



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

Alcione Carvalho Becker

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRA-  
ESTRUTURA APLICADA A UM ESTUDO DE CASO – CETEC-UPF

Passo Fundo

2005

Alcione Carvalho Becker

ORIENTADOR: Prof. Dr. Adalberto Pandolfo

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRA-  
ESTRUTURA APLICADA A UM ESTUDO DE CASO – CETEC-UPF

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia  
e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Passo Fundo

2005

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a dissertação:**

**“Metodologia para elaboração de projetos de infra-estrutura aplicada a um estudo de  
caso - CETEC-UPF”**

**Elaborada por:**

**Alcione Carvalho Becker**

**Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia**

Aprovado em: 27/10/2005

Pela comissão examinadora:

Professor Adalberto Pandolfo, Dr.

UPF – Universidade de Passo Fundo

Orientador

Professor Roberto de Oliveira, Dr.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Antonio Carlos Valdiero, Dr.

UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do

Estado do Rio Grande do Sul

Professor Antonio Thomé, Dr.

UPF – Universidade de Passo Fundo

Professora Luciana Londero Brandli, Dra.

UPF – Universidade de Passo Fundo

**Passo Fundo**

**2005**

Dedico este trabalho à minha esposa, filhas e ao bondoso Criador que possibilita ao homem viver num mundo melhor.

Agradeço:

à UPF – Universidade de Passo Fundo – pela bolsa de estudos que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho;

ao professor Adalberto Pandolfo pela incansável dedicação, esforço e incentivo;

ao professor Antonio Thomé pelo apoio recebido através da coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da UPF;

a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da UPF pelo modo amigo com que difundiram o seu saber;

aos professores Luiz Airton Consalter, Luciana Brandli, Marco Aurélio Stumpf González e Antonio Carlos Valdiero pelo apoio dado a este trabalho;

a todos os colegas do curso de mestrado pelos bons momentos de convívio;

a todos que contribuíram para que este trabalho pudesse ser concretizado.

## **RESUMO**

Tem sido uma preocupação constante para governos, empresas e sociedade atual a busca por uma melhor qualidade de vida. Porém, com o passar do tempo e a verificação dos processos utilizados para a materialização dos objetivos pretendidos, constata-se que uma grande parcela de recursos gastos nesses processos tem sido perdida ou desperdiçada. No intuito de se obter melhora no aproveitamento de recursos materiais, do uso da força de trabalho ou de elementos do campo energético, têm sido feitas pesquisas e desenvolvidos trabalhos. Dessa forma, surgiram novas ferramentas e conceitos para o desenvolvimento de produtos, cuja eficiência propicia, no contexto atual, uma melhora no uso dos recursos disponíveis. Tal eficiência pode ser alcançada com o emprego de metodologias de projeto adequadas, que vão do levantamento das necessidades dos consumidores aos processos de fabricação e/ou construção dos produtos a serem desenvolvidos. Neste sentido, este trabalho desenvolve uma metodologia que contribui para determinar parâmetros que auxiliem e proponham soluções para a problemática da elaboração de projetos de infra-estrutura e também para diminuir as incertezas quanto às verdadeiras utilizações dos produtos projetados. A pesquisa foi dividida em três etapas: a primeira consistiu no desenvolvimento genérico da metodologia; a segunda, na aplicação da metodologia estudada ao projeto do Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo - CETEC-UPF, e a terceira, na montagem do relatório final de forma a auxiliar na determinação do programa de necessidades a nível de projeto conceitual de produtos.

Palavras-chave: Elaboração de projetos, planejamento de projetos de infra-estrutura. planejamento de produtos.

## **ABSTRACT**

A better quality of life has been the goal for governments, enterprises and the current society in the present time. With the verification of the processes used for the materialization of the intended objectives, it is possible to evidence that a great parcel of the resources spent in these processes has been lost or wasted. Aiming to obtain an improvement in the use of these material resources, of the use of work force and elements of the energetic field, researches and works have been made. This way, new tools and concepts for the development of products have arisen, whose effectiveness propitiates, in the current context, an improvement in the use of available resources. This effectiveness may be reached with the employment of adequate project methodologies, which goes from the survey on the consumers' needs to the fabrication process and/or the construction of products to be developed. With this in mind, this work develops a methodology to study and determine parameters which help and propose alternatives for the problem of infrastructure project elaboration. The investigation has been divided into three steps: the first has consisted in the development of the generic pattern; the second, in the application of the studied methodology to the project of Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura at Universidade de Passo Fundo – CETEC-UPF, and, third, the composition of the final report to help the determination of the program of necessities on the level of product conceptual level.

Key words: project elaboration, planning of infrastructure projects, product planning

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Influência das atividades de projeto sobre o custo total do produto.....	14
Figura 2 - Comprometimento de custos no desenvolvimento de produtos .....	15
Figura 3 - O fator escala nos custos de desenvolvimento de produtos.....	16
Figura 4 - Visualização do espaço do problema.....	17
Figura 5 – Detalhes do primeiro prédio do CETEC (fevereiro de 2004) .....	18
Figura 6 - Processo de desenvolvimento de produtos subdividido em fases.....	20
Figura 7 – Modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos de Back e Ogliari (2000 apud HOFFMEISTER, 2003). .....	22
Figura 8: Fases de procedimento para aplicação de Análise Funcional.....	24
Figura 9: Classificação das funções. ....	28
Figura 10: Estrutura esquemática do ciclo de vida do projeto. ....	37
Figura 11: Ciclo de vida do projeto segundo critérios de velocidade de desenvolvimento. ....	38
Figura 12: Variação do esforço com o tempo para o projeto. ....	39
Figura 13: Ciclo de vida do projeto subdividido em fases. ....	39
Figura 14 – Metodologia de projeto segundo PAHL & BEITZ (1996, p.66) .....	43
Figura 15 – Síntese comparativa entre metodologias de projeto.....	44
Figura 16 – Modelo de consenso para o projeto de produtos, proposto por Ogliari (1999). ...	45
Figura 17 – Resumo das técnicas específicas.....	48
Figura 18 – Diagrama da técnica FAST. ....	49
Figura 19 – Diagrama de Funções aplicado na metodologia de projeto de produtos industriais. ....	50
Figura 20: Caracterização da matriz morfológica para a seleção de solução.....	51
Figura 21: Avaliação qualitativa e fatores-peso das funções. ....	52
Figura 22 – Aplicação da técnica de Mudge para determinação do grau de importância das funções.....	53
Figura 23 – Tipo de produto a ser desenvolvido e metodologia de coleta de dados. ....	58
Figura 24 - Técnicas para a obtenção de informações.....	59
Figura 25 – Determinação do tamanho da amostra pesquisada. ....	60
Figura 26 – Procedimento para a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.....	61
Figura 27 – Procedimento para a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.....	62
Figura 28 – Matriz de planejamento do produto – Casa da Qualidade. ....	63
Figura 29 – Pontuação dos pontos de venda. ....	64
Figura 30 – Procedimento para traduzir os requisitos dos clientes em requisitos de projeto...67	
Figura 31 – QFD aplicado ao estudo de caso do CETEC-UPF.....	70
Figura 32 – Etapas da pesquisa, fluxograma genérico. ....	75
Figura 33 - Fases da metodologia proposta. ....	79
Figura 34 - Etapas e procedimentos para o trabalho de implantação da Fase I.....	81
Figura 35 – Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos Requisitos dos Consumidores RCs. ....	82
Figura 36 – Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos RCs. ....	83
Figura 37 – Quadro de identificação do problema pesquisado. ....	84
Figura 38 – Tabela de pontuação dos módulos com uso do QFD.....	85
Figura 39 – Tabela de pontuação das soluções. ....	86



Figura 40 – Tabela de pontuação para as soluções.....	86
Figura 41 – Estrutura do relatório final. ....	87
Figura 42 – Espaço externo para a construção de modelos estruturais. ....	89
Figura 43 - Área destinada a canteiro de obras e depósito de materiais – Unimep.....	90
Figura 44 – Quiosque experimental – Unimep.....	90
Figura 45 – Depósito coberto de materiais de construção produzidos in loco – Unimep. ....	91
Figura 46 – Protótipo de um elemento estrutural para estudo de juntas e apoios – Unimep. ..	91
Figura 47 – Sala de amostras de materiais de construção – Unimep. ....	92
Figura 48 – Sala para depósito de equipamentos de topografia - Unimep.....	92
Figura 49 – Espaço físico externo dos laboratórios de Materiais de Construção, Geotecnia e Pavimento – UPF.....	93
Figura 50 – Acesso externo ao Laboratório de Materiais de Construção – UPF. ....	93
Figura 51 – Espaço físico interno do Laboratório de Construção Civil.....	94
Figura 52 - Esboço da primeira implantação do CETEC-UPF. ....	95
Figura 53 - Esboço da segunda implantação do CETEC-UPF.....	96
Figura 54 – Vista do terreno destinado à implantação do CETEC-UPF.....	97
Figura 55 - Trabalho de cortes no terreno. Construção de taludes.....	97
Figura 56 – Terreno após os serviços de terraplenagem. ....	98
Figura 57 – Área do terreno após os trabalhos de nivelamento, cortes e construção de arruamentos. ....	99
Figura 58 - Alunos em aula prática no terreno do CETEC-UPF.....	100
Figura 59 – Ensaio de campo na área de Geotecnia – CETEC-UPF.....	100
Figura 60 – Equipamentos do laboratório de Geotecnia – CETEC-UPF.....	101
Figura 61 – Quadro de identificação do problema pesquisado. ....	104
Figura 62 – Diagrama FAST do sistema de extensão. ....	105
Figura 63 - Diagrama FAST do sistema de ensino.....	106
Figura 64 – Diagrama FAST do sistema de pesquisa.....	107
Figura 65 – Diagrama FAST do sistema de processamento de resíduos do CETEC-UPF. ...	108
Figura 66 – Diagrama FAST do sistema de prestação de serviços. ....	109
Figura 67 – Lista de funções do sistema de ensino .....	110
Figura 68 – Lista de funções do sistema de pesquisa.....	110
Figura 69 – Lista de funções do sistema de processamento de resíduos.....	111
Figura 70 – Lista de funções do sistema de prestação de serviços.....	111
Figura 71 – Lista de funções dos sistemas de extensão.....	112
Figura 72 – Técnica de Mudge para o sistema de ensino.....	112
Figura 73 – Técnica de Mudge para o sistema de pesquisa. ....	113
Figura 74 – Técnica de Mudge para o sistema extensão.....	113
Figura 75 – Técnica de Mudge para o sistema de processamento de resíduos . ....	114
Figura 76 – Técnica de Mudge para o sistema de prestação de serviços. ....	114
Figura 77 - Matriz morfológica para o sistema de ensino.....	123
Figura 78 – Matriz morfológica para o sistema de pesquisa. ....	124
Figura 79 – Matriz morfológica para o sistema de extensão.....	125
Figura 80 - Matriz morfológica para o sistema de prestação de serviços CETEC-UPF. ....	126
Figura 81 – Matriz morfológica para o sistema de processamento de resíduos .....	127
Figura 82 – Soluções para o módulo de ensino.....	128
Figura 83 – Soluções para o módulo de pesquisa.....	128
Figura 84 – Soluções para o módulo de extensão. ....	129
Figura 85 – Soluções para o módulo de processamento de resíduos.....	129
Figura 86 - Síntese de concepções com combinação dos princípios de solução para o módulo de prestação de serviços. ....	130

Figura 87 – Aplicação do QFD ao projeto do CETEC-UPF.....	131
Figura 88 – Aplicação da pontuação do QFD ao projeto.....	132
Figura 89 – Pontuação do módulo ensino.....	133
Figura 90 – Pontuação do módulo pesquisa.....	134
Figura 91 – Pontuação do módulo extensão.....	134
Figura 92 – Pontuação do módulo de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF. .....	135
Figura 93 – Pontuação do módulo prestação de serviços.....	135
Figura 94 – Pontuação final para as soluções.....	136

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Considerações iniciais .....	12
1.2 Problema de pesquisa .....	12
1.3 Justificativas .....	14
1.3.1 Fundamentos básicos.....	14
1.3.2 Aplicação da metodologia desenvolvida.....	18
1.4 Objetivos.....	19
1.4.1 Objetivo geral .....	19
1.4.2 Objetivos específicos.....	19
1.5 Escopo e delimitações do trabalho .....	20
1.5.1 Escopo do trabalho .....	20
1.5.2 Delimitações do trabalho .....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
2.1 Definições gerais .....	23
2.1.1 Análise do valor e engenharia do valor .....	23
2.1.2 Função .....	26
2.1.3 Conceito de Custo.....	29
2.1.4 Valor .....	30
2.1.5 Valor agregado .....	32
2.1.6 Atividades que agregam valor .....	32
2.1.7 Desempenho .....	33
2.1.8 Exemplos de aplicação da análise funcional em diferentes projetos.....	34
2.2 Conceito de projeto.....	35
2.2.1 Características dos projetos .....	35
2.2.2. Ciclo de vida de um projeto.....	36
2.3 Abordagem geral das metodologias de projeto .....	40
2.4 Ferramentas e recursos para o processo de projeto .....	46
2.4.1 Técnicas para o processo de projeto .....	46
2.4.1.1 Classificação das técnicas.....	46
2.4.2 Desdobramento da função qualidade – QFD.....	53
2.4.2.1 Histórico .....	53
2.4.2.2 Conceitos .....	54
2.4.2.3 Modelos de QFD .....	55
2.4.2.3.1 Desdobramento da qualidade – Casa da Qualidade.....	56
3 MÉTODOS E MATERIAIS.....	71
3.1 Métodos e técnicas utilizados .....	71
3.1.1 A estratégia da pesquisa .....	71
3.1.2 Delineamento da pesquisa .....	73
3.1.3 Etapas do delineamento da pesquisa .....	75
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	78
4.1 Resultados relativos à estruturação da metodologia - proposição geral.....	78
4.2 Aplicação da metodologia ao empreendimento CETEC-UPF .....	88
4.2.1 Fase I – Caracterização do empreendimento. Determinação da missão do empreendimento, estudo dos objetivos e metas.....	88
4.2.1.1 Caracterização do proprietário do empreendimento.....	88

4.2.1.2 Definição dos requisitos de projeto, levantamento e análise das necessidades, a identificação do problema e a determinação da missão do empreendimento.....	89
4.2.1.2.1 Definição dos requisitos de projeto .....	89
4.2.1.2.2 Levantamento e análise das necessidades .....	101
4.2.1.2.3 Identificação do problema .....	104
4.2.1.2.4 Determinação da missão do empreendimento .....	105
4.2.2 Fase II – Determinação das funções do produto.....	105
4.2.3 Fase III – Determinação das soluções .....	122
4.2.3.1 Síntese de concepções .....	127
4.2.4 Fase IV – Seleção das soluções .....	130
4.2.4.1 Os requisitos do consumidor .....	130
4.2.4.2 Pontuação dos módulos do projeto.....	132
4.2.4.3 Pontuação das soluções .....	132
4.2.4.4 Seleção da solução.....	136
4.2.5 Fase V – Resultado Final.....	136
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	146
5.1 Considerações gerais .....	146
5.2 Conclusões do trabalho.....	147
5.3 Recomendações para trabalhos futuros .....	148

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Considerações iniciais**

A sociedade moderna vive num contexto em que há necessidade de respostas cada vez mais rápidas e precisas para a solução de seus problemas. Nesse cenário, há um grande montante de recursos envolvidos e pressão, por parte dos segmentos componentes das mais variadas áreas sociais, para que esses recursos sejam aplicados de forma eficiente. Surge, dessa maneira, a necessidade de elaboração de projetos que valorizem o uso adequado de recursos e que possam minimizar os tempos de execução dos empreendimentos de caráter privado ou público. Cabe ainda salientar que uma metodologia de projetos, reduz custos pelo aumento do foco de uso institucional.

A implementação de uma metodologia de projetos para a área de infra-estrutura, embasada em procedimentos técnicos já consagrados nos variados segmentos da indústria, certamente virá a contribuir para suprir a necessidade de elaboração de projetos.

Neste trabalho, após o desenvolvimento da metodologia, descreveu-se a sua aplicação a um estudo de caso para se aferir os resultados específicos para a área de infra-estrutura do espaço acadêmico.

## **1.2 Problema de pesquisa**

Em razão das características do mercado e da sociedade, é necessário que haja cada vez mais ferramentas que facilitem a elaboração de projetos de produto e que questionem seus

objetivos, apresentando claramente as inter-relações entre as possíveis soluções levantadas e/ou adotadas.

Nesse sentido, é importante que se observem as mais variadas áreas da engenharia para se obter o que se tem como ferramenta de projeto de produto. Alguns exemplos, como a Escola de Pahl & Beitz, podem ser citados por simplificarem a metodologia de projeto subdividindo o processo de projetar produtos em fases distintas. Tal sistematização, conforme Linhares (2004), vem sendo estudada e enriquecida cientificamente em diversos centros de pesquisa. Há ainda, de acordo com o mesmo autor, a tendência de sistematizar o trabalho de projetos através da aplicação do modelo de quatro fases: Projeto Informacional (PI), Projeto Conceitual (PC), Projeto Preliminar (PP) e Projeto Detalhado (PD). É um processo em cadeia que se inicia com o levantamento das necessidades dos consumidores e culmina na documentação e especificação detalhada das informações sobre o produto com vistas à sua manufatura.

Mirom (2002) salienta que, recentemente, diversos pesquisadores têm-se dedicado ao estudo do processamento dos requisitos do cliente no desenvolvimento de produtos com o objetivo de possibilitar uma maior agregação de valor ao produto final. Kamara et al. (2000) desenvolveram um modelo de processamento dos requisitos do cliente utilizando a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*—Desdobramento da Função Qualidade), integrada a uma abordagem de Engenharia Simultânea na construção civil.

Outros autores, como Pandolfo (2001) e Kurek (2005), têm feito trabalhos com o intuito de identificar e quantificar os requisitos do cliente procurando dar ênfase a uma metodologia que priorize os requisitos ou atributos do usuário, reforçando, assim, a idéia de que o produto final não é apenas resultado da inspiração do projetista, mas um resultado que surgiu com funções específicas e que, ao responder satisfatoriamente a essas funções, obtém-se o equilíbrio entre o desempenho e o custo das funções, com a conseqüente adequação do valor do produto.

O processo de pesquisa deste trabalho partiu da seguinte questão: utilizando ferramentas de Análise Funcional e Metodologia de Projetos aplicada a desenvolvimento de produtos industriais, é possível trabalhar, a nível de projeto conceitual de produtos, com uma metodologia que possa ser aplicada na elaboração de projetos de infra-estrutura?

Uma vez respondida a questão anteriormente enunciada, surge uma outra: como identificar e escalonar os requisitos do cliente de forma que possam ser utilizados no desenvolvimento de produtos, no caso, na elaboração de projetos de infra-estrutura?

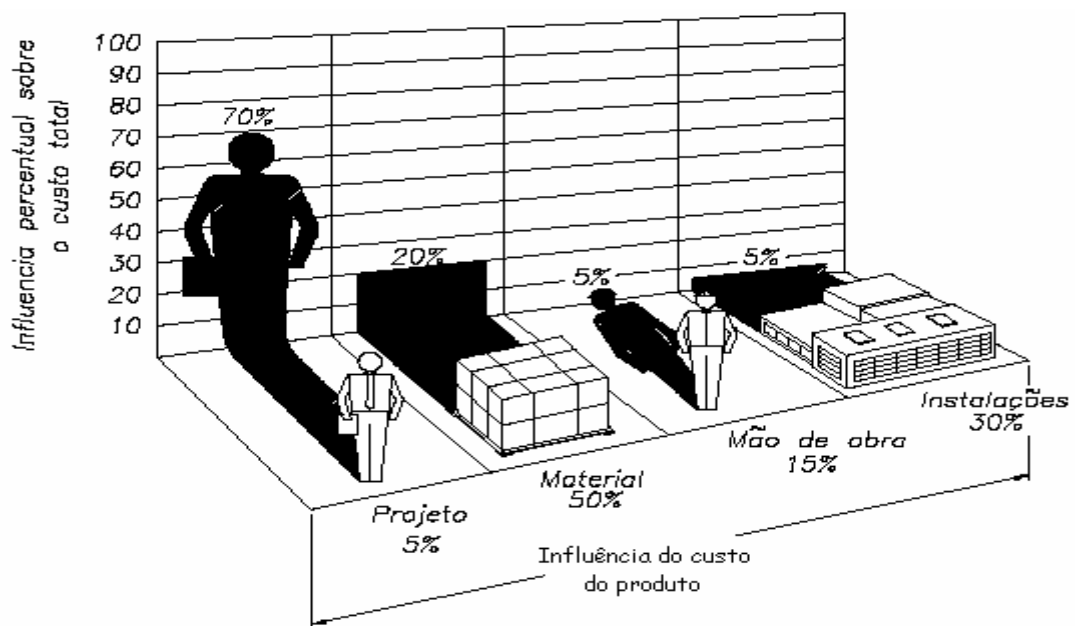
### 1.3 Justificativas

#### 1.3.1 Fundamentos básicos

O problema foi investigado porque, na fase de projeto, os investimentos são muito baixos e têm alto reflexo sobre o custo final do produto. Segundo Huthwaite (1992), os investimentos em projeto ficam em torno de aproximadamente 5% do custo final do produto. Sendo que este montante tem influência sobre 70% do custo total do produto.

