário e tratamento estético do questionário.

Outros pontos de destaque dizem respeito aos temas para a elaboração das perguntas, os quais auxiliam a equipe de projeto na ordenação e na seqüência lógica da aplicação das mesmas, e para o tratamento dos dados.

Dentro deste contexto, sugere-se fazer um planejamento envolvendo os seguintes estágios, a saber: pesquisa sobre o assunto a ser investigado; organização das informações pesquisadas por temas; identificação dos pontos ainda obscuros para a devida compreensão; elaboração de uma estratégia para organizar as perguntas e, por fim, definição das variáveis a serem pesquisadas e tabuladas.

Sob este enfoque, deve-se elaborar perguntas fechadas sobre os temas em que já se tenha o devido conhecimento, a fim de comprovar estatisticamente suas respostas; elaborar perguntas semi-abertas, quando não se tiver o devido conhecimento sobre o tema em estudos, a fim de complementar informações anteriormente obtidas e, por fim, elaborar questões abertas, quando as possíveis respostas a serem dadas, sobre determinadas perguntas, forem de difícil identificação ou muito intuitivas ou, ainda, se dispuser de poucas informações sobre o assunto.

O desejo nestes casos, é fazer com que o respondente possa complementar as informações que já se dispõem ou mesmo esclarecer os pontos obscuros de pesquisas anteriores.

Feitos tais comentários, passa-se a definir os principais aspectos a serem investigados na elaboração destes questionários.

A intenção, nesse momento, é chamar a atenção para alguns itens importantes que estão presentes dentro do ciclo de vida dos produtos e que podem, muito bem, servir de inspiração na elaboração de perguntas investigativas no desenvolvimento de produtos industriais.

Para maiores esclarecimentos, apresentam-se as Figuras 12.16 e 12.17 (a, b c e d), que destacam as fases do ciclo de vida, os aspectos mencionados anteriormente e um exemplo de um questionário estruturado visando obter informações sobre “o perfil de um boa usina de lixo”, que foi aplicado num encontro de prefeitos e secretários municipais do Estado de Santa Catarina.

Fases do ciclo de vida do produto		Aspectos que podem ser investigados nestas fases:
FABRICAÇÃO	Usinagem	Materiais envolvidos nestes processos, fornecedores dos materiais, produtos a fabricar, normas técnicas a utilizar, segurança operacional, principais atores envolvidos, ergonomia para estes processos, segurança ambiental, principais transformações que ocorrem nestes processos, custos envolvidos, entre outros.
	Soldagem	
	Funilaria	
	Laminação	
	Trefilação	
	Moldagem	
	Extrusão	
	Fundição, etc.	
MONTAGEM		Produtos a montar, ferramentas de auxílio à montagem, tecnologias envolvidas, pessoal envolvido nesta atividade, entre outros.
TESTE		Produtos a serem testados, padrões a serem aferidos, instrumentos de medição, pessoal envolvido, entre outros.
EMBALAGEM		Produtos a embalar, materiais a utilizar nas embalagens, sinalização das embalagens, meios de auxílio a esta atividade, leiautes exigidos, entre outros.
ARMAZENAMENTO		Produtos a armazenar, leiautes exigidos para o armazenamento, sinalização a adotar, meios de auxílio utilizados nesta atividade, segurança operacional nesta atividade, custos envolvidos, entre outros.
TRANSPORTE/DISTRIBUIÇÃO		Produtos a transportar / distribuir, meios de transporte disponíveis, medidas de segurança a adotar, etc.
VENDA		Produtos a comercializar, pontos de venda dos produtos, formas de divulgação dos produtos, entre outros.
USO		Clientes e consumidores dos produtos, assistência técnica a oferecer, manuais técnicos dos produtos, segurança operacional, entre outros.
MANUTENÇÃO		Produtos a manter, meios de auxílio a esta atividade, mão-de-obra necessária, custos envolvidos, etc.
REUSO		Função dos produtos, produtos a reusar, função dos componentes desses produtos, medidas de segurança nesta atividade, desmontagem dos produtos e de seus componentes, custos envolvidos, entre outros.

Figura 12.16. Temas de pesquisa, ao longo do ciclo de vida dos produtos, que podem auxiliar na criação de questionários estruturados.



Fases do ciclo de vida do produto	Aspectos que podem ser investigados nestas fases:
RECICLAGEM	Produtos a reciclar, materiais empregados nos produtos, segurança operacional, custos envolvidos, entre outros.
DISPOSIÇÃO FINAL	Materiais a dispor de forma final, formas de acondicionamento e coleta desses materiais, rotas, locais de disposição final, legislação a atender, custos envolvidos, entre outros.

Continuação da Figura 12.16.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**O PERFIL DE UMA BOA "USINA DE LIXO"**

**Este questionário, que agora chega às suas mãos, é fruto de um trabalho desenvolvido por um aluno de doutorado desta Universidade.**

O objetivo é identificar, na visão de cada município em estudo, o perfil de uma boa "usina de lixo".

O resultado desta pesquisa será publicada no mês de março do ano 2000, com a conclusão da tese.

Destina-se este trabalho de pesquisa às administrações públicas e ao pessoal técnico envolvido com o projeto e/ou a escolha de projetos desta natureza.

Assim sendo, solicitamos que após respondido este questionário, o mesmo seja enviado ao endereço abaixo mencionado, até o dia 30 de setembro do corrente ano. Sua opinião é muito importante. Muito obrigado.

**Endereço para contato:** Juscelino de Farias Maribondo. Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campus Universitário. Trindade. Florianópolis, SC. Caixa Postal 476.

Tel. (014)-48-331-9719. Fax (014)-48-234-1519. E-juscelin@nedip.ufsc.br.

**MARQUE COM UM OU MAIS "X" AS RESPOSTAS APRESENTADAS**

**01 – Faixa etária em que você se enquadra:**

0011 ( ) 20 - 30 anos

0013 ( ) acima dos 40 anos

0012 ( ) 30 - 40 anos

**02 – Sexo**

0021 ( ) Masculino

0022 ( ) Feminino

**03 – Função no trabalho**

0031 ( ) Prefeito(a)

0033 ( ) Secretário (a)

0035 ( ) Engenheiro (a)

0032 ( ) Chefe de setor

0034 ( ) Encarregado (a)

0036 ( ) Outro (a)

**04 – Tempo de serviço neste trabalho**

0041 ( ) Menos de 05 anos

0043 ( ) De 11 – 15 anos

0042 ( ) De 05 – 10 anos

0044 ( ) Acima de 16 anos

**05 – Você conhece alguma "usina de lixo"**

0051 ( ) Sim

0052 ( ) Não

Figura 12.17(a). Folha 1 do questionário estruturado envolvendo "usinas de lixo" (DOCUMENTO 6).

<b>06 – Se você respondeu SIM, onde você a conheceu</b>		
0061 ( ) No próprio município	0062 ( ) Em outro município. Qual? _____	
0063 ( ) Pela TV	0064 ( ) Pelo jornal	0075 ( ) Através de livros
0066 ( ) Através de Congressos científicos		0077 ( ) Através de catálogos
0068 ( ) Outros meios. Qual? _____		
<b>07 – Qual a importância de uma “usina de lixo” para o município</b>		
0071 ( ) Muito importante	0073 ( ) Importante	
0072 ( ) Nenhuma importância	0074 ( ) Tem pouca importância	
<b>08 – Onde deve ser instalada uma “usina de lixo”</b>		
0081 ( ) Dentro da cidade	0082 ( ) Perto da cidade	0083 ( ) Afastada da cidade
<b>09 – O que ela deve processar</b>		
0091 ( ) Só matéria orgânica	0092 ( ) Só matéria inorgânica	0093 ( ) Ambas
<b>10 – O funcionamento da “usina de lixo” deve ser</b>		
1001 ( ) pela manhã	1003 ( ) pela tarde	1005 ( ) pela noite
1002 ( ) pela manhã e tarde	1004 ( ) pela manhã, tarde e noite	
<b>11 – A “usina de lixo” deve processar</b>		
1101 ( ) todo o lixo do município	1104 ( ) apenas o lixo das residências	
1102 ( ) apenas o lixo do comércio	1105 ( ) apenas o lixo das feiras livres	
1103 ( ) apenas o lixo de fábricas	1106 ( ) apenas o lixo de hospitais	
<b>12 – Uma “usina de lixo” deve ser</b>		
1201 ( ) fácil de instalar	1203 ( ) fácil de ampliar	
1202 ( ) fácil de manter	1204 ( ) fácil de operar	
<b>13 – Uma “usina de lixo” deve ser operada por</b>		
1301 ( ) poucas pessoas (até15)	1303 ( ) muitas pessoas (acima de 40)	
1302 ( ) quase nenhuma pessoa (até 6)		
<b>14 – Uma “usina de lixo” para funcionar bem é preciso ter</b>		
1401 ( ) muitas máquinas	1403 ( ) nenhuma máquina	
1402 ( ) poucas máquinas	1404 ( ) Independe da existência de máquinas.	
<b>15 – Como devem ser as vias de acesso até a “usina de lixo”</b>		
1501 ( ) pavimentadas	1502 ( ) não pavimentadas	

Figura 12.17(b). Folha 2 do questionário estruturado envolvendo “usinas de lixo” (DOCUMENTO 6).

16 – Uma "usina de lixo" deve procurar ter	
1601 ( ) árvores ao seu redor	1604 ( ) ruas limpas    1607 ( ) ruas pavimentadas
1602 ( ) uma pintura clara	1605 ( ) canteiros de hortaliças
1603 ( ) uma boa aparência	1606 ( ) jardins
17 – A imagem do município melhora com a instalação de uma "usina de lixo"	
1701 ( ) Sim	Porque? _____
1702 ( ) Não.	_____
18 – Qual a condição que você escolheria na compra de uma "usina de lixo"	
1801 ( )	1802 ( )
<p>Todo o projeto deveria ser instalado de uma única vez.  A capacidade da usina já deveria ser predeterminada  O número de máquinas deveria ser predefinido.  O número de funcionários deveria ser predefinido.  Quando fosse fazer a manutenção, parasse o sistema.  Comprar todo o projeto de uma única vez.</p>	<p>O projeto deveria ser instalado em blocos ampliado a medida que se precise.  A capacidade da usina deveria variar com a necessidade.  O número de máquinas deveria variar com a necessidade.  O número de funcionários deveria variar com a necessidade.  A manutenção não deveria parar todo o sistema.  Comprar o projeto por partes, ampliando a medida que se necessitar.</p>
19 – Você tem idéia da quantidade de lixo produzido por dia em seu município	
1901 ( ) Sim	1902 ( ) Não
20 – Se você respondeu SIM, em que faixa estaria essa quantidade	
2001 ( ) Menos de 10 Toneladas	2004 ( ) Entre 50 e 100 toneladas
2002 ( ) Entre 10 e 20 Toneladas	2005 ( ) Entre 100 e 200 toneladas
2003 ( ) entre 20 e 50 toneladas	2006 ( ) acima de 200 toneladas
21 – Qual a faixa de habitantes do município	
2101 ( ) Menos de 20 mil	2104 ( ) Entre 100 e 200 mil
2102 ( ) Entre 20 e 50 mil	2105 ( ) Entre 200 e 400 mil
2103 ( ) Entre 50 e 100 mil	2106 ( ) Acima de 400 mil
22 – Você sabe onde é colocado o lixo do município	
2201 ( ) Sim	2202 ( ) Não

Figura 12.17(c). Folha 3 do questionário estruturado envolvendo "usinas de lixo" (DOCUMENTO 6).



A tabulação destas perguntas dependerão das respostas fornecidas pelos respondentes deste questionário.

Para uma maior clareza dessa tabulação, a fim de facilitar o processo de tomada de decisão, pode-se lançar mãos de tabelas e/ou gráficos estatísticos.

Um modelo de documento para auxílio à tabulação desses dados pode ser visualizado na Figura 12.18.

Título da pesquisa							
Pergunta						No. de respondentes	
Resposta	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Totais
No. de respostas							
Percentual							

Figura 12.18. Documento de auxílio à tabulação das informações obtidas com o questionário estruturado.

## 12.8 – APÊNDICE G: Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto

O Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto é uma ferramenta de projeto destinada a auxiliar os projetistas a capturar e interpretar os desejos e necessidades dos clientes, visando transformá-los em requisitos dos clientes do projeto. Em outras palavras, trata-se de uma ferramenta que ajuda os projetistas a coletar e interpretar as respostas “brutas” dos clientes, para transformá-las em informações úteis ao desenvolvimento do projeto.

Dentro deste contexto, fazem parte desta ferramenta as fases do ciclo de vida do produto; algumas perguntas previamente elaboradas em cada uma destas fases do ciclo de vida do produto; os aspectos a serem investigados dentro de cada uma destas fases; os campos destinados a resposta dos clientes do projeto; a interpretação destas respostas; ao estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto, a valoração destes requisitos e, por fim, o campo destinado as justificativas dos pesos atribuídos a cada um dos requisitos dos clientes do projeto (Ver Figura 12.19).

Outras informações sobre tal ferramenta podem ser conseguidas em OGLIARI (1999).

TRADUTOR DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DOS CLIENTES DO PROJETO												
FASES DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO												
Projeto	Fabricação	Montagem	Teste	Embalagem	Armazenagem	Transporte / distribuição	Venda	Uso	Manutenção	Reuso	Reciclagem	Disposição final
Pergunta	01	Quais são as principais necessidades dos clientes do projeto que deverão ser atendidas?										
Resposta dos clientes do projeto												
São necessidades que envolvem o custo, a confiabilidade e a segurança do produto, a capacidade de produção, além de outras relativas as garantias de assistências técnica, manutenção entre outras.												
Aspecto a ser investigado nesta fase: Custo, segurança, etc.												
Interpretação das respostas dos clientes do projeto												
É preciso desenvolver um projeto simples, para que tais desejos sejam contemplados, pois tais projetos deverão atender municípios pequenos com população estimada em até 40 mil habitantes os quais, muitas vezes, tem limitações de recursos técnicos e econômicos.												
Estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto			Peso do requisito no projeto		Justificativas desta valoração							
Projeto simples			10		Atender tal necessidade é desenvolver um projeto que seja fácil de construir, instalar, operar e manter. Juntas tais características terminam por influenciar os custos do mesmo, reduzindo-os.							

Figura 12.19. Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (FERRAMENTA 1).

## 12.9 – APÊNDICE H: Análise dos Produtos Concorrentes

A **Análise dos Produtos Concorrentes** é uma ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer o produto meta a ser superado pelo projeto em estudo.

Para a sua aplicação faz-se necessário ter em mãos as seguintes informações básicas, a saber:

- 1) Os requisitos dos clientes do projeto (Os QUE's);
  - 2) A relação dos produtos que concorrem com o projeto em estudo;
  - 3) Os critérios de relacionamento entre os QUE's e cada produto concorrente ao projeto em estudo,
- e
- 4) A **Regra 12.1** de auxílio à tomada de decisão.

A Figura 12.20 fornece maiores esclarecimentos sobre esta ferramenta de projeto.

		PRODUTOS CONCORRENTES		
OS QUES	VALOR	A	B	C
Requisito do cliente 1	5	5	3	3
Requisito do cliente 2	3	-	5	3
Requisito do cliente 3	1	1	1	-
Estimativa para a escolha do produto-meta		13	10,33	12
Classificação dos concorrentes		1	3	2

5 - Atende completamente  
3 - Atende parcialmente  
1 - Atende muito pouco

Necessidades que não puderam ser analisadas devido a problemas de prazos ou inacessibilidade da informação.

Nestes casos, usa-se a seguinte regra:  
**Regra 12.1:** Quando existir algum relacionamento em branco nesta matriz, o usuário deve retornar à matriz e preencher o campo em branco com o maior relacionamento encontrado nesta mesma linha, onde está situado o referido relacionamento.

PRODUTO META

Figura 12.20. Análise dos produtos concorrentes (FERRAMENTA 2).

Nesta ferramenta, as linhas correspondem aos requisitos dos clientes do projeto, ou seja, os QUE's. As colunas correspondem aos produtos concorrentes e os relacionamentos correspondem ao quanto cada necessidade é atendida ou contemplada nos produtos analisados.

O cálculo efetuado pelo sistema para auxiliar a equipe de projeto no estabelecimento do produto meta é realizado segundo a **equação 12.1**.

$$\text{Estimativa para a escolha do produto-meta} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} (\text{ValorRC}_i * a_{i,j})}{\sum i} \quad 12.1$$

Onde: i = Número de linhas inserida na matriz diferentes de zero;

J = Número de colunas da matriz (j = 1, 2, ... m);

ValorRC = Valor atribuído ao requisito do cliente;

$a_{ij}$  = Campo na matriz onde se encontra o relacionamento entre os requisitos dos clientes e os produtos em análise.

Na Tabela 12.2 tem-se as recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificarem as pontuação atribuídas para cada produto em análise.

Tabela 12.2. Recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificar a valoração atribuída a cada produto em análise.

Critérios a avaliar	Questionamentos e recomendações que podem ser realizados
Custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>fabricação</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>montagem</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>testes</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>transporte</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>aquisição</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>manutenção</b>?</li> <li>Qual dos produtos tem menor custo de <b>descarte</b>?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que possuir menor custo deve receber avaliação 5. O produto que possuir maior custo deve receber avaliação 0.</p>
Fabricação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de fabricar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de fabricar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de fabricar deve receber avaliação 0.</p>
Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de montar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de montar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de montar deve receber avaliação 0.</p>
Teste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de testar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de testar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de testar deve receber avaliação 0.</p>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de transportar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de transportar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de transportar deve receber avaliação 0. Os demais produtos devem ficar com avaliações 3 ou 1.</p>
Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de usar?</li> <li>Qual dos produtos possui manual de instruções?</li> <li>Qual dos produtos possui mais dispositivos de segurança tanto operacional como funcional?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de usar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de usar deve receber avaliação 0.</p>
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de manter?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de manter deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de manter deve receber avaliação 0.</p>
Descarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de descartar?</li> <li>Qual dos produtos é considerado mais fácil de desmontar?</li> <li>Qual dos produtos tem seus materiais mais facilmente identificados?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de descartar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de descartar deve receber avaliação 0.</p>

No exemplo hipotético da Figura 12.20 o produto a ser alcançado ou superado é o produto A, face a pontuação atingida. Vê-se também por esta figura que o requisito de número 3 é pouco atendido por tal projeto. Este fato abre uma possibilidade de competitividade a ser buscada pela equipe de projeto, ou seja, se o produto que está em desenvolvimento tiver parâmetros que contemplem os aspectos de maior pontuação do produto A e o supere nos seus pontos de deficiência, é de supor que tal produto já será mais competitivo do que o produto A, que obteve maior pontuação.

Diante do exposto é possível apresentar os seguintes procedimentos para esta análise, a saber:

1) observar os QUE's e verificar se os produtos concorrentes não os atendem ou atendem completamente, parcialmente ou muito pouco os desejos e necessidades listados para o problema de projeto;

2) efetuar outras perguntas adotando a seguintes recomendação: se forem feitas mais de uma pergunta por critério a avaliar, será preciso efetuar um somatório dos pesos. Só então após obtidos os resultados é que toma-se a decisão de qual dos produtos terá avaliação 5, 3, 1 ou 0. Neste momento a equipe de projeto pode, também, ponderar esta avaliação, ou seja, a equipe pode adotar a mesma ponderação assumida para as necessidades e os desejos listados na casa da qualidade no campo dos "O QUE's";

3) caso não se tenha condição, no momento da avaliação, de ponderar algum relacionamento, este deverá ser deixado em branco e após preenchida e visualizada a matriz de relacionamento, deve-se voltar ao relacionamento em branco e atribuir a ele o maior relacionamento encontrado na linha onde o mesmo se encontra. Com isto valoriza-se o produto concorrente, obrigando o produto em desenvolvimento a superá-lo.

Aplicados estes procedimentos e preenchidos todos os campos, faz-se o somatório dos pesos por produto, adotando como produto meta, aquele que obtiver maior pontuação neste somatório.

Concluída esta atividade, listam-se as qualidades e os aspectos a serem atingidos e/ou superados com o produto em desenvolvimento.

## **12.10 – APÊNCIDE I: Lista de Requisitos de Projeto para o Desenvolvimento do Sistema Modular**

A **Lista de Requisitos de Projeto para o Desenvolvimento do Sistema Modular** é o resultado de uma pesquisa efetuada na literatura especializada visando obter e identificar a "voz da engenharia" para o desenvolvimento de sistemas e produtos modulares. Embora não seja completa, auxilia os projetistas neste domínio de projeto e fornece as bases para o desenvolvimento de uma ferramenta mais completa voltada a este fim.

Sob este aspecto, a lista de requisitos apresentada na Tabela 12.3 alimenta a base de dados do SISMOD.

Estes requisitos listados nesta tabela são quantitativos, ou seja, são dados ou informações que envolvem números e magnitudes. Portanto, quando selecionados no auxílio ao desenvolvimento do projeto devem ter a eles associados algum valor e uma unidade de medida.

Segundo PAHL & BEITZ (1996), tais listas de requisitos devem ser, sempre que possível, ampliadas e melhoradas a fim de garantir projetos melhores e mais adequados. E para tanto deve-se incluir não só os requisitos de projeto quantitativos, ligados às necessidades dos clientes do projeto, como também os requisitos de projeto qualitativos, ligados aos desejos desses clientes do projeto.



Tabela 12.3. Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares (DOCUMENTO 7).

Fases do ciclo de vida de sistemas modulares	Necessidades a serem investigadas no desenvolvimento de sistemas modulares	Aspectos destas necessidades a serem investigados no desenvolvimento de sistema modulares	Requisitos de projeto de sistemas modulares associados a estas necessidades
Projeto	Funcionalidades dos sistemas que compõem o sistema modular.	Funções, geometrias, cinemática, forças, energias, matéria, sinal, segurança, ergonomia, custo, prazos e demais aspectos que envolvem o ciclo de vida do sistema modular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Função global.</li> <li>• Variantes da função global.</li> <li>• Funções parciais.</li> <li>• Funções elementares.</li> <li>• Funções intercambiáveis.</li> <li>• Funções iguais.</li> <li>• Funções diferentes.</li> <li>• Módulos funcionais básicos.</li> <li>• Módulos funcionais auxiliares.</li> <li>• Módulos funcionais especiais.</li> <li>• Módulos funcionais adaptativos.</li> </ul>
Fabricação	Necessidades quanto aos processos de fabricação utilizados na confecção do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível a fabricação dos módulos que compõem o sistema modular (padronização de leiautes, máquinas, ferramentas, gabaritos, materiais, peças, geometrias e serviços).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais padronizados.</li> <li>• Máquinas disponíveis.</li> <li>• Equipamentos disponíveis.</li> <li>• Ferramentas disponíveis.</li> <li>• Gabaritos padronizados.</li> <li>• Peças padronizadas.</li> <li>• Peças simétricas.</li> <li>• Peças assimétricas.</li> <li>• Documentação padronizada.</li> <li>• Tempo de preparação de máquina.</li> <li>• Tempo de fabricação.</li> <li>• Número de operações por peça.</li> </ul>
	Necessidades quanto aos processos de fabricação utilizados na confecção do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível a fabricação dos módulos que compõem o sistema modular (padronização de leiautes, máquinas, ferramentas, gabaritos, materiais, peças, geometrias e serviços).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de processamento.</li> <li>• Número de peças.</li> <li>• Produtos terceirizados.</li> <li>• Serviços terceirizados.</li> <li>• Serviços paralelos.</li> <li>• Células de fabricação.</li> <li>• Leiautes flexíveis.</li> <li>• Número de módulos</li> <li>• Custo de fabricação.</li> </ul>

Continuação da Tabela 12.3.