Logo, o estudo para desenvolver uma ferramenta que auxilie na elaboração de projetos torna-se atrativo por dois motivos: a) ter um baixo custo; b) exercer uma grande influência sobre os custos de produção.

Conforme ilustra a Figura 1, a influência do custo do projeto sobre o custo total do produto é a mais alta considerando-se outros elementos, como material, mão-de-obra e despesas gerais.

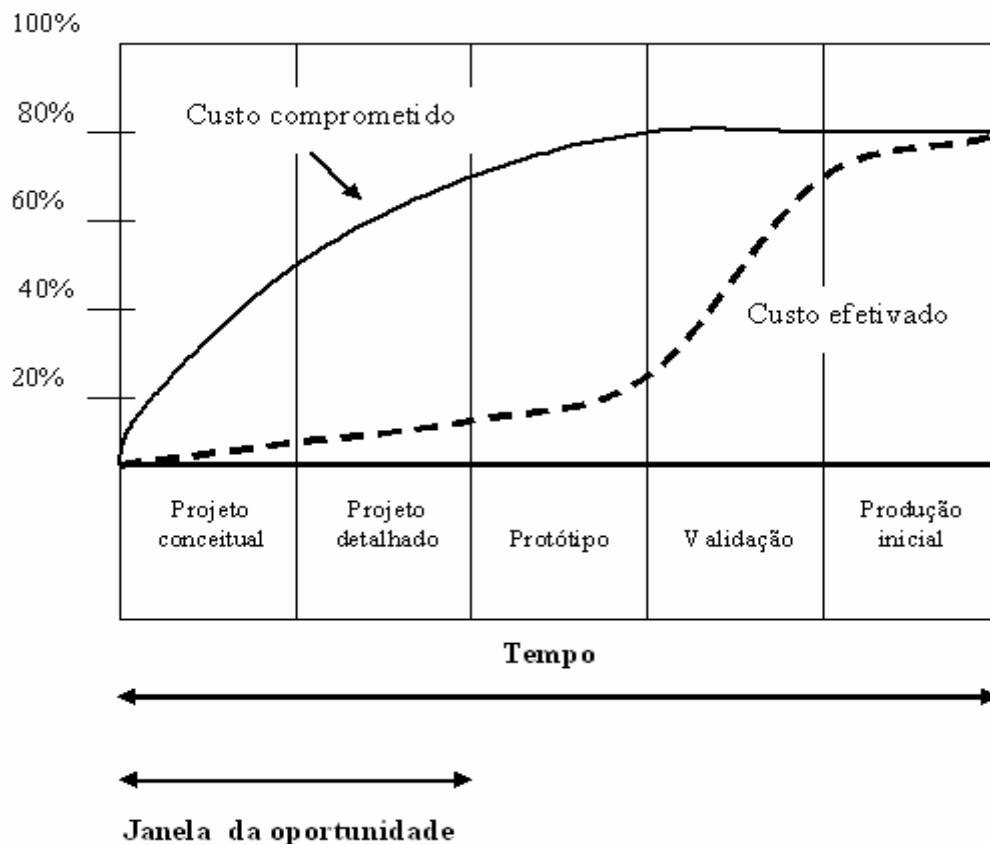


Fonte: Smith e Reinertsen (2001).

Figura 1 - Influência das atividades de projeto sobre o custo total do produto.

Huthwaite (1992) explica que, se o projeto não estiver bem elaborado as etapas subsequentes não serão acertadas, não importando o grau de automatização ou de tecnologia utilizados.

Segundo Hartley (1992), grande parte do custo total do produto está comprometida já na fase de projeto conceitual, conforme a Figura 2. É possível influir sobre o custo total na fase de projeto conforme o que é mostrado no espaço delimitado pelo que o autor chama de “janela da oportunidade”. À medida que o tempo passa e as etapas evoluem da fase de projeto conceitual para as fases seguintes, como projeto detalhado, protótipo, validação e até produção inicial, observa-se que as possibilidades de se influir no processo são cada vez menores e o percentual de custo comprometido fica também cada vez menor. Dessa forma ainda pela análise da Figura 2, vê-se que a fase de projeto cresce na sua influência sobre o custo total do produto final de 0 a 70%.

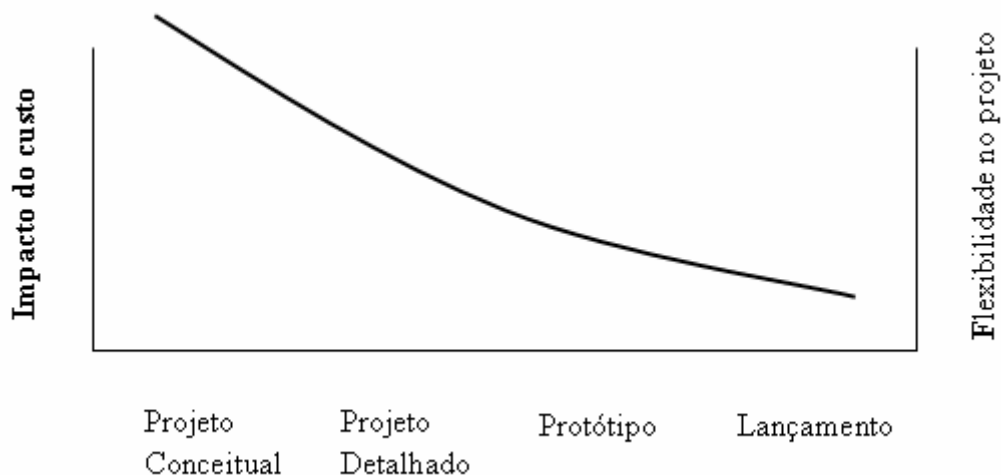


Fonte: Hartley (1992).

Figura 2 - Comprometimento de custos no desenvolvimento de produtos



Huthwaite (1992) alerta que se evite o “fator escala” associado ao custo do produto, representado por uma estimativa de aumento de dez vezes por estágio de desenvolvimento, conforme a Figura 3. Assim, à medida que se evolui da fase de projeto para as fases de construção de protótipos até o lançamento de produto, há um aumento de custos e uma conseqüente diminuição da flexibilidade do projeto, ou seja quanto mais adiantado o estágio que se quer modificar, mais difíceis e de alto custo se tornam as interferências. Observa-se ainda na Figura 3 que a flexibilidade para alterações no projeto diminui sensivelmente à medida que a escala de custos sobe. Nessa situação, as correções passam a ser inviáveis ou impossíveis. Assim, a melhor maneira de se evitar correções em estágios avançados do desenvolvimento de produtos é investir no estágio de projeto.

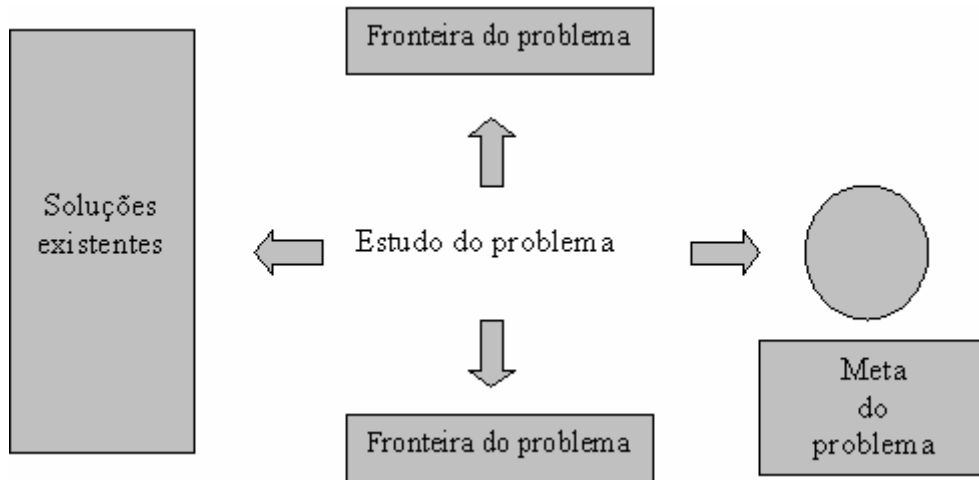


Fonte: Huthwaite (1992).

Figura 3 - O fator escala nos custos de desenvolvimento de produtos

Cabe ainda salientar que, para que se alcancem resultados positivos a nível de projeto, é necessário segundo Baxter (2003) que se identifique o problema que o projeto se propõe a resolver, sejam determinadas as partes do mesmo, sejam levantadas as possíveis soluções ou a solução ideal e também sejam conhecidos os fatores que venham a dificultar o alcance da solução ideal. A Figura 4 dá uma idéia sobre os itens que devem fazer parte da solução do problema. Assim, devem-se definir as fronteiras do problema, que são os limites de aceitação

de soluções potenciais, o espaço do problema, que é o campo onde será desenvolvido o trabalho na busca de soluções e levantar o objetivo para se saber se a solução foi atingida.



Fonte: Baxter (2003).

Figura 4 - Visualização do espaço do problema

Outro tópico a ser considerado na fase de projeto é o cuidado que se deve ter em traduzir os requisitos do cliente em requisitos do produto (PEREIRA; MANKE, 2001). Com esse enfoque surgiram ferramentas de apoio ao projetista como desdobramento da função qualidade (QFD), análise por elementos finitos, simulações computacionais e *brainstorming*, entre outras.

Nesse contexto torna-se evidente a necessidade de se desenvolver os projetos das mais diversas áreas segundo uma ótica integrada de percepção das necessidades do cliente, otimização de recursos e técnicas empregados e possibilidade de uso da Engenharia Simultânea (ES) aliada aos conceitos de projeto conceitual de produtos. Assim como se observa em outros setores industriais, os projetistas necessitam de uma metodologia que, entre outros aspectos, auxilie no processo criativo e direcione os esforços empreendidos para a melhoria do produto final.

### 1.3.2 Aplicação da metodologia desenvolvida

Para aplicação da metodologia pesquisada foi escolhido o projeto do CETEC-UPF, o empreendimento que partiu da necessidade de implantação de um canteiro experimental de obras, inicialmente destinado a atender à área de construção civil. Evoluiu com a idéia de ampliação para outras áreas, como materiais de construção, geotecnia, pavimentos, saneamento, hidráulica, estruturas, confecção de maquetes, gerenciamento e tratamento de resíduos produzidos pelas unidades do empreendimento.

A Figura 5 mostra a edificação do primeiro prédio na fase de execução da estrutura de concreto armado.



Figura 5 – Detalhes do primeiro prédio do CETEC (fevereiro de 2004)

Assim, para se atender à demanda inicial, foi construído um prédio que, primeiramente, passou a atender a maioria das áreas mencionadas. O prédio inicial foi

considerado célula-mãe para que, a partir do crescimento das áreas, houvesse expansão para outros locais do complexo.

## **1.4 Objetivos**

A partir do problema de pesquisa apresentado, propõem-se o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### **1.4.1 Objetivo geral**

Desenvolver uma metodologia para elaboração de projetos para obras de infraestrutura em nível de projeto conceitual de produtos, tendo como base os requisitos do cliente e a metodologia pesquisada para o desenvolvimento de produtos industriais.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Para a presente pesquisa podem-se elencar os seguintes objetivos específicos:

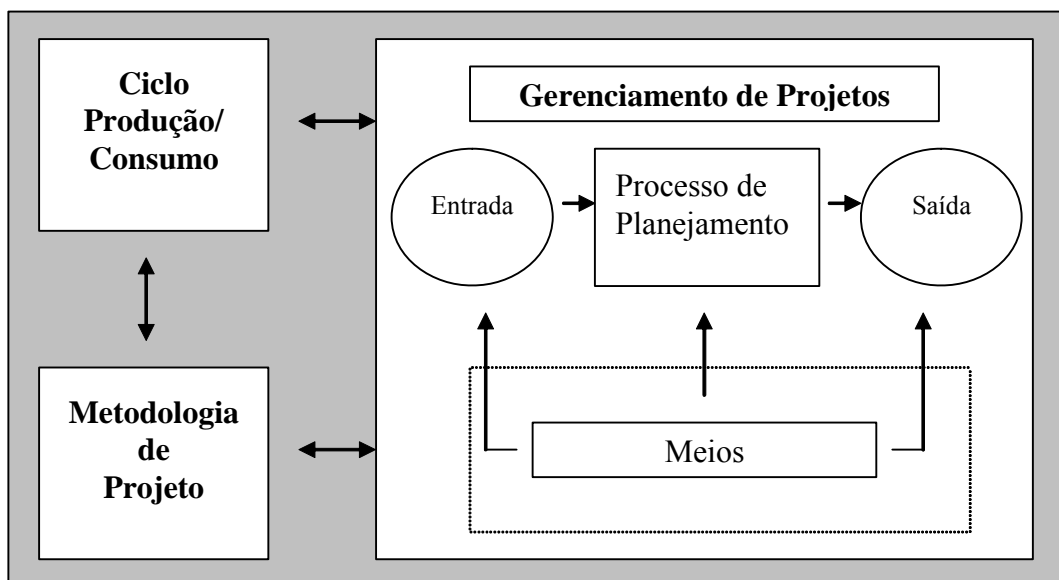
- propor uma metodologia que forneça subsídios para a elaboração do processo de projeto de obras de infra-estrutura tais como: obras de vias públicas, equipamentos sociais, urbanos, educacionais e edificações com finalidade habitacional, comercial e industrial;
- propor uma metodologia que auxilie na elaboração de estratégias competitivas através do conhecimento das necessidades do público-alvo;
- levantar os requisitos do consumidor em relação ao produto pesquisado, considerando a política de ação e a missão da UPF nas áreas de ensino, pesquisa e extensão;
- levantar dados que venham a subsidiar a conclusão da elaboração do projeto do CETEC-UPF;

- desenvolver uma ferramenta para elaboração de projetos de infra-estrutura que considere os requisitos do consumidor tanto quantitativamente quanto qualitativamente;
- testar a metodologia desenvolvida com a sua aplicação no projeto do CETEC-UPF.

## 1.5 Escopo e delimitações do trabalho

### 1.5.1 Escopo do trabalho

O escopo desta pesquisa é trabalhar com a metodologia de projetos a partir do nível de projeto informacional até o nível de projeto conceitual de produtos para obras de infra-estrutura. A Figura 6 mostra, de maneira esquemática, o processo de desenvolvimento de produtos, que é basicamente focado no ciclo de produção/consumo, gerenciamento de projetos e metodologia de projetos.



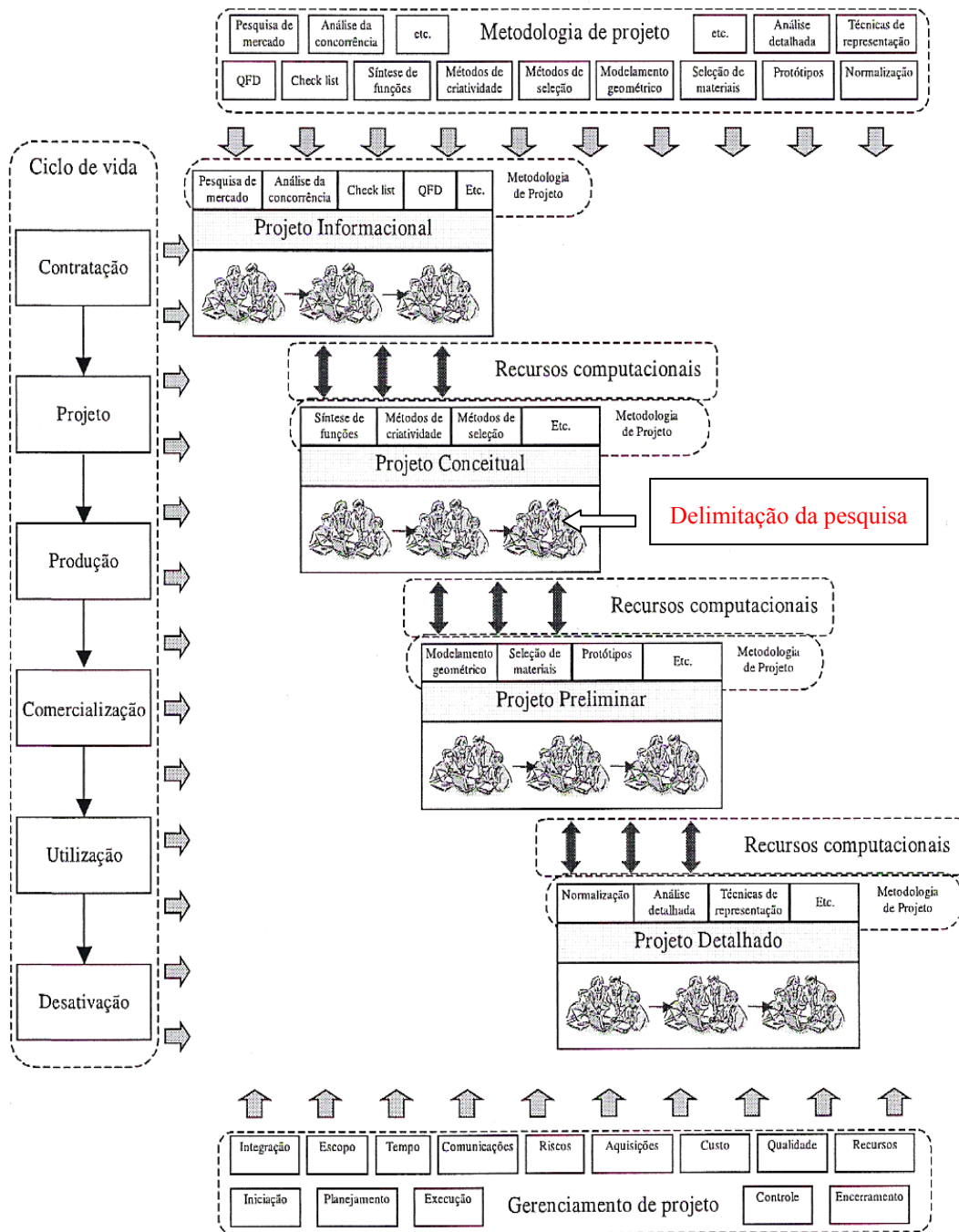
Fonte: Hoffmeister (2003).

Figura 6 - Processo de desenvolvimento de produtos subdividido em fases.

### **1.5.2 Delimitações do trabalho**

Na Figura 7 vê-se um modelo de gerenciamento para o desenvolvimento de produtos proposto por Back e Ogliari (2000). Neste modelo ilustram-se as diversas fases do projeto de produtos e a interação entre elas e os ciclos de vida dos produtos concebidos. Para este trabalho, o escopo é atingir o nível de projeto conceitual marcado no modelo de Back e Ogliari (2003), representado na Figura 7.

As etapas de projeto preliminar e projeto detalhado não se constituem em objeto de estudo da presente pesquisa.



Fonte: Hoffmeister (2003).

Figura 7 – Modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos de Back e Ogliari (2000 apud HOFFMEISTER, 2003).

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Definições gerais**

#### **2.1.1 Análise do valor e engenharia do valor**

A análise funcional tem como parâmetros básicos o entendimento das funções dos produtos fabricados, dos serviços oferecidos e das técnicas de produção. Para esta análise, é fundamental que a ferramenta comunicação seja empregada de maneira a se obter a compreensão das funções de cada elemento em estudo da forma mais ampla possível.

Para Snodgrass e Kasi (1986) nada toma o lugar da comunicação, pois sucesso ou fracasso podem ser rastreados através da comunicação. Para que haja uma comunicação bem sucedida, as pessoas devem definir precisamente o que estão tentando transmitir. É muito importante para todos que a mensagem seja transmitida de forma intacta e precisa.