Fases do ciclo de vida de sistemas modulares	Necessidades a serem investigadas no desenvolvimento de sistemas modulares	Aspectos destas necessidades a serem investigados no desenvolvimento de sistema modulares	Requisitos de projeto de sistemas modulares associados a estas necessidades
Montagem	Necessidades quanto aos processos de união ou acoplamento utilizados na construção dos módulos do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível a montagem dos módulos do sistema modular (padronização de leiautes, ferramentas, gabaritos, peças, materiais, interfaces e serviços)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces padronizadas.</li> <li>• Contatos físicos entre as partes a unir.</li> <li>• Número de uniões.</li> <li>• Número de fixadores.</li> <li>• Montagem por encaixe.</li> <li>• Peças destacáveis.</li> <li>• Superfícies de localização.</li> <li>• Equilíbrio de forças.</li> <li>• Equilíbrio de fluxo de material.</li> <li>• Equilíbrio de fluxo de energia.</li> <li>• Equilíbrio de fluxo de informações.</li> <li>• Encaixes na vertical.</li> <li>• Encaixes na horizontal.</li> <li>• Montagens assimétricas.</li> <li>• Montagem por empilhamento.</li> <li>• Montagem a partir de uma peça base.</li> <li>• Número de partes por módulo.</li> <li>• Peso do módulo.</li> <li>• Acessibilidade até as peças.</li> <li>• Leiautes padronizados.</li> <li>• Tempo de montagem.</li> <li>• Células de montagem.</li> <li>• Custo de montagem.</li> </ul>
Testes	Necessidades quanto aos processos de verificação, ensaio, experimentos, etc. utilizados na aprovação dos módulos e, conseqüentemente, aprovação do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível os testes dos módulos do sistema modular (padronização dos testes, definição das normas técnicas que regem os testes, instalação de aberturas, visores, sensores, etc., visando facilitar a obtenção de dados e facilitar os testes de cada módulo do sistema modular.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testabilidade.</li> <li>• Número de testes.</li> <li>• Quantidade de normas técnicas.</li> <li>• Tempo em teste.</li> <li>• Custo dos testes.</li> </ul>
Embalagem	Necessidades quanto aos processo de acondicionamento utilizados para a proteção ou organização dos módulos do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível o embalamento dos módulos do sistema modular (padronização de máquinas, equipamentos, materiais e serviços).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumes padronizados.</li> <li>• Pesos padronizados.</li> <li>• Dimensões padronizadas.</li> <li>• Empilhamento padronizado.</li> <li>• Custo de embalamento.</li> </ul>

Continuação da Tabela 12.3.

Fases do ciclo de vida de sistemas modulares	Necessidades a serem investigadas no desenvolvimento de sistemas modulares	Aspectos destas necessidades a serem investigados no desenvolvimento de sistema modulares	Requisitos de projeto de sistemas modulares associados a estas necessidades
Transporte / distribuição	Necessidades quanto aos processos de conduzir de um lugar para outro / entregar os módulos do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível o traslado e a entrega dos componentes e dos módulos do sistema modular (padronização das dimensões, volumes, pesos, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veículos padronizados.</li> <li>• Tipos de veículos.</li> <li>• Rotas de entrega.</li> <li>• Tempo de transporte e distribuição.</li> <li>• Armazenabilidade.</li> <li>• Custo de transporte e distribuição.</li> </ul>
Venda	Necessidades quanto aos processos de alienar mediante um certo preço os módulos do sistema modular.	Meios ou formas que facilitem a rápida comercialização dos módulos e do sistema modular (marketing, pontos de comercialização, preço de venda, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marketing.</li> <li>• Opções de produtos.</li> <li>• Custo de venda.</li> </ul>
Uso	Necessidades quanto aos meios de utilização dos módulos e do sistema modular pelos clientes do projeto.	Meios ou formas que facilitem o uso dos módulos e do sistema modular pelos clientes do projeto (segurança operacional, assistências técnicas, treinamentos, manuais, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidade de produção.</li> <li>• Capacidade de ampliação.</li> <li>• Dispositivos de segurança operacional.</li> </ul>
Uso	Necessidades quanto aos meios de utilização dos módulos e do sistema modular pelos clientes do projeto.	Meios ou formas que facilitem o uso dos módulos e do sistema modular pelos clientes do projeto (segurança operacional, assistências técnicas, treinamentos, manuais, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível de ruído.</li> <li>• Durabilidade.</li> <li>• Custo de aquisição.</li> <li>• Assistência técnica.</li> </ul>
Manutenção	Necessidades quanto aos processos de manter, dar sustento aos módulos e ao sistema modular como um todo.	Meios ou formas que facilitem e deixem mais ágil e flexível a manutenção dos módulos do sistema modular (janelas de inspeção, facilidade de acesso até o componente que falhou, fácil acoplamento e desacoplamento de componentes e módulos, lista de diagnóstico de falhas com modos de falhas, suas causas e efeitos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acessibilidade.</li> <li>• Diagnóstico de falhas.</li> <li>• Tempo em manutenção.</li> <li>• Custo de manutenção.</li> </ul>
Reuso	Necessidades quanto aos processos de reutilização dos módulos e do sistema modular em outras aplicação industriais.	Meios ou formas que facilitem a reutilização de componentes e módulos do sistema modular (fácil identificação de funções, materiais, componentes e sistemas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmontabilidade dos módulos.</li> <li>• Identificação das funções dos módulos construtivos.</li> <li>• Custo de reuso.</li> </ul>

Continuação da Tabela 12.3.

Fases do ciclo de vida de sistemas modulares	Necessidades a serem investigadas no desenvolvimento de sistemas modulares	Aspectos destas necessidades a serem investigados no desenvolvimento de sistema modulares	Requisitos de projeto de sistemas modulares associados a estas necessidades
Reciclagem	Necessidades quanto aos processos de reaproveitamento dos materiais ou módulos utilizados no sistema modular.	Meios ou formas que facilitem o reaproveitamento de materiais, componentes e módulos do sistema modular (fácil identificação de materiais e componentes).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação dos materiais constituintes.</li> <li>• Custo de reciclagem dos módulos.</li> </ul>
Disposição final	Necessidades quanto aos processos de colocar em áreas adequadas as sobras ou os refugos dos materiais, módulos ou do sistema modular como um todo.	Meios ou formas que facilitem a disposição final de componentes e módulos não reaproveitáveis em áreas apropriadas para este fim (forma de coleta simples, rotas curtas de traslado, forma de disposição dos materiais, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotas de descarte.</li> <li>• Identificação dos riscos constituintes.</li> <li>• Impacto ambiental.</li> <li>• Custo de disposição final.</li> </ul>

Os primeiros (requisitos qualitativos) auxiliariam a equipe de projeto nos estágios de seleção e os segundos (requisitos quantitativos) auxiliariam nos estágios de avaliação durante o processo de projeto. Onde por requisito de projeto quantitativo entende-se todos os dados envolvendo números e magnitudes, tais como: número de itens, peso máximo, velocidade, entre outros e os requisitos de projeto qualitativos entende-se todos os dados envolvendo variações possíveis ou requisitos especiais, tais como: resistente à corrosão, resistente ao choque, ergonômico, estético, entre outros.

Assim sendo pode-se incluir em tais listas de requisitos indicações especiais de aspectos importantes, intenções ou procedimentos dos vários atores envolvidos ao longo do ciclo de vida do produto. Como um resultado, ter-se-ia uma ferramenta de apoio ao processo de projeto que não só refletiria uma posição inicial, como também uma contínua revisão de todos os aspectos envolvidos no desenvolvimento do projeto.

Sob este enfoque, um documento que pode auxiliar na organização de tais informações é o que se apresenta na Figura 12.21, ou seja, um documento contendo, entre outros aspectos, informações sobre o projeto em si, os desejos e necessidades dos clientes do projeto, as interpretações destes desejos e necessidades (requisitos dos clientes), os requisitos de projeto, seus valores, unidades e objetivos/metastas a serem atingidas com tais requisitos de projetos. Juntas tais informações auxiliariam os projetistas a estabelecerem a forma como atender os desejos e necessidades dos clientes no desenvolvimento do sistema modular.

No entanto, para dar continuidade aos trabalhos que estão sendo desenvolvidos no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP) e melhor avançar nos trabalhos de implementação computacional, foi adotado como modelo de lista de requisito de projeto a ferramenta computacional apresentada por OGLIARI (1999), a qual estrutura esta lista em três níveis de classificação, a saber: nível 1 – fases do ciclo de vida dos produtos; nível 2 – requisitos dos clientes e nível 3 – requisito de projeto.

Segundo o autor estes dois primeiros níveis têm propósitos organizacionais, sendo só o último nível considerado no desenvolvimento do projeto.

NeDIP		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA				
Núcleo de desenvolvimento integrado de produtos						
Ordem de serviço No. ____/____		Tipo do projeto: _____ Contratante: _____				
Descrição do projeto: _____ _____						
<b>LISTA DE REQUISITOS DE PROJETO</b>						
Ciclo de vida do produto	Desejos e necessidades dos clientes do projeto	Requisitos dos clientes do projeto	Requisitos de projeto que atendem os requisitos dos clientes do projeto	Valor	Unidade de medida	Objetivo a ser atingido com este requisito de projeto
Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6	Campo 7
Equipe responsável: _____						
Data: ____/____/____ _____						

Figura 12.21. Documento de auxílio à criação da lista de requisito de projeto.

## 12.11 – APÊNDICE J: Matriz da Casa da Qualidade

A **Matriz da Casa da Qualidade** é uma ferramenta que tem por objetivo maior assegurar a qualidade do produto em cada fase do seu ciclo de vida procurando, entre outros aspectos, além de integrar os vários participantes do projeto, incluir nas decisões tomadas e nas soluções propostas os desejos e as necessidades dos vários clientes envolvidos, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento do produto.

Sob este enfoque esta ferramenta auxilia a equipe de projeto a relacionar o que os clientes necessitam e desejam no novo produto em estudo e as características de engenharia, isto é, como estas necessidades e desejos serão ou poderão ser satisfeitos ou realizados, com o desenvolvimento deste novo produto, sob o ponto de vista técnico [OGLIARI, 1999].

Trata-se, portanto, de uma ferramenta de auxílio ao planejamento do projeto conceitual do produto, através da transformação dos desejos e necessidades dos clientes em requisitos de projeto para o desenvolvimento do produto.

A Figura 12.22 mostra de maneira simplificada os principais campos de registro de informações utilizados nesta matriz.

A classificação dos requisitos de projeto pode ser realizada de duas maneiras, a saber:

- 1) **Não considerando** as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade, e
- 2) **Considerando** as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

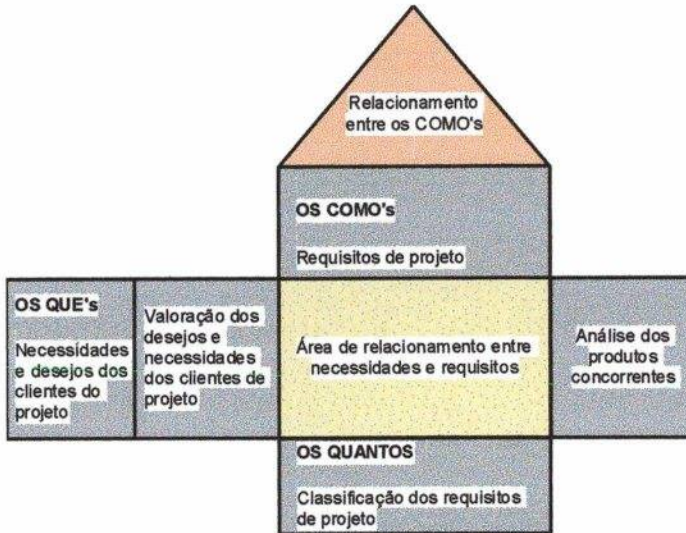


Figura 12.22. Ilustração da Matriz da Casa Qualidade (FERRAMENTA 3).

No primeiro caso, faz-se uso da equação 12.2 e da **Regra 12.2** apresentada a seguir para obter esta classificação.

$$V_j = \sum_{i=1}^{j=m} v_{c_i} \cdot gr_{i,j} \quad 12.2$$

Onde:

$V_j$  = Valor do somatório do j-ésimo requisito de projeto não considerando as informações do telhado da Matriz da Casa Qualidade.

$v_{c_i}$  = Valoração dos clientes da i-ésima linha.

$gr_{i,j}$  = Grau de relacionamento entre o i-ésimo requisito dos clientes e o j-ésimo requisito de projeto.

$i$  = Número de linhas da Matriz da Casa da Qualidade.

$j$  = Número de colunas da Matriz da Casa da Qualidade.

$n$  e  $m$  = Números inteiros positivos diferentes de zero.

**Regra 12.2:** SE o valor  $V_j > V_{j-1}$ ,

**ENTÃO**  $V_j$  recebe a primeira colocação e  $V_{j-1}$  a segunda colocação.

**SENÃO**  $V_{j-1}$  recebe a primeira colocação e  $V_j$  a segunda colocação. Com  $j$  variando de 1 até  $m$ , onde  $m$  é um número inteiro positivo diferente de zero.

No segundo caso, faz-se uso da equação 12.3 mencionada em OGLIARI (1999) e da **Regra 12.2** apresentada anteriormente para  $Pr t_i$ .

$$Pr t_i = \sum_{j=1}^{n_r} \left( \frac{p_i \cdot p_j}{p_i + p_j} \right) gr_{i,j} \quad 12.3$$

Onde:

$Prt_i$  = Peso do  $i$ -ésimo requisito, considerando as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

$n_r$  = Número de requisitos de projeto.

$j_r$  =  $j$ -ésimo requisito relacionado com o  $i$ -ésimo requisito.

$p_i$  = Peso do  $i$ -ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$p_j$  = Peso do  $j$ -ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$gr_{ij}$  = Grau de relacionamento entre o  $i$ -ésimo requisito e  $j$ -ésimo requisito.

Mas quando utilizar uma classificação ou outra? A resposta para esta pergunta é muito relativa, pois depende muito das considerações dos membros da equipe em relação ao projeto em estudo. No entanto, reconhece-se que a segunda classificação se mostra mais completa e portanto, sugere-se esta segunda classificação como a mais indicada neste processo de hierarquização dos requisitos de projeto.

Concluídas estas atividades e com os requisitos hierarquizados, passa-se para especificar cada um dos requisitos de projeto estabelecidos para o projeto em estudo.

## 12.12 – APÊNDICE L: Quadro de Especificações de Projeto

O **Quadro de Especificações de Projeto** é um documento destinado a registrar de modo explícito como cada requisito de projeto deve ser atendido para que os mesmos auxiliem no desenvolvimento do problema de projeto.

Neste documento registra-se a ordem de classificação dos requisitos de projeto obtidos com a aplicação da matriz da casa da qualidade, a denominação, unidade e meta destes requisitos de projeto, as especificações dos mesmos e os requisitos que são conflitantes com cada requisito que está sendo especificado.

Em função de sua importância no desenvolvimento do projeto, esta ferramenta deve ser elaborada com a participação de todos os que fazem a equipe de desenvolvimento do sistema modular. É preciso que haja consenso no tocante a cada uma das informações inseridas na mesma, pois elas além de representarem, do ponto de vista da linguagem de projeto, a “voz do consumidor” e a “voz da engenharia”, se destinam a estabelecer o roteiro de desenvolvimento do sistema em estudo.

Para maiores informações sobre esta ferramenta de apoio ao processo de projeto, ver Figura 12.23.

Com tal documento devidamente preenchido, tem-se em mão o guia para o desenvolvimento do projeto em estudo e, assim, pode-se iniciar a fase seguinte do processo de projeto, ou seja, a fase do projeto conceitual do sistema modular.

NeDIP	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica			
	Ordem de Serviço No _____/_____/_____	Tipo de projeto: _____ Contratante: _____		
Informações do contratante: Pedido: _____ Restrições: _____				
Definição do problema de projeto: _____ _____				
<b>Quadro de especificações de projeto do sistema modular</b>				
Classificação dos requisitos de projeto	Denominação dos requisitos de projeto	Meta a ser atingida com os requisitos de projeto	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos de projeto conflitantes

Figura 12.23. Quadro de especificações de projeto (DOCUMENTO 8).

### 12.13 – APÊNDICE M: Síntese Funcional do Sistema Modular

A **Síntese Funcional do Sistema Modular** é a representação abstrata dos produtos que compõem o sistema modular.

Segundo BACK (1983), uma síntese funcional deve ser entendida como “*as ações necessárias para formular, a partir de um problema verbalmente exposto, uma função geral de um sistema técnico, bem como as ações que serão necessárias para substituir a função geral formulada por estruturas de funções parciais ou elementares*”.

Já uma síntese funcional de um sistema modular deve ser entendida como as ações necessárias para formular, a partir de um problema verbalmente exposto **e devidamente descrito e especificado**, uma função global **e as variantes desta função global destinadas a representar vários sistemas técnicos**, bem como as ações que são necessárias para substituir as formulações **destas variantes** por estruturas de funções modularizadas formadas por meio de funções parciais ou elementares.

Pode-se dizer então que a intenção em aplicar tal ferramenta é obter vários modelos não físicos dos produtos que se deseja projetar. Com base nestes modelos, criam-se ou apresentam-se inúmeras alternativas de concepções de projeto visando solucionar o problema apresentado. Estas concepções, por sua vez, são geradas a partir da combinação de um grupo de módulos construtivos ditos essenciais e possíveis, de interfaces padronizadas e intercambiáveis entre si.

Assim sendo, o desenvolvimento desta ferramenta passa necessariamente pela sistematização das seguintes atividades, a saber:

- 1) **descrição, interpretação, caracterização e pesquisa de efeitos (físicos, químicos e/ou biológicos), portadores de efeitos ou princípios de solução para cada uma das funções que compõem as variantes da função global dos sistemas que se deseja conceber;**
- 2) **estabelecimento das estruturas funcionais alternativas de cada variante da função global;**
- 3) **estabelecimento dos módulos funcionais do sistema modular;**
- 4) **classificação dos módulos estabelecidos;**



- 5) **estabelecimento dos critérios de interfaceamento entre módulos funcionais e,**  
 6) **seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto**

Durante as atividades de interpretação e caracterização das funções que compõem o sistema modular, faz-se uso de uma base de dados contendo um série de verbos empregados no domínio de projeto, destinados a auxiliar a equipe de projeto nesta atividade.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se na Tabela 12.4 parte desta base de dados e nas Figuras 12.24, 12.25, 12.26 e 12.27 os fluxogramas que descrevem os procedimentos para estabelecer a síntese funcional do sistema modular, os quais terminaram por auxiliar na sistematização desta ferramenta.

Tabela 12.4. Lista dos principais verbos destinados a auxiliar os projetistas no estabelecimento de funções no domínio de projeto que envolve "usinas de lixo".

Verbos	Definições
Abrir	Descerrar. Separar, afastar as paredes juntas ou contíguas de:. Apartar; fender, furar, mediante incisão, corte, golpe, etc.. Fazer passar. Dar acesso.
Acionar	Por em ação, fazer funcionar.
Acumular	Amontoar, pôr em acúmulo ou montão. Armazenar
Adicionar	Acrescentar, aditar, juntar. Fazer a adição de:, somar.
Agarrar	Prender com garras. Segurar (-se)
Agitar	Mover com freqüência Mover brusca e irregularmente, sacudir. Mover com violência, abalar.
Alimentar	Munir, abastecer.
Apanhar	Colher, recolher. Pegar com a mão, tomar. Levantar do chão.
Aquecer	Tornar (-se) quente, aquecer (-se), esquentar (-se). Dar calor.
Aspirar	Atrair por meio de formação de vácuo ou rarefação do ar.
Aterrar	Encher (-se) de terra. Altear (um terreno) acumulando terra ou entulho.
Atrair	Fazer voltar-se ou dirigir-se para si. Exercer atração sobre:
Avaliar	Calcular ou determinar a valia, o valor, o merecimento de. Reconhecer a grandeza, a intensidade, a força de. Computar, orçar.
Beneficiar	Consertar, reparar, apurar, limpar.
Caracterizar	Assinalar, distinguir, indicar.
Centrifugar	Desviar do centro.
Classificar	Distribuir (-se) em classes e nos grupos respectivos, de acordo com um método ou sistema de classificação.
Cobrir	Pôr cobertura em; resguardar, tapar.
Compactar	Tornar compacto, comprimir.
Controlar	Exercer o controle de; submeter a controle. Manter sob controle.
Cortar	Dividir com instrumento cortante. Tirar com instrumento cortante, parte de, aparar.
Descarregar	Proceder à descarga de (qualquer veículo).
Desligar	Separar (o que estava ligado), desatar, soltar.

Estes verbos foram obtidos a partir de um levantamento junto a literatura especializada no tocante as ações desenvolvidas durante o processo de triagem e reciclagem de resíduos sólidos domiciliares. Embora existam outros, destacam-se estes por serem os mais comuns para a explicação deste processo.

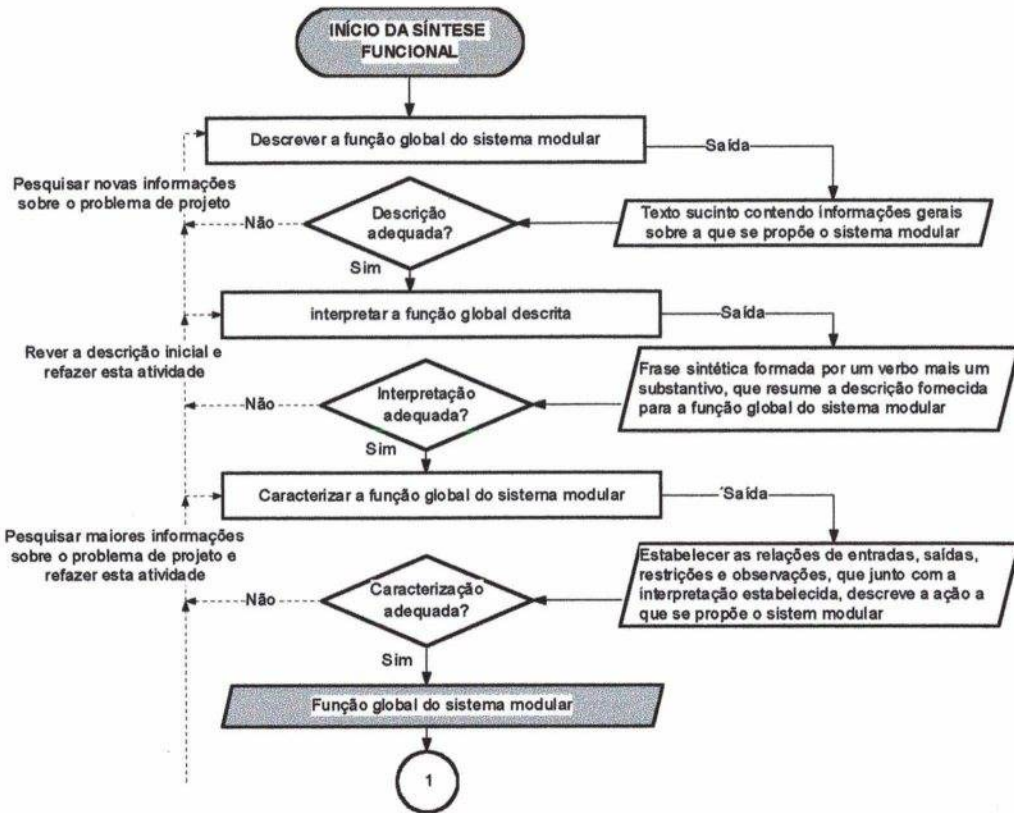


Figura 12.24. Sistematização da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).

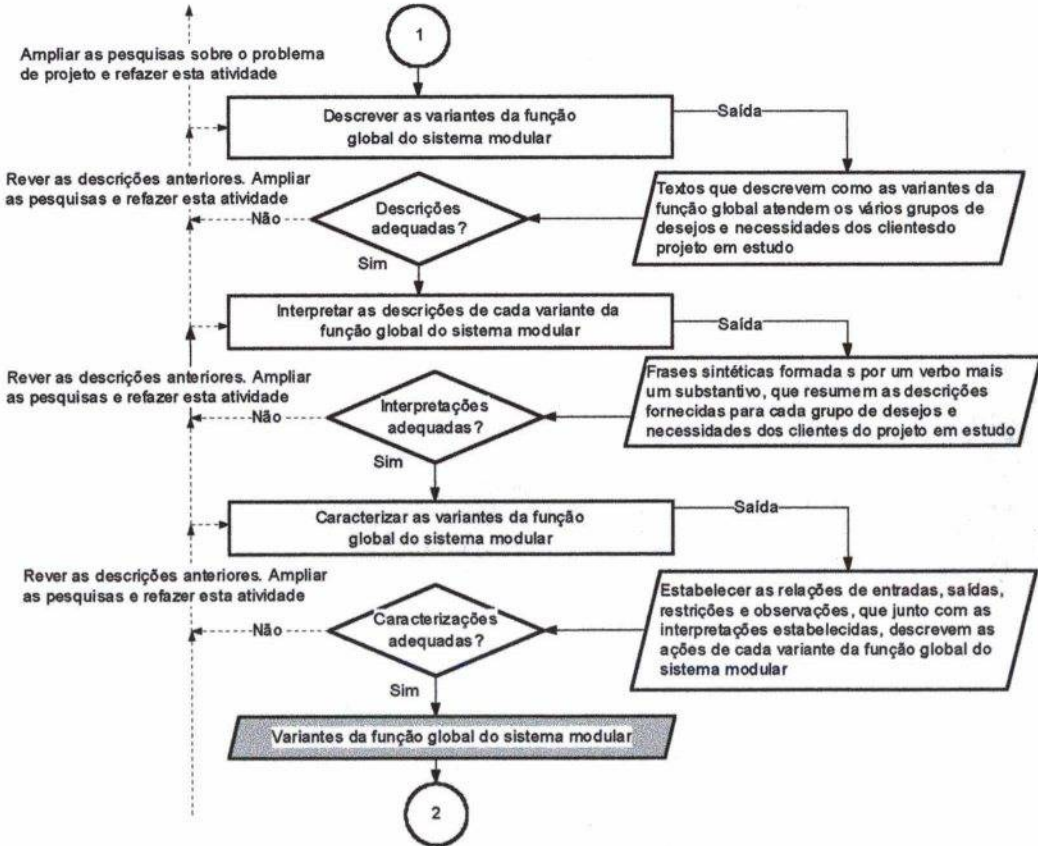


Figura 12.25. Sistematização das variantes da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).

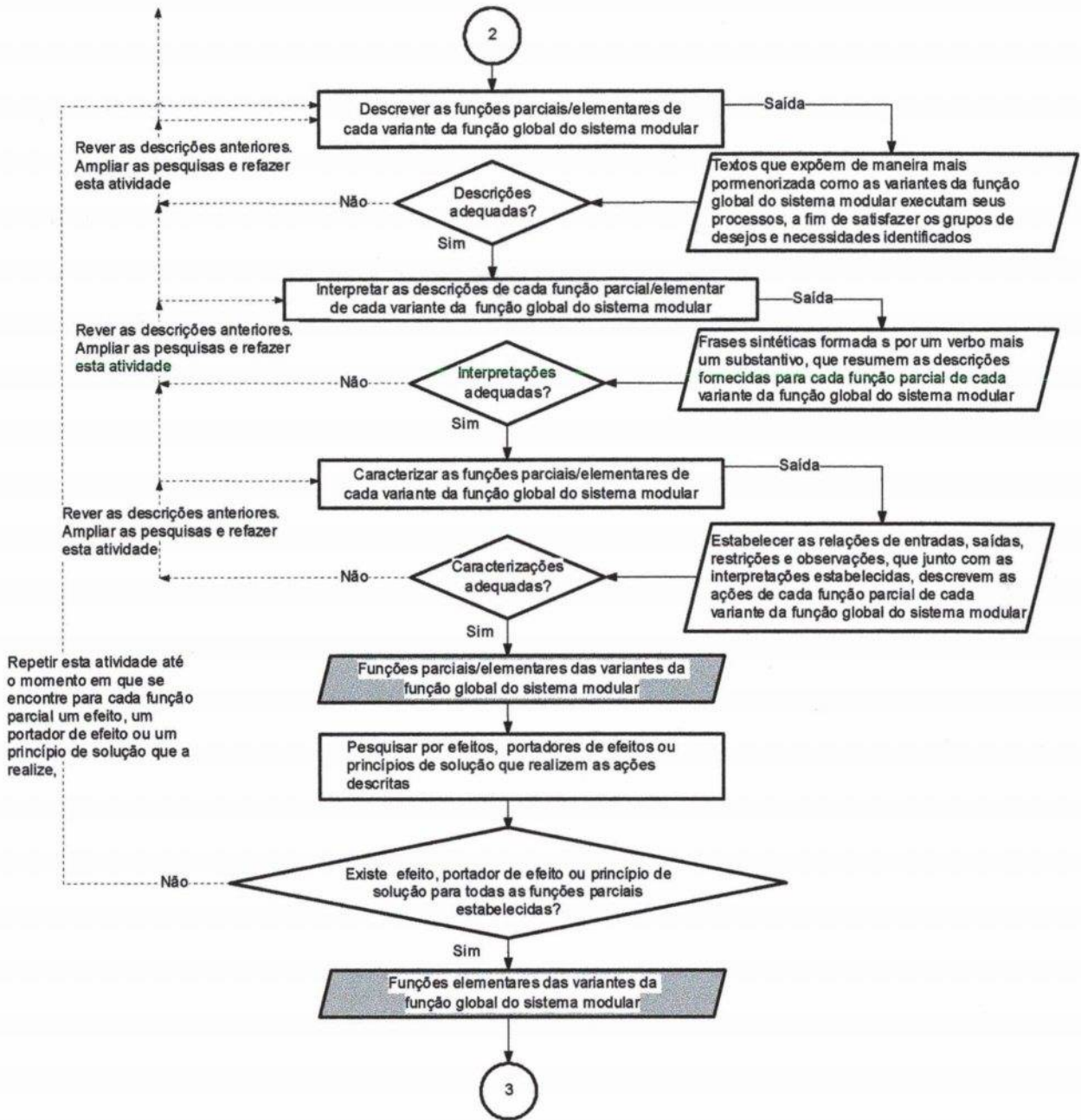


Figura 12.26. Sistematização das funções parciais/elementares do sistema modular (FERRAMENTA 4).

A **descrição da função global do sistema modular**, apresentada na Figura 12.24, compreende várias atividades destinadas a estabelecer um texto geral e sucinto, que será interpretado e, posteriormente, caracterizado na forma de um bloco contendo a missão principal do sistema modular, descrita através de um verbo, substantivo mais algum complemento, além das entradas, saídas (energias, materiais e sinais) e restrições/observações necessárias ao desenvolvimento desta missão.

Salienta-se que a cada função estabelecida, seja ela global, variante da função global, parcial ou elementar, deve-se questionar a existência ou não de efeitos (físicos, químicos e/ou biológicos), portadores de efeitos ou princípios de solução conhecidos. Para as respostas positivas interrompe-se o desdobramento funcional da função estabelecida, pois conhecendo-se tal efeito, portador do efeito ou princípio de solução

entende-se que a função é realizável fisicamente. Este procedimento deve ser repetido até que todas as funções parciais sejam então levadas a categoria de funções elementares.

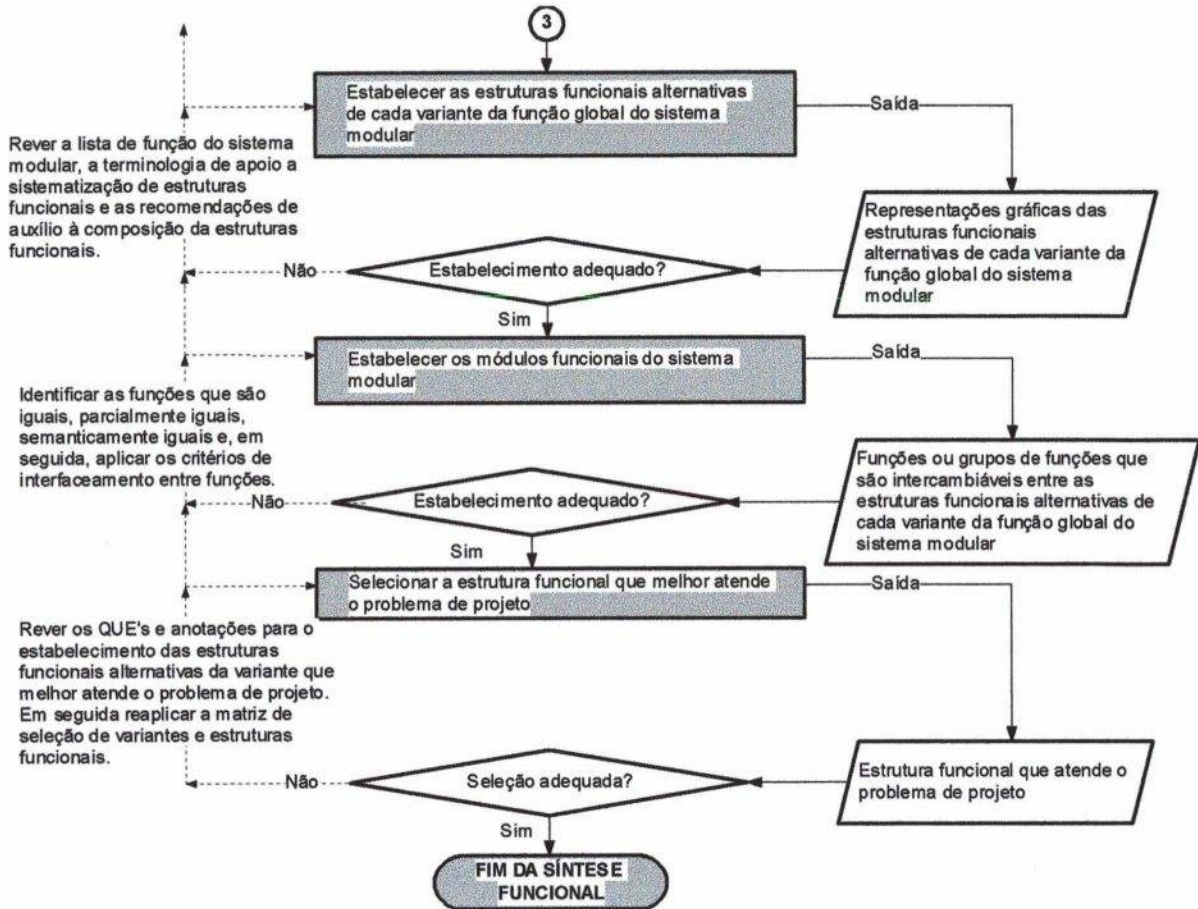


Figura 12.27. Sistematização da escolha da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (FERRAMENTA 4).

A **descrição das variantes da função global do sistema modular**, apresentada na Figura 12.25, compreende outras atividades mais detalhadas destinadas a estabelecer outros textos mais específicos, a partir da missão principal estabelecida anteriormente, os quais também deverão ser interpretados e caracterizados na forma de blocos contendo entradas, saídas, restrições/observações, destinadas a contemplar diferentes grupos de desejos e necessidades de clientes e consumidores, a partir da combinação de um conjunto de módulos funcionais.

A **descrição das funções parciais e elementares de cada variante da função global do sistema modular**, apresentada na Figura 12.26, compreende outras atividades ainda mais detalhadas destinadas a estabelecer outros textos mais específicos, a partir da caracterização de cada variante da função global do sistema modular. Para tanto, após redigidos tais textos, fazem-se as interpretações e caracterizações necessárias ao estabelecimento das funcionalidades inerentes de cada concepção não física dos vários sistemas que compõem o sistema modular, criados a partir da combinação dos módulos funcionais. Sob este enfoque, o estabelecimento destas funcionalidades, nas várias variantes da função global, devem

cessar quando a equipe de projeto puder associar a cada uma das funções caracterizadas um efeito (físico, químico e/ou biológico), um portador de efeito ou um princípio de solução que a realize.

O estabelecimento das estruturas funcionais alternativas de cada variante da função global do sistema modular apresentada na Figura 12.27, compreende uma série de atividades voltadas para representar de forma gráfica as várias configurações possíveis para a solução não física do problema de projeto.

Estas atividades são apoiadas pela lista de funções elementares estabelecidas para o sistema modular; pela terminologia básica de apoio a sistematização de estruturas funcionais (Ver Figura 12.28); da Tabela 12.5 que trata dos arranjos das funções elementares estabelecidas para cada variante da função global do sistema modular e das recomendações de auxílio à composição das estruturas funcionais (Ver Figura 12.29).

	SINAIS	SIGNIFICADOS DOS SINAIS
INDICADORES	⇒	Indica o início da montagem da primeira estrutura funcional a compor o problema de projeto, ou seja, indica qual a primeira função a ser posicionada na construção desta referida estrutura funcional.
	✱	Indica o fim da montagem da estrutura funcional, ou seja, indica em qual ou quais funções termina a estrutura funcional.
	#	Indica uma função que pode ser retirada de algumas montagens de estruturas funcionais, ou seja, através da eliminação da função que contém este símbolo, pode-se gerar outras alternativas de concepção abstrata para o problema de projeto.
	→	Indica o início da montagem de uma segunda, terceira, etc. estrutura funcional a compor o problema de projeto, ou seja, indica qual a primeira função a ser posicionada na construção destas referidas estruturas funcionais.
OPERADORES	/	Indica onde ou em que ponto pode uma ou um grupo de funções ser substituídas por outras na formação de uma nova estrutura funcional.
	( )	Serve para separar funções ou de um conjunto de funções, visando o estabelecimento de alternativas de estruturas funcionais.

Figura 12.28. Terminologia básica de apoio a sistematização de estruturas funcionais (FERRAMENTA 4).

Tabela 12.5. Arranjos das funções elementares estabelecidas para cada variante da função global do sistema modular (FERRAMENTA 4).

TABELA DE ARRANJOS DAS FUNÇÕES ELEMENTARES DAS VARIANTES DA FUNÇÃO GLOBAL			
DENOMINAÇÃO DA VARIANTE			
SINAIS A CONSIDERAR	DENOMINAÇÃO DA FUNÇÃO ELEMENTAR	A FUNÇÃO ESTÁ EM SÉRIE COM QUAL OU QUAIS FUNÇÕES	A FUNÇÃO ESTÁ EM PARALELO COM QUAL OU QUAIS FUNÇÕES

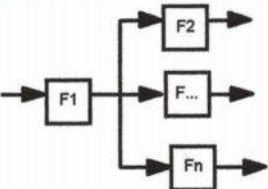
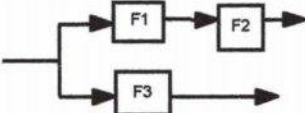
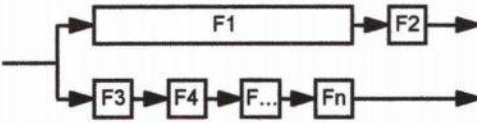
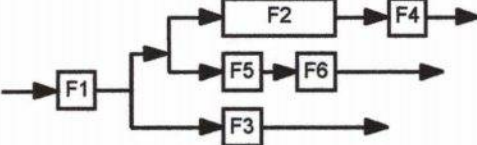
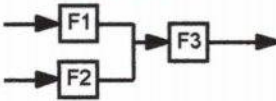
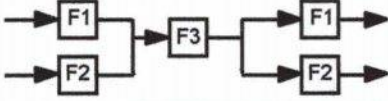
Recomendações de auxílio à composição das estruturas funcionais	Representações gráficas das recomendações
Uma função (F1) está em série com uma função (F2) e com outras funções (F3), (F4), ..., (Fn).	
Uma função (F1) está em série com uma função (F2) e em paralelo com uma função (F3).	
Uma função (F1) está em série com uma função (F2) e em paralelo com duas ou mais funções (F3, F4, ..., Fn).	
Uma função (F1) está em série com uma função (F2) e com uma função (F3) e, a função (F2) está em série com uma função (F4) e em paralelo com uma função (F5) e com uma função (F6).	
Duas funções (F1) e (F2) estão em série com uma função (F3).	
Duas funções (F1) e (F2) estão em série com uma função (F3) e esta função (F3) está em série com uma função (F4) e com uma função (F5).	
<p>A cada alternativa de estrutura funcional criada a partir da eliminação de uma função ou de um conjunto de funções ou mesmo da união de duas ou mais funções numa única função ou, ainda, pela duplicação de funções, o usuário deve efetuar comentários sobre os possíveis resultados destas alterações na concretização do projeto em estudo. Em outras palavras, deve-se mencionar se tais alterações vão influenciar nos custos finais do sistema, no número de módulos ou componentes do sistema, no tipo de produção, entre outros, pois tais comentários servirão, posteriormente, para auxiliá-lo na escolha da estrutura funcional alternativa mais adequada à solução do problema de projeto.</p>	
<p>De posse de todas estas informações, passa-se a apresentar as representações gráficas das estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular.</p> <p>Inicialmente, deve-se estabelecer uma estrutura básica para cada variante, ou seja, uma estrutura funcional que possa ser rearranjada de várias maneiras visando atender a missão principal de cada variante da função global do sistema modular, sempre tendo em mente os grupos de desejos e necessidades que geraram tais variantes.</p> <p>Para tanto, deve-se posicionar todos os blocos obedecendo os arranjos estabelecidos anteriormente (em série e/ou em paralelo). Em seguida, delimitar a fronteira do sistema (usar uma linha pontilhada), a qual deve envolver todas as funções estabelecidas. Posteriormente, inserir as linhas de fluxo do sistema (energias, materiais e sinais). Primeiro os materiais, em seguida as energias e, por fim, os sinais.</p> <p>Neste momento é importante revisar as caracterizações estabelecidas para cada função de cada variante do sistema modular, a fim de saber o que realmente entra e o que sai em cada função estabelecida.</p> <p>Por último, o uso de cores é um fator que dá maior visibilidade ao fluxo. Assim, deve-se usar a cor verde para representar entradas e saídas de materiais; a cor azul para representar fluídos ou líquidos; a cor vermelha para representar rejeitos ou perda de materiais e/ou energias; a cor preta para representar a entrada de energias e uma outra cor para representar o retorno ou "looping" de alguma ação.</p> <p>Muitas vezes é necessário, também, fazer uso de blocos contendo um número no seu interior, destinado a representar as funções estabelecidas. Este procedimento auxilia na visibilidade da estrutura funcional e, conseqüentemente, na visualização da concepção não física do problema de projeto.</p>	

Figura 12.29. Recomendações de auxílio à composição das estruturas funcionais (FERRAMENTA 4).

Para maiores esclarecimentos sobre como usar tais informações apresenta-se o seguinte exemplo:

Considere que uma dada variante da função global tenha a seguinte lista de funções elementares organizada com base na Tabela 12.5 e na Figura 12.28, apresentada na Figura 12.30.

Variante 1 da função global do sistema modular: Separar inertes/Reciclar matéria orgânica			
Sinais	A função:	Está em série com:	Está em paralelo com:
⇒	Receber resíduos brutos	Alimentar sistema	
	Alimentar sistema	(Movimentar resíduos brutos), (identificar materiais)	
	Movimentar resíduos brutos	Movimentar matéria orgânica	(Identificar materiais), (catar materiais), (armazenar temporariamente materiais)
	Identificar materiais	Catar materiais	
	Catar materiais	Armazenar temporariamente materiais	
#	Armazenar temporariamente materiais	Armazenar inertes	
	Movimentar matéria orgânica	Pesar matéria orgânica	
	Pesar matéria orgânica	Amontoar matéria orgânica	
	Amontoar matéria orgânica	Formar leiras	
	Formar leiras	Molhar leiras	
	Molhar leiras	Revirar leiras periodicamente	
	Revirar leiras periodicamente	Amontoar composto orgânico	
	Amontoar composto orgânico	Armazenar composto orgânico	
*	Armazenar composto orgânico		
*	Armazenar inertes		
→	Receber+alimentar resíduos brutos	(Movimentar resíduos brutos), (identificar materiais)	

Figura 12.30. Lista de funções elementares de uma das variantes da função global de um sistema de “usinas de lixo”.

Por esta figura, percebe-se que a função receber resíduos brutos é a função que deve iniciar a estrutura funcional e que as funções armazenar composto orgânico e armazenar inertes são as funções onde a estrutura funcional deve terminar.

Já a função armazenar temporariamente materiais é uma função que pode ser retirada de algumas composições de estruturas funcionais.

Por fim, a função receber+alimentar resíduos brutos é uma função combinada que também pode iniciar novas estruturas funcionais.

A representação da estrutura funcional básica montada a partir destas informações é apresentada na Figura 12.31.

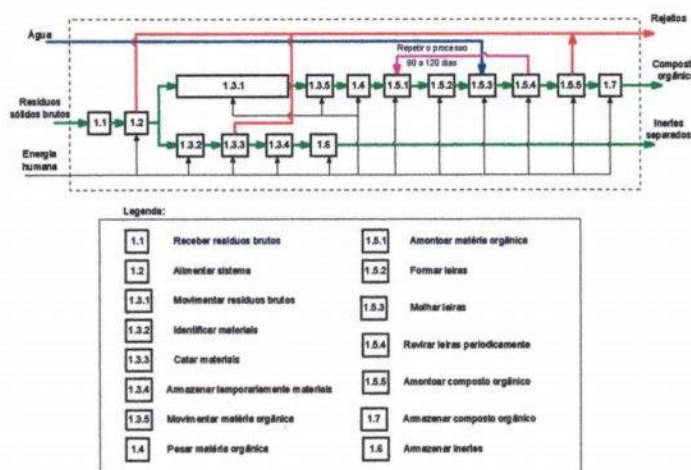


Figura 12.31. Estrutura funcional básica de uma das variantes da função global do sistema modular de UPRSD.

O **Estabelecimento dos módulos funcionais do sistema modular** apresentada na Figura 12. 27, compreende uma série de atividades voltadas para identificar as funções que podem ser ou compor os módulos funcionais. Onde por módulo funcional entende-se uma ou mais funções ou combinações de funções, que possuem relações de entrada, saída, denominação e restrições padronizadas, destinadas a facilitar a intercambiabilidade das mesmas, junto as variantes da função global.

Para tanto, a equipe de projeto deve apoiar-se no documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais em cada uma das alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global (Figura 12.32); das recomendações para o estabelecimento e apresentação dos módulos funcionais (Figura 12.33); da **Regra 12.3** de auxílio à classificação dos módulos funcionais e dos critérios de interfaceamento para os módulos funcionais (Figura 12.34).

Onde, **funções iguais** compreendem aquelas funções que possuem relações de entrada e saída, denominações e restrições iguais.

**Funções parcialmente iguais** compreendem aquelas funções que possuem relações de entrada e saída e denominações iguais e restrições diferentes.

**Funções semanticamente iguais** compreendem aquelas funções que só são iguais na denominação, mas diferentes nas relações de entrada e saída e restrições.

**Funções diferentes** compreendem aquelas funções que possuem relações de entrada e saída, denominações e restrições diferentes.

Lista de funções estabelecidas nas alternativas de estruturas funcionais	Código das funções em cada variante da função global do sistema modular				Situação das funções analisadas entre as estruturas funcionais que compõe o sistema modular				Observações
	Variante 1	Variante 2	Variante ...	Variante n	Iguais	Parcialmente iguais	Semanticamente iguais	Diferentes	

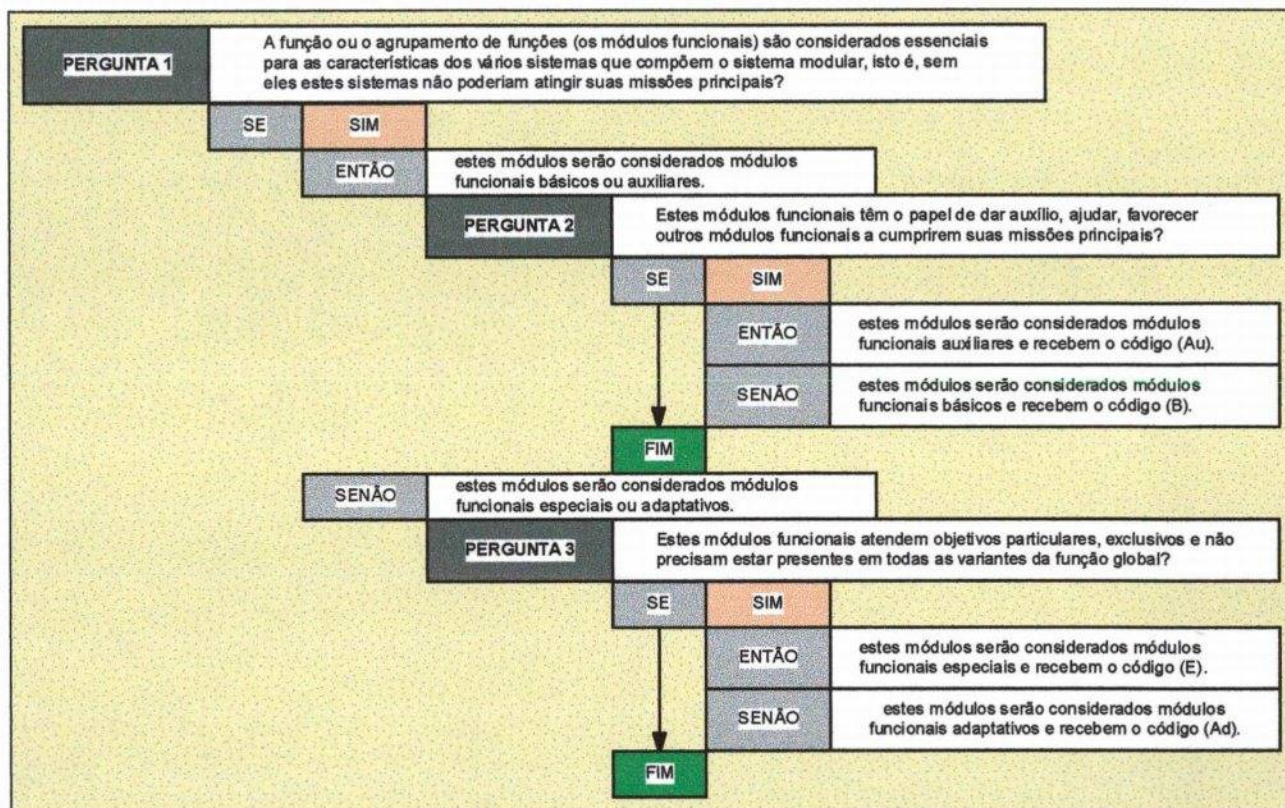
Figura 12.32. Documento de auxílio ao estabelecimento das funções iguais, parcialmente iguais, semanticamente iguais e diferentes em cada uma das alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular (FERRAMENTA 5).