Miles (apud SNODGRASS e KASI, 1986) percebeu o valor da comunicação durante a Segunda Guerra Mundial, quando formulou a teoria da análise do valor (AV). Com a ajuda da comunicação adequada foram determinadas as partes ou componentes de um conjunto, definindo-se assim, as funções de seus elementos. Ainda no período da Segunda Guerra Mundial, devido à escassez de materiais, houve situações em que não estavam disponíveis certas partes ou componentes do conjunto que se estava sendo trabalhado. Desse modo, Miles substituiu-os por materiais e partes que pudessem desempenhar as mesmas funções. Miles procedeu dessa maneira a partir do entendimento das funções das partes ou componentes dos elementos com que estava trabalhando, foi bem sucedido por ter concentrado mais seus esforços criativos nas funções das partes do que na forma e características dos materiais.

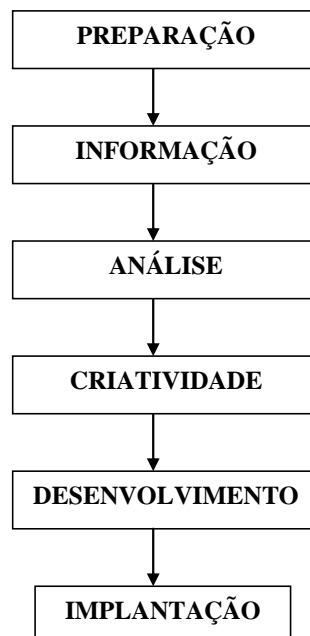


A análise funcional foi fundamentada no conceito de que um problema bem entendido é um problema que já está com metade de sua solução alcançada e também no entendimento de que a comunicação entre as partes interessadas é a chave para se definir o problema.

Segundo Pereira Filho (1994), a Análise do Valor (AV)/Engenharia do Valor (EV) é um método sistemático para aumentar o valor de um produto, projeto, sistema ou serviço por meio da identificação e avaliação das funções necessárias para o fornecedor e o consumidor/usuário, permitindo o desenvolvimento das alternativas para maximizar a relação a seguir:

$$\text{VALOR} = \frac{\text{DESEMPENHO DA FUNÇÃO}}{\text{CUSTO DA FUNÇÃO}} \quad (2.1)$$

De acordo com Pereira Filho (1994) o processo de análise funcional pode ser decomposto nas seguintes fases: 1) preparação; 2) informação; 3) análise; 4) criatividade; 5) desenvolvimento; 6) implantação.



Fonte: Adaptado de Pereira Filho (1994, p.63).

Figura 8: Fases de procedimento para aplicação de Análise Funcional.

Segundo Pereira Filho (1994), o enfoque característico da AV/EV é a mais moderna representação da evolução tecnológica e a metodologia de AV/EV pretende constituir uma nova maneira de pensamento, evitando preconceitos, prejulgamentos, estudos superficiais, visão unicamente convergente, bloqueios e diversos outros fatores.

A comissão de AV/EV da Associação das Indústrias Eletrônicas, incumbida de analisar essa metodologia, definiu:

Engenharia do Valor é a aplicação sistemática de técnicas reconhecidas que: identificam a função de um produto ou serviço; estabelecem um valor para aquela função; e objetivam prover tal função ao menor custo total, sem degradação. (CSILLAG, 1995, p.58).

A essa definição, foi acrescida a afirmação: “Análise do Valor é considerada sinônimo de Engenharia do Valor.” (CSILLAG, 1995).

Entretanto, de acordo com Basso (1999) a diferença entre EV e AV está na fase de aplicação das técnicas de análise funcional. A EV aplica as técnicas de análise funcional durante a fase de concepção do produto, ou seja, a fase de projeto, ao passo que a AV aplica esta técnica durante a fase de produção do produto.

Outra definição importante, que é um esforço para adequar as definições anteriores às circunstâncias atuais, é a seguinte:

Engenharia do Valor é a aplicação sistemática, consciente de um conjunto de técnicas, que identificam funções necessárias, estabelecem valores para as mesmas e desenvolvem alternativas para desempenhá-las ao mínimo custo (HELLER apud CSILLAG, 1995, p. 58).

Dessa maneira, uma nova definição destaca-se: “Engenharia do valor é um esforço organizado, dirigido para analisar as funções de bens e serviços para atingir aquelas funções necessárias e características essenciais da maneira mais rentável.” (CSILLAG, 1995, p. 58).

Ainda para Csillag (1995), analisar funções significa um esforço deliberado para identificar o que está sendo fornecido e do que o mercado necessita, considerar a interface entre as áreas de marketing e de engenharia para definir os requisitos prioritários do ponto de vista do cliente, além de incluir as metas de preço de venda. As características essenciais mencionadas na definição são aquelas de manutenção e controle.

De outra maneira, significa o preço determinado pela geração e avaliação de um conjunto de alternativas, incluindo novos conceitos, reconfigurações, eliminação ou combinação de itens, processos ou procedimentos. Devem ser consideradas ainda a operação e manutenção do produto durante seu ciclo de vida. Consideram-se, assim, os elementos de interface entre engenharia e manufatura.

A evolução da metodologia da Análise do Valor pode ser entendida como

[...] um conjunto de abordagens sistêmicas que passou a ser chamado de gerenciamento do valor porque a análise passou de um produto em si para todo o conjunto de atividades conduzidas pela empresa, incluindo investimentos, procedimentos e sistemas organizacionais. (CSILLAG, 1995, p.60).

De acordo com o autor, o termo Gerenciamento do Valor é agora usado como sinônimo de Análise do Valor ou Engenharia do Valor e está substituindo-os gradativamente. O objetivo primordial do Gerenciamento do Valor é aumentar o valor dos produtos e/ou processos em que este método é aplicado. Cabe ainda ressaltar que, para autores como Pereira Filho (1994), a AV/EV conduz a um aumento de produtividade, levando à melhoria de qualidade, maior competitividade, maior lucratividade e racionalização administrativa.

### **2.1.2 Função**

Segundo Snodgrass, Kasi (1986), a EV ou AV tem sido usada em muitas organizações desde o ano de 1950. Seu verdadeiro potencial, contudo, é percebido somente quando o tempo é gasto na identificação de funções. O *The Chambers Dictionary* (1996) apresenta, entre várias outras, duas definições de função: a) ação para a qual uma pessoa ou coisa estão indicadas ou são usadas ou para a finalidade que elas existem; b) uma ação de um grupo de ações que contribuem para uma ação maior.

Definir a finalidade de um objeto pode ser evidente em muitos casos, porém, em outras situações, a finalidade pode ser algo sutil ou difícil de ser identificada. Assim, a função em AV ou EV é uma definição com duas palavras, começando com um verbo e terminando com um substantivo.

O resultado de identificar funções consiste num conhecimento do objeto em estudo. Igualmente importante, esta linguagem comunica informações precisas aos membros de um

grupo ou força tarefa designados para estudar o objeto e para outros grupos que devem ser trazidos para o processo de decisão.

Para Snodgrass, Kasi (1986), funções de EV/AV podem ajudar a definir necessidades e desejos de clientes, proprietários e usuários. Classificar funções e, logicamente, colocá-las em ordem precisa aumentará o entendimento do problema ou da concepção do produto.

Para um melhor entendimento de função tem-se:

A característica a ser obtida do desempenho de um item, se o item realizar sua finalidade, objetivo ou meta. É a finalidade ou motivo da existência de um item ou parte de um item.

A característica de um item ou serviço que atinge as necessidades e desejos do comprador e/ou usuário.

A característica de desempenho a ser possuída por um item ou serviço para funcionar ou vender. (WILCOCK apud CSILLAG, 1995, p. 60).

Em síntese, para Csillag (1995), função é o objetivo de um produto ou sistema operando em sua maneira prescrita, portanto é qualquer coisa que faz o item ou sistema funcionar ou vender; assim é aquilo que deve ser desempenhado. Basso (1999) afirma que função é uma característica do produto que serve a um propósito e atende a uma necessidade e é também o que faz o produto trabalhar ou vender. Ainda de acordo com o autor citado, as funções podem ser subdivididas em dois tipos:

Função de uso: está diretamente relacionada como o valor de uso do produto. São as atividades que exprimem o desempenho técnico de utilização – faz o produto trabalhar.

Função de estima: está diretamente relacionada com o valor de estima (prestígio) do produto. São as atividades que auxiliam as vendas do produto, dotando-o de beleza, aparência, status – faz o produto vender. (BASSO, 1999, p.12).

Abreu (1996) ressalta que uma função é descrita através do uso de um verbo de ação, acompanhado de um substantivo: função é igual a um verbo de ação mais um substantivo. Para o mesmo autor as funções podem ser classificadas de acordo com a Figura 9.

Quanto à necessidade	Quanto ao tipo de aplicação
Básica	De uso
Secundária	De estima
Desnecessária	-

Fonte: Abreu (1996).

Figura 9: Classificação das funções.

Para Abreu (1996) a função básica é a principal finalidade do recurso, é a razão de ser do produto ou serviço, por exemplo: lápis – grafar papéis. Já a função secundária complementa a função básica, acrescenta utilidade ao recurso, amplia seu uso: por exemplo: lápis com borracha – apagar escritas. A função desnecessária é aquela que, estando incorporada ao recurso, não é necessária para o usuário e a sua ausência em nada o afetaria. Desse modo, uma função pode ser desnecessária para um usuário e não sê-lo para outro.

Quanto ao tipo de aplicação, Abreu (1996) salienta:

Função de uso: é aquela vinculada à necessidade de natureza material e objetiva do usuário. Está associada à utilidade que a função tem em satisfazer necessidades de natureza operacional. Ex.: régua – medir distâncias; analgésico – abrandar a dor.  
 Função de estima: está vinculada às necessidades comportamentais e afetivas do usuário. Ex.: roupa – enfeitar o corpo; equipamento de som – decorar o ambiente. (ABREU, 1996, p.85).

Ainda é necessário, para o entendimento de função, definir os seguintes termos:

Atividade é a maneira como determinada função está sendo desempenhada.  
 Sistema é um conjunto de entes que interagem. Um produto ou uma companhia pode ser considerado sistema. (CSILLAG, 1995, p.60).

Conforme Baxter (2003), a análise de funções do produto é uma técnica que pode ser utilizado no projeto conceitual, mas também em outros dois métodos de projeto, na análise de valor e na análise de falhas.

Valdiero (1994) salienta que uma função é o objetivo de uma ação ou de uma atividade que está sendo desempenhada; não é a própria ação. Visa a um resultado que deve ser conseguido, ao passo que a ação é um método para realizar o objetivo.

### 2.1.3 Conceito de Custo

Este assunto possui tratamento bibliográfico variado no que diz respeito às suas definições. Algumas abordagens podem ser encontradas, como em Abreu (1996), para o qual custo é a quantificação financeira dos recursos consumidos para a produção de um bem ou prestação de um serviço. Há, também, outras definições de custo como, a seguinte:

Custo é o valor dos bens ou serviços consumidos no processo produtivo da empresa, ou seja, o valor dos insumos usados na fabricação dos produtos da empresa. Os custos estão relacionados com a fabricação dos produtos, sendo normalmente divididos em matéria-prima (MP), mão-de-obra direta (MOD) e custos indiretos de fabricação (CIF):

- Matérias-primas (MP): são todos aqueles materiais integrantes do produto acabado que possam ser convenientemente atribuídos a unidades físicas específicas;
- Mão-de-obra direta (MOD): é toda mão-de-obra que se relaciona nitidamente com os produtos, e que seja facilmente consignável a um produto específico;
- Custos Indiretos de fabricação (CIF): são todos os custos de fabricação, exceto as matérias primas e a mão-de-obra direta. (KLIEMANN, apud BULHÕES, 2001, p.40).

Em face do apresentado, pode-se expressar dois novos elementos: custo de produção (CP) e custo de transformação (CT). O custo de produção é a soma dos custos de matérias-primas aos custos de mão-de-obra direta e aos custos indiretos de fabricação. O custo de transformação refere-se aos custos incorridos pela empresa para transformar as matérias-primas em produtos acabados, correspondendo à soma dos custos de mão-de-obra direta aos custos indiretos de fabricação. Um resumo do que foi anteriormente exposto é apresentado nas fórmulas abaixo:

$$CP = MP + MOD + CIF \quad (2.2)$$

$$CT = MOD + CIF \quad (2.3)$$

As definições de gasto, desembolso e despesa são:

Gasto: é o sacrifício financeiro que a entidade arca para a obtenção de um produto ou serviço qualquer, ou seja, é o valor dos bens ou serviços adquiridos;

Desembolso: é o pagamento resultante da aquisição de bens ou serviços, que pode ocorrer em momento diferente do gasto;

Despesa: é o valor dos bens ou serviços consumidos num determinado período, e que não se relacionam diretamente com a produção de outros bens e/ou serviços. Isto é, refere-se às atividades produtivas da empresa, geralmente sendo separadas em administrativas, comerciais e financeiras. O termo overhead é, muitas vezes, utilizado para descrever os custos e despesas que não podem ser alocados diretamente aos produtos. (KLIEMANN, apud BULHÕES, 2001, p.40)

#### 2.1.4 Valor

De acordo com Basso (1999, p.10), valor “é o menor custo atribuído a um produto ou serviço, que deverá possuir a qualidade necessária para atingir a função desejada”.

Para Pandolfo (2001), o termo “valor” apresenta um conceito amplo e relativo, de tal forma que as suas interpretações variam em função de sua aplicação. O termo valor também aparece associado à palavra qualidade, com a afirmação de que a palavra qualidade associada ao conceito de valor é “o grau de excelência a um preço aceitável e o controle de viabilidade a um custo aceitável.” (BROH apud PANDOLFO, 2001, p.9).

Outro enfoque dado à palavra valor é o que surge da associação com os elementos componentes da administração estratégica: “O valor é criado quando uma empresa cria vantagem competitiva para seu comprador – reduz o custo para o seu comprador ou eleva-lhe o desempenho.” (PORTER, 1996, p.2). Ainda, o mesmo autor associa o termo valor à vantagem competitiva:

A vantagem competitiva surge fundamentalmente do valor que uma empresa consegue criar para seus compradores e que ultrapassa o custo de fabricação pela empresa. O valor é aquilo que os compradores estão dispostos a pagar, e o valor superior provém da oferta de preços mais baixos do que os da concorrência por benefícios equivalentes ou do fornecimento de benefícios singulares que compensam um preço mais alto. (PORTER, 1996, p.2).

A metodologia do valor define, segundo Csillag (1995), basicamente, quatro tipos de valores econômicos:

Valor de custo, o total de recursos medido em dinheiro, necessário para produzir/obter um item.

Valor de uso, medida monetária das propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho de uso, trabalho ou serviço.

Valor de estima, medida monetária das propriedades, características ou atividades que tornam desejável sua posse.

Valor de troca, medida monetária das propriedades ou qualidades de um item que possibilitam sua troca por outra coisa. CSILLAG (1995, p.61)

Baxter (2003, p.3) afirma, em nível de projeto de produto, que se deve “estabelecer um compromisso entre os fatores que adicionam valor ao produto e aqueles que provocam aumento de custo”. Para os fatores que propiciam aumento de valor devem-se considerar: aumento de funcionalidade e melhoria da qualidade. Como fatores de aumento de custo, deve-se considerar: escolha dos componentes de custo mais elevado para a fabricação do produto e o aumento do tempo de produção.

Outro enfoque importante dado ao conceito de valor vem da percepção do valor pelo mercado e pelo usuário. Pandolfo (2001) afirma que o mercado tem uma percepção do valor do produto associada aos benefícios que este irá lhe proporcionar, os quais não têm relação alguma com o custo do produto para o fabricante. Desse modo, os consumidores tomarão a iniciativa de comprar o produto que perceberem estar lhes fornecendo mais benefícios, ou seja, um maior valor.

Um questionamento de valor é apresentado conforme a citação abaixo:

Por que é tão difícil começar do ponto certo a definir corretamente valor? Em parte porque a maioria dos produtores quer fabricar o que já estão fabricando e em parte porque alguns consumidores só sabem pedir alguma variação do que já estão obtendo. Eles simplesmente começam do lugar errado e acabam no destino errado. Em seguida, quando os fornecedores ou clientes decidem repensar o valor, em geral caem em fórmulas simples – custo baixo, maior variedade de produtos, entrega imediata – em vez de analisar conjuntamente o valor e questionar as antigas definições para saber o que é realmente necessário. (WOMACK; JONES, 1996, p.23).

Deve-se ainda, segundo estes autores, ter o cuidado de não cair no erro comum a muitos técnicos e especialistas de extrair de seu próprio senso de valor a convicção de que estão fazendo um trabalho de acordo com os desejos do usuário, prosseguindo no aperfeiçoamento e maior complexidade de produtos, os quais despertam pouco interesse no consumidor.



Também é necessário lembrar que a percepção de valor do ponto de vista do usuário envolve a subjetividade das pessoas, o que sugere cautela nos procedimentos de investigação que visem identificá-la.

### **2.1.5 Valor agregado**

Na área de planejamento e controle da produção, este item aparece como uma ferramenta para quantificar o desempenho de execução de projetos.

Basso (1991) define valor agregado como o resultado de um trabalho. Para Vargas (2002), o conceito de valor agregado está intimamente relacionado com as medidas de despesa-desempenho dentro de um prazo, ou seja, dentro de um cronograma físico do projeto, onde é necessário considerar o controle de execução como um elemento fundamental em todo o processo. Vargas define valor agregado como

a avaliação entre o que foi obtido em relação ao que foi realmente gasto e ao que se planejava gastar, onde se propõe que o valor a ser agregado inicialmente por uma atividade é o valor orçado para ela. Na medida em que cada atividade ou tarefa de um projeto é realizada, aquele valor inicialmente orçado para a atividade passa, agora, a constituir o valor agregado do projeto. ( 2002, p.18).

Para Brandon (apud VARGAS, 2002), o valor agregado permite, através da identificação do custo realizado, verificar o andamento das etapas físico-financeiras de um projeto e fazer uma projeção adequada sobre os custos e os prazos finais do projeto.

### **2.1.6 Atividades que agregam valor**

Embora o conceito de atividades que agregam valor não seja objeto de estudo na Engenharia do Valor, é importante, em nível conceitual, ter conhecimento do que são estas atividades. Atividades que agregam valor são as “que convertem material e/ou informação direcionada a atender os requisitos dos clientes e são denominadas atividades de conversão ou processamento”. (KOSKELA, 1992). Em consequência, segundo o mesmo autor, as atividades que não agregam valor são as que consomem tempo, recurso ou espaço, mas não contribuem para atender ao objetivo de satisfazer aos requisitos dos clientes.

Outro item importante é o enquadramento do conceito de perda dentro do conceito de atividades que não agregam valor. De acordo com Ohno (apud BULHÕES,2001, p.28), a perda corresponde às operações que não agregam valor, mas que podem ser eliminadas do processo produtivo.

Cabe salientar que uma ferramenta utilizada na busca da redução ou eliminação das perdas é o Planejamento e Controle da Produção (PCP). Para Bernardes (2003), o processo de PCP facilita a eliminação dos processos que não agregam valor, pois busca reduzir atividades como movimentação, inspeção, espera e aquelas que consomem tempo.

### **2.1.7 Desempenho**

Desempenho de um produto pode ser definido como o conjunto específico de habilidades funcionais e propriedades que o fazem adequável (e vendável) para uma finalidade específica. Desempenho apropriado requer do produto (ou serviço) um nível predeterminado de qualidade, confiabilidade, intercambiabilidade, aparência, facilidade de manutenção e que se satisfaçam todos os requisitos desse nível (CSILLAG, 1995,p.61). Desempenho deve ser entendido como a maneira como se comporta determinado material ou sistema durante a sua utilização.

Desempenho pode ser entendido como:

Deve-se entender desempenho como a apresentação de certas propriedades características de um produto, tais que o capacitem a cumprir sua função, quando sujeito a certas influências durante sua vida útil. (TIBIRICÁ, 1988, p.25).

Ainda para Tibiriçá (1988), ao utilizar o conceito de desempenho devem ser considerados, dois aspectos básicos:

- determinar os critérios de desempenho, isto é, traduzir as necessidades dos usuários em expressões técnicas que permitam a seleção de produtos que, combinados, resultem num produto que satisfaça a tais necessidades;
- viabilizar a avaliação e o controle do comportamento do sistema ou de alguma parte constituinte do sistema.

Pelo que se depreende do exposto, ambos os aspectos considerados traduzem condições qualitativas e quantitativas que devem ser observadas para o cumprimento das necessidades dos envolvidos com o sistema sob determinadas condições de exposição.