ORDEM	RECOMENDAÇÕES PARA O ESTABELECIMENTO E APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS FUNCIONAIS DO SISTEMA MODULAR
1	Agrupar o máximo de funções por módulo a fim de reduzir o número de módulos funcionais do sistema modular.
2	Estabelecer uma função como módulo quando esta for elo de ligação entre duas ou mais funções ou grupos de funções ou, ainda, quando ela sozinha puder implementar uma das soluções para o grupo de desejos e necessidades do problema de projeto.
3	Estabelecer a função ou grupo de funções como módulo, quando as relações de entrada, saída e restrições desta função ou grupo de funções forem compatíveis com as demais relações de entrada, saída e restrições das funções ou grupos de funções a unir ou a se combinar.
4	Classifique o módulo funcional em básico, auxiliar, especial e adaptativo conforme a <b>Regra 12.3</b> .
5	Por fim, faça uma tabela informando o nome do módulo, sua classificação, seu código, a função ou as funções que o compõe, os códigos de cada função e as possibilidades de interfaceamento deste módulo com os demais.

Figura 12.33. Recomendações de projeto no estabelecimento e apresentação dos módulos funcionais do sistema modular (FERRAMENTA 5).



**Regra 12.3: Classificação dos módulos funcionais do sistema modular.**



A seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto apresentada na Figura 12.27, compreendem uma série de atividades destinadas a, inicialmente, selecionar a variante da função global que melhor atende o problema de projeto para, em seguida, selecionar dentro desta variante selecionada a melhor alternativa de estrutura funcional que contempla a demanda inicial.

Para o apoio a estas atividades desenvolveu-se uma matriz (Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais Figura 12.34), a qual relaciona, inicialmente, os QUE's com cada variante da função global do sistema modular e, posteriormente, os QUE's com cada alternativa de estrutura funcional da variante selecionada, visando estabelecer entre elas qual a que melhor atende o problema de projeto.

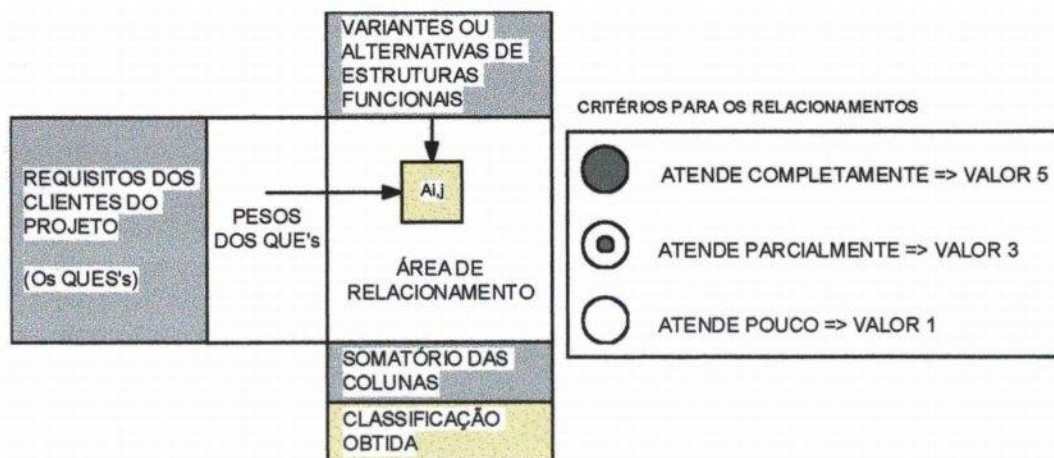


Figura 12.34. Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais (FERRAMENTA 6).

O somatório das colunas leva-se em consideração o peso dos QUE's e o grau do relacionamento entre o i-ésimo o QUE e a j-ésima variante ou estrutura funcional alternativa da função global.

A equação 12.4 fornece maiores informações sobre tal cálculo.

$$\text{Somatório - das - colunas}_j = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^m (vc_i \times grv_{i,j}) / nl \quad (12.4)$$

Onde:

j = Número de colunas da matriz, com j = 1, 2, ...;

i = Número de linhas da matriz, com i = 1, 2, ...;

n e m = números inteiros positivos diferentes de zero;

vc<sub>i</sub> = Valoração do cliente da i-ésima linha

grv<sub>i,j</sub> = Grau do relacionamento entre o i-ésimo requisito dos clientes e a j-ésima variante da função global;

nl = Número de linhas da matriz de identificação da variante.

## 12.14 – APÊNDICE N: Gerador dos Módulos Construtivos

O **Gerador dos Módulos Construtivos** é uma ferramenta que tem por objetivo auxiliar a equipe de projeto a estabelecer a partir dos módulos funcionais as concepções construtivas para a solução do problema de projeto.

Sob este enfoque esta ferramenta reúne num único documento as seguintes informações, a saber:

- 1) registro de todos os módulos funcionais que compõem o sistema modular;
- 2) as funções que compõem cada módulo funcional;
- 3) os efeitos físicos, químicos e/ou biológicos associados a cada um dos módulos funcionais ou a cada uma das funções que compõem esses módulos funcionais;
- 4) os portadores desses efeitos;
- 5) os princípios de solução baseados nos portadores de efeitos;
- 6) as principais especificações de projeto para o desenvolvimento do sistema modular que foram atendidas com a apresentação dos princípios de solução voltados a este fim;
- 7) os critérios de interfaceamento para auxiliar na união ou no acoplamento dos princípios de solução, visando estabelecer as alternativas de concepção dos módulos construtivos;
- 8) as concepções alternativas de projeto para os módulos construtivos, e
- 9) as ilustrações gráficas, quando for o caso, dos princípios de solução e das alternativas de concepção de projeto dos módulos construtivos.

A título de ilustração apresenta-se na Figura 12.35 tal ferramenta de apoio ao processo de projeto.

Módulos funcionais que compõem o sistema modular	Funções que compõem os módulos funcionais	Efeitos que satisfazem os módulos funcionais	Portadores dos efeitos	Princípios de solução baseados nos portadores de efeitos	Ilustrações dos princípios de solução	Principais especificações de projeto do sistema modular	Princípios de solução escolhidos com base nas especificações de projeto	Critérios de interfaceamento dos princípios de solução	Concepções alternativas dos módulos construtivos do sistema modular	Ilustrações dos módulos construtivos do sistema modular

Figura 12.35. Ilustração do gerador dos módulos construtivos (FERRAMENTA 5).

É importante frisar que este é um modelo da ferramenta, isto é, é um modelo que descreve as informações a serem manuseadas nesta ferramenta, visando estabelecer os módulos construtivos que melhor atendem o problema de projeto.

Assim, é preciso ter em mente que tal gerador é composto por pequenas ferramentas que juntas completam a ilustração apresentada na Figura 12.35.

Destacados tais pontos informa-se que os:

**Efeitos:** Compreendem resultados ou conseqüências causadas pelas ações necessárias para transformar um dado estado A em um outro estado B, a partir do conhecimento de suas relações de entrada, saída e demais restrições desse processo. Sob este ponto de vista, tais efeitos podem ser assim denominados: efeitos físicos, químicos e/ou biológicos.

**Efeitos físicos:** Compreendem resultados ou conseqüências causadas por fenômenos que independem da habilidade humana, tais como: fenômenos magnéticos, elétricos, térmicos e mecânicos. Como exemplo, pode-se citar os efeitos de cisalhamento, esmagamento, deslizamento, entre outros.

**Efeitos químicos:** Compreendem resultados ou conseqüências causadas pelas combinações e/ou decomposições de substâncias, como é o caso, por exemplo, da corrosão de estruturas metálicas desprotegidas em contato com a água do mar, entre outras.

**Efeitos biológicos:** Compreendem resultados ou conseqüências causadas por seres vivos, sejam eles micro ou macro seres, como é o caso, por exemplo, da solubilização de substâncias orgânicas por meio de bactérias aeróbias na compostagem de resíduos orgânicos domiciliares.

Para o auxílio ao estabelecimento destes efeitos criou-se uma base de dados contendo uma série de efeitos físicos, químico e/ou biológicos aplicados a vários domínios de estudo, que podem auxiliar a equipe de projeto nesta atividade. A Tabela 12.6 mostra parte desta base de dados.

Tabela 12.6. Lista de efeitos físicos destinados a auxiliar a equipe de projeto a caracterizar as funções de estruturas funcionais em vários domínios de projeto (FERRAMENTA 5).

Efeitos	Denominação	Descrição
Físicos	Atrito	Resistência que um corpo desenvolve quando sobre ele se move outro corpo. Fricção que tende a opor-se ao deslocamento relativo de dois sólidos em contato
	Auger	Absorção quanta röntgen pelos átomos. A energia que se libera quando os elétrons saltam de um nível a outro, sem emitir radiação, conduz à ionização do mesmo átomo.
	Barkhausen	Fenômeno consistente no fato de os domínios magnéticos elementares das substâncias ferromagnéticas mudarem de polaridade ao serem submetidos a um campo magnético externo, o que, utilizando um amplificador, pode ouvir-se como um ruído crepitante.
	Barnett	Consiste na imantação sofrida por uma vara de ferro, que gira rapidamente, por motivo do momento magnético adicional dos elétrons de metal devido à rotação.



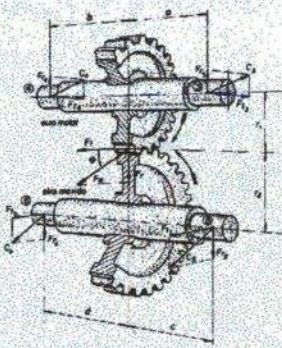
Continuação da Tabela 12.6.

Efeitos	Denominação	Descrição
Físicos	Barômetro	Variabilidade da absorção de raios cósmicos pelas camadas de ar em função da pressão atmosférica no local de observação.
	Becquerel	Polarização de um dos eletrodos iguais submergidos em um eletrólito ao incidir a luz sobre eles.
	Cisalhamento	Tendência ao escorregamento ou o próprio escorregamento de uma superfície com respeito a outra imediatamente contígua, provocado por uma força externa, agindo perpendicularmente ao eixo da superfície de ruptura que passa por seu centro de gravidade.
	Coesão	Atuação de forças de atração entre moléculas de mesma espécie. Aderência, força que une entre si as moléculas das substâncias.
	Compressão	Diminuição do volume de uma substância sob os efeitos da pressão, acompanhado do aumento de sua densidade.
	Compton	Dispersão dos raios X e gama por elétrons livres ou ligados. Em suas interações com o elétron, o quantum X ou o quantum gama transmitem parte de sua energia ao elétron em forma de energia cinética, experimentando com ele um aumento de comprimento de onda e uma mudança de direção.
	Cotton-Mouton	Dupla refração em um meio óptico transparente sob os efeitos de um campo magnético intenso.
	Cunha	Ação pela qual um ou mais materiais são afastados ou separados um dos outros por meio de um objeto com a forma de um trapézio, afilado em uma das extremidades.

**Portadores de efeitos:** Compreende toda forma física ou de vida ou, ainda, de substância que porta, leva ou conduz os efeitos físico, químico e/ou biológico. Geralmente, a tais portadores deve-se procurar associar algo de simples e fácil visualização, com vistas a facilitar a compreensão de sua missão principal.

Para o estabelecimento destes portadores de efeitos criou-se uma base de dados contendo exemplos dos mesmos. A Tabela 12.7 ilustra melhor tal base de dados.

Tabela 12.7. Exemplos de portadores de efeitos destinados a auxiliar no estabelecimento de princípios de solução para os problemas de projeto (FERRAMENTA 5).

PORTADORES DE EFEITO	DENOMINAÇÃO DO PORTADOR	EFEITO QUE PORTA
	Alicate	Compressão
	Martelo	Esmagamento Impacto
	Engrenagens	Torque Movimento

Continuação da Tabela 12.7.

PORTADORES DE EFEITO	DENOMINAÇÃO DO PORTADOR	EFEITO QUE PORTA
	Parafuso	Pressão Torção
	Mola	Tração Compressão Torção Flexão

**Princípios de solução:** Compreendem formas físicas ou construtivas ou, ainda, de vida estabelecidas a partir dos portadores de efeitos, destinadas a atender os módulos funcionais ou as funções que o compõe. Como sugestão tais princípios devem ser estabelecidos, num primeiro momento, a partir de modelos já existentes no mercado, como forma de reduzir esforços e custos de desenvolvimento. Mas, se tais princípios não se mostrarem adequados sugere-se, num segundo momento, o desenvolvimento dos mesmos. Para tanto, deve-se lançar mãos de ferramentas de apoio à criatividade para auxiliar a estabelecê-los ou criá-los.

Para o estabelecimento de princípios de solução foi criada uma base de dados dentro do domínio de "usinas de lixo" contendo exemplos de máquinas e equipamentos destinados ao beneficiamento ou valorização dos resíduos sólidos domiciliares. Na Figura 12.36 tem-se uma amostra de tal base de dados.




Ilustrações de princípios de solução	Denominação dos princípios de solução	Portador do efeito presente no princípio de solução
	Peneira rotativa	Peneira
	Triturador de facas para matéria orgânica	Faca
	Triturador de plástico	Faca Tesoura

Figura 12.36. Exemplos de ilustrações de princípios de solução contida na base de dados do SISMOD.

**Ilustrações gráficas:** Compreendem formas de visualização destinadas a representar de maneira mais clara os princípios de solução ou alternativas de concepção dos módulos do sistema modular, por meio de desenhos, croquis ou fotos.

**Principais especificações de projeto do sistema modular:** corresponde a relação das especificações de projeto, observadas pela equipe de projeto, que foram atendidas com a apresentação ou estabelecimento dos princípios de solução, destinados a serem as alternativas de concepção de projeto dos módulos construtivos que compõem o sistema modular.

**Princípios de solução escolhidos com base nas especificações de projeto:** Relação de princípios de solução que foram analisados pela equipe de projeto e que estão em conformidade com as especificações de projeto para o estabelecimento do sistema modular.

**Critérios de interfaceamento dos princípios de solução:** correspondem a uma série de recomendações de projeto que devem ser atendidas para que seja possível o acoplamento de dois ou mais princípios de solução uns com os outros, visando não só gerar as alternativas de concepção dos módulos do sistema modular, assim como o sistema modular como um todo. Sob este enfoque, é de suma importância observar os aspectos que tratam da similaridade entre as estruturas físicas e funcionais, assim como dos aspectos que tratam da minimização dos problemas que podem ocorrer nas interações entre os componentes físicos.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se na Tabela 12.8 os critérios a serem utilizados pela equipe de projeto no interfaceamento dos princípios de solução.

Tabela 12.8. Critérios destinados a auxiliar a equipe de projeto a promover o interfaceamento dos princípios de solução uns com os outros (FERRAMENTA 5).

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseado nestes critérios de interfaceamento
Estabeleça a similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular.	Energias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução utilize, sempre que possível, o mesmo tipo de energia estabelecida nas estruturas de funções do sistema modular.</li> </ul>
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução utilize, sempre que possível, materiais compatíveis com os esforços solicitados e com as propriedades físicas, químicas e mecânicas exigidas nas operações de cada módulo funcional do sistema modular.</li> <li>Verifique se o fluxo de material a processar, entre os princípios de solução a unir, é compatível com as operações estabelecidas para cada módulo funcional do sistema modular.</li> </ul>
	Sinais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução utilize, sempre que possível, a mesma forma de conhecimento, predição ou reconhecimento dos parâmetros de funcionamento estabelecidos nas estruturas funcionais do sistema modular.</li> </ul>
	Geometrias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução verifique se as dimensões (largura, altura, comprimento, espessura) estão adequadas à realização dos acoplamentos estabelecidos nas estruturas funcionais do sistema modular.</li> <li>Verifique, também, se os tipos de geometrias (cilíndrica, retangular, quadrada, etc.) dos princípios de solução a unir estão adequadas à realização dos acoplamentos estabelecidos nas estruturas funcionais do sistema modular.</li> <li>Padronize ao máximo as geometrias dos princípios de solução a acoplar.</li> <li>Otimize as áreas de contato dos princípios de solução a unir.</li> </ul>

Continuação da Tabela 12.8.

Critérios gerais de interfaceamento	Critérios específicos de interfaceamento a atender	Recomendações de projeto baseado nestes critérios de interfaceamento
Estabeleça a similaridade entre as estruturas físicas e funcionais estabelecidas para o sistema modular.	Formas físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução, sempre que possível, estabeleça formas físicas mais simples e mais fáceis de fabricar, montar e testar, visando reduzir tempos de preparação de máquina, processo, inspeção, montagem, testes e, principalmente, custos para a sua produção. Verifique se tais aspectos estão compatíveis com as restrições/observações mencionadas no estabelecimento de cada módulo funcional do sistema modular.</li> </ul>
	Processos de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilize processos de produção similares, quando for produzir não só os princípios de solução, assim como as interfaces que permitem o acoplamento entre os mesmos.</li> <li>Verifique a possibilidade de padronizar a produção dos princípios de solução, assim como de suas interfaces.</li> </ul>
	Processos de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifique a possibilidade de encomendar ou terceirizar a produção de alguns princípios de solução.</li> <li>Verifique se tais aspectos estão coerentes com as restrições/observações mencionadas no estabelecimento de cada módulo funcional do sistema modular.</li> </ul>
	Acabamentos, ajustes e tolerâncias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução verifique se os acabamentos, ajustes e tolerâncias são adequados para os acoplamentos dos mesmos.</li> <li>Verifique se tais aspectos estão coerentes com as restrições/observações mencionadas no estabelecimento de cada módulo funcional do sistema modular.</li> </ul>
	Arranjos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução estabeleça o número máximo de arranjos possíveis.</li> <li>Verifique se tais arranjos estão compatíveis com os arranjos funcionais estabelecidos para o sistema modular.</li> </ul>
	Número de partes a unir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução, estabeleça o número de partes que serão acopladas. Quanto menos partes forem preciso para conectar um princípio de solução com o outro, melhor.</li> <li>Verifique se tais aspectos estão coerentes com as observações/restrições delineadas para a união dos módulos funcionais do sistema modular.</li> </ul>
Minimize os problemas que podem ocorrer nas interações entre os componentes físicos.	Vibrações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os comportamentos vibratórios que possam comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, as variações de temperaturas que possam comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Corrosões	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os problemas de corrosão que possam comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Pressões	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os problemas que possam ocorrer devido ao uso, aplicação ou conseqüências de pressões. Faça isto sempre que tais situações venham a comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Tensões	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os problemas que possam ocorrer devido ao uso, aplicação ou conseqüências de tensões. Faça isto sempre que tais situações venham a comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Forças	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os problemas que possam ocorrer devido ao uso, aplicação ou conseqüências de forças (direção e amplitude da força, peso próprio, carga, forças de inércia, estabilidade). Faça isto sempre que tais situações venham a comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>
	Cinemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na união dos princípios de solução reduza, quando for o caso, os problemas que possam ocorrer devido ao uso, aplicação ou conseqüências de movimentos (natureza, direção), trajetórias, velocidades, acelerações. Faça isto sempre que tais situações venham a comprometer as funções de parte ou de todo o sistema modular.</li> </ul>

**Concepções alternativas dos módulos construtivos do sistema modular:** compreendem todas as formas unitárias ou de combinações estabelecidas entre os princípios de concepção apresentados e analisados, que atendem as especificações de projeto e os critérios de interfaceamento estabelecidos, destinadas a se constituírem opções de soluções de projeto, para a criação dos módulos construtivos do sistema modular.

A fim de melhor ilustrar as atividades a serem desenvolvidas pelos projetistas quando do preenchimento do quadro de apoio ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular, apresentam-se duas figuras (Figura 12.37 e 12.38) que mostram, respectivamente, a seqüência de desenvolvimento das ações para o estabelecimento das concepções alternativas dos módulos construtivos do sistema modular e o documento final destas atividades.

Dentro deste contexto adotar-se-á que se deseja encontrar para um dado módulo funcional, composto por duas funções genéricas F1 e F2, suas respectivas alternativas construtivas. Considerar-se-á ainda que se deseja encontrar não para o módulo como um todo, mas sim para cada função que o compõem os princípios de solução mais adequados a serem combinados entre si a fim de gerar as alternativas construtivas do referido módulo funcional.

Sob esta ótica, inicialmente encontram-se os efeitos que satisfazem cada uma das funções. Posteriormente, estabelece-se ou identificam-se os possíveis portadores desses efeitos. Em seguida, pesquisam-se os princípios de solução associados a estes portadores de efeitos, após o que confrontam com relação as especificações de projeto estabelecidas para o sistema modular. Neste momento faz-se uma seleção dos melhores princípios de solução estabelecidos e/ou identificados destinados a compor as alternativas construtivas para o dado módulo funcional. Para tanto, faz-se uso de uma matriz que relaciona as funções que compõe cada módulo funcional, com os princípios de solução concebidos ou encontrados no mercado que satisfazem tais funções; dos critérios de interfaceamento mencionados na Tabela 12.8, assim como das especificações de projeto do sistema modular (Ver Figura 12.39).

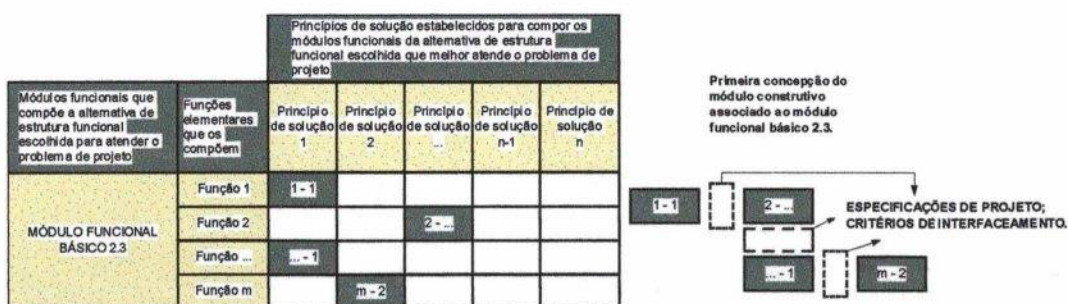
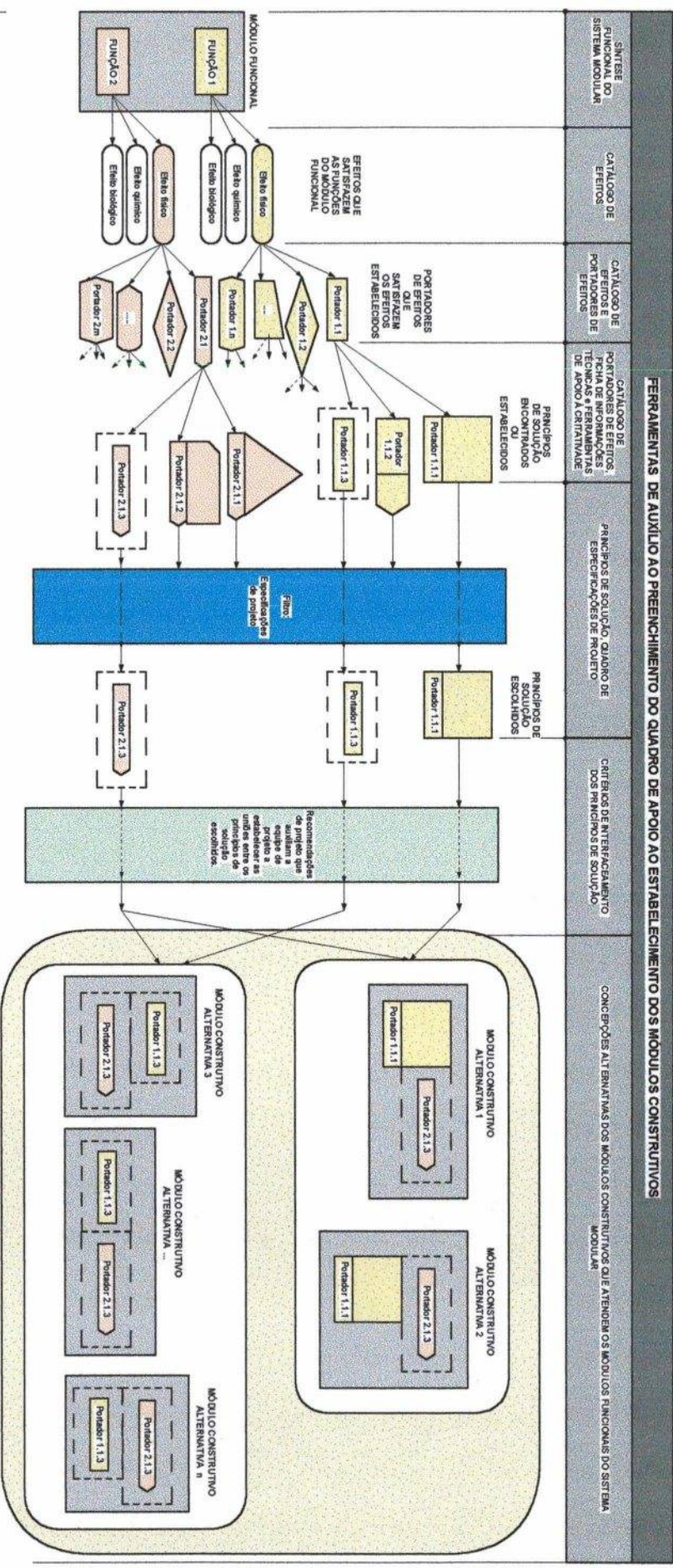


Figura 12.39. Matriz de concepção dos módulos construtivos (FERRAMENTA 5).

O resultado de todas estas atividades é o quadro mencionado na Figura 12.38, que ilustra um exemplo para o domínio de “usinas de lixo”, e que mostra ao final dois princípios de solução (correia transportadora e moinho de facas) que foram unidos, sob determinados critérios de projeto, para satisfazerem o módulo funcional básico denominado “processar matéria orgânica”.

Observação as Figuras 12.37 e 12.38 são ilustrativas e não foram desenvolvidas com o auxílio do SISMOD.





**LEGENDA**  
 Elementos com linhas contínuas representam os princípios de solução já existentes no mercado que contêm as funções dos módulos funcionais do sistema modular.  
 Elementos com linhas tracejadas representam os princípios de solução que foram desenvolvidos, visando contemplar as funções que compõem os módulos funcionais do sistema modular.

Figura 12.37. Exemplo das atividades a serem desenvolvidas pela equipe de projeto para estabelecer as concepções alternativas dos módulos construtivos do sistema modular.

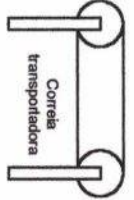
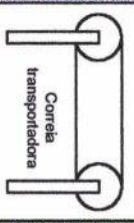
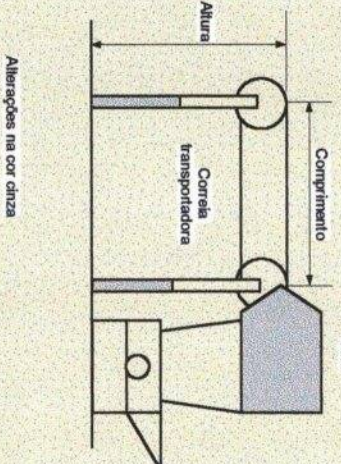



Módulos funcionais	Funções conflitantes no módulo	Efeitos que satisfazem os módulos ou as suas funções	Portadores dos efeitos	Princípios de solução	Ilustração dos princípios de solução	Especificações de projeto atendidas	Princípios de solução escolhidos	Critérios de interfaceamento a serem utilizados	Concepções alternativas dos módulos construtivos	Ilustrações dos módulos construtivos do sistema modular
Módulo básico 1: Processar matéria orgânica	Função 1: Movimentar matéria orgânica	Efeito físico: Deslocamento	Correia transportadora	Correia transportadora	 <p>Correia transportadora</p>	Peso, dimensões, transportabilidade, manuseabilidade.	 <p>Correia transportadora</p>	Semelhança de geometrias (alturas, larguras e comprimento), energia (energia elétrica), simultaneidade de materiais a movimentar e reduzir (matéria orgânica) e redução de problemas tais como: vibrações excessivas, corrosão dos materiais em contato com a matéria orgânica.	Correia transportadora acoplado a um triturador de facas	 <p>Módulo básico 1: Processar matéria orgânica</p> <p>Alterações na cor cinza</p>
Função 2: Reduzir granulometria	Efeitos físicos: Cisalhamento ou esmagamento	Faca, martelo, tesoura	Moinho de facas, facas, moinho de martelo	 <p>Moinho de facas</p>  <p>Moinho de martelo</p>	Peso, dimensões, capacidade de produção, transportabilidade, manuseabilidade.	 <p>Moinho de facas</p>				

Figura 13.38. Exemplo ilustrativo que mostra o resultado do preenchimento do quadro de apoio ao estabelecimento dos módulos construtivos do sistema modular no domínio de "usinas de lixo".

### 12.15 – APÊNDICE O: Matriz de Concepção do Sistema Modular

A **Matriz de Concepção do Sistema Modular** é uma ferramenta de auxílio a geração das concepções alternativas do sistema modular. Basicamente é formada por três campos, a saber:

- 1) **as linhas:** formadas pelos módulos funcionais que compõem a alternativa de estrutura funcional escolhida para atender o problema de projeto;
- 2) **as colunas:** formadas pelos módulos construtivos associados a cada um dos módulos funcionais da alternativa de estrutura funcional escolhida para atender o problema de projeto, e
- 3) **a área de estabelecimento das alternativas de concepção de cada variante da função global do sistema modular:** Ambiente onde são realizados os relacionamentos entre os módulos funcionais e os módulos construtivos, visando estabelecer a composição final que deverá atender o problema de projeto.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se a Figura 12.40 que mostra o modelo desta matriz de concepção.

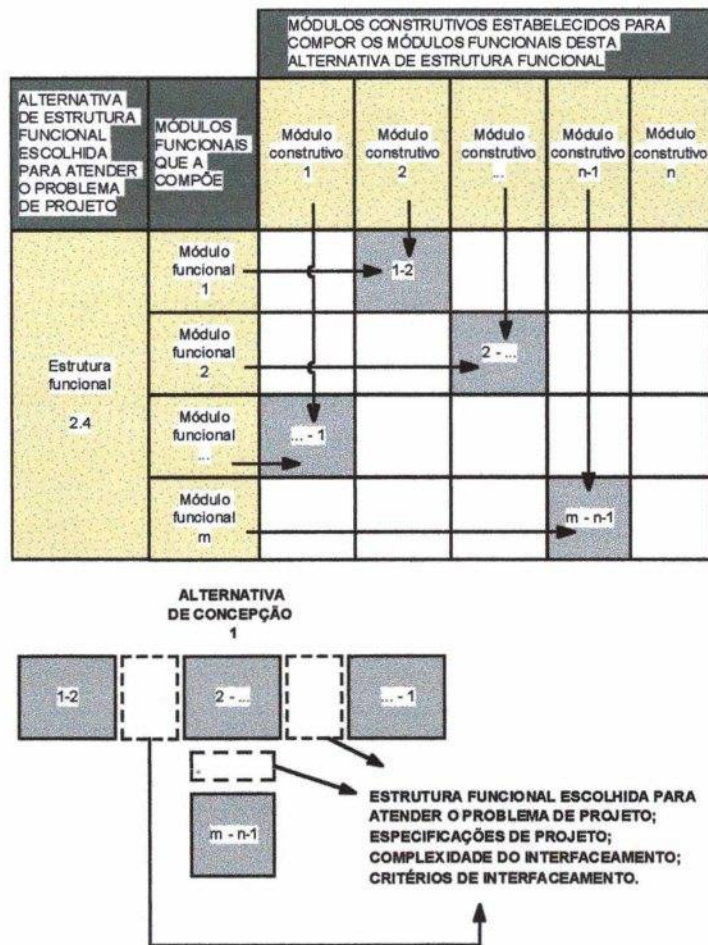


Figura 12.40. Matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).

Para implementar computacionalmente esta matriz foi preciso desenvolver outros três documentos destinados a:

1) registrar numa única tela informações sobre a variante da função global na qual se situam os desejos e necessidades dos clientes do projeto; os módulos funcionais que a compõem e os seus respectivos módulos construtivos associados a cada um desses módulos funcionais;

2) registrar noutra tela as informações sobre os módulos funcionais que compõem a variante da função global; os respectivos módulos construtivos escolhidos a compor tal variante e outras informações sobre a possibilidade de unir os módulos construtivos uns com os outros, a fim de gerar a concepção construtiva da alternativa de estrutura funcional escolhida para atender o problema de projeto e, por fim,

3) registrar noutra tela as duas melhores alternativas de concepção construtiva destinadas a satisfazer a demanda inicial.

Para maiores esclarecimentos apresentam as Figuras 12.41, 12.42 e 12.43 que mostram respectivamente os documentos 1, 2 e 3 elaborados.

Denominação da variante da função global do sistema modular

Alternativa de concepção No.

Módulos funcionais que compõem esta variante da função global

Módulo funcional 1	básico
...	...
Módulo funcional n	auxiliar

Classificação dos módulos funcionais

Módulos construtivos associados a cada módulo funcional da variante da função global

Módulo básico 1	Módulo básico 2	...	Módulo básico n
...	...	...	...
Módulo auxiliar 1	Módulo auxiliar 2	...	Módulo auxiliar n

Figura 12.41. Documento 1 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).

Na Figura 12.42, o campo “denominação da variante da função global do sistema modular”, destina-se a registrar de maneira sucinta a ação principal desta variante; o campo “alternativa de concepção”, destina-se a registrar o número da alternativa de concepção que está sendo gerada; o campo “módulos funcionais que compõem esta variante da função global”, destina-se a registrar todos os módulos que a fazem parte desta variante e o campo “módulos construtivos associados a cada módulo funcional da variante da função global”, destina-se a relacionar aqueles módulos construtivos mais adequados à concepção de cada um desses módulos funcionais.

Na Figura 12.43, repete-se a denominação da variante da função global do sistema modular e do número da alternativa de concepção, assim como os módulos funcionais que compõem esta variante. No campo destinado aos módulos construtivos escolhidos registra-se, por módulo funcional, a alternativa construtiva mais adequada a concebê-lo. No campo destinado ao interfaceamento entre os módulos construtivos, inicialmente, registram-se e relacionam-se todos os módulos construtivos escolhidos para compor a variante da função global em estudo. Posteriormente analisa-se, para cada união entre módulos, a complexidade deste interfaceamento, justificando esta análise e, por fim, apontam-se os critérios de interfaceamento a serem atendidos para que seja possível a união entre estes módulos construtivos.

Denominação da variante da função global do sistema modular		Alternativa de concepção No.												
Módulos funcionais que compõe esta variante da função global	Módulos construtivos escolhidos	Classificação dos módulos construtivos												
Módulo funcional 1	Módulo funcional 1	básico												
...	...	...												
Módulo funcional n	Módulo funcional n	auxiliar												
Interfaceamento entre os módulos construtivos														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">Módulos construtivos escolhidos</td> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">Acoplar</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">Módulos construtivos escolhidos</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Módulo funcional 1</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Módulo funcional 1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Módulo funcional n</td> <td style="text-align: center;">→</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Módulo funcional n</td> </tr> </table>			Módulos construtivos escolhidos	Acoplar	Módulos construtivos escolhidos	Módulo funcional 1	→	Módulo funcional 1	...	→	...	Módulo funcional n	→	Módulo funcional n
Módulos construtivos escolhidos	Acoplar	Módulos construtivos escolhidos												
Módulo funcional 1	→	Módulo funcional 1												
...	→	...												
Módulo funcional n	→	Módulo funcional n												
Complexidade do interfaceamento entre os módulos construtivos	Justificativas	Critérios de interfaceamento a atender												
<input type="radio"/> Baixa complexidade (1) <input type="radio"/> média complexidade (3) <input type="radio"/> Alta complexidade (5)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Semelhança entre as estruturas funcionais e físicas do sistema modular</td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Redução dos problemas que podem ocorrer na união física entre os módulos construtivos</td> <td></td> </tr> </table>	Semelhança entre as estruturas funcionais e físicas do sistema modular		Redução dos problemas que podem ocorrer na união física entre os módulos construtivos									
Semelhança entre as estruturas funcionais e físicas do sistema modular														
Redução dos problemas que podem ocorrer na união física entre os módulos construtivos														

Figura 12.42. Documento 2 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).

Durante este processo de análise da complexidade de interfaceamento, o sistema computacional faz uso da **equação 12.5** e de algumas regras para selecionar as duas melhores alternativas construtivas para esta variante da função global. A razão para escolher apenas duas alternativas de concepção e não mais do que duas, está na necessidade de reduzir o tempo de desenvolvimento do projeto e na concentração de esforços nas alternativas mais promissoras para o desenvolvimento do sistema modular.

$$GDRC = \frac{NTAC}{\sum CIEM} + \sum NVMC \tag{12.5}$$

Onde:

GDRC = Grau de Dificuldade de Realização da Concepção.

NTAC = Número Total de Acoplamentos da Concepção.

$\sum CIEM$  = Somatório das Complexidades dos Interfaceamentos Entre Módulos.

$\sum NVMC$  = Somatório do Número de Vezes em que foram encontradas as Maiores Complexidades de interfaceamento da concepção. Observação: Este termo sai desta equação quando todos os interfaceamentos entre módulos receberem grau de complexidade baixo, isto é, só valores iguais a 1.

**Regra 12.4:** Quanto menor for o valor de GDRC melhor será a alternativa de concepção, ou seja, mais realizável construtivamente ela será.

**Regra 12.5:** SE o resultado da equação 12.5 para a primeira concepção escolhida (concepção 1) for menor do que o resultado da segunda concepção (concepção 2),

**ENTÃO** a concepção 1 **pode ser** considerada a melhor alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular,

**Regra 12.6: E SE** a concepção dos interfaceamento entre módulos destas duas concepções selecionadas (concepções 1 e 2) envolver só níveis de complexidade iguais, ou seja, só altos, médios ou baixos,

**ENTÃO pode-se afirmar** que o menor valor obtido com a **equação 12.5** assegurará a melhor alternativa de concepção de projeto e para tanto deve-se inserir junto com este valor as mensagens informando os valores calculado e o nível de complexidade de realização destas concepções (nível alto, médio ou baixo).

**Regra 12.7: SENÃO SE** a concepção dos interfaceamento entre módulos destas duas concepções selecionadas (concepções 1 e 2) envolver níveis de complexidade diferentes, ou seja, alto e médios, médios e baixos ou baixos e altos,

**ENTÃO** a concepção a ser escolhida será aquela que envolver os menores níveis de complexidades.

Após concluídas estas atividades o sistema computacional apresenta o terceiro documento destacando as duas melhores alternativas de concepção geradas, resgatando todas as justificativas dadas durante o desenvolvimento de tais concepções (Figura 12.43).

Denominação da variante da função global do sistema modular		
Módulos funcionais que compõe a estrutura funcional da variante da função global do sistema modular	Alternativa de concepção 1	Alternativa de concepção 2
Grau de dificuldade de realização da alternativa de concepção		
Justificativas		

Figura 12.43. Documento 3 de apoio ao preenchimento da matriz de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 6).

Com a apresentação deste último documento, encerra-se o processo de concepção das alternativas construtivas para a estrutura funcional escolhida que melhor atende o problema de projeto, encaminhando-as para o estágio de avaliação técnica e econômica, a fim de identificar qual destas duas alternativas construtivas será a escolhida para a fase do projeto preliminar.

## 12.16 – APÊNDICE P: Avaliador das Concepções Construtivas do Sistema Modular

O **Avaliador das Concepções Construtivas do Sistema Modular** é uma ferramenta de auxílio a escolha da melhor alternativa de construção do sistema modular.

Esta ferramenta é formada por quatro documentos básicos baseados em FERREIRA (1997), a saber:

1) **caracterização das alternativas de concepção do sistema modular** cuja função principal é registrar por módulo construtivo estabelecido seus principais componentes, materiais constituintes, processos de produção empregados ou que podem ser utilizados em sua construção física e demais informações que conduzam a realização construtiva deste referido módulo e, conseqüentemente, de cada alternativa de estrutura funcional de cada variante da função global do sistema modular.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se a Figura 12.44 que mostra o primeiro destes documentos de apoio à seleção da concepção construtiva do sistema modular.

Denominação da variante da função global do sistema modular		Alternativa de concepção No.		
<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Descrição da concepção				
<input type="text"/>				
Características da concepção escolhida				
Módulos construtivos	Principais componentes do módulo	Materiais constituintes	Processos de produção	Outras informações
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 12.44. Caracterização das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 7).

2) **estimativa de custo das alternativas de concepção do sistema modular** que objetiva auxiliar os projetistas a avaliarem economicamente as concepções geradas a partir de informações de mercado sobre módulos prontos, componentes desses módulos, materiais constituintes, custo dos processos de fabricação, custo de montagem e testes de cada módulo de cada variante da função global. Ao final, com a avaliação individual de cada um desses módulos, estima-se o custo das alternativas de concepção geradas para cada alternativa de estrutura funcional de cada variante da função global do sistema modular.

Para maiores esclarecimentos apresenta-se na Figura 12.45 o segundo destes documentos de auxílio ao processo de projeto do sistema modular.

Denominação da variante da função global do sistema modular						Alternativa de concepção No.	
Campo 1						Campo 2	
Descrição da concepção						Custo meta	
Campo 3						Campo 4	
Custo estimado da concepção							
Módulos construtivos	Custo dos módulos prontos	Principais componentes dos módulos	Custo dos materiais constituintes	Custo dos processos de fabricação	Custo das montagens	Custo dos testes	Custo total do módulo
Campo 5	Campo 6	Campo 7	Campo 8	C 9	C 10	C 11	C 12
CUSTO TOTAL ESTIMADO DA CONCEPÇÃO							C 13

Figura 12.45. Estimativa de custo das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA 7).

Nesta Figura, a estimativa do custo total do módulo é determinado pela equação 12.6.

$$C_{12} = \sum_7^m \sum_1^n EC_{m,n} \quad m = 7, 8, 9, 10 \text{ e } 11 \text{ e } n = 1, 2, \dots \quad (12.6)$$

Onde:

$C_{12}$  = Estimativa do custo total do módulo.

$m$  = Campo da tabela que está sendo preenchido com a estimativa de custo.

$n$  = Número do componente ou material constituinte ou processo de fabricação ou montagem ou teste que está sendo estimado em cada campo da tabela, mostrada na Figura 13.37.

$EC_{m,n}$  = Estimativa de custo dos campos 7, 8, 9, 10 e 11 da tabela mostrada na Figura 13.37.

$\sum C_{7,n} = C_{7.1} + C_{7.2} + \dots + C_{7,n}$  = Somatório das estimativas de custo dos principais componentes (campo 7) dos  $n$  módulos construtivos de cada alternativa de concepção das variantes da função global do sistema modular.

$\sum C_{8,n} = C_{8.1} + C_{8.2} + \dots + C_{8,n}$  = Somatório das estimativas de custo dos materiais constituintes (campo 8) de cada componente dos módulos construtivos de cada alternativa de concepção das variantes da função global do sistema modular.

$\sum C_{9,n} = C_{9.1} + C_{9.2} + \dots + C_{9,n}$  = Somatório das estimativas de custo dos processos de fabricação (campo 9) de cada módulo construtivo das alternativas das variantes da função global do sistema modular.

$\sum C_{10,n} = C_{10.1} + C_{10.2} + \dots + C_{10,n}$  = Somatório das estimativas de custo das montagens (campo 10) de cada módulo construtivo das alternativas das variantes da função global do sistema modular.

$\sum C_{11,n} = C_{11.1} + C_{11.2} + \dots + C_{11,n}$  = Somatório das estimativas de custo dos testes (campo 11) de cada módulo construtivo das alternativas das variantes da função global do sistema modular.



O campo de número 12 se destina a registrar o somatório das estimativas totais de cada módulo construtivo, as quais terminam por estimar o custo da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.

Logo, o campo 13 é determinado pela equação 12.7.

$$C_{13} = \sum_1^n C_{12_n} \quad n = 1, 2, \dots \quad (12.7)$$

3) **avaliação técnica das alternativas de concepção do sistema modular** tem por objetivo auxiliar a equipe de projeto a escolher, através de critérios técnicos, a melhor alternativa de concepção de projeto para cada variante do sistema modular.

Sob este enfoque, são avaliados os requisitos de projeto contemplados por cada módulo do sistema modular; o peso relativo de cada requisito de projeto e os módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto estabelecidos no início do projeto.

Para maiores informações apresenta-se na Figura 12.46 o terceiro destes documentos de auxílio ao processo de projeto do sistema modular.

Denominação da variante da função global do sistema modular				Alternativa de concepção No.
Campo 1			Campo 2	
Descrição da concepção				
Campo 3				
Avaliação técnica das concepções				
Módulos construtivos	Requisitos de projeto contemplados pelo módulo	Peso relativo dos requisitos de projeto	Avaliação dos módulos construtivos com relação aos requisitos de projeto	Total da avaliação por módulo
Campo 4	Campo 5	Campo 6	Campo 7	Campo 8
AVALIAÇÃO TÉCNICA TOTAL DA CONCEPÇÃO				Campo 9

Figura 12.46. Avaliação técnica das alternativas de concepção do sistema modular (FERRAMENTA7).

O preenchimento dos campos 1, 2 e 3 são os mesmos da Figura 12.45, bastando tão somente importá-los para os respectivos campos da Figura 12.46.

O preenchimento dos campos 4 e 6 é realizado de maneira automática pelo sistema computacional, importando tais informações de sua base de dados.

O preenchimento do campo 5, deste documento, é realizado manualmente pelo usuário do sistema computacional, a partir das recomendações mencionadas na Figura 12.29.

O preenchimento do campo 7 é realizado com base na Tabela 12.9 que apresenta os critérios de auxílio à equipe de projeto na avaliação do quanto cada requisito de projeto é contemplado em relação ao módulo construtivo em análise.

Tabela 12.9. Critérios de avaliação do quanto os requisitos de projeto são contemplados em relação ao módulo construtivo em análise.

Avaliação qualitativa	Avaliação Quantitativa correspondente
Atende muito bem	5
Atende parcialmente	3
Atende muito pouco	1

Já o campo 8 é realizado de forma automática pelo sistema computacional com base na **equação 12.7**.

$$C_8 = \sum_1^{n_r} (C_{6,n_r} \times C_{7,n_r}) \quad n = 1, 2, \dots \quad (12.7)$$

Onde:

$C_8$  = Avaliação técnica total de cada módulo construtivo de cada alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.

$C_{6,n_r}$  = Avaliação técnica dos requisitos de projeto preenchidos no campo 6 da tabela mostrada na Figura 12.46.

$C_{7,n_r}$  = Avaliação técnica dos módulos construtivos frente aos requisitos de projeto contemplados preenchidos no campo 7 da tabela mostrada na Figura 12.46.

$n_r$  = Número de requisitos de projeto contemplados com o módulo construtivo.

O campo 9 se destina a registrar o somatório de todas as avaliações técnicas de cada módulo construtivo de cada variante da função global do sistema modular, visando estabelecer um índice total para a concepção como um todo.

A equação que auxilia neste índice total é a **equação 12.8**.

$$C_9 = \sum_1^{n_m} C_{8,n} / mv \quad n = 1, 2, \dots \quad (12.8)$$

Onde:

$C_9$  = Avaliação técnica total da alternativa de concepção de projeto de cada variante da função global do sistema modular.

$C_{8,n}$  = Avaliações totais dos módulos que compõe a alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.

$mv$  = Maior valor encontrado na coluna dos pesos relativos dos requisitos de projeto.

$n_m$  = Número de módulos que compõe a alternativa de concepção.

4) **matriz de seleção da melhor alternativa de concepção construtiva para a demanda inicial** é uma ferramenta que relaciona as duas melhores concepções de projeto destinadas a atender a demanda inicial com os critérios de auxílio à decisão (classificação segundo o custo meta, classificação segundo o

índice técnico e classificação segundo o custo estimado e o índice técnico), a fim de dar suporte aos projetistas na escolha da concepção construtiva mais adequada a ser levada à fase do projeto preliminar.

A Figura 12.47 fornece maiores informações sobre tal documento.