### **2.1.8 Exemplos de aplicação da análise funcional em diferentes projetos**

A importância da EV é destacada, segundo Basso, ao se observar a resolução 172 do Senado norte-americano, de 12 de maio de 1977:

Considerando que [...] a Análise de Valor é um método comprovado de conservar energia, melhorar os serviços, economizar dinheiro [...] sempre aplicável quando há uma função e um método de medi-la[...] que rende para cada dólar investido U\$12,84 [...] (em média) [...] que apresentou sucessos na indústria privada de gerar lucros adicionais e melhorar produtos e serviços[...] resolve que todos os ministérios e agências governamentais devem utilizar sempre que possível a análise de valor para obter o máximo de economia e eficiência.” (1990, p.8)

Os princípios da análise funcional são muito amplos e aplicáveis em várias áreas, entre as quais se podem listar:

- a) militar;
- b) industrial;
- c) educativa;
- d) social;
- e) transportes;
- f) administrativa.

Snodgrass e Kasi (1986) apresentam vários exemplos de aplicação de análise funcional:

- otimização de seções de elementos estruturais (pilares): ao se estudar as seções de pilares em concreto armado desde as fases de projeto, programação e construção, através dos conceitos da EV, chegou-se a uma diminuição do custo final destes elementos estruturais modificando-se a forma e distribuição de pilares ao longo da estrutura de edifícios;
- análise de tráfego numa rampa de acesso: através dos procedimentos da EV pôde-se identificar quais funções eram desejáveis e necessárias na fase de

projeto. Em seguida, as idéias surgidas na fase de projeto puderam ser testadas para verificar se o projeto ou seus elementos não haviam sido comprometidos quanto à qualidade final pretendida;

- análise de seções de túneis: através da aplicação da EV a um estudo de seção de túnel, foram obtidos resultados como diminuição do volume de escavação, redução do tempo de construção, aumento da altura útil da seção, aumento do espaço interno e eliminação de infiltrações de água, podendo-se, assim, obter uma melhoria de qualidade com redução de custos.

## **2.2 Conceito de projeto**

Para Vargas (2002), projeto pode ser entendido como um “empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma seqüência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade”.

De acordo com Roozenburg e Eekels (2003, apud HOFFMEISTER): “um projeto pode ser entendido como um processo mental orientado, através do qual problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, e propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade dessas soluções são medidas.”

O conceito de organização transitória está diretamente relacionado a um esquema organizacional particular e temporário, que somente existe para tornar o trabalho com projetos mais eficiente e intuitivo por parte da organização. Ainda para Vargas (2002, p.4), “os projetos atingem todos os níveis de organização, fornecedores, clientes, parceiros e governo, fazendo parte, na maioria das vezes, da estratégia de negócios da companhia”.

### **2.2.1 Características dos projetos**

Conforme Hoffmeister (2003), as principais características dos projetos são a temporariedade, a individualidade do produto ou serviço a ser desenvolvido pelo projeto, a incerteza, a complexidade e ciclo de vida definidos. Segundo o autor, os elementos citados podem ser explicados da seguinte forma:

- natureza temporária: significa que um projeto sempre nasce com data de início e de término definidas. Wideman (1991) afirma que o ciclo de vida do projeto caracteriza a sua temporariedade, partindo de um processo de trabalho estratégico inicial até atingir um topo de trabalho executivo de produção que antecede o seu término;
- unicidade do produto ou serviço produzido pelo projeto: um projeto é usualmente único, nunca um empreendimento repetitivo;
- grau de incerteza: todos os projetos são planejados antes de serem executados, mas, apesar disso carregam consigo um elemento de risco ou incerteza;
- nível de complexidade: atingir o objetivo de um projeto envolve a execução de várias atividades, algumas das quais devem ser desempenhadas de forma simultânea. O relacionamento entre todas as atividades de um projeto define o grau de complexidade do mesmo, quanto maior a interação entre as atividades, maior o grau de complexidade do empreendimento;
- ciclo de vida: os recursos necessários para um projeto variam durante a sua execução.

### **2.2.2. Ciclo de vida de um projeto**

Ainda de acordo com Vargas (2002) todo projeto pode ser dividido em determinadas fases com base no ciclo de vida. O ciclo de vida pode ser dividido em fases, normalmente fixas para todos os tipos de projeto, contendo uma série de passos principais do processo de contextualizar, desenhar, desenvolver e colocar em operação uma determinada necessidade do projeto. Essas fases, por sua vez, são subdivididas em estágios, ou etapas específicas, de cada natureza de projeto. Esses estágios são, então, subdivididos em atividades ou tarefas específicas de cada projeto.

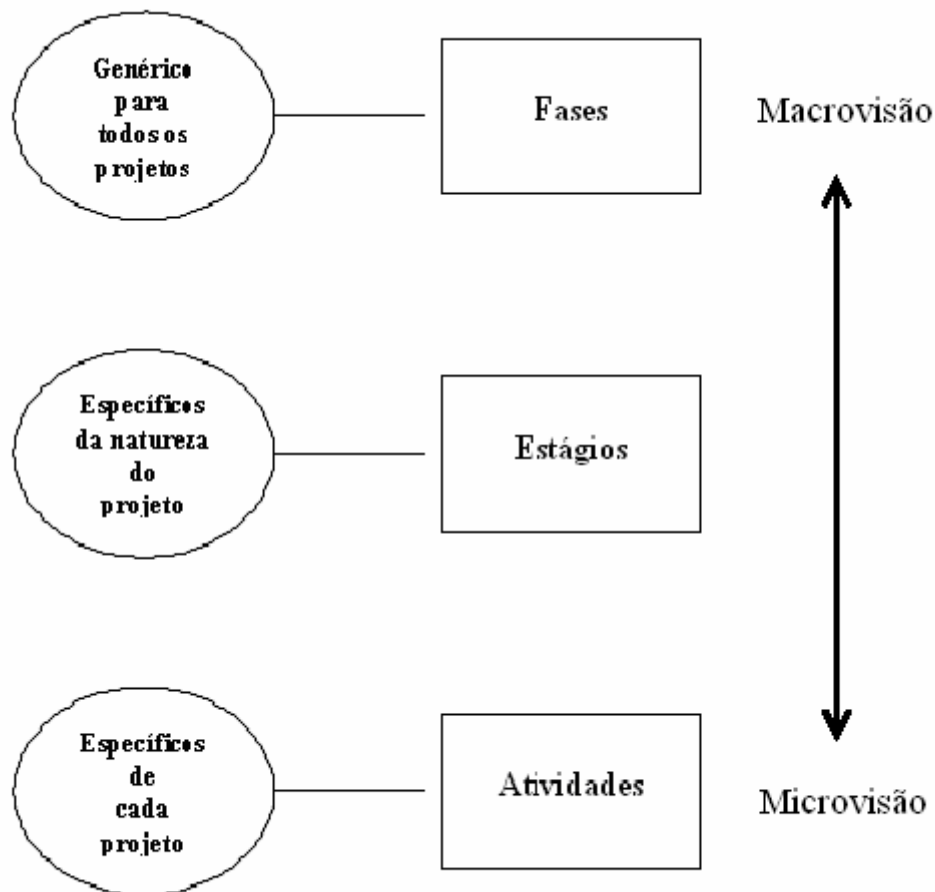
O conhecimento dos ciclos de vida do projeto, segundo Vargas (2002), trazem os seguintes benefícios:

- a correta análise do ciclo de vida determina o que foi, ou não, feito pelo projeto;
- o ciclo de vida avalia como o projeto está progredindo até o momento;

- o ciclo de vida permite que seja indicado o ponto exato em que o projeto se encontra no momento;

A Figura 10 aborda a estrutura esquemática dos ciclos de vida dos projetos. Ainda, quanto ao conhecimento do ciclo de vida dos projetos, pode-se afirmar que o mesmo permite aos planejadores e projetistas:

- estruturar o processo de desenvolvimento de produtos;
- estruturar o processo de implantação dos programas de planejamento e controle da produção.



Fonte: Adaptado de Vargas (2002).

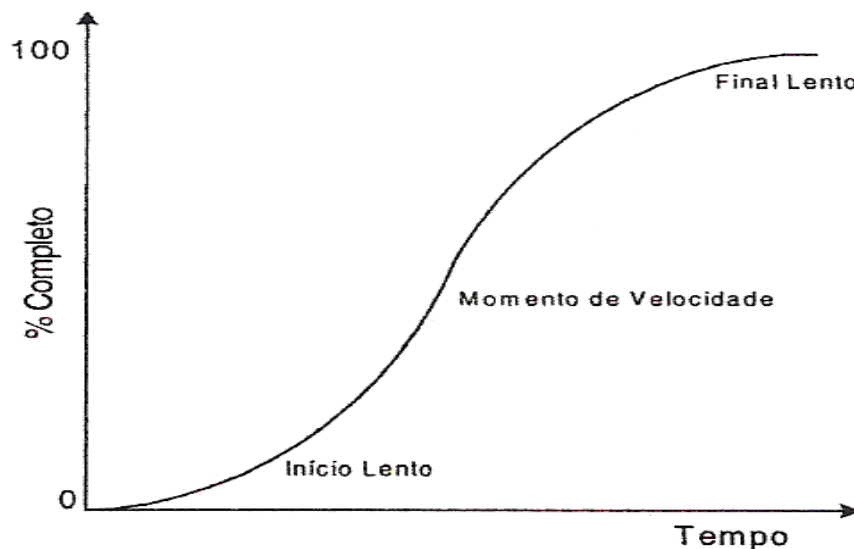
Figura 10: Estrutura esquemática do ciclo de vida do projeto.

Ao longo do ciclo de vida, diversas considerações podem ser feitas, principalmente:

- as características do projeto tendem a mudar com a conclusão de cada fase do projeto;
- a incerteza relativa aos prazos e custos tende a diminuir com o término de cada fase.

A Figura 11 apresenta o ciclo de vida do projeto associado aos critérios de velocidade de desenvolvimento.

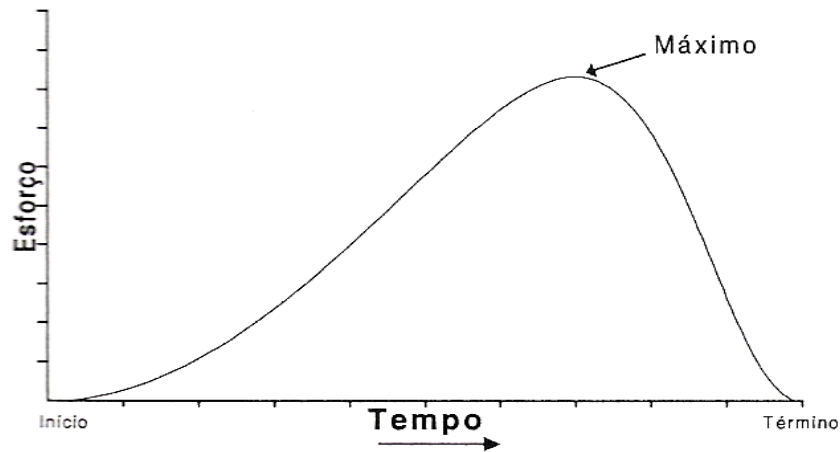
Para o mesmo autor, na maioria das vezes, o ciclo de vida dos projetos é caracterizado por um início lento, seguido de um progresso acelerado, até atingir um pico e, logo em seguida, uma desaceleração até atingir o seu término.



Fonte: Vargas (2002).

Figura 11: Ciclo de vida do projeto segundo critérios de velocidade de desenvolvimento.

Conforme a Figura 12, o nível de esforço destinado ao projeto inicia-se praticamente em zero e vai crescendo até atingir um máximo e, logo após esse ponto, reduz-se bruscamente até atingir o ponto zero. Para o autor esforço significa a quantidade de pessoas envolvidas no projeto, o dispêndio de trabalho e dinheiro com este, as preocupações, as complicações, as horas-extras. Também a localização do valor máximo do gráfico pode variar de acordo com o projeto.

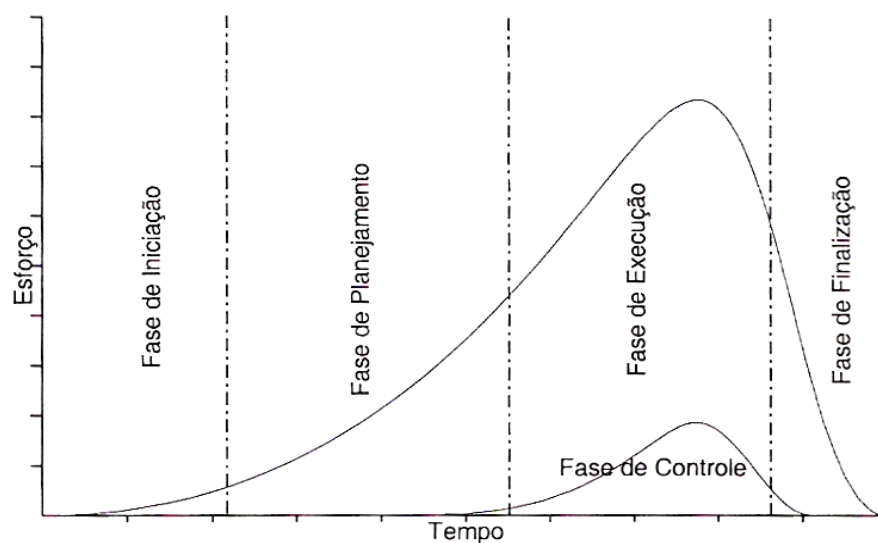


Fonte: Vargas (2002).

Figura 12: Variação do esforço com o tempo para o projeto.

Para Vargas (2002), as fases do ciclo de vida do projeto, como pode ser observado na Figura 13, dependem da natureza do projeto. Um projeto é desenvolvido a partir de uma idéia, progredindo para um plano, que, por sua vez, é executado e concluído. Cada fase do projeto é caracterizada pela entrega, ou finalização, de um determinado trabalho. Toda entrega deve ser tangível e de fácil identificação, como, por exemplo, a elaboração de um relatório, um cronograma estabelecido ou um conjunto de atividades realizadas.

Assim, o ciclo de vida do projeto pode ser dividido em fases conforme a Figura 13:



Fonte: Vargas (2002).

Figura 13: Ciclo de vida do projeto subdividido em fases.



Fase de iniciação: é a fase inicial do projeto, quando uma determinada necessidade é identificada e transformada num problema estruturado a ser resolvido. Nesta fase, a missão e o objetivo do projeto são definidos.

Fase de planejamento: é a fase responsável por identificar e selecionar as melhores estratégias de abordagem do projeto, detalhando tudo aquilo que será realizado, incluindo cronogramas, interdependências entre atividades, alocação dos recursos envolvidos, análise de custos, etc., para que, no final dessa fase, ele esteja suficientemente detalhado para ser executado sem dificuldades e imprevistos. Nessa fase, os planos auxiliares de comunicação, qualidade, riscos, suprimentos e recursos humanos também são desenvolvidos.

Fase de execução: é a fase que materializa tudo aquilo que foi planejado anteriormente. Qualquer erro cometido nas fases anteriores fica evidente durante essa fase, na qual grande parte do orçamento e do esforço do projeto é consumida.

Fase de controle: é a fase que acontece paralelamente ao planejamento operacional e à execução do projeto. Tem como objetivo acompanhar e controlar aquilo que está sendo realizado pelo projeto, de modo a propor ações corretivas e preventivas no menor espaço de tempo possível após a detecção da anormalidade. O objetivo do controle é comparar o *status* atual do projeto com o *status* previsto pelo planejamento, tomando ações corretivas em caso de desvio.

Fase de finalização: é a fase em que a execução dos trabalhos é avaliada através de uma auditoria interna ou externa (terceiros); os livros e documentos do projeto são encerrados e todas as falhas ocorridas durante o projeto são discutidas e analisadas para que erros similares não ocorram em novos projetos (aprendizado).

### **2.3 Abordagem geral das metodologias de projeto**

Yoshikawa (1989), após estudo das filosofias de projeto, estabeleceu uma classificação das escolas de projeto em:

- Semântica;
- Sintática;

- Historicista;
- Psicológica;
- Filosófica.

Tomando como base o trabalho de Perez (2003), as filosofias de projeto, dentro da metodologia de projetos de produtos, têm nas escolas semântica e sintática a sua principal representação.

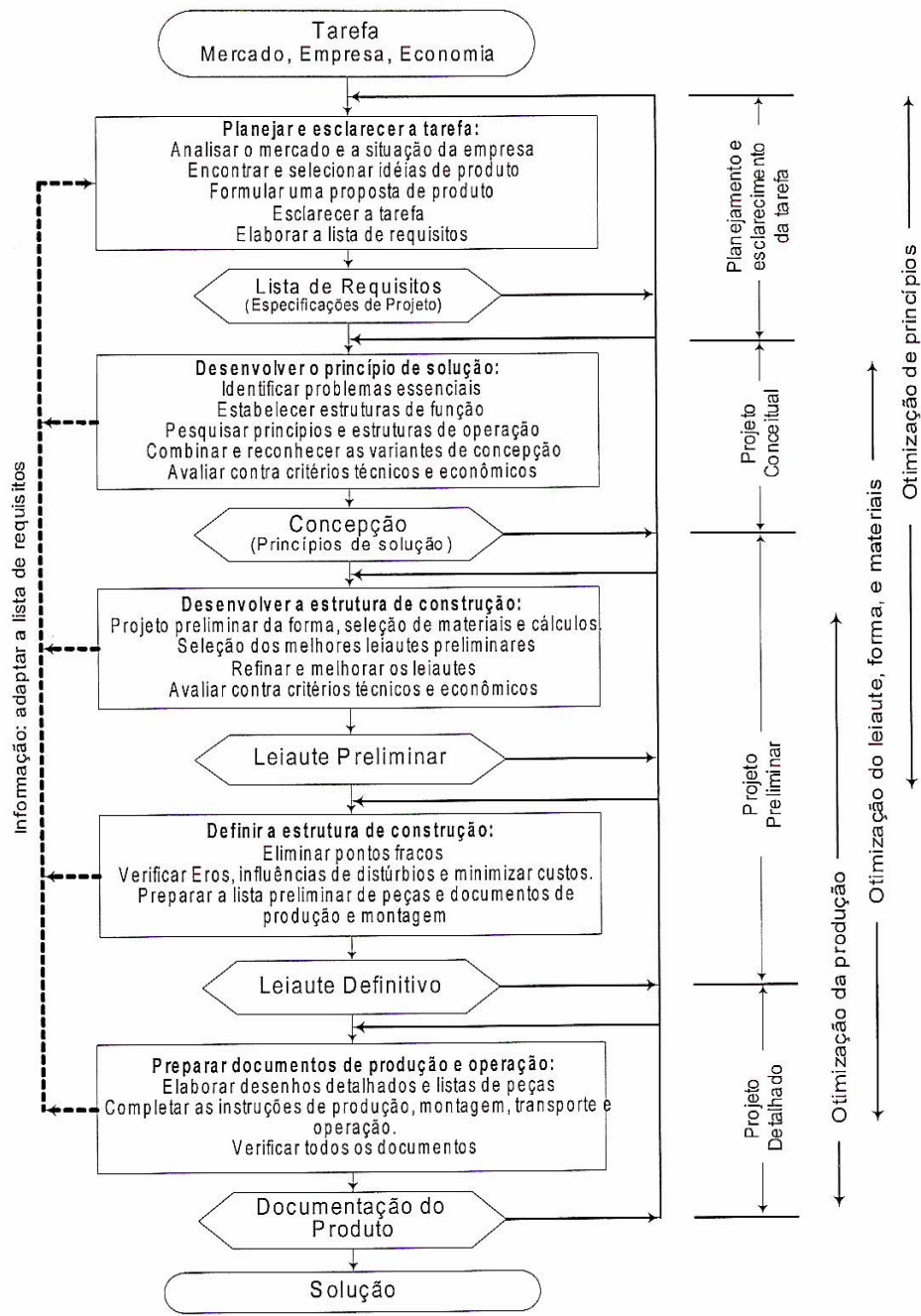
A escola semântica baseia-se no princípio de que qualquer máquina ou sistema técnico é um sistema que transforma grandezas de entradas em grandezas de saída do tipo informação, material e energia. De acordo com Perez (2003), as diferenças entre entrada e saída são chamadas de “funcionalidades” do produto e definem a solução inicial para o caminho do problema. A solução do projeto começa com o estabelecimento da estrutura funcional do produto que é resolvida pela associação de um ou mais princípios físicos a cada função, ou sub-função da estrutura funcional. Segundo o mesmo autor, pesquisadores como Pahl e Beitz, Rodenacker e Roth, pertencentes à escola alemã, podem ser enumerados como representantes desta filosofia.

A escola sintática trata dos aspectos morfológicos do processo de projeto, ou seja, de modelos para o processo de projeto. Ainda de acordo com Perez (2003), esta filosofia encontra-se estabelecida em três princípios básicos: um conjunto de princípios gerais, uma sistemática de projeto e um instrumento de crítica.