CONCEPÇÕES AVALIADAS	Classificação segundo o custo-meta	Classificação segundo o índice técnico	Classificação segundo o custo estimado e o índice técnico	Selecionar a melhor concepção
Concepção 1	Campo 1	Campo 2	Campo 3	
Concepção 2				<input type="radio"/>

Justificativas da escolha

Campo 5

Figura 12.47. Matriz de seleção da melhor alternativa de concepção construtiva para a demanda inicial (FERRAMENTA 7).

Na apresentação deste documento as informações que correspondem às concepções avaliadas devem ser importadas da Figura 12.43 e as demais informações obtidas da seguinte maneira:

**Classificação segundo o custo meta:** o preenchimento deste campo é realizado com auxílio da equação 12.9 e das Regras 12.8, 12.9 e 12.10 apresentadas a seguir.

$$C_1 = CMA - CEA \tag{12.9}$$

Onde:

C1 = Classificação da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular segundo o custo meta de desenvolvimento do projeto.

CMA = Custo meta da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular estipulado no início do projeto.

CEA = Custo estimado da alternativa de concepção da variante da função global do sistema modular.

**Regra 12.8:** SE os resultados da equação 12.9 forem positivos para ambas as concepções E o (valor da concepção 1) > (valor da concepção 2)

ENTÃO deve-se inserir as seguintes mensagens no campo 1:

Concepções avaliadas	Mensagem a inserir no campo 1 da Figura 12.47
Concepção 1	Melhor – Economia de X reais.
Concepção 2	Pior – Economia de Y reais.

SENÃO inverter as mensagens.

**Regra 12.9:** SE os resultados da operação da **equação 12.9** forem negativos para ambas as concepções E o (valor da concepção 1) < (valor da concepção 2) em módulo, **ENTÃO** deve-se inserir as seguintes mensagens no campo 1:

Concepções avaliadas	Mensagem a inserir no campo 1 da Figura 12.47
Concepção 1	Melhor – Acréscimo de X reais.
Concepção 2	Pior – Acréscimo de Y reais.

**SENÃO** inverter as mensagens.

**Regra 12.10:** SE os resultados da operação da **equação 12.9** tiverem sinais diferentes E SE o (valor da concepção 1) for negativo e o (valor da concepção 2) for positivo, **ENTÃO** deve-se inserir as seguintes mensagens no campo 1:

Concepções avaliadas	Mensagem a inserir no campo 1 da Figura 12.47
Concepção 1	Pior – Acréscimo de X reais.
Concepção 2	Melhor – Economia de Y reais.

**SENÃO** inverter as mensagens.

**Classificação segundo o índice técnico:** o preenchimento deste campo é feito importando o valor obtido no campo 9 (C 9) do documento apresentado na Figura 12.47, para ambas as concepções em avaliação.

**Classificação segundo o custo estimado e o índice técnico:** para o preenchimento deste campo lança-se mãos da **equação 12.10** e da **Regra 12.11** apresentada a seguir.

$$C3_{na} = (C9_{na}) / (CEA_{na} \times 100) \quad n_a = 1, 2. \quad (12.10)$$

Onde:

$C3_{na}$  = Classificação das alternativas de concepção das variantes da função global do sistema modular segundo o custo estimado e a avaliação técnica total.

$n_a$  = Número de alternativas em avaliação selecionadas pelo SISMOD.

**Regra 12.11:** SE o resultado da operação da **equação 12.10** para a (concepção 1) < (concepção 2), **ENTÃO** deve-se inserir as seguintes mensagens no campo 3:

Concepções avaliadas	Mensagem a inserir no campo 3 da Figura 12.47
Concepção 1	Melhor concepção .
Concepção 2	Pior concepção.

**SENÃO** inverter as mensagens.

Com base nestas informações, obtidas com o preenchimento dos campos 1, 2 e 3 do documento apresentado na Figura 12.47, decide-se por uma ou outra alternativa de projeto (campo 4), justificando esta decisão no campo 5.

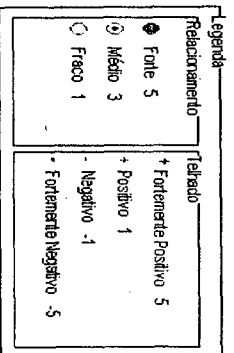
Concluída esta atividade a equipe de projeto pode imprimir um documento final resumindo as principais informações que culminaram com a escolha da alternativa de concepção para a variante da

função global do sistema modular e, com isto, iniciar o projeto preliminar da mesma. Para maiores informações ver Figura 12.48.

NEDIP		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
Ordem de Serviço No. ____ / ____		Tipo de projeto:  Contratante:	
Endereço: CPF/CGC No: Contato: Cargo/função Inscrição Estadual:		Telefone: Fax  E-mail:	
Informações do contratante Pedido:		Restrições:	
<b>CONCEPÇÃO CONSTRUTIVA ESCOLHIDA PARA ATENDER O PROBLEMA DE PROJETO</b>			
Variante No. ____		Descrição da variante:	
Módulos funcionais que compõe a variante	Módulos construtivos estabelecidos para compor a variante	Grau de dificuldade de realização da concepção	Justificativas do grau de dificuldade
Classificação da concepção segundo o custo-meta	Classificação da concepção segundo o índice técnico	Classificação da concepção segundo o custo estimado e o índice técnico	Justificativas finais para a escolha desta concepção de projeto

Figura 12.48. Relatório final da fase do projeto conceitual do sistema modular (FERRAMENTA 7).

**ANEXOS**



Q Quest

Q Quest

Nec. sobre UFRSD	Projeto
Projeto simples	Projeto simples
Confiabilidade operacional	Confiabilidade operacional
Confiabilidade funcional	Confiabilidade funcional
Adequado às Normas Técnicas	Adequado às Normas Técnicas
Custo de projeto baixo	Custo de projeto baixo
Custo de produção baixo	Custo de produção baixo
Fabricação fácil e rápida	Fabricação fácil e rápida
Montagem fácil e rápida	Montagem fácil e rápida
Teste	Fácil de testar
Uso	Processo lido rápido
	Aguaque valor aos resíduos
	Atenda demandas variáveis de resíduos
	Possa ser ampliado com a necessidade
	Possa variar o no. de máq. com a necessidade
	Possa variar o no. de func. com a necessidade
	Maintenance não deve interromper a produção
	possibilidade de adquirir as UFRSD por parte
	Atenda condições socio-econômicas dos mun
	Tenham uma boa aparência
	Sejam localizadas fora dos municípios
	Funcionem em dois turnos de trabalho
	Sejam queridas por poucas pessoas
	Tenham seus excessos pavimentados
	Sejam construídas c/ estruturas pré-fabricadas
	Melhore as condições sanitárias do município
	Implantação possa gerar 1 coop. de resíduos
	Oparem garfias de uso e assist. técnica
	A manutenção seja fácil e rápida
	As UFRSD deem pouca manutenção
	O sistema seja fácil de higienizar
	O sistema seja fácil de desmontar e montar

Importância do Requisito

Importância do Requisito

(com belhano)

17317.68	457
6898.53	295
7204.58	199
31484.72	893
2591.45	75
19352.98	558
9373.81	337
6768.55	210
5594.41	190
8494.92	475
20798.2	509
6643.05	220
4121.98	125
5234.94	170
2157.02	61
2128.55	60
2128.55	60
22249.91	601
18379.47	546
4287.92	130
10199.04	326
18902.32	326
13963.22	344
9099.97	230
21733.21	598
16989.37	329
14483.38	282
14740.62	327
7413.21	130
5527.08	151
23926.01	430
8476.1	277
4736.92	150
3470.5	80
31678.07	743
12107.24	274
22118.06	553
9069.61	289
7209.93	171
7065.69	305
10326.26	492

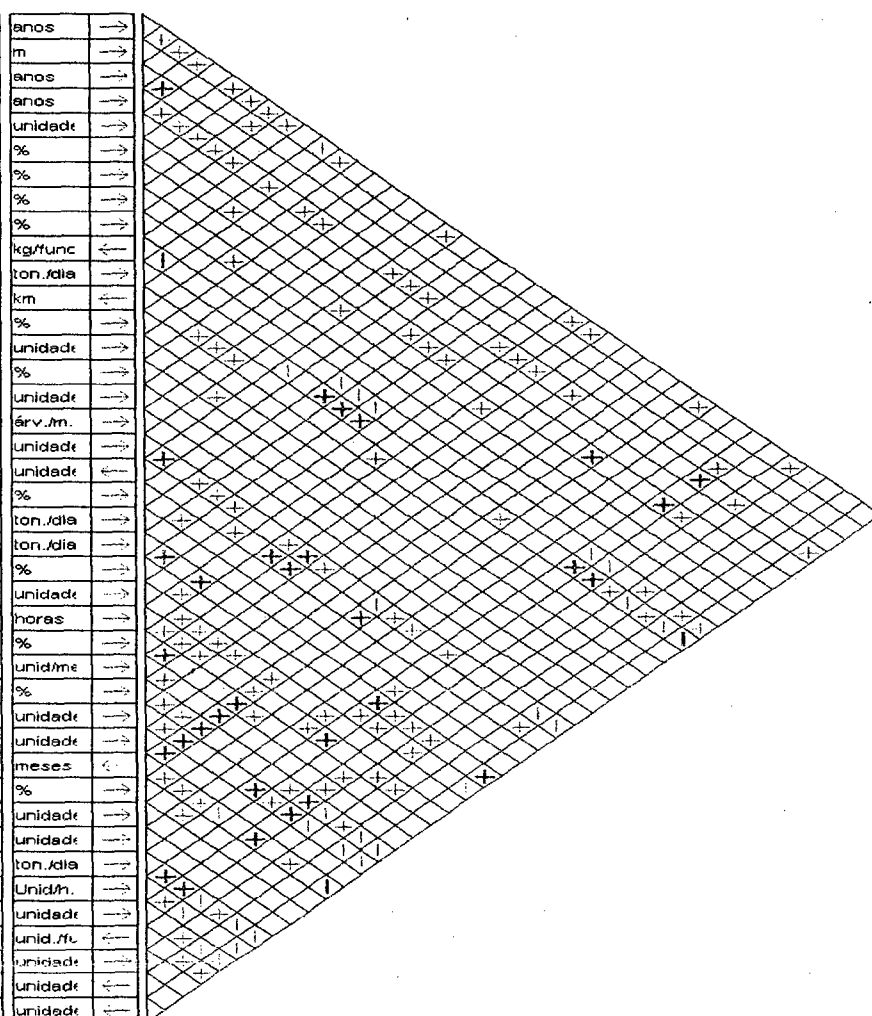
23.03
29.23
28.23
28.26
27.23
26.19
33.88

Clas. Con.

Req. de manutenção	durabilidade	anos
	acessibilidade	m
	assistência técnica	anos
	garantias de uso	anos
	divulgação dos resultados	unidadt
	controle do processo	%
	quant. estrut. pré-fabric	%
	pavimentação vias int.	%
	pavimentação vias ext.	%
	quant. res. separar/dia	kg/func
	quant. res. processar/dia	ton./dia
	dist. do centro prod. res	km
	áreas limpas	%
	ambientes reguláveis	unidadt
	cores claras	%
	número de jardins	unidadt
	cerca verde	árv./m.
	combinações possíveis	unidadt
	no. de mód. do sist. mod.	unidadt
	embalagens adequadas	%
	reciclagem da mat. org.	ton./dia
	beneficiamento dos inerte	ton./dia
	separação dos inertes	%
Req. de testes	quant. de teste por mód.	unidadt
Req. de montagem	treinamento da mão-de-obr	horas
	montagem por encaixe	%
	seqüência lóg. de mont.	unidad/me
Req. de fabricação	serviços em paralelo	%
	no. de células de fabricaç	unidadt
	no. módulos terceirizados	unidadt
	tempos de produção	meses
	materiais padronizados	%
Req. de projeto	número de fornecedores	unidadt
	quant. Normas consultadas	unidadt
	capacidade de produção	ton./dia
	rodízio de funcionários	Unid/h.
	redundância de máquinas	unidadt
	no. de funções a executar	unid./fu
	número de EPI/EPC	unidadt
	quantidade de setores	unidadt
	número de máquinas	unidadt

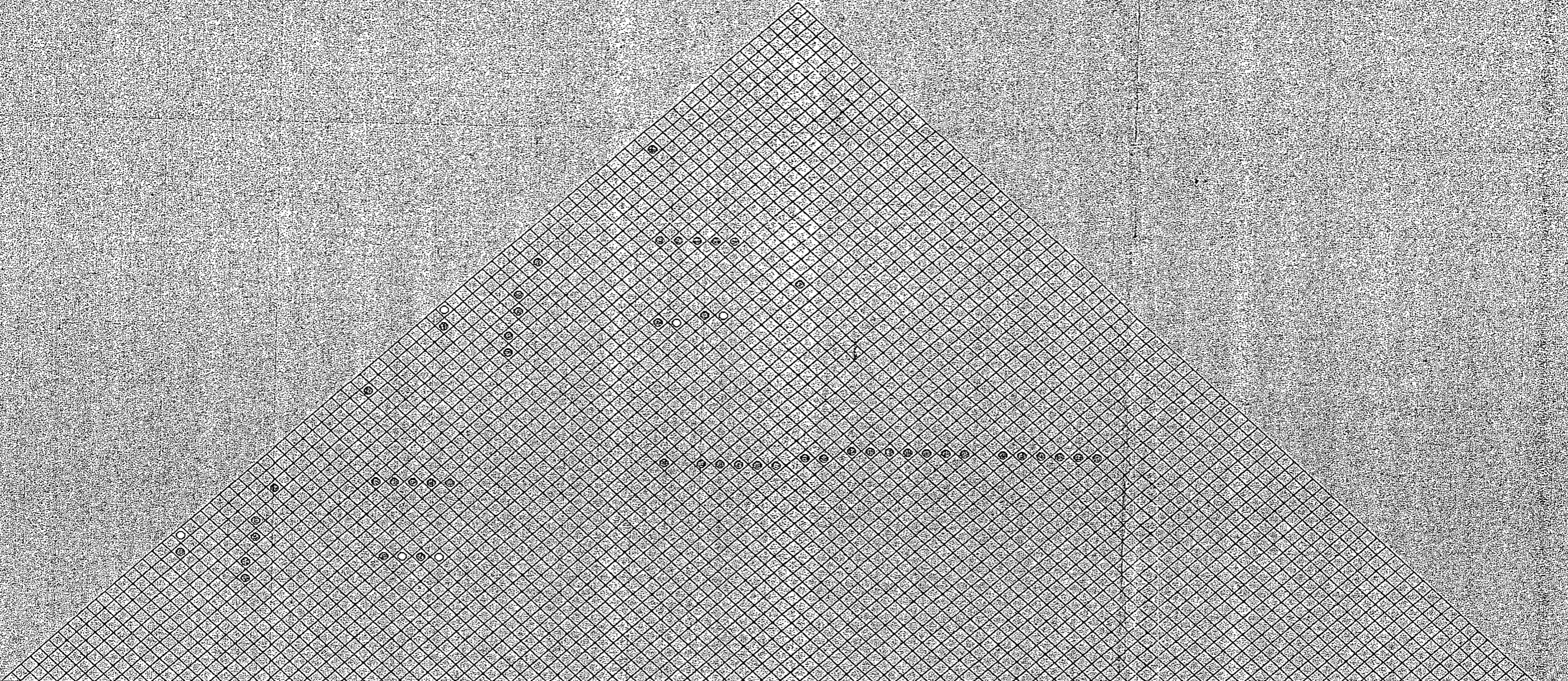
SISTEMA G
SISTEMA F
SISTEMA E
SISTEMA D
SISTEMA C
SISTEMA B
SISTEMA A

Produtos Concorrentes



Anexo A. Matriz da casa da qualidade aplicada no desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares.

Descrição	FGB	Funções Elementares
As unidades de processamento de resíduos (usinas de lixiviação e/ou unidades de unidades volantes, máquinas, equipamentos, municipais p...	FGV1	FGV1.5.1 FGV1.7.1 FGV1.9 FGV1.8 FGV1.6 FGV1.2 FGV1.1 FGV1.7.65 FGV1.7.66 FGV1.7.67 FGV1.7.68 FGV1.7.69 FGV1.5.71 FGV1.5.72 FGV1.5.73 FGV1.5.74 FGV1.7.70
	FGV2	FGV2.14.1 FGV2.11.1 FGV2.1 FGV2.3 FGV2.12 FGV2.13 FGV2.15 FGV2.16 FGV2.18 FGV2.19 FGV2.20 FGV2.11.76 FGV2.11.77 FGV2.11.78 FGV2.11.79 FGV2.14.81 FGV2.14.82 FGV2.14.83 FGV2.14.84 FGV2.14.85 FGV2.14.86 FGV2.14.87 FGV2.14.88 FGV2.14.89 FGV2.14.90 FGV2.14.91 FGV2.14.92
	FGV3	FGV3.31.1 FGV3.25.1 FGV3.22.1 FGV3.1 FGV3.4 FGV3.23 FGV3.24 FGV3.26 FGV3.27 FGV3.28 FGV3.29 FGV3.30 FGV3.32 FGV3.22.94 FGV3.22.95 FGV3.22.96 FGV3.22.97 FGV3.22.98 FGV3.25.100 FGV3.25.101 FGV3.25.102 FGV3.25.103 FGV3.25.104 FGV3.25.105 FGV3.25.106 FGV3.25.107 FGV3.25.108 FGV3.25.109 FGV3.25.110 FGV3.25.111 FGV3.31.113 FGV3.31.114 FGV3.31.115 FGV3.31.116 FGV3.31.117 FGV3.31.118 FGV3.31.119 FGV3.31.120 FGV3.31.121 FGV3.31.122



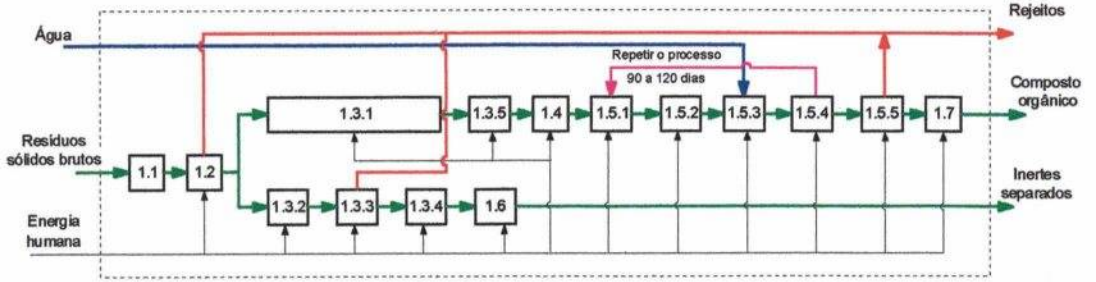
Anexo B. Matriz de similaridade de funções do sistema modular de unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares



**Anexo C – Estruturas funcionais do sistema modular de UPRSD**

Anexo C. Alternativas de estruturas funcionais da **variante 1**.

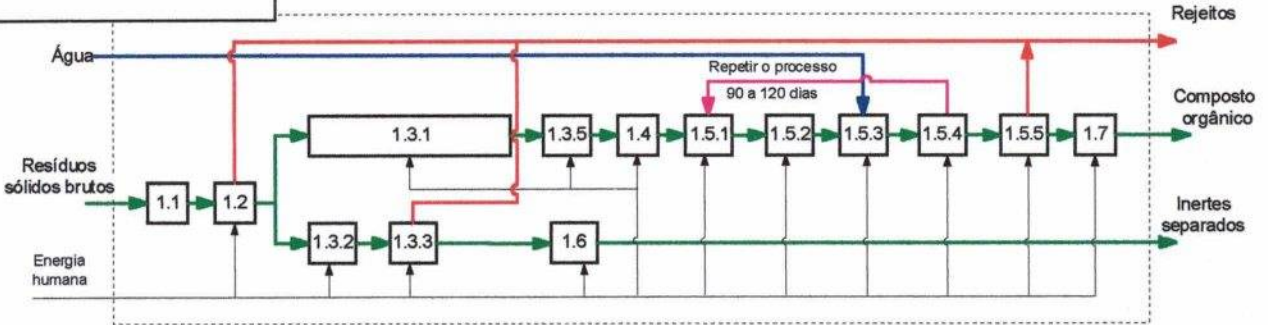
Estrutura funcional 1.1



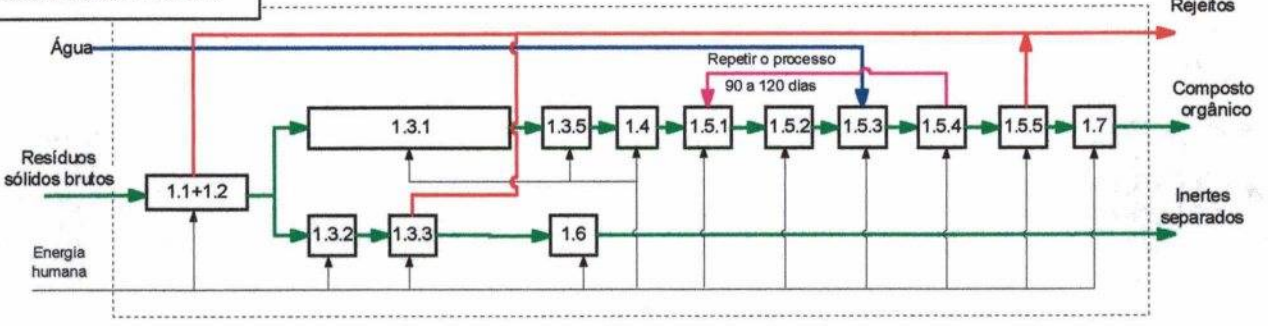
Legenda:

1.1	Receber resíduos brutos	1.5.1	Amontoar matéria orgânica
1.2	Alimentar sistema	1.5.2	Formar leiras
1.3.1	Movimentar resíduos brutos	1.5.3	Molhar leiras
1.3.2	Identificar materiais	1.5.4	Revirar leiras periodicamente
1.3.3	Catar materiais	1.5.5	Amontoar composto orgânico
1.3.4	Armazenar temporariamente materiais	1.7	Armazenar composto orgânico
1.3.5	Movimentar matéria orgânica	1.6	Armazenar inertes
1.4	Pesar matéria orgânica		

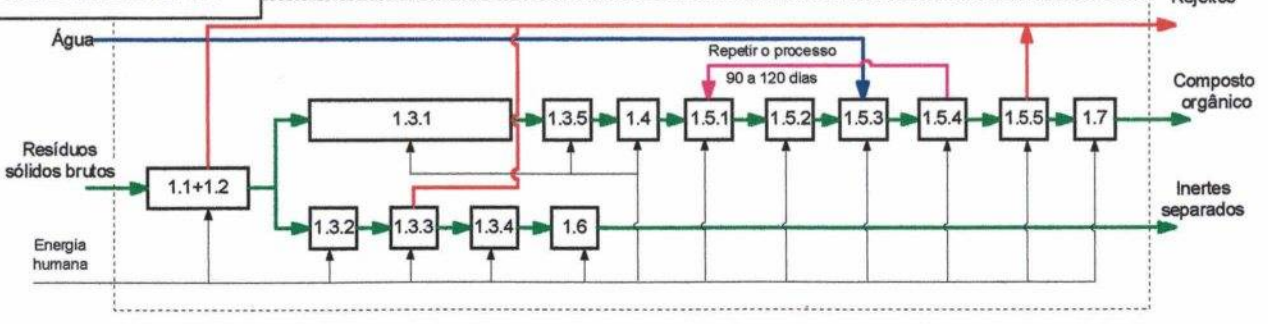
Estrutura funcional 1.2



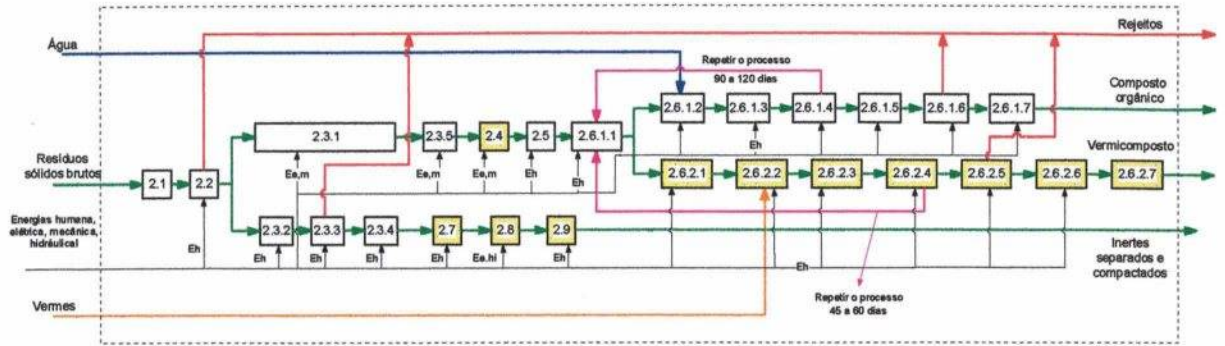
Estrutura funcional 1.3



Estrutura funcional 1.4



Anexo C. Alternativas de estruturas funcionais da variante 2.

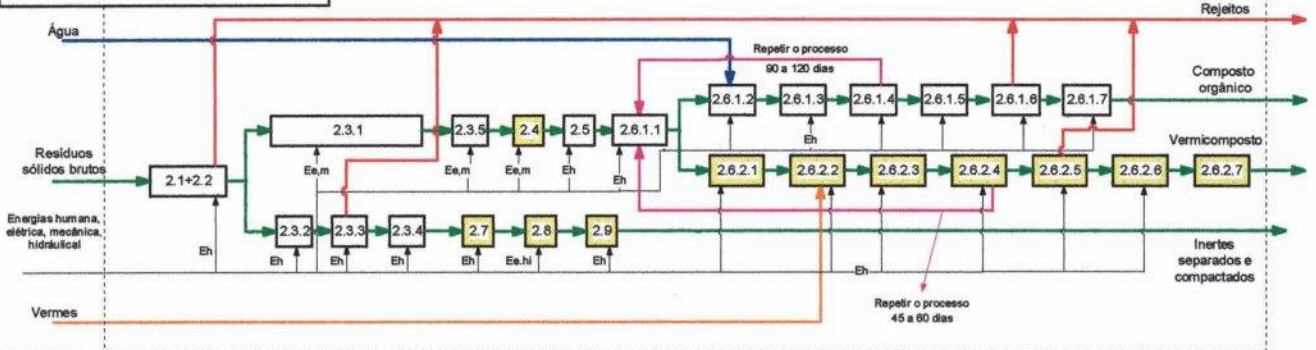


Legenda:

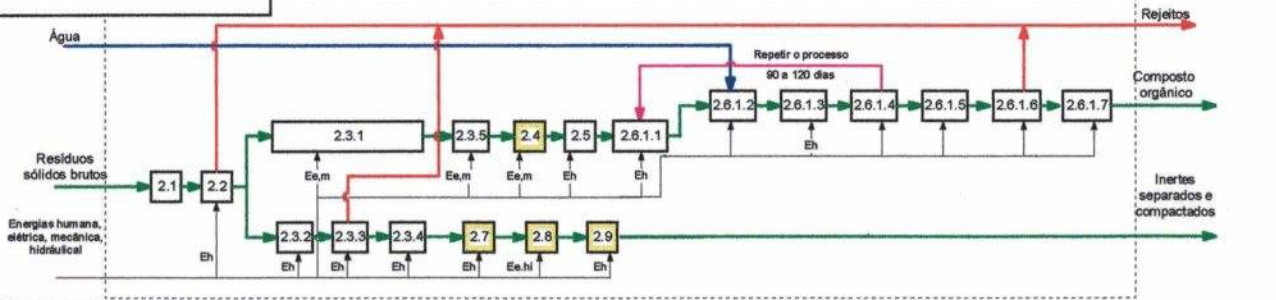
2.1	Receber resíduos brutos	2.6.1.1	Amontoar matéria orgânica	2.6.2.3	Abrigar dos efeitos da luz
2.2	Alimentar sistema	2.6.1.2	Formar leiras	2.6.2.4	Controlar quantidade de matéria orgânica
2.3.1	Movimentar resíduos brutos	2.6.1.3	Molhar leiras	2.6.2.5	Amontoar vermicomposto
2.3.2	Identificar materiais	2.6.1.4	Revirar leiras periodicamente	2.6.2.6	Classificar vermicomposto
2.3.3	Catar materiais	2.6.1.5	Amontoar composto orgânico	2.6.2.7	Armazenar vermicomposto
2.3.4	Armazenar temporariamente materiais	2.6.1.6	Classificar composto orgânico	2.7	Armazenar inertes
2.3.5	Movimentar matéria orgânica	2.6.1.7	Armazenar composto orgânico	2.8	Compactar inertes
2.4	Fragmentar matéria orgânica	2.6.2.1	Formar canteiros	2.9	Armazenar fardos
2.5	Pesar matéria orgânica	2.6.2.2	Introduzir vermes		

Estrutura funcional 2.1

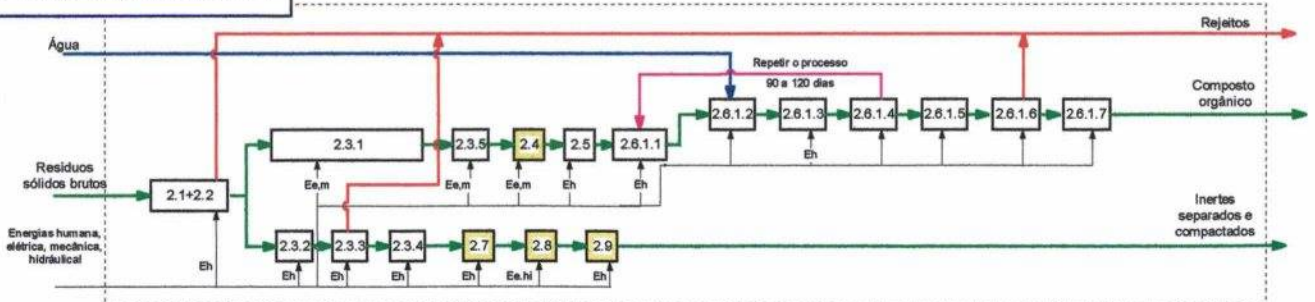
Estrutura funcional 2.2



Estrutura funcional 2.3

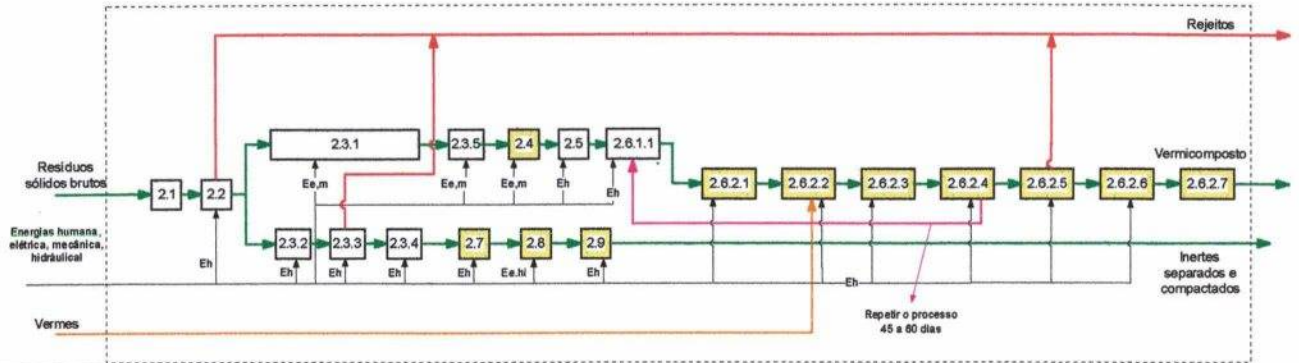


Estrutura funcional 2.4

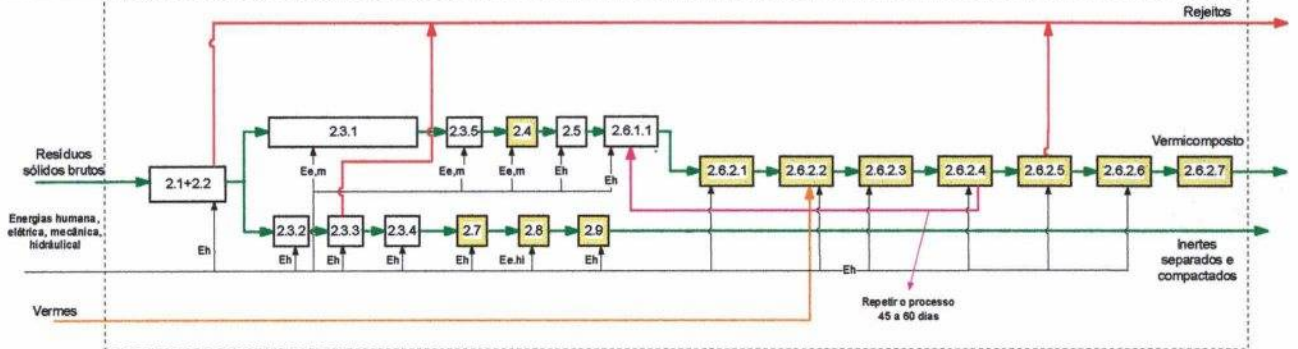


Continuação das alternativas das estruturas funcionais da **variante 2**.

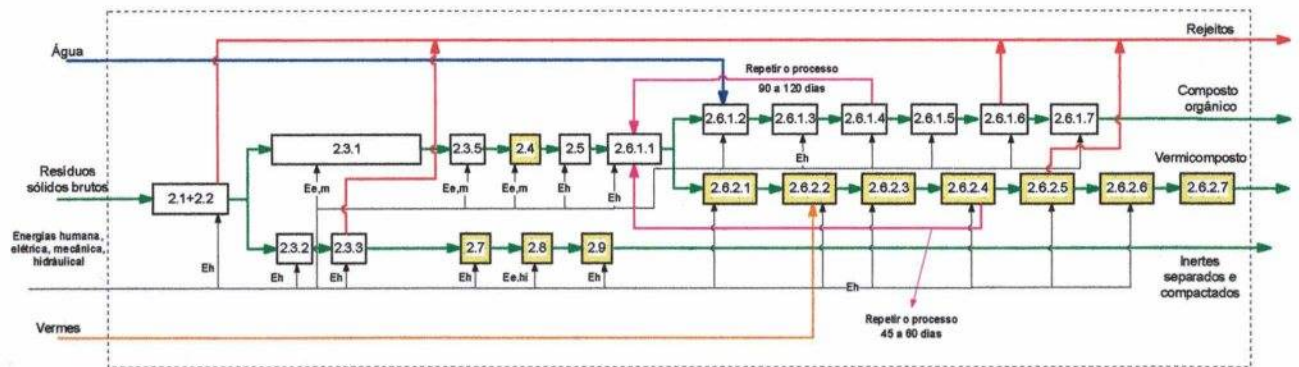
Estrutura funcional 2.5



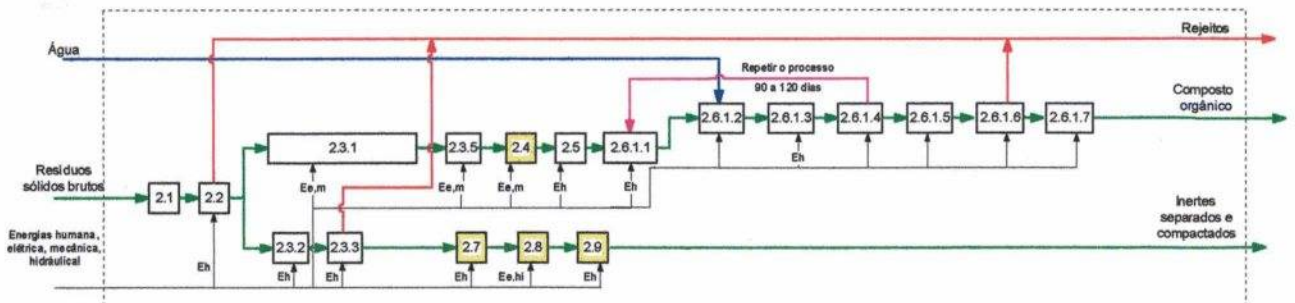
Estrutura funcional 2.6



Estrutura funcional 2.7

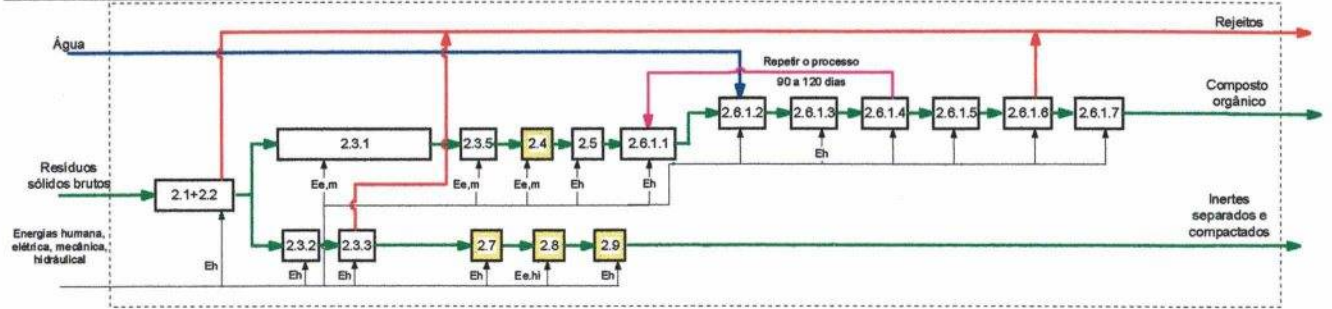


Estrutura funcional 2.8

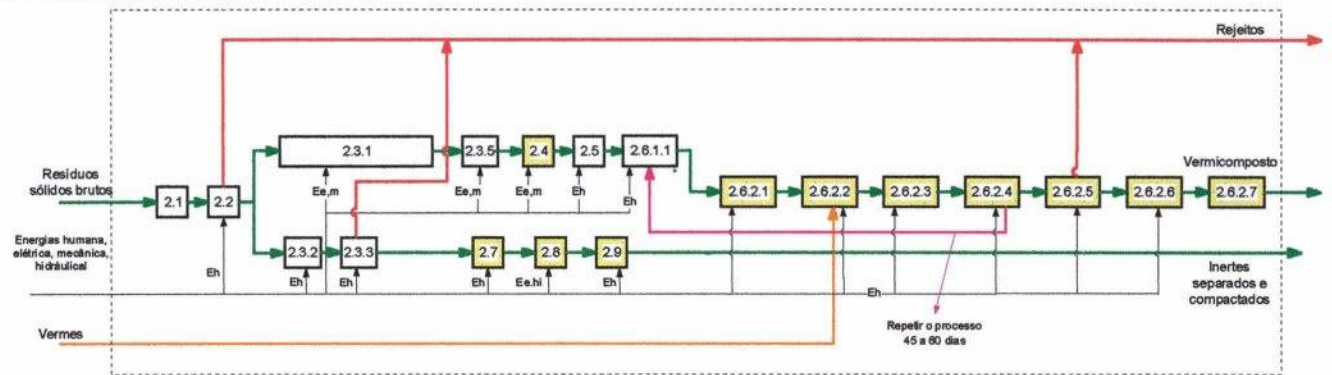


Continuação das alternativas das estruturas funcionais da variante 2.

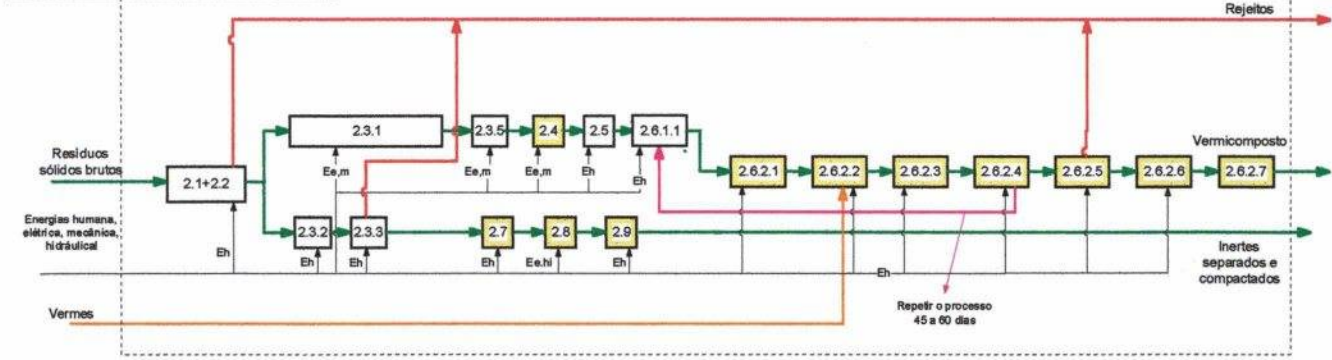
Estrutura funcional 2.9



Estrutura funcional 2.10

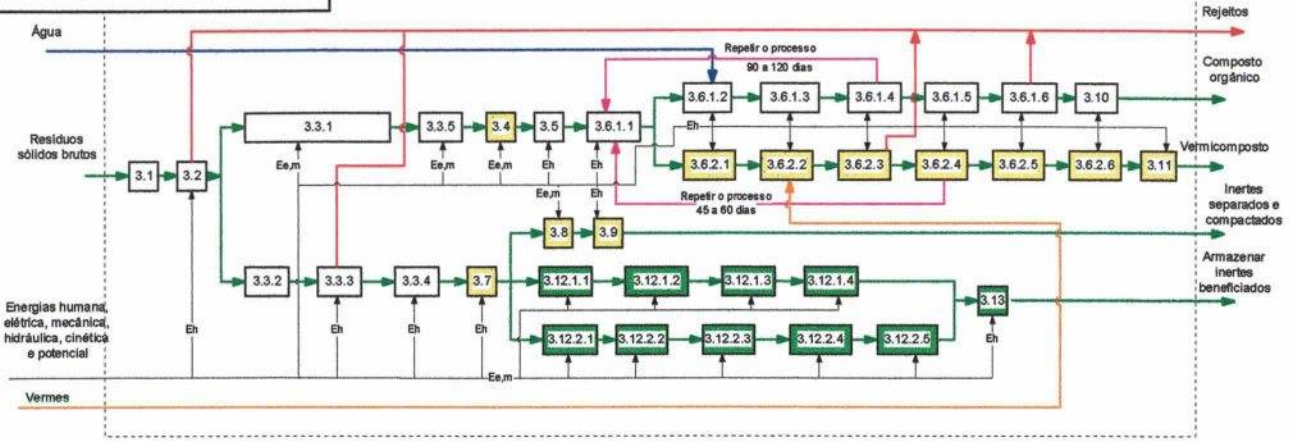


Estrutura funcional 2.11



Anexo C. Alternativas de estruturas funcionais da variante 3.

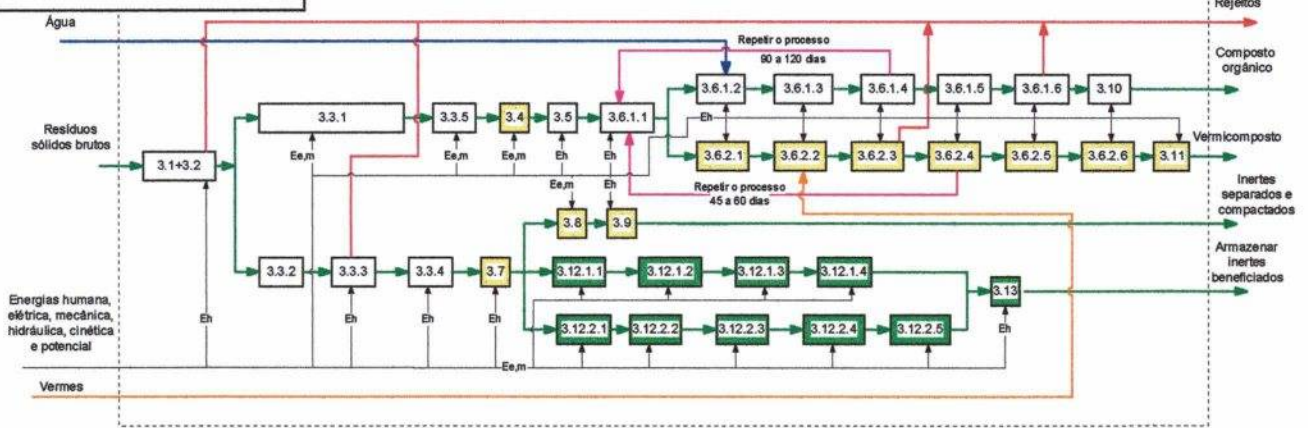
Estrutura funcional 3.1



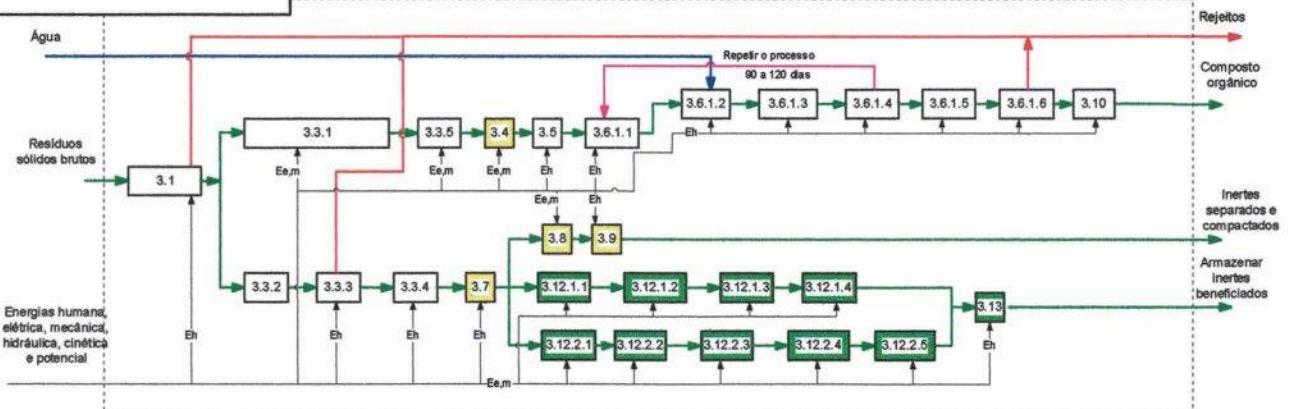
Legenda:

3.1	Receber resíduos brutos	3.6.1.1	Amontoar matéria orgânica	3.6.2.3	Abrigar dos efeitos da luz	3.12.1.2	Lavar vidros
3.2	Alimentar sistema	3.6.1.2	Formar leiras	3.6.2.4	Controlar quantidade de matéria orgânica	3.12.1.3	Secar vidros
3.3.1	Movimentar resíduos brutos	3.6.1.3	Molhar leiras	3.6.2.5	Amontoar vermicomposto	3.12.1.4	Ensilar vidros
3.3.2	Identificar materiais	3.6.1.4	Revirar leiras periodicamente	3.6.2.6	Classificar vermicomposto	3.12.2.1	Lavar plásticos
3.3.3	Catar materiais	3.6.1.5	Amontoar composto orgânico	3.11	Armazenar vermicomposto	3.12.2.2	Secar plásticos
3.3.4	Armazenar temporariamente materiais	3.6.1.6	Classificar composto orgânico	3.7	Armazenar inertes	3.12.2.3	Fragmentar plásticos
3.3.5	Movimentar matéria orgânica	3.10	Armazenar composto orgânico	3.8	Compactar inertes	3.12.2.4	Extrudar plásticos
3.4	Fragmentar matéria orgânica	3.6.2.1	Formar canteiros	3.9	Armazenar fardos	3.12.2.5	Peletizar plásticos
3.5	Pesar matéria orgânica	3.6.2.2	Introduzir vermes	3.12.1.1	Fragmentar vidros	3.13	Armazenar inertes beneficiados

Estrutura funcional 3.2

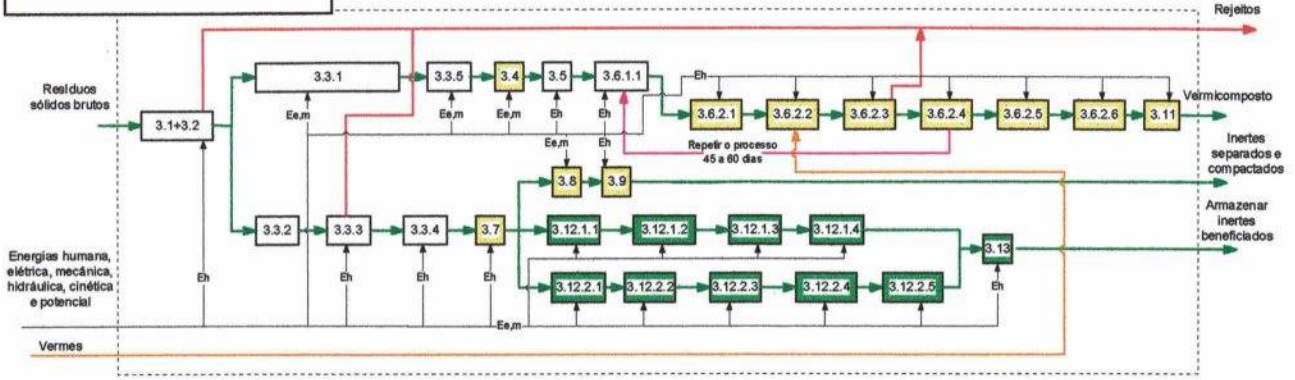


Estrutura funcional 3.3

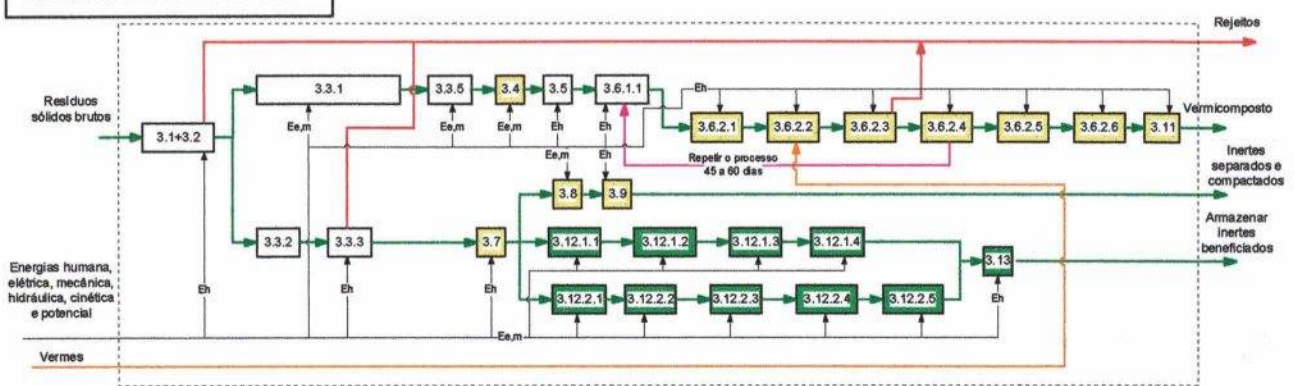


Continuação das alternativas de estruturas funcionais da variante 3.