A seqüência lógica de projeto, na escola sintática, inicia-se pelo conhecimento empírico do projetista em conjunto com os dados do projeto em questão. As informações obtidas são tratadas de acordo com o processo estabelecido para o projeto a ser desenvolvido. Ao final de cada fase do processo de projeto é incluído um instrumento de crítica que tem como objetivo estabelecer a continuidade, cancelamento do projeto ou realimentação de informações para a continuação. Essa avaliação fica restrita ao produto e sua concepção, não levando em conta aspectos do processo propriamente dito.

Para Ogliari (1999), as duas filosofias são complementares: a escola semântica obedece a considerações referentes ao objeto de projeto; já a escola sintática considera a sistematização do processo de projeto. Com a aplicação conjunta das duas filosofias há uma abordagem dos aspectos lógicos do processo de projeto somados aos aspectos da funcionalidade do produto. Nesse contexto, Pahl e Beitz têm sido representantes dessa complementaridade.

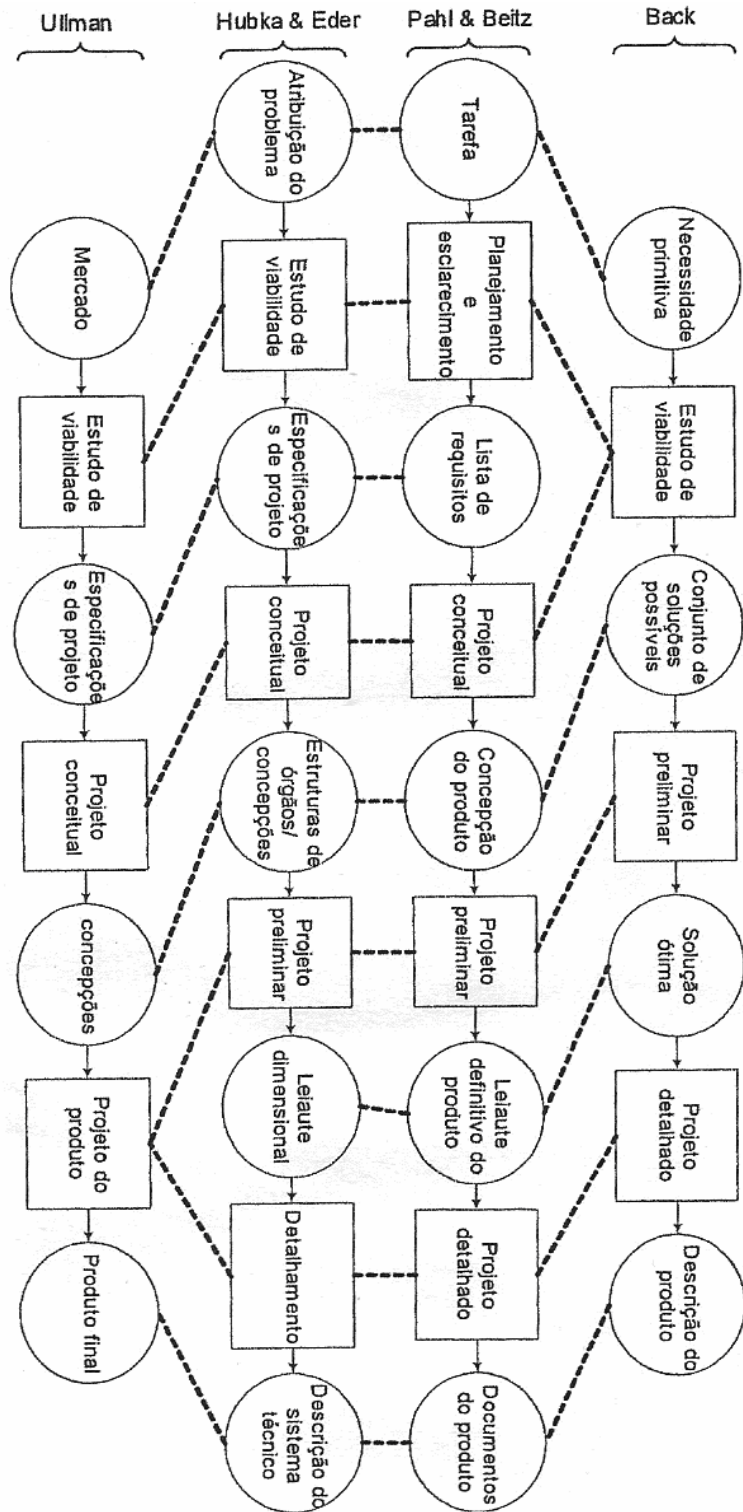
O trabalho de Pahl e Beitz desenvolvido na área de metodologia de projeto pode ser visto na Figura 14, na qual é feita a sistematização da metodologia proposta pelos autores. Através dela pode-se observar que basicamente o ciclo de desenvolvimento de produtos segue a sistemática de planejamento e esclarecimento da tarefa, desenvolvimento do princípio de solução, desenvolvimento da estrutura de construção, definição da estrutura de construção e preparação dos documentos de produção e operação. A sistematização dos quatro ciclos de desenvolvimento de produtos: planejamento e esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado encontra-se indicada na coluna da direita da referida figura.



Fonte: Perez (2003).

Figura 14 – Metodologia de projeto segundo PAHL & BEITZ (1996, p.66)

Segundo Perez (2003), Ogliari (1999) propôs um modelo de consenso por meio de uma comparação entre as propostas de Back (1983), Pahl & Beitz (1996), Hubka & Eder (1988) e Ullman (1992). Na Figura 15 pode-se ver uma síntese das metodologias de desenvolvimento de projeto proposta pelo pesquisador.



Fonte: Ogliari apud Perez (2003).

Figura 15 – Síntese comparativa entre metodologias de projeto.

A Figura 16 indica os elementos similares apesar das suas especificidades. A diferença provém da terminologia empregada pelos autores no detalhamento dos processos de projeto. A mesma figura representa as fases da metodologia de projeto proposta por Ogliari em 1999.



Fonte: Ogliari apud Perez (2003).

Figura 16 – Modelo de consenso para o projeto de produtos, proposto por Ogliari (1999).

As fases propostas na Figura 16 podem ser enumeradas conforme a seqüência:

- projeto informacional;
- projeto conceitual;
- projeto preliminar;
- projeto detalhado.

O projeto de produto tem o seu início com as informações de mercado, que incluem os interesses ou manifestações dos clientes de projeto, ou seja, as pessoas envolvidas direta ou indiretamente com o projeto ou produto em questão. Segundo Fonseca (2000) é nessa fase que ocorre a transformação das informações genéricas e qualitativas em especificações de projeto, isto é, em requisitos quantitativos que estabelecem os principais problemas técnicos a serem resolvidos e as restrições de solução.

Na fase de projeto conceitual do produto - estabelecimento da concepção que melhor satisfaz as especificações de projeto - essa concepção qualitativa representa o produto em suas principais funcionalidades e princípios de solução, tendo como elementos representativos esquemas ou esboços da solução desenvolvida.

O projeto preliminar do produto trabalha, de maneira quantitativa, sobre a melhor concepção desenvolvida com o objetivo de configurar os itens que caracterizam o produto em sua geometria e formas.

Na fase final, ou seja, na fase de detalhamento do projeto do produto, são desenvolvidos trabalhos no sentido de documentar as soluções escolhidas e viabilizar o

detalhamento do projeto preparando-o para a execução. Basicamente nesta fase chega-se ao esboço de produção. As decisões finais sobre os materiais, arranjos, formas dos componentes são tomadas nesta fase.

## **2.4 Ferramentas e recursos para o processo de projeto**

### **2.4.1 Técnicas para o processo de projeto**

De acordo com Csillag (1995) técnica é um conjunto de processos de uma arte ou jeito ou maneira especial de executar ou fazer algo. Para Cervo e Bervian (1996), as técnicas são os meios corretos de executar as operações da ciência e o uso conjunto de várias técnicas leva à construção de um método. Para Cheng (2005), os métodos podem ser definidos como processos desenvolvidos pelo homem para melhorar, resolver e projetar artefatos humanos; são desenvolvidos com finalidades específicas, têm um enfoque e visam a obtenção de um certo resultado.

#### **2.4.1.1 Classificação das técnicas**

Csillag (1995), dentro do enfoque da EV, classifica as técnicas em dois grupos:

- técnicas de suporte;
- técnicas específicas.

As técnicas de suporte são regras heurísticas, ou seja, regras de bom senso, políticas ou guias que aumentam a possibilidade de sucesso, mas não garantem a solução. As técnicas de suporte são usadas como respostas criativas específicas. São as seguintes:

- usar apenas informações da melhor fonte;
- identificar e contornar os bloqueios mentais;
- recorrer a especialistas, fornecedores e processos especializados;
- usar o critério – eu despenderia o meu dinheiro dessa maneira;
- empregar boas relações humanas;

- inspirar equipe de trabalho;
- aplicar um critério profissional de julgamento.

Quanto às técnicas específicas, Csillag enumera cinco itens:

- de análise global;
- reestruturantes;
- de geração de idéias;
- de seleção e avaliação de idéias;
- de implementação.

A Figura 17 apresenta um resumo das principais técnicas específicas.

As técnicas de análise global têm a finalidade de abordar situações como um todo, hierarquizando os problemas e decidindo por qual começar. Já as técnicas reestruturantes não resolvem um problema completamente, mas representam-no de uma maneira que facilita obter a solução, mostrando novas perspectivas do problema. Cabe salientar que pesquisadores como Valdiero (1994) mencionam a técnica de Análise Funcional de Sistemas - FAST como ferramenta importante para a elaboração de projetos industriais.

Baxter (2003) afirma que a criatividade é o coração do *design* em todos os estágios do projeto, que muitos livros têm sido escritos nos últimos anos sobre criatividade e geração de idéias e que hoje se pode contar com mais de uma centena de técnicas para se trabalhar a geração de idéias no campo de projeto. Têm-se como ferramentas importantes na geração de idéias: *brainstorming*, análise morfológica e as técnicas sinéticas. Igualmente as técnicas de seleção e avaliação de idéias são numerosas; algumas, como FIRE e técnica Delphi, têm sido criadas em situações específicas, ou seja, para a solução de um determinado problema, porém com o passar do tempo têm sido utilizadas em outras atividades, diferentes das atividades de origem.

As técnicas de implementação são utilizadas após a seleção e avaliação de idéias. Na medida em que uma idéia ou projeto tem início, há resistência por parte das pessoas que temem a mudança. As técnicas de implementação, além de trabalhar esses aspectos, trabalham a parte operacional e de produção na implantação de processos. Entre as técnicas de implementação está a técnica de planejamento PERT, que tem sido bastante utilizada nas linhas de produção das fábricas e também na construção civil.



Técnicas específicas				
Análise global	Reestruturan- Tes	Geração de idéias	Seleção e avaliação de idéias	Implemen- tação
Problema nebuloso	Técnica das analogias	Associação forçada (individual)	Refinar e combinar idéias	Brainstorming invertido
Kepner e Tregoe	Exame dos limites	Associação forçada (grupo)	Vantagem- desvantagem	Venda da idéia
Generalização da Lei de Pareto	Orientação para o objetivo	Associação livre (individual)	Custear todas as idéias	Análise de problema potencial
Índice de potencial redução de custos	Técnica da função	Procedimento s de associação livre (grupo): Brainstorming	Votação de Pareto	Planejamento: PERT
Dificuldade, Lucratividade, Impedimento	Condição do máximo do material	Procedimento complexo individual: análise morfológica	Estimativa direta da magnitude	-
Indicadores específicos	Situação hipotética	Procedimento complexo grupual: sinética	Fire	-
Crítérios pre- determinados	Racionaliza- ção do desejo	-	Ponderacional	-
-	Reversões	-	Árvore de decisão	-
-	Análise de custos	-	Técnica Delphi	-
-	Técnicas de análise funcional - FAST-	-	Otimização	-
-	Fluxograma e fluxolocal- grama	-	Análise custo- benefício no ciclo de vida	-

Fonte: Adaptado de Csillag (1995).

Figura 17 – Resumo das técnicas específicas.

Após a enumeração das principais técnicas utilizadas na EV, conforme a Figura 17, destacam-se, tendo em vista a sua larga utilização como ferramenta de análise funcional e tomando como base Valdiero (1994), as seguintes:

- a. FAST;
- b. Análise morfológica;
- c. Técnica de Mudge.

**a. Técnica de análise funcional de sistemas - FAST e diagrama de funções de Back**

Esta técnica, quando aplicada num determinado projeto, forma um diagrama. Conforme a Figura 18, neste diagrama são mostradas todas as funções do projeto de uma maneira ordenada.

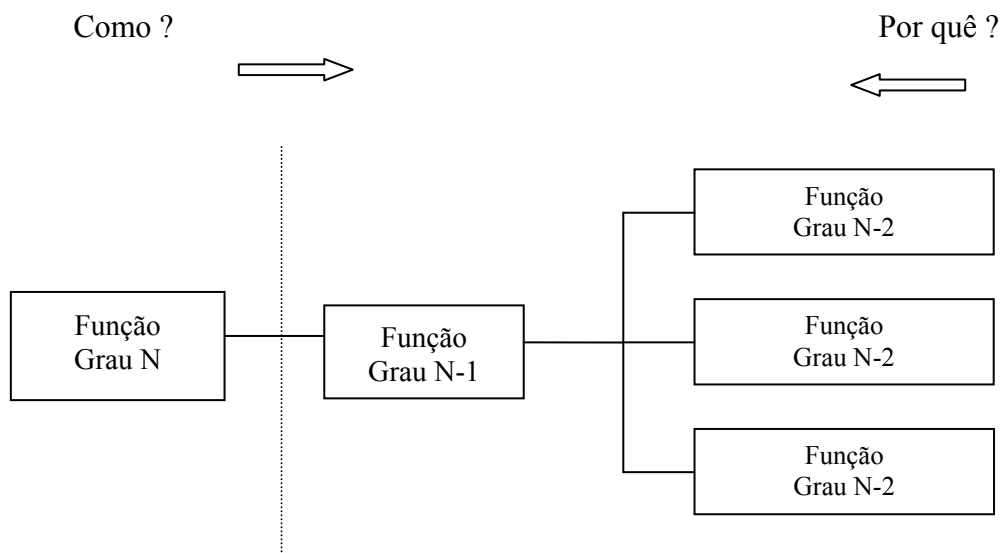
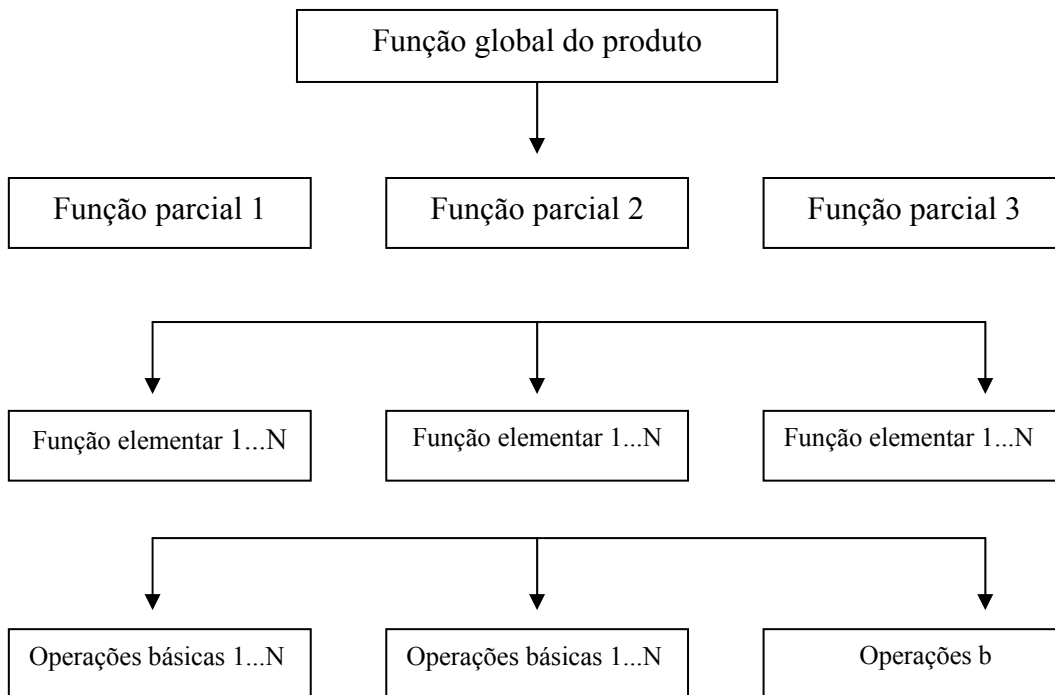


Figura 18 – Diagrama da técnica FAST.

Segundo Valdiero (1994), FAST é uma técnica em que se parte de uma função de mais alto nível, que é a função desejada no produto, até se chegar a funções de nível mais baixo, as quais tornam possível a função de alto nível. A função deve ser definida por um verbo mais um substantivo.

Back (1983), ao trabalhar com a metodologia de projetos de produtos industriais, afirma que a função total do sistema a ser desenvolvido deve ser dividida em etapas, quais sejam: funções parciais, funções elementares e operações básicas, que são interligadas de modo a satisfazer os requisitos funcionais do sistema total. Desta fase resultam diversas alternativas de estruturas de operações básicas, dentre as quais a estrutura ótima será selecionada. Segundo Back (1983), que além de identificar as funções também as hierarquiza, os principais componentes obtidos através do desmembramento da função global do produto final são apresentados na Figura 19.



Fonte: Adaptado de Back (1983).

Figura 19 – Diagrama de Funções aplicado na metodologia de projeto de produtos industriais.

### **b. Análise morfológica**

De acordo com Baxter (2003), a análise morfológica estuda todas as combinações possíveis entre os elementos de um componente ou produto. Concebida por Fritz Zwickey quando trabalhava com projetos de motores a jato, esta técnica tem o objetivo de identificar, indexar, contar e parametrizar a coleção de todas as possíveis alternativas para alcançar o objetivo pretendido. As regras básicas para a análise morfológica são:

- o problema a ser solucionado deve ser descrito com grande precisão;

- devem-se identificar as variáveis que caracterizam o problema - isso depende dos conhecimentos e habilidades do analista;
- cada variável deve ser subdividida em classes, tipos ou estágios distintos – se a variável for contínua, deve-se dividi-la em determinadas faixas ou regimes;
- as soluções possíveis são procuradas nas combinações entre as classes

A vantagem da matriz morfológica, segundo Baxter (2003), está na possibilidade de utilização de todas as combinações possíveis. De acordo com Back (1983), o método morfológico pode ser aplicado ao estudo de um sistema organizado ou forma. O método morfológico consiste em dividir o problema em duas ou mais dimensões, baseado nas funções requeridas do sistema ou componentes a serem projetados. Em seguida, deve-se listar o maior número de possíveis caminhos para alcançar cada uma das dimensões funcionais. Finalmente, as listas são colocadas num diagrama morfológico ou matriz de projeto, de modo que as diversas combinações possam ser facilmente analisadas uma a uma com relação a vantagens e desvantagens.

A Figura 20 expressa, de forma genérica, a essência do método. Consiste na enumeração das funções elementares ou parciais na primeira coluna, tendo na primeira linha a enumeração das possíveis soluções, ou também denominadas de “funções possíveis”. Após, para cada função elementar ou parcial (de 1 ...n), são enumeradas as soluções possíveis na linha correspondente. Assim, por exemplo, para a função 1, são expressas diversas soluções que vão de  $A_{11}$  até  $A_{1n}$ ; para a função elementar ou parcial 2, são enumeradas possíveis soluções que vão de  $A_{21}$  até  $A_{2n}$ .

		Solução básica, elemento ou grupo construtivo alternativo					
Função elementar ou parcial	1	A11	A12	A13	A14	A15	A1n
	2	A21	A22	A23	...	...	...
	3	A31	A32	A33	...	...	...
	4	A41	A42	A43	...	...	...
	5	A51	A52	A53	...	...	...
	6	A61	A62	A63	...	...	...
	7	A71	A72	A73	...	...	Ann

Fonte: Back (1983).

Figura 20: Caracterização da matriz morfológica para a seleção de solução.

Nota-se na matriz caracterizada, através da linha descendente tracejada, que são apresentadas possíveis combinações de solução que ainda não se tenha encontrado. Quando há três ou mais funções envolvidas, resulta uma matriz de três ou mais dimensões, mas o procedimento é o mesmo.

### c. Técnica de Mudge

A técnica de Mudge é utilizada com o objetivo de avaliar as relações funcionais, permitindo, assim comparar cada função definida com todas as outras a fim de determinar a importância relativa entre elas. De acordo com Csillag (1995), quando essa comparação e avaliação estiverem concluídas, a soma dos pontos de cada função indicará qual a função básica e a seqüência quanto às necessidades relativas de cada uma das demais funções secundárias. Esta técnica permite saber quais funções existem devido ao projeto existente do produto, não devido à função básica.

A Figura 21 mostra a tabela de avaliação de critérios que podem ser utilizados para pontuar as funções na aplicação da Técnica de Mudge.

<b>Avaliação qualitativa dos critérios</b>	<b>Fatores-peso</b>
Insatisfatório	0
Regular	1
Bom	2
Muito bom	3
Ótimo	4

Fonte: Back (1983, p 179).

Figura 21: Avaliação qualitativa e fatores-peso das funções.

Os fatores-peso definidos na Figura 21 servem para definir o grau de importância de uma função quando comparada com outra. Na Figura 22 as funções estão representadas por letras e são comparadas duas a duas. Ao final de cada linha são obtidos os pesos referentes à soma da pontuação da comparação entre as funções. A importância relativa das funções, ou seja, o peso relativo de cada função em relação ao total, é determinada na última coluna.

Dessa maneira, pode-se observar quais funções possuem maior peso. De acordo com Valdiero (1994), este método permite observar quais são as funções mais importantes. Ficando assim, a questão numa análise de sensibilidade a ser feita através de pesquisa entre os elementos participantes dela.

A	B	C	D	E	F	G	H	Total de pontos	Importância relativa (%)
A									
	B								
		C							
			D						
				E					
					F				
						G			
							H		
							Total		100

Fonte: Adaptado de Pandolfo (2001, p.78).

Figura 22 – Aplicação da técnica de Mudge para determinação do grau de importância das funções.

## 2.4.2 Desdobramento da função qualidade – QFD

### 2.4.2.1 Histórico

Segundo Carnevali, Sassi e Miguel (2003), a indústria automobilística japonesa, durante a década de 1960, teve um grande crescimento e, por essa razão, passou a realizar constantes alterações de modelo e lançamento de novos veículos. Isso criou a necessidade de um método que garantisse a qualidade do produto desde a fase de projeto.

Carvalho (1997) salienta que, a partir da década de 60, as empresas japonesas passaram a dar maior ênfase às ferramentas de controle da qualidade *off-line* utilizadas no desenvolvimento de novos produtos. Segundo o que citam Akao e Kogure (1983), as empresas perceberam que o método de controle da qualidade *on-line* é eficiente para eliminar

não-conformidades, pois prioriza a prevenção de problemas através do monitoramento do processo, da análise das causas de não-conformidades e de ações preventivas para evitar novas ocorrências. Tudo isso contribuía para a melhoria da qualidade, mas não garantia a satisfação do consumidor. Dessa forma, surgiu a necessidade de que, já na etapa de desenvolvimento de novos produtos, o foco estivesse nas demandas do consumidor. Tais demandas deveriam ser incorporadas desde a fase de concepção até a fase de manufatura. Todos os elementos responsáveis pelo sucesso do produto deveriam ser integrados com um conjunto de atividades e objetivos desde o início.

Esse processo integrado, denominado de Engenharia Concorrente ou Engenharia Simultânea, tem, segundo Clausing (apud CARVALHO,1997), duas características essenciais: a) é um processo concorrente; b) é conduzido por um time multifuncional de desenvolvimento. Assim, de acordo com o autor, o QFD está associado ao conceito de Engenharia Simultânea e permite estruturar e sistematizar o trabalho dos times de projeto com o objetivo de integrar diversas fases do planejamento do produto.

Cheng (s.d.) afirma que as primeiras aplicações do QFD, de início, eram sobre produtos tangíveis, porém ultimamente têm crescido as aplicações sobre serviços e programas computacionais uma vez que esses setores também tem tido um aumento da preocupação com a melhoria da qualidade de seus processos.

Moysés e Turrioni (2000) realizaram trabalho que confirma a necessidade da aplicação do QFD no setor de serviços.

De acordo com Carvalho (1997), a utilização do QFD no Brasil ainda é incipiente, embora setores como o de autopeças já tenham começado a implantar este método.

#### **2.4.2.2 Conceitos**

Segundo Ohfuji, Ono e Akao (1997), o QFD é uma série de atividades que engloba desde a identificação das exigências do cliente até a completa introdução e formação dessas exigências no produto.

Para os autores, as exigências dos clientes são expressas em palavras, o que é insuficiente para criar projetos, pois há a necessidade de se converter essas necessidades em dados técnicos. Cabe ao setor comercial tomar a frente para investigar essas necessidades e

fornecer tais dados para a equipe de projeto. Desse modo, a equipe de projeto deverá coordenar a conversão da qualidade planejada pela equipe comercial em qualidade projetada. Por sua vez, a conversão da qualidade projetada em requisitos técnicos é feita pela equipe de produção. Segundo os autores, no momento da introdução do QFD é mais eficaz que se atue formando uma equipe de projetos.

Outros pesquisadores como Clausing (apud CARVALHO,1997), conceituam o QFD como um processo visual e conectivo que ajuda os times de projeto a se localizarem nas necessidades do consumidor. É um processo sistemático que ajuda a identificar os desejos do consumidor e desdobrá-lo por todas as funções e atividades da corporação.

Segundo Carvalho (1997), o QFD trouxe uma inversão no desenvolvimento de novos produtos, pois era a engenharia que empurrava as atividades de desenvolvimento de produtos. Com o uso do QFD, o processo passou a ser desencadeado pelas necessidades do consumidor. Assim, o objetivo primordial do método é aproximar o produtor do consumidor.

#### **2.4.2.3 Modelos de QFD**

De acordo com Carvalho (1997), o número de versões existentes do QFD é grande, porém as mais difundidas são:

- Modelo de Akao;
- Modelo de King – Goal/QC;
- Modelo do ASI – American Supplier Institute;
- Modelo do QFD Estendido – Clausing e Pugh

Segundo Ohfuji, Ono e Akao (1997), o QFD, modelo completo, no sentido amplo, constitui-se de dois elementos básicos:

- Desdobramento da Qualidade – QD;
- Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito - QFD<sub>r</sub>.

De acordo com os autores, as funções básicas do QD e do QFD<sub>r</sub> são:



converter as exigências do consumidor em características substitutivas (características de qualidade), definir a qualidade do projeto do produto acabado, desdobrar esta qualidade em qualidades de outros itens como: qualidade de cada uma das peças funcionais, qualidade de cada parte e até os elementos do processo, apresentando sistematicamente, a relação entre os mesmos. O Desdobramento da Função Qualidade, no sentido restrito é definido como o desdobramento, em detalhes, das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a lógica dos objetivos e meios. (OHFUJI, ONO e AKAO, 1997, p. 21).

Cheng et al (1995, p.31) afirmam que no “QD efetua-se o desdobramento da qualidade enquanto que no QFDr é feito o desdobramento do trabalho”. Assim, no QD, a qualidade exigida pelo cliente é desdobrada, ao passo que, no QFDr a ênfase dada é no trabalho humano. Para desdobrar o trabalho humano é utilizada a técnica do Diagrama de Árvore, que consiste em efetuar o desdobramento da esquerda para a direita, fazendo perguntas do tipo – “como”; para verificar se o desdobramento está consistente, caminha-se da direita para a esquerda fazendo perguntas do tipo – “por quê”.

Marcos e Jorge (2002) citam a metodologia de Cheng aplicada ao desenvolvimento de produtos, caracterizando-a em oito etapas:

- 1) identificação das necessidades dos clientes;
- 2) estabelecimento do conceito do produto;
- 3) projeto do produto e do processo;
- 4) estabelecimento dos padrões-proposta;
- 5) fabricação e teste do lote piloto;
- 6) avaliação da satisfação do cliente;
- 7) estabelecimento da padronização final;
- 8) reflexão sobre o processo de desenvolvimento.

#### **2.4.2.3.1 Desdobramento da qualidade – Casa da Qualidade.**

Segundo Carvalho (1997), a casa da qualidade é também conhecida como matriz de planejamento do produto. O objetivo da casa da qualidade é elencar os requisitos do consumidor e relacionar tais requisitos às características da qualidade do produto. É na casa

da qualidade que são estabelecidas as metas para as características da qualidade do produto e as estratégias de desdobramento para as demais etapas do método.

Para Peixoto (s.d.), a casa da qualidade é a mais importante das matrizes do QFD porque todas as versões a incluem como a primeira casa, ou seja, o primeiro desdobramento.

A casa da qualidade divide-se nas seguintes partes:

- a) requisitos do consumidor - RCs;
- b) características da qualidade – CQs.

#### **a) Requisitos do consumidor - RCs**

Os requisitos do consumidor, também denominados de a “voz do consumidor”. De acordo com Carvalho (1997), são os atributos que influenciam a percepção do consumidor para a qualidade do produto, procedendo a uma ordenação entre eles, bem como dos pontos fortes e fracos do produto com relação a esses atributos, sempre sobre o prisma do consumidor.

Segundo Ohfuji, Ono e Akao (1997), não importa se o produto considerado é do tipo já existente, a ser melhorado, ou se é do tipo novo, a ser desenvolvido; o que é necessário é conhecer as exigências do mercado. Para tanto, é necessário que se conheçam os tipos de dados com que se deve trabalhar.

A Figura 23 apresenta a relação entre o tipo de produto e a metodologia de coleta de dados para se trabalhar com esses produtos. Basicamente têm-se dois tipos de dados para este trabalho:

- dados primitivos – são aqueles que são expressos verbalmente pelo cliente;
- dados de atributo – são aqueles que dizem respeito ao cliente como idade e sexo.

<b>Tipo de produto</b>	<b>Metodologia de coleta de dados</b>
Produto existente	Enquetes, entrevistas, informações de reclamações.
Produto a ser melhorado	Enquetes, entrevistas, informações de reclamações.
Produto novo	Enquetes, entrevistas, informações de reclamações. Análise de banco de dados, métodos semióticos.

Fonte: Adaptado de Ohfujii, Ono e Akao (1997).

Figura 23 – Tipo de produto a ser desenvolvido e metodologia de coleta de dados.

Ainda de acordo com os autores citados o melhor método para obter os requisitos do cliente ao vivo é a pesquisa através de enquetes e entrevistas.

Cheng et al (1995) formula quatro questões básicas sobre como obter os requisitos do consumidor:

- 1) Qual o segmento alvo de mercado, ou seja, o público alvo?
- 2) Qual técnica será utilizada para obtenção de informações?
- 3) Qual será o tamanho da amostra?
- 4) Como as pessoas serão selecionadas?

De uma maneira resumida, os autores afirmam que a resposta para a primeira questão deve ser precedida pela definição estratégica do mercado em que a empresa irá atuar, seguida da identificação das áreas de oportunidade com base no potencial dos mercados e nas vantagens competitivas da empresa. A escolha do público-alvo é a definição das pessoas de quem se deseja obter a informação.

Para a obtenção das informações, alvo da segunda questão, no início do desenvolvimento do produto, as técnicas qualitativas são as mais indicadas. A Figura 24 apresenta o resumo das técnicas para a obtenção de informações.

<b>Técnica (Fase)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tempo (hora)</b>	<b>Participantes/meios</b>
Qualitativa	Entrevista individual	± 1	Entrevistador com cliente
	Entrevista em grupo	1 a 2	Moderador com um grupo de 6 a 12 clientes.
	Observação direta	–	Filmagens ou observação através de vidros espelhados.
Quantitativa	Levantamento por questionário	–	Entrevista pessoal, correio ou telefone
	Painéis	–	–
	Experimentos	–	–

Fonte: Adaptado de Cheng et al. (1995).

Figura 24 - Técnicas para a obtenção de informações.

As técnicas quantitativas são apropriadas quando se quer obter informações numéricas como grau de importância das necessidades obtidas com as pesquisas qualitativas. As técnicas mencionadas podem ser utilizadas nas etapas de estabelecimento do conceito do produto e verificação da satisfação do cliente.

Quanto ao tamanho da amostra, Cheng et al. (1995) afirmam que é necessário que se considerem fatores como precisão estatística e confiança desejadas, a política da empresa e as restrições financeiras. Outro elemento importante é o fato de que técnicas qualitativas produzem bons resultados quando aplicadas a amostras pequenas. Para o trabalho com a pesquisa quantitativa exigem-se amostras maiores para a obtenção da precisão adequada.

A Figura 25 fornece parâmetros estatísticos para a aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos. Cabe ainda salientar que, para o desenvolvimento de novos produtos, os pesquisadores mencionados citam que, muitas vezes são utilizadas amostras de pesquisa com 200 a 500 usuários.

Fase	Componentes	
	Nº de elementos - grupo	Individual
Qualitativa	3 ou 4 grupos de 8-10 consumidores	20 a 30 consumidores
Quantitativa	Mínimo de 100 consumidores	Mínimo de 100 consumidores

Fonte: Adaptado de Cheng et al. (1995)

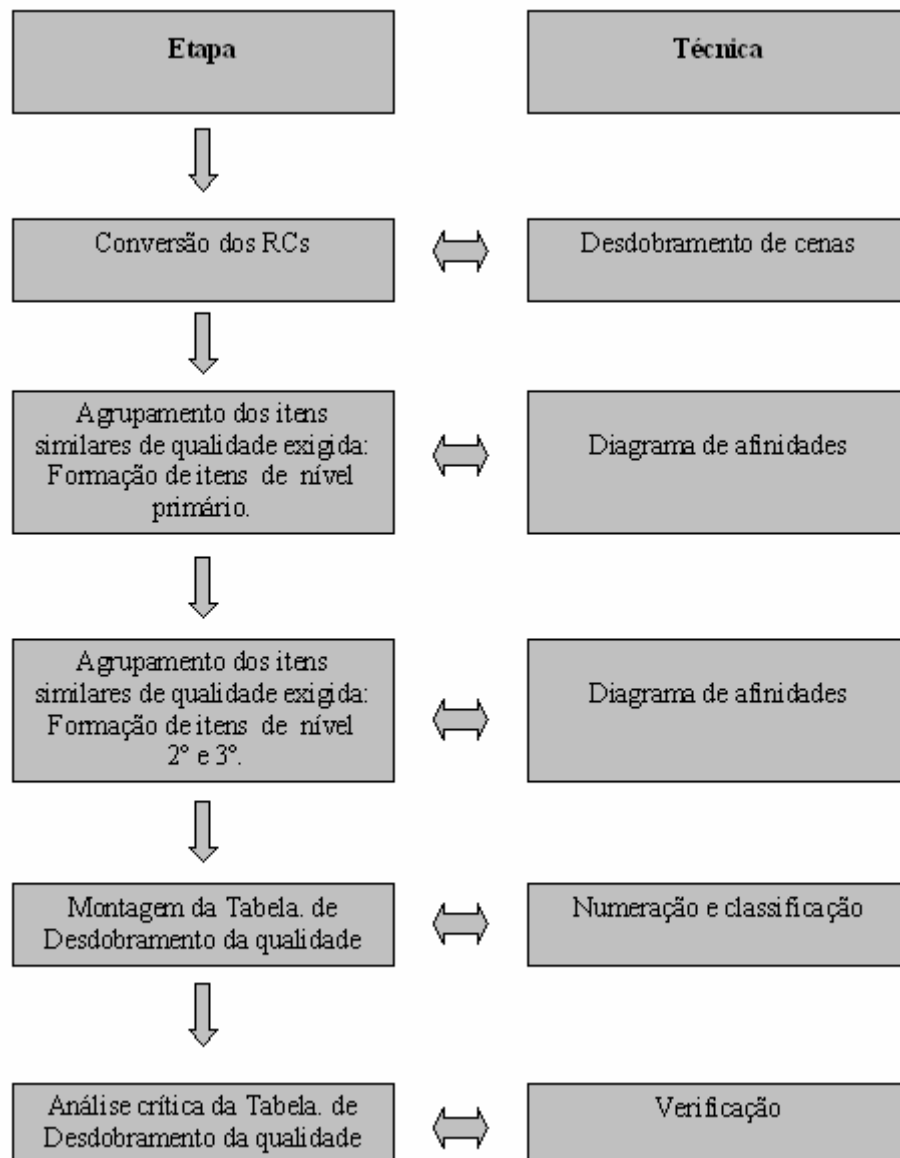
Figura 25 – Determinação do tamanho da amostra pesquisada.

Quanto ao objeto da questão 4 – a seleção das pessoas que participarão da pesquisa, Cheng et al. (1995) recomendam que se trabalhe com técnicas estatísticas de amostragem e que estas sejam, sempre que possível, aleatórias.

#### **a1.) A conversão dos requisitos do consumidor em necessidades reais**

Após a coleta de dados originais surge outra questão importante: como converter os requisitos do consumidor em necessidades reais? Ohfuji, Ono e Akao (1997), afirmam que as exigências do cliente são levadas de várias maneiras para a empresa e o seu conteúdo pode vir expresso em forma de opiniões, avaliações, reclamações e expectativas.

Para a conversão dos requisitos do consumidor em necessidades reais, Cheng et al. (1995) recomendam a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida, na qual, de acordo com a Figura 26, o procedimento de construção é dividido em várias etapas. Em cada etapa são utilizadas várias técnicas, entre as quais, na fase de conversão dos RCs em itens de qualidade exigida, a técnica de desdobramento de cenas, que é uma técnica de geração de idéias em que se visualiza o uso do produto em várias situações. Outra técnica para a etapa de agrupamento de itens similares de qualidade exigida é a construção do Diagrama de Afinidades.



Fonte: Adaptado de Cheng et al (1995, p.74).

Figura 26 – Procedimento para a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.

Para a construção do Diagrama de Afinidades são recomendados os seguintes passos:

- 1) escrever os itens de qualidade exigida em cartões autocolantes;
- 2) formar ilhas de quatro a cinco itens com conteúdo similar (idéias afins);
- 3) criar um título para cada grupo formado; guardar os itens iniciais atrás do cartão com o título;
- 4) repetir os passos dois e três para os títulos criados;

- 5) repetir os passos dois e três com novos títulos até que não existam mais idéias afins.

A configuração da tabela de desdobramento da qualidade pode ser vista, de forma genérica, na Figura 27.

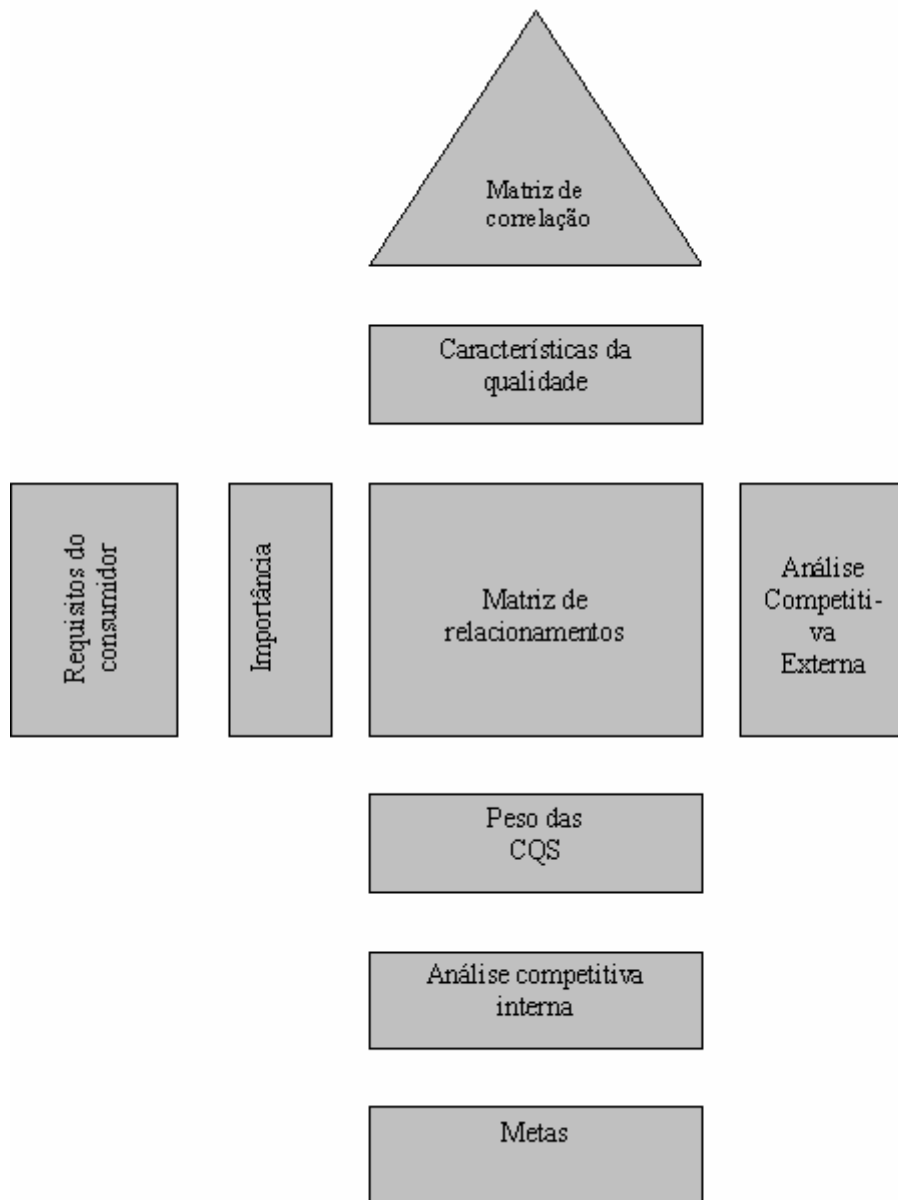
<b>Nível Primário</b>	<b>Nível Secundário</b>	<b>Nível Terciário</b>	
1.0	1.1	1.1.1	
		1.1.2	
		...	
		1.1.n	
	1.2	1.2.1	
		1.2.2	
		...	
		1.2.n	
	...		
	1.n	1.n.n	
...	...	...	
N	N.1	N.1.1	
	...	...	
	N.n	Nn.n	

Fonte: Adaptado Ohfujii, Ono e Akao (1997, p. 100).

Figura 27 – Procedimento para a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.

De acordo com Carvalho (1997), após a obtenção dos RCs, de seu agrupamento e hierarquização em primários, secundários e terciários, procura-se quantificar a importância de cada um para o consumidor, o que se faz geralmente utilizando valores na escala de Likert – valores entre 1 e 5 – ou porcentagens. A Figura 28 apresenta um esquema da estrutura da Casa da Qualidade, dentro da qual encontram-se os itens relativos aos requisitos do consumidor como:

- análise competitiva externa;
- peso dos requisitos do consumidor.



Fonte: Carvalho (1997)

Figura 28 – Matriz de planejamento do produto – Casa da Qualidade.

Segundo Carvalho (1997), a análise competitiva externa é elaborada segundo a ótica do consumidor e abrange três aspectos:

- a avaliação comparativa dos principais concorrentes existentes no mercado;
- os pontos de venda;
- meta e taxa de melhoria.



Para o item de análise competitiva externa a avaliação do produto pesquisado em relação ao concorrente é feita tomando-se como base um determinado requisito consumidor quantificado dentro da escala Likert. Assim, se o produto concorrente é mais importante para o consumidor quanto a um determinado requisito do consumidor ( $RC_s$ ), pode-se estabelecer uma meta ou taxa de melhoria pela equação:

$$t_i = m_i / b_{i_{\text{nosso}}} \quad (2.4)$$

$t_i$  : taxa de melhoria do  $RC_s$ , para  $i = 1$  a  $m$ ;

$m_i$  : meta para o  $RC_s$ ;

$b_{i_{\text{nosso}}}$  : valor atual do  $RC_s$  do nosso produto.

Os pontos de venda representam, de acordo com o autor, o peso dos requisitos do consumidor na ótica da estratégia da empresa ou da equipe de projeto. Com base nos pontos de venda o marketing do produto e a estratégia de venda são estabelecidos. Geralmente é utilizada a escala representada na Figura 29.

<b>Pontos de venda</b>	Escala
Forte	1,5
Normal	1,2
Não é ponto de venda	1,0

Fonte: Carvalho (1997)

Figura 29 – Pontuação dos pontos de venda.

A determinação dos pesos dos requisitos do consumidor, ou seja, da parte quantitativa, após a elaboração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida é feita de acordo com as equações 2.5 e 2.6.

$$W_i = g_i \cdot t_i \cdot v_i \quad (2.5)$$

$w_i$  : peso absoluto do RC<sub>s</sub>;

$g_i$  : grau de importância do RC<sub>s</sub>;

$t_i$  : taxa de melhoria para o RC<sub>s</sub>;

$v_i$  : valor do ponto de venda para o RC<sub>s</sub>

$i = 1$  a  $m$ .

$$W_i \% = w_i \cdot 100 / \sum_{i=1}^m w_i \quad (2.6)$$

$w_i\%$  : peso relativo do RC<sub>s</sub>

Ohfuji, Ono e Akao (1997, p. 140) afirmam que “a melhor maneira de determinar o grau de importância da qualidade exigida, quando se trabalha com enquetes, é calcular, quando se trabalha com pequenas amostras, a média aritmética dos elementos pesquisados”.

## **a.2) Determinação do conceito do produto**

Outro item importante a salientar quanto aos requisitos do consumidor é o estabelecimento do conceito do produto. Cheng et al. (1995) afirmam que é necessário que se confirme junto aos clientes quais necessidades são mais importantes e se verifique como eles percebem ou avaliam os produtos atuais. As informações coletadas junto aos clientes, que representem o público alvo constituem uma base segura para a definição :

- dos benefícios estratégicos da empresa;
- determinação do conceito do produto.

Quanto à determinação do conceito do produto, vê-se que o mesmo pode, segundo trabalho de Marcos e Jorge (2002), ser determinado por pesquisa junto a clientes, que, apesar de não serem os consumidores finais, participam de uma rede de distribuição de produtos.

O conceito do produto fica vinculado às necessidades do cliente, enfim, segundo Cheng et al. (1995), deve-se conhecer quais são as necessidades mais importantes para os clientes e a percepção que eles têm dos produtos existentes no mercado.

### **b) Características da qualidade – CQs**

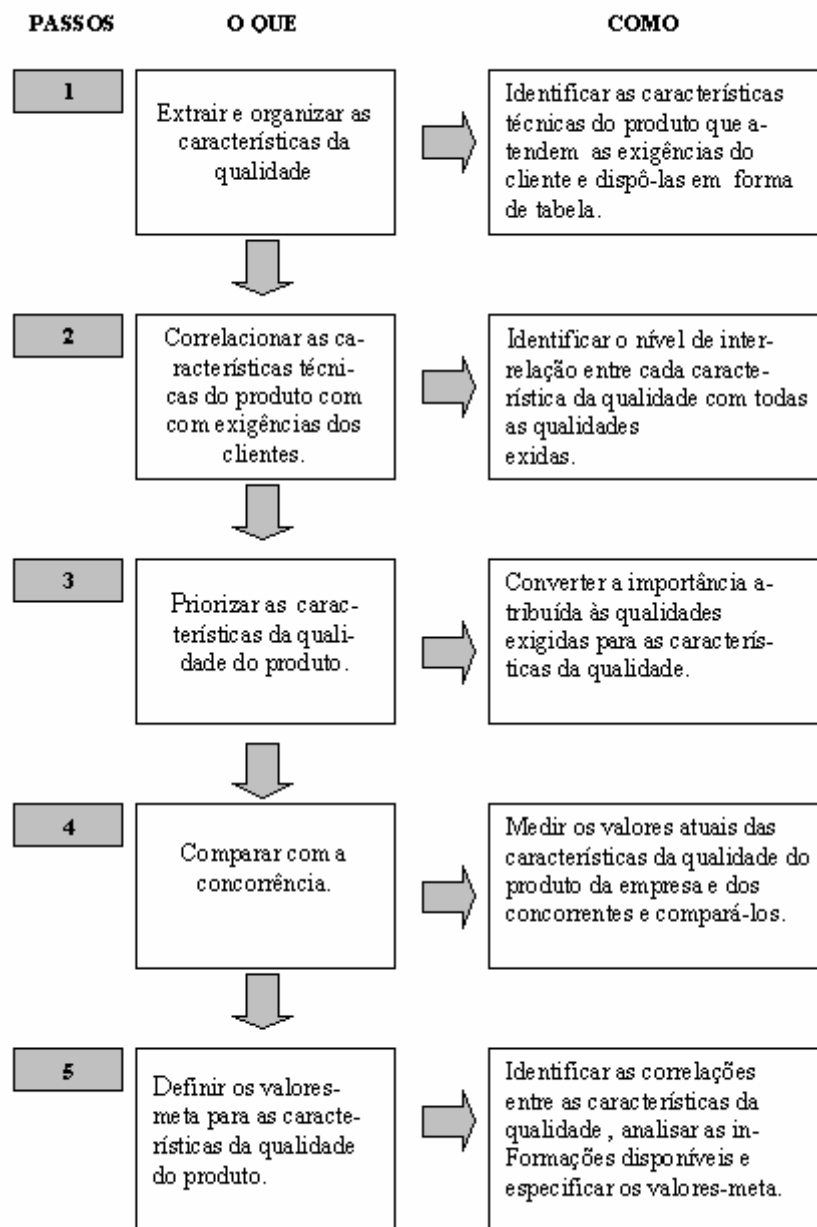
De acordo com Ohfujii, Ono e Akao (1997), desdobrando-se a Qualidade Exigida, expressa em palavras, para as Características da Qualidade - CQs, que é uma palavra técnica, torna-se possível concretizar a exigência abstrata do cliente em forma de produto.

Para Carvalho (1997), este passo representa o desafio de se traduzir a linguagem do consumidor em linguagem técnica. Uma CQs pode afetar mais de um RCs. As CQs são mensuráveis, um sinal positivo ou negativo, ou uma seta ascendente ou descendente, é colocado junto a cada CQs para fornecer a direção em que a melhoria deve ocorrer. As CQs podem ser agrupadas e hierarquizadas em primárias, secundárias e terciárias.

Na Figura 30 estão caracterizados os passos para se proceder à conversão da voz do cliente em informações de projeto. Algumas ferramentas - matrizes e tabelas de desdobramento – são utilizadas para facilitar o trabalho de coleta, processamento e disposição de dados, porém a de maior importância nesse processo é a Matriz da Qualidade.

Cheng et al. (1995) apresentam em sua metodologia uma seqüência para converter os requisitos do consumidor em características técnicas. O autor considera que há as seguintes macroetapas para se chegar à elaboração da Matriz da Qualidade:

- construção da tabela de qualidades exigidas, também denominada de requisitos do consumidor;
- definição da qualidade planejada;
- construção da tabela de desdobramento das características da qualidade – também denominada por alguns autores de Requisitos de Engenharia;
- identificação do grau de importância atribuído às características da qualidade;
- comparação com os concorrentes;
- estabelecimento da qualidade projetada.



Fonte: Adaptado de Cheng (1995, p 94).

Figura 30 – Procedimento para traduzir os requisitos dos clientes em requisitos de projeto.

As partes das CQs, conforme pode ser verificado na Figura 28, são as seguintes:

- matriz de relacionamentos;
- matriz de correlação triangular;
- análise competitiva interna;
- peso das características da qualidade do produto;
- metas quantitativas.

### **b.1) Matriz de relacionamentos**

De acordo com Carvalho (1997) as CQs são relacionadas aos RCs na matriz de relacionamentos com base na experiência da equipe de projeto. Há várias escalas para serem usadas nesta parte do QFD. Conforme Ohfujii, Ono e Akao (1997), normalmente são usados os seguintes valores;

- correlação forte = peso 5;
- correlação média = peso 3;
- correlação fraca = peso 1.

### **b.2) Matriz de correlação triangular**

Na matriz de correlação triangular, o telhado da casa da qualidade, estão representadas as correlações entre as CQs. O objetivo desta matriz é tornar clara a dependência entre as CQs. De acordo com Carvalho (1997), a finalidade básica é identificar as CQs conflitantes, para as quais é difícil a otimização conjunta quanto à satisfação do consumidor, bem como aquelas que interagem de forma positiva. No tocante a valores das correlações para o telhado da casa da qualidade, a escala abaixo tem sido bastante utilizada:

- Fortemente positivo (+) = 5;
- Positivo (+) = 1;
- Negativo (-) = 1;
- Fortemente negativo (-) = 5.

### **b.3) Análise competitiva interna**

Na análise competitiva interna são considerados, na ótica do consumidor, dois aspectos básicos:

- avaliação comparativa dos principais produtos concorrentes do mercado;
- meta quantitativa para a CQ.

Esta matriz é elaborada pela equipe de projeto com a finalidade básica de quantificar as CQs do produto pesquisado com a concorrência. Ohfujii, Ono e Akao (1997, p.152) recomendam que “se faça pesquisa por meio de enquete, com os próprios clientes, para avaliar o produto da empresa com a concorrência”. Carvalho (1997) ressalta que podem

existir inconsistências entre a avaliação da equipe de projeto e a opinião do consumidor. Deve-se trabalhar de forma crítica, revendo os relacionamentos entre CQs e RCs, bem como os dados das análises competitivas interna e externa.

#### **b.4) Peso das Características da qualidade do produto**

O peso absoluto e relativo das CQs é obtido através da matriz de relacionamentos e do peso relativo dos requisitos do consumidor. Segundo Cheng. (1995, p.106), “é nesta etapa que são transferidas cada importância atribuída pelos clientes a cada qualidade exigida às características de projeto, determinando as prioridades para o projeto”. O peso característico das qualidades de projeto pode ser expresso pelas equações (2.7) e (2.8).

$$W_j = \sum_{i=1}^m r_{ij} w_i \% \quad (2.7)$$

$W_j$ : peso absoluto da CQ<sub>s</sub>;

$w_i$ : peso relativo do RC<sub>s</sub>

$r_{ij}$ : relacionamento do RC<sub>i</sub> e da CQ<sub>s</sub>;

onde  $i = 1$  a  $m$  e  $j = 1$  a  $n$ .

$$W_j \% = w_j \cdot 100 / \sum_{j=1}^n w_j \quad (2.8)$$

em que:

$W_j$  %: peso relativo da CQ<sub>s</sub>.

#### **b.5) Metas quantitativas**

Ainda há a possibilidade de se trabalhar com metas quantitativas, que podem ser determinadas pela equipe de projeto. Segundo Carvalho (1997), devem ser quantificadas com valores mensuráveis e geralmente a equipe que as determina tem como base a análise competitiva interna, a matriz de correlação triangular – telhado da casa da qualidade - e o peso

relativo da CQs. Estas metas devem ser revistas a cada estágio do desenvolvimento do produto e do processo experimental. Na Figura 31 pode-se ver um exemplo de aplicação do QFD ao estudo de caso do CETEC-UPF.



Figura 31 – QFD aplicado ao estudo de caso do CETEC-UPF.

## **3 MÉTODOS E MATERIAIS**

### **3.1 Métodos e técnicas utilizados**

#### **3.1.1 A estratégia da pesquisa**

De acordo com Marchesan (2001), a escolha da estratégia é um dos aspectos mais importantes em termos de organização e planejamento das atividades de uma pesquisa. Yin (apud PINTO,2003) afirma que as estratégias de pesquisa podem ser: experimental, levantamento, histórica, análise de informações de arquivos – documental e estudo de caso. A estratégia da pesquisa está fundamentalmente ligada ao tipo de questão da pesquisa, ao grau de controle que o investigador tem sobre os eventos, ou foco temporal em que podem se contrapor eventos contemporâneos e fenômenos históricos.

Assim, deve-se levar em conta o que Deslandes (1994) salienta: a metodologia é o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade.

Outro item importante a ser salientado, segundo Luna (2002), é que a pesquisa visa a produção do conhecimento novo, relevante teórica e socialmente fidedigno.

Há autores, como Ruiz (2002), que enfatizam a necessidade de se diferenciar as espécies de pesquisa. Para tanto adotam a seguinte classificação:

- Pesquisa exploratória: acontece quando um problema é pouco conhecido, quando as hipóteses ainda não foram claramente definidas. Seu objetivo consiste na caracterização inicial do problema, na sua classificação e na sua definição. Representa o estágio inicial de toda pesquisa científica; não tem por



objetivo resolver de imediato um problema, mas apenas apanhá-lo e caracterizá-lo;

- Pesquisa teórica: tem por objetivo ampliar generalizações, definir leis mais amplas, estruturar sistemas e modelos teóricos, relacionar e enfeixar hipóteses numa visão mais unitária do universo e gerar novas hipóteses por força de dedução lógica;
- Pesquisa aplicada: toma certas leis ou teorias mais amplas como ponto de partida; é feita a partir de objetivos que visam sua utilização prática, valendo-se das contribuições das teorias e leis já existentes.

Segundo Parra e Almeida (2002), é importante ainda considerar outro tipo, a pesquisa de campo, que tem como objetivo observar os fatos tal como ocorrem. Cerro e Bervian (1996) frisam a necessidade de que se deve considerar na teoria metodológica, mais especificamente no planejamento da pesquisa, o processo investigativo associado à comunicação, ou seja, para todo resultado obtido deve haver expressão equivalente preferencialmente escrita.

De acordo com o que foi mencionado no problema de pesquisa, tem-se a questão: “É possível trabalhar, em nível de projeto conceitual de produtos, com uma metodologia que possa ser aplicada na elaboração de projetos de infra-estrutura?”

Segundo Yin (2005), existem quatro estratégias de pesquisa: a história, os experimentos, o estudo de caso e a pesquisa-ação. A investigação histórica é uma técnica utilizada quando se trabalha com fatos passados, para os quais as principais fontes são documentos e artefatos físicos. No presente trabalho, embora se utilize esse processo no que diz respeito à história do objeto pesquisado, mais propriamente o projeto do CETEC-UPF, a estratégia da investigação histórica não vai além disso.

Os experimentos têm como características básicas: a) estabelecimento de um grupo de controle; b) controle por parte do pesquisador de todas as variáveis significativas referentes à questão da pesquisa. Cabe lembrar que o pesquisador, neste caso, não possui o controle direto, preciso e sistemático das variáveis estudadas; assim a aplicação desta estratégia é inadequada a este tipo de trabalho.

Para Easterby e Smith et al. (1991), pesquisa-ação envolve interação entre os pesquisadores e organização e tem como principal característica o entendimento de que a compreensão do fenômeno estudado é proporcionada pela mudança, por meio da qual se

investiga o fenômeno pesquisado. Há um caráter interativo e participativo entre pesquisador e membros da organização. Thiollent (2003) enfatiza que a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. É necessário que os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estejam envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Dessa maneira, segundo o autor, a pesquisa-ação exige ação da parte das pessoas ou grupos implicados no problema sob observação. É necessário, por exemplo, que se introduza uma nova técnica ou variável e se observem seus efeitos no problema pesquisado, o que não ocorre no presente estudo.

Conforme Yin (2005), o estudo de caso é uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes em que múltiplas fontes de evidência são utilizadas. Assim a essência de um estudo de caso ou a tendência de todos os tipos de estudo de caso é que tentam esclarecer uma decisão ou conjunto de decisões: por que foram tomadas? Como foram implementadas? E quais os resultados alcançados? Dessa maneira, esse tipo de estratégia passa a ser adequado a uma pesquisa em que se propõe a criação de uma metodologia e se procura aplicá-la num projeto.

Considerando-se o tipo de pesquisa, seus objetivos e problema, vê-se que este tipo de estratégia -estudo de caso- é mais indicada a este trabalho. Outro item a considerar é que é necessário que as mudanças propostas pelo método possam ser aplicadas no projeto em estudo, porém em oportunidade futura.

### **3.1.2 Delineamento da pesquisa**

Segundo Pandolfo (2001), os modelos constituem representações da realidade construídas dentro de determinadas condições, que permitem prever e conhecer o seu funcionamento através da aplicação de um teste simulado. Observa-se a existência de modelos que se originam em diferentes áreas do conhecimento e que carregam consigo relevantes contribuições, porém sofrem a ação do tempo. Isso quer dizer que, por serem intrinsecamente ligados ao fluxo temporal, os modelos são necessariamente provisórios, como registra Pegoraro (apud PANDOLFO, 2001).

Para Rubestein e Haberst (apud PANDOLFO, 2001), diferenciando os modelos das teorias, dizem que são sistemas que tomam o lugar de um outro sistema ou objeto, habitualmente mais complicado. A elaboração de um modelo, portanto, parte de especulações teóricas e de experimentações práticas envolvendo o fenômeno e/ou objeto que se busca modelar.

Conforme Barros Neto et al (2003), os modelos podem ser mecanísticos ou empíricos. Os modelos mecanísticos são modelos globais em que se conhecem as causas que provocam determinado fenômeno e as leis que o regem. Por sua vez, os modelos empíricos procuram descrever os fenômenos com base em evidências experimentais. A modelagem empírica é mais restrita e descreve o processo estudado na região experimental investigada. Os modelos empíricos são modelos locais e sua utilização em generalizações corre por conta e risco do pesquisador.

Ainda segundo Pandolfo (2001), a formulação de um modelo que aborde mais detalhadamente as exigências dos usuários pode ampliar as possibilidades de sucesso de um empreendimento perante os concorrentes, reduzir os riscos do não-atendimento das exigências dos usuários e, em muitos casos, diminuir o esforço despendido na execução da obra.

Para melhor entendimento desta pesquisa, é necessário que se possam definir os termos “método” e “metodologia”. Conforme Fernandes, Luft e Guimarães (1994), método é um processo racional para se chegar a determinado fim; maneira de proceder; ordem ou sistema que se segue no estudo ou ensino de qualquer disciplina. Para Demo (1987), a metodologia é uma preocupação instrumental, trata das formas de fazer ciência e cuida dos procedimentos, das ferramentas e dos caminhos, considerando que a finalidade básica da ciência é tratar a realidade prática e teórica. Para que se atinja tal finalidade colocam-se vários caminhos. É disto que trata a metodologia.

Segundo Parra e Almeida (2002), na lógica formal é feita a abstração da matéria, procurando fazer com que o pensamento concorde consigo mesmo, ao passo que a lógica aplicada aborda o problema de pôr o pensamento de acordo com o objeto, assim indica o caminho a ser trilhado, mais especificamente o processo a ser seguido. Portanto, o método é o conjunto de processos, que etimologicamente significa o caminho para se chegar a um fim.

Para um melhor entendimento do assunto, é necessário que também se diferenciem as palavras: “método” e “técnica”. Nagel (apud RUIZ, 2002) afirma que método é um conjunto de normas-padrão que devem ser satisfeitas caso se deseje que a pesquisa seja tida como

adequadamente conduzida e capaz de levar a conclusões merecedoras de adesão racional. A rigor, método é o processo para se traçar as etapas fundamentais da pesquisa, ao passo que técnicas são os diversos procedimentos ou a utilização de diversos recursos peculiares a cada objeto de pesquisa dentro das diversas etapas do método. O método tem caráter geral, mais amplo, menos específico. Portanto, dentro das linhas gerais e estáveis do método, as técnicas variam muito e alteram-se e progredem de acordo com o processo tecnológico.

Dessa maneira, o presente estudo deve ser entendido como uma dimensão teórico-metodológica que busca facilitar, em nível de planejamento e gerenciamento, a elaboração de projetos de infra-estrutura.

De uma forma genérica, o desenvolvimento da metodologia proposta pode ser mostrado conforme o fluxograma da Figura 32, iniciando com uma revisão bibliográfica, que leva à estruturação da mesma, seguida da sua aplicação a um empreendimento e, posteriormente, de uma avaliação dos resultados.

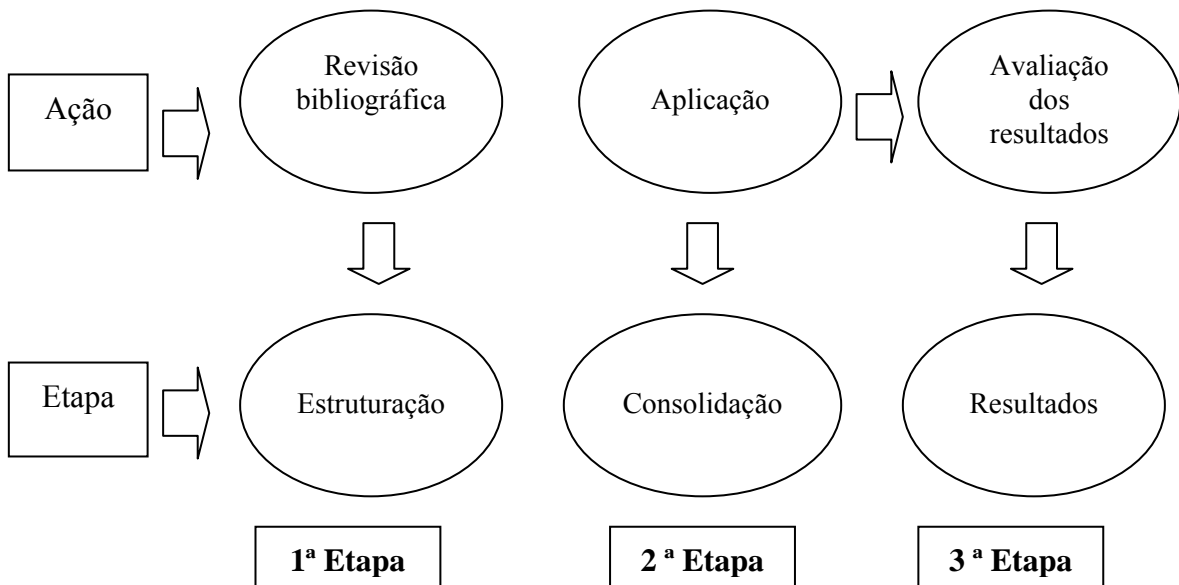


Figura 32 – Etapas da pesquisa, fluxograma genérico.

### 3.1.3 Etapas do delineamento da pesquisa

#### 1ª Etapa: Estruturação

O início da pesquisa deu-se com uma revisão bibliográfica que envolveu, principalmente, as áreas de análise funcional, engenharia do valor, análise do valor e

metodologia de projeto de produtos industriais. Essa revisão, que teve início na primeira etapa, estendeu-se ao longo de toda a pesquisa, fornecendo subsídios para as diversas fases do seu desenvolvimento.

O trabalho foi estruturado partindo-se da identificação dos requisitos do cliente com o uso das seguintes ferramentas: pesquisa por enquete aplicada ao QFD. Para a realização da identificação e desmembramento de funções do produto foi utilizada a técnica FAST, partindo-se da função de mais alto nível até se chegar às funções de nível mais baixo, as quais foram definidas por duas palavras: um verbo e um substantivo. Para a determinação de soluções na estruturação da metodologia, foi pesquisada e proposta a aplicação do método morfológico. Para a escolha da melhor solução optou-se pela maior pontuação, dentre os atributos do consumidor indicados pela aplicação do método.

A última etapa da estruturação, o resultado final, tem como elemento de saída um relatório final com os requisitos do consumidor a serem fornecidos para as fases posteriores, que abrangem a fase de projeto preliminar e o detalhamento do projeto.

## **2ª Etapa: Consolidação**

Foi selecionado o projeto do CETEC-UPF para se ter como referencial um objeto com características funcionais variadas, certo grau de complexidade na sua estrutura física e funcional e que pudesse, após a aplicação da metodologia, vir a ser alvo de estudos posteriores para a aferição da sua aplicação.

Outro ponto a ser considerado, é o fato de que um prédio do projeto do CETEC-UPF já estava em implantação na data de início desta fase da pesquisa. Tal situação permite que se possa comparar o que está sendo feito com os requisitos que estão sendo solicitados pelos usuários e, com base nos dados levantados, propor alterações para a configuração do projeto em estudo.

## **3ª Etapa: Resultados**

Após o levantamento dos requisitos do consumidor, desmembramento de funções, determinação das concepções e a escolha da solução para o empreendimento estudado, foi estruturado o relatório final.

A terceira etapa da pesquisa teve como escopo:

- a tabulação dos requisitos do consumidor obtidos após a aplicação da metodologia pesquisada ao estudo de caso do CETEC-UPF;

- a compilação dos resultados obtidos para a solução escolhida num relatório final com o objetivo de determinar as principais características para o produto.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 Resultados relativos à estruturação da metodologia - proposição geral**

Nesta etapa foi desenvolvida a concepção inicial do processo metodológico. Para um melhor entendimento do método, optou-se por dividi-lo em cinco fases.

As fases com as respectivas ações sobre o empreendimento são as seguintes:

- Fase I: Caracterização do empreendimento. Determinação da missão, objetivos e metas do empreendimento;
- Fase II: Determinação das funções do empreendimento e desmembramento das funções identificadas;
- Fase III: Determinação das soluções;
- Fase IV: Seleção da solução;
- Fase V: Resultado final.

A Figura 33 apresenta a estrutura da metodologia proposta. Na Fase I trabalha-se com os elementos ligados à caracterização, identificação da missão, metas e objetivos do empreendimento. Na Fase II são feitas a determinação e o desmembramento das funções dos componentes do empreendimento utilizando-se a técnica de Engenharia do Valor - o diagrama FAST. Na Fase III são estruturadas as soluções através da montagem de Matriz Morfológica para posterior determinação de soluções possíveis para o empreendimento. Na Fase IV é feita a determinação da pontuação das soluções possíveis para o empreendimento através do uso

dos critérios propostos pelo método. Na Fase V é determinado o resultado final com a identificação das características do produto.

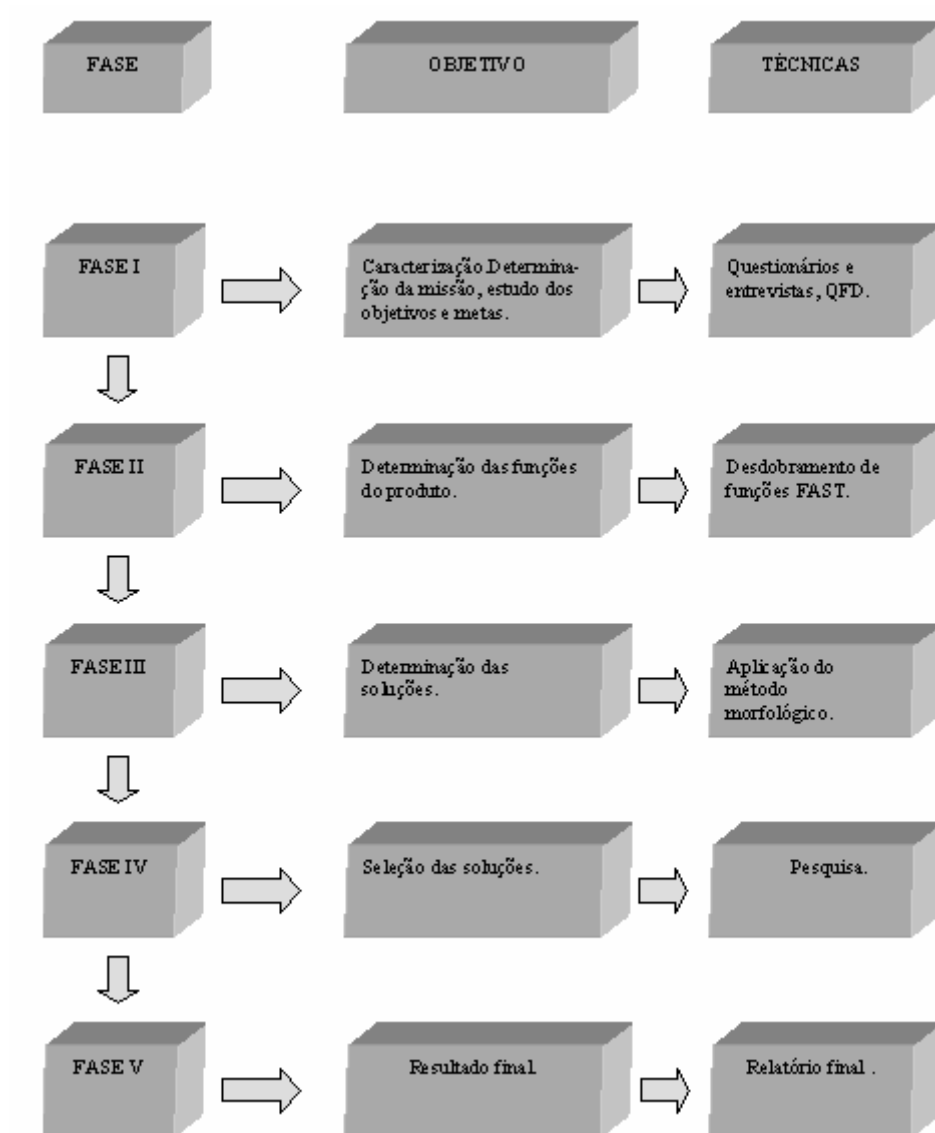


Figura 33 - Fases da metodologia proposta.

### **Fase I – Caracterização do empreendimento. Determinação da missão, objetivos e metas.**

Nesta etapa procede-se ao levantamento do histórico do empreendimento através de entrevistas e questionários aplicados às partes que constituem parcela representativa dos usuários.



O objetivo primordial desta fase é contribuir para que a identificação das necessidades do usuário seja mais conhecida pela equipe técnica de projeto. Para este trabalho o modelo de questionário - pesquisa tipo enquete - serve para determinar os fatores que podem ser considerados, em nível inicial, no processo de criação, planejamento e execução do projeto.

Assim, o questionário ou pesquisa inicial tem como meta abordar basicamente: a) aspectos da necessidade do usuário - identificado pela empresa ou órgão responsável pela gestão do projeto; b) aspectos da percepção das necessidades de outras áreas que não a do usuário e que envolvam o mesmo projeto; c) necessidades relativas ao meio-ambiente; d) percepção das fontes de recurso para a implantação do referido empreendimento.

Ferramentas de desenvolvimento de produtos como o QFD podem ser utilizadas como elementos de apoio no levantamento e na quantificação das necessidades do usuário.

A seqüência básica do trabalho nesta fase obedece ao seguinte roteiro:

- caracterização do proprietário do empreendimento;
- caracterização da região de inserção do empreendimento;
- definição dos requisitos de projeto, levantamento e análise das necessidades, identificação do problema e determinação da missão do empreendimento.

A determinação da missão do empreendimento é de grande importância, pois é através dela que se pode direcionar o processo de produção e planejamento para contemplar perspectivas básicas para as áreas:

- financeira;
- de processo internos;
- da visão do cliente ou usuários;
- do ponto de vista do aprendiz.

Com o estudo da missão, objetivos e metas do empreendimento, através do levantamento entre as partes pesquisadas e a determinação pela equipe técnica de projeto, podem surgir novas alternativas para a elaboração do projeto, melhorando a eficiência e a satisfação do usuário quanto às funções do produto final.

A Figura 34 apresenta um resumo das etapas e dos procedimentos adotados para o trabalho na Fase I.

<b>Etapa</b>	<b>Procedimentos</b>
Caracterização do proprietário	Levantamento de dados
Caracterização da região do empreendimento	Levantamento de dados
Definição dos requisitos de projeto	Levantamento: coleta externa de dados
	Levantamento: coleta interna de dados
	Estado da arte do empreendimento
Levantamento, análise das necessidades	Pesquisa junto aos usuários
Identificação do problema	Montagem do quadro do problema
Determinação da missão	Pesquisa junto aos usuários

Figura 34 - Etapas e procedimentos para o trabalho de implantação da Fase I.

#### **a) Procedimentos utilizados**

A seguir são caracterizados alguns procedimentos utilizados na metodologia estudada.

##### **- Coleta interna de dados**

Pesquisa feita dentro da empresa ou instituição com o objetivo de levantar dados econômicos, financeiros e técnicos relacionados ao empreendimento. Também neste procedimento pode-se apurar se há outros itens desempenhando funções que se relacionam com o projeto do produto a ser desenvolvido.

##### **- Coleta externa de dados**

Pesquisa feita fora da empresa ou instituição com o objetivo de levantar dados referentes ao empreendimento. Podem-se verificar empreendimentos similares que estejam em operação, através de viagem de estudos.

### - Pesquisa dos atributos dos Requisitos dos Consumidores.

Feita com o objetivo de levantar dados referentes a requisitos dos consumidores - RCs ou elementos referentes à qualidade exigida, numa primeira etapa faz o levantamento qualitativo da pesquisa. A Figura 35 apresenta o modelo para levantamento qualitativo de dados.

Questionário:	
Durante a utilização do _____ ( empreendimento),	
considere a situação de usuário.	
	Sexo:
	Idade:
Nº	Enumere no lado direito os elementos que considera importantes para o bom desempenho do empreendimento. (O que gostaria de ter?)
1	
2	
3	
...	
N	

Fonte: Ohfujii, Akao e Ono (1997, p. 242).

Figura 35 – Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos Requisitos dos Consumidores RCs.

Na segunda etapa procede-se ao levantamento quantitativo dos RCs no QFD. O questionário apresenta tabela com graduação de 1 a 5, conforme pode ser observado na Figura 36.

Questionário:  
 No lado esquerdo estão relacionados alguns atributos considerados básicos para a elaboração do projeto \_\_\_\_\_. Marque com um “x” a coluna de resposta, indicando a importância do atributo para a elaboração do projeto.

Sexo: \_\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_

.....  
 Escala de importância:  
 A = alta; M = média; B = baixa

N °	Atributo	A		M		B	
		5	4	3	2	1	
1							
2							
3							
...							
N							

Fonte: Ohfujii, Akao e Ono (1997, p. 242).

Figura 36 – Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos RCs.

### - Montagem do quadro do problema.

A Figura 37 mostra a identificação do problema montado a partir das necessidades estudadas. Este quadro apresenta a análise do ciclo de vida do produto e ajuda o projetista na visualização do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados ao se buscar uma solução. A identificação do problema apresenta três fases: produção, uso e operação e descarte do produto.

Na fase de produção são consideradas as entradas e as saídas. Nos elementos de entrada consideram-se as entradas desejadas como: materiais a serem empregados, ferramentas de projeto e princípios de construção. Para as saídas desejadas, enumeram-se as características pretendidas para o produto.

Na fase de uso e operação, busca-se identificar as entradas desejadas na utilização do produto, o meio ambiente, as saídas desejadas com os requisitos desejados e também as saídas indesejadas no uso e operação do produto.

Na fase de descarte consideram-se os elementos básicos de entrada e saída na conclusão do ciclo de vida do produto

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA				
	ENTRADAS		SAÍDAS	
	Desejadas	Meio ambiente	Desejadas	Indesejadas
<b>Produção</b>	-materiais -modulação -uso de CAD e programas de computação -uso de PCP - construção enxuta	-canteiro de obra organizado -uso NR-5 -mão-de-obra treinada pelo PBQP-H	-construção de fácil execução -baixo custo	-construção complexa -baixa modulação - fluxo difícil entre os núcleos -custo
<b>Uso Operação</b>	-atividades de uso	-principais componentes do produto projetado	-manutenção -custo -aparência -funcionamento	-geração de poluentes -consumo de água e energia
<b>Descarte</b>	- possibilidade de reutilização	- descarte quando ocorrer a obsolescência: - reforma	-reciclável -fácil desmontagem	-materiais poluentes

Fonte: VALDIERO (1994, p. 49).

Figura 37 – Quadro de identificação do problema pesquisado.

## **Fase II – Determinação das funções do empreendimento com desmembramento das funções identificadas.**

Na seqüência, após a determinação da missão, objetivos e metas do empreendimento, utiliza-se a técnica FAST para desmembramento das funções identificadas.

Cabe aqui ressaltar a importância de se caracterizar a função global do produto - a função que irá definir qual será a ação do empreendimento, ou seja, a função total do sistema.

Após a identificação e desmembramento de funções, a determinação do valor relativo entre elas pode ser feita pela técnica de Mudge, o que possibilita ter uma idéia quantitativa do valor de cada função comparada.

### Fase III – Determinação das soluções

Após o desdobramento de funções do produto, pode-se trabalhar com princípios de solução variados. A tabela de critérios de avaliação, mostrada na Figura 38, relaciona as características de engenharia advindas da aplicação do QFD aos módulos ou partes do empreendimento a ser projetado. Para a obtenção dos pesos relativos dos módulos a pontuação do QFD é repetida naqueles em que a característica de engenharia ocorre. Assim, se para um determinado módulo -A- houver participação da característica -C-, atribui-se a ele a pontuação alcançada no QFD. Procede-se da mesma maneira para os módulos em que a característica -c- vier a ocorrer. Assim, o módulo que alcançar maior somatório de pesos de características de engenharia apresentará maior peso relativo. Dessa forma, fica definida a participação relativa do módulo no empreendimento.

APLICAÇÃO DA PONTUAÇÃO DO QFD ÀS CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA							
CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA	IMPORTÂNCIA DO REQUISITO $p_i$ (QFD)	PESO %	PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA AOS MÓDULOS PELO QFD				
			A	B	C	D	E
a							
b							
c							
d							
e							
f							
g							
h							
i							
...							
n							
TOTAL	$\Sigma p_i$ (QFD)	-					
TOTAL DOS MÓDULOS			$\Sigma A_{i,n}$	$\Sigma B_{i,n}$	$\Sigma C_{i,n}$	$\Sigma D_{i,n}$	$\Sigma E_{i,n}$
TOTAL GERAL DOS MÓDULOS	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$						
PESO RELATIVO			$\Sigma A_{i,n}$	$\Sigma B_{i,n}$	$\Sigma C_{i,n}$	$\Sigma D_{i,n}$	$\Sigma E_{i,n}$
SOMA DOS PESOS RELATIVOS