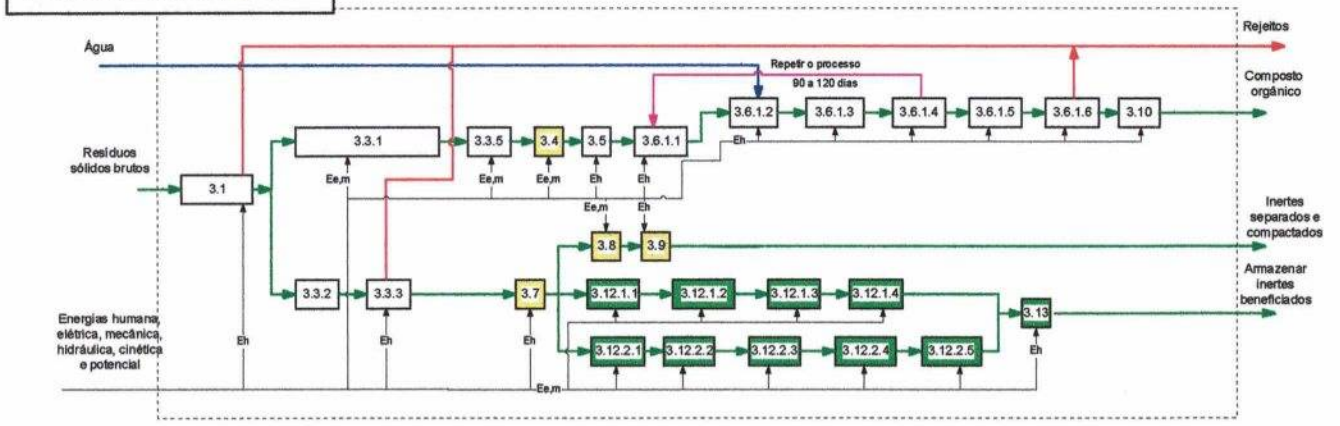
Estrutura funcional 3.4



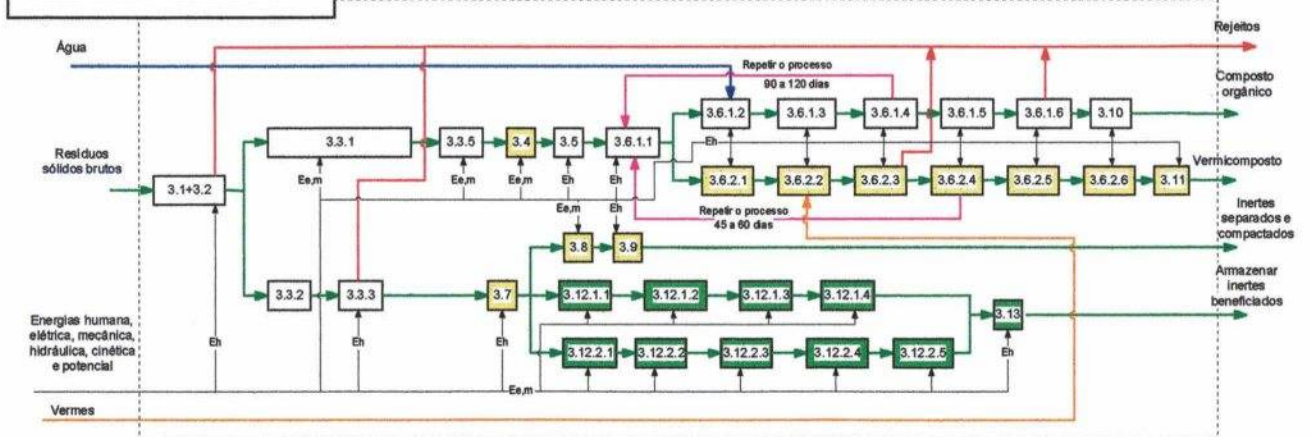
Estrutura funcional 3.5



Estrutura funcional 3.6

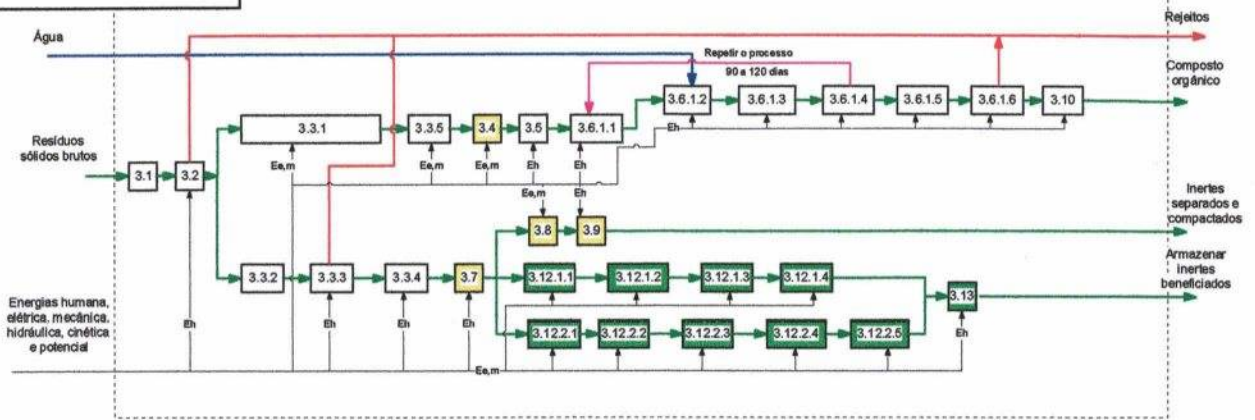


Estrutura funcional 3.7

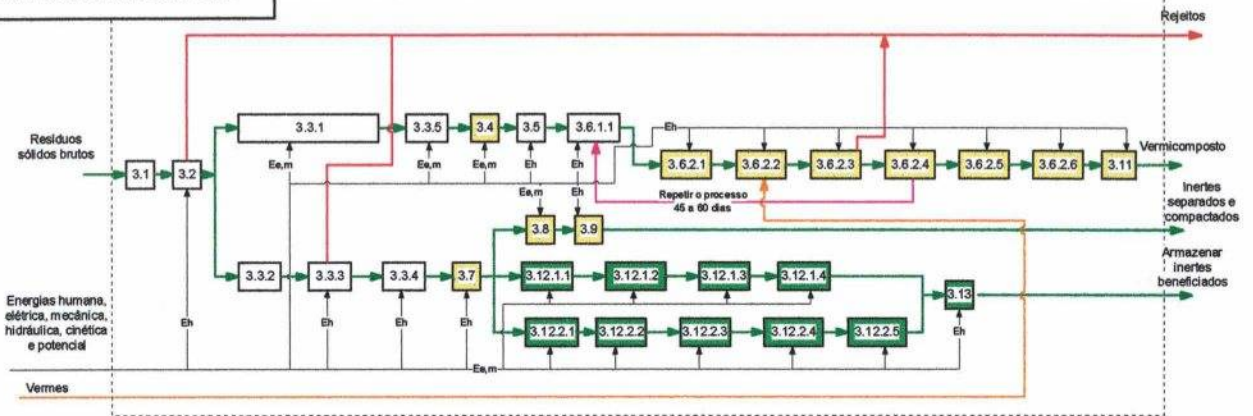


Continuação das alternativas de estruturas funcionais da **variante 3**.

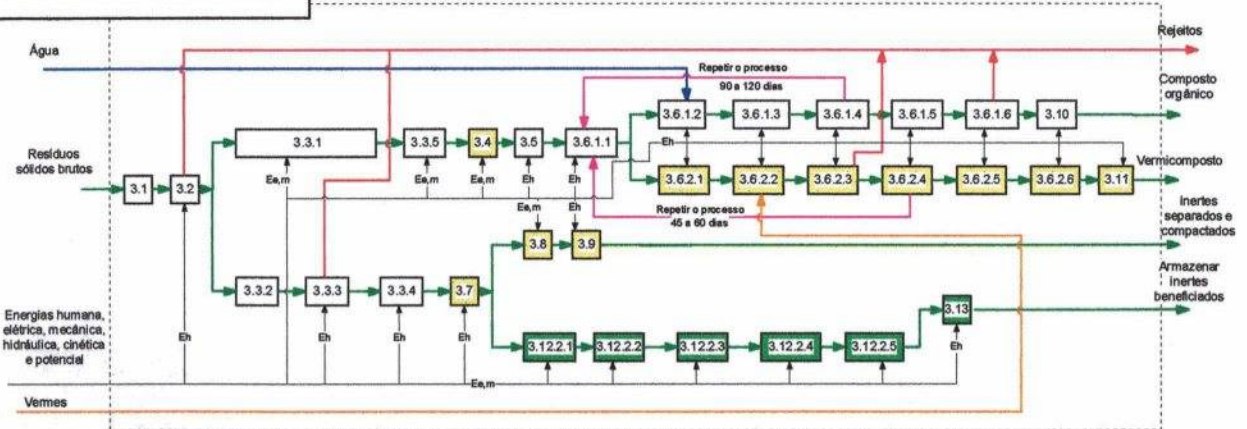
**Estrutura funcional 3.8**



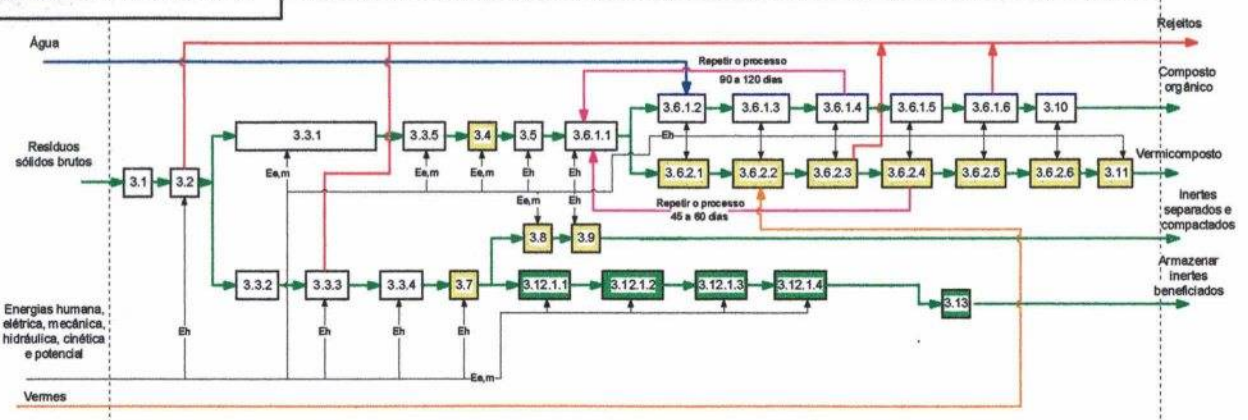
**Estrutura funcional 3.9**



**Estrutura funcional 3.10**



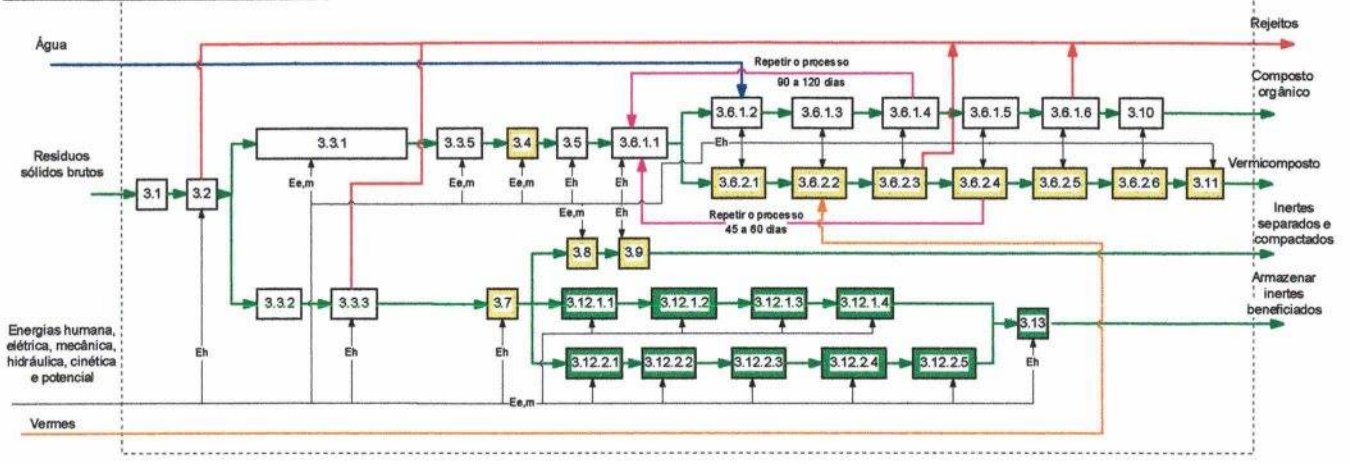
**Estrutura funcional 3.11**



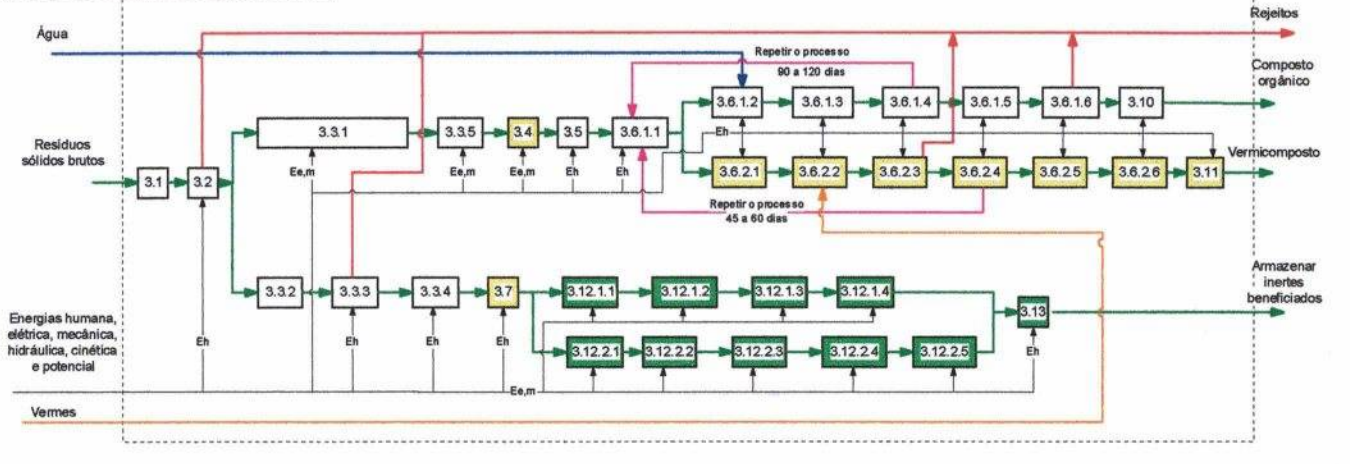


Continuação das alternativas de estruturas funcionais da variante 3.

Estrutura funcional 3.12



Estrutura funcional 3.13



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASIMOV, M. **Introdução ao Projeto de Engenharia**. Editora Mestre Jou, São Paulo, SP, 1968.
- BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ, 1983, 389 p.
- BASRI, H. B. & STENTIFORD, E. I. **Expert Systems In Solid Waste Management**. *Waste Management & Research*. 1995. Vol. 13, pp. 67 – 89.
- BONFIM, G. A. **Metodologia de Projeto**. Setor de publicações da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1984.
- CHEN, W., ROSEN, D., ALLEN, J. K., MISTREE, F. **Modularity And The Independence of Functional Requirements In Designing Complex Systems**. 1994, ( Concurrent Product Design. ASME) DE-Vol. 74, pp. 31 – 38.
- CLAUSING, D. P. **Total quality development – the development of competitive new products**. American Society of Mechanical Engineering Press, New York, 1994.
- D'AVANZO, R. & EVANS, J. **Modular Construction Cuts Time and Cost**. *Project Engineering*. Chemical Processing, november, 1996. pp. 48 – 51.
- DE CICCO & FANTAZZINI. **introdução a Engenharia de Segurança de Sistemas**. Editora FUNDACENTRO – Fundação de Jorge Duprat de Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 1988.
- EILON, S. **Elements of Production Planning and Control**. The Macmillan Company, New York, Brett-Macmillan Ltd., Galt, Ontario, 1962.
- ERIXON, G. & ÖSTGREN, B. **Synthesis and Evaluation Tool for Modular Designs**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN – ICED'93, Hague, august 17 –19, 1993. pp. 898 – 905.
- ERIXON, G., YXKULL, A. , ARNSTRÖN, A. **Modularity – the Basis for Product and Factory Reengineering**. *Annals of the CIRP*, 1996. Vol. 45/1/199, pp. 1- 6.
- EVBUOMWAN, N. F. O. , SIVALOGANATHAN, S. , JEBB, A. **A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems**. *Proc. Instrn. Mech. Engers*. Vol. 210, pp. 301 – 320, 1996.

- FABRYCK, W. J. & BLANCHARD, B. S. **Systems Engineering and Analysis**. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, EUA, 1990. pp. 715.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Editora Nova Fronteira, 2ª Edição Revisada e Ampliada (4ª impressão), Rio de Janeiro, 1986.
- FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Estimativa de Custos de Produtos na Fase de Projeto Conceitual: Uma metodologia para seleção da estrutura funcional e da alternativa de solução**. Florianópolis, SC, 1997. pp.148, junho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- FINKELSTEIN, L. & FINKELSTEIN, A. C. W. **Review of Design Methodology**. IEE PROCEEDINGS, june, 1983. Vol. 130, pt. A., nº 4.
- FIOD NETO, Miguel. **Desenvolvimento de Sistema Computacional Para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais**. Florianópolis, setembro, 1993. Bibliografia: pp. 314. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- GU, P. & SOSALE, S. **An Integrated Modular Design Methodology for Life-Cycle Engineering**. 1997.
- HE, D. W. & KUSIAK, A. **Performance Analysis of Modular Products**. INT. J. PROD. RES., 1996. Vol. 34, nº 1, pp. 253-272.
- HILLSTRÖM, F. **Applying axiomatic design to interface analysis in modular product development**. DE – Vol. 69-2, Advances in Design Automation, ASME, 1994.
- HUANG, C. & KUSIAK, A. **Modularity in Design of Products and Systems**. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS – PART A: SYSTEMS AND HUMANS, JANUARY, 1998.: vol. 28, no. 1
- HUBKA, V. **Theory of Thechnical Systems**. Springer-Verlag. London, 1988.
- HYBS, I. & GERO, J. S. **An Evolutionary Process Model of Design**. Des. Stud., July, 1992. 13(3), pp. 273 – 290,
- LABES, Emerson Moisés. **Questionário: do planejamento à aplicação na pesquisa**. Editora GRIFOS, Chapecó, SC, 1998. 128p.

- MARCH, L. **The Logic of Design**. In: **Developments in desing methodology**. Ed. N. Cross, John Wiley, London, 1984. pp. 265 – 276.
- MARIBONDO, Juscelino de Farias. **Concepção, projeto e otimização de usinas de triagem e compostagem de lixo domiciliar, para o Estado da Paraíba – Projeto piloto**. Campina Grande, PB, Abril, 225 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, 1994.
- MARIBONDO, J. F., PIZZATTO, A., LUCIANO, M. A. & GONTIJO, L. A. **Análise Ergonômica das Condições de Trabalho num Centro de Triagem de Resíduos Sólidos Domiciliares**. In: 4º CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ERGONOMIA, 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, Florianópolis, SC, 28 a 31 dezembro, 1997. pp. 209 – 214.
- MARIBONDO, J. F., BACK, N. , FORCELLINI, F. A. **A Fundamentação e as Perspectivas de Projeto de Produtos Modulares**. In: V CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE-NORDESTE, Fortaleza, CE, 28 a 30 de outubro, 1998. Vol. 1, pp. 86 – 93.
- MARIBONDO, J. F., BACK, N. , FORCELLINI, F. A. **Diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares**. In: COBEM 99 - XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, Águas de Lindóia, SP, 22 – 26, novembro, 1999.
- MATCHETT, E. & BRIGGS, A. H. **Practical Design Based on Method (Fundamental Design Method). The Design Method**. Ed. S. A. Gregory, Butterworth, London, 1966. pp. 183 – 199.
- MAZETTO, Giovano Marcos. **Desenvolvimento de um sistema modular para mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades**. Florianópolis, SC, Junho, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- OGLIARI, André. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetado**. Florianópolis, SC, julho, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
- MEDLAND, A J. **The computer based of the design process**. Kogan Page, London, 1986.
- PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Desing**. Original German Edition, 1st Edition, 1971.

- PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Design. A Systematic Approach.** Springer-Verlag London Limited, Printed in Great Britain. 1996.
- ROGERS, G. G. & BOTTACI. **Modular Production Systems: a new manufacturing paradigm, Journal of Intelligent Manufacturing.** 1997, vol. 8, pp. 147 – 156.
- ROMANOS, M. S. **Demand Forecasting For Parts Used in Modular Products: A case study.** Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam – Printed in The Netherlands, Engineering Costs and Production Economics, 1989. vol.17, pp. 231 – 144.
- SANCHEZ, R. & MAHONEY, J. T. **Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design.** IEEE Engineering Management Review, 1997. pp. 50-61.
- SIONG, B., IMAO, T., YOSHIDA, H., Goto, K., KOH, S. L., LIM, D., CHIN, L. and GAN, S.C. **Integrated Modular Fixture Design, Pricing and Inventory Control Expert System.** INT. J. PROD. RES., 1992. Vol. 30 n° 9, pp. 2019 – 2044.
- SILVA, A M. **Novo Dicionário Compacto da Língua Portuguesa.** Editora Confluência/Livros Horizontes, 1980. Vol. I, II, III, IV e V.
- SHAKER, S. M. & GREENWALD, J. H. **Modular Evolution, Civil Engineering.** may 1994. pp. 64 – 67.
- SKARKIS, B. **Sistemática e Metodologia de Projeto.** Apostila, UNICAMP-FEC, Campinas, SP, 1982.
- STARR, M. K. **Modular Production – A New Concept.** Harv. Bus. 1965, 43 (6): 131 – 142.
- ULRICH, K. & TUNG, K. **Fundamentals of Product Modularity, Issues in Design Manufacture/Integration.** ASME, 1991. DE-Vol. 39, Pp. 73 – 79.
- ULLMAN, D. G. *The Mechanical Design Process.* McGraw-Hill, Inc. New York, 1992.
- VDI Guideline 2221: **Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products.** Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987.
- YOSHIKAWA, H. **Design Philosophy: The State of the Art.** *Annals of the CIRP*, 1989. vol. 38/2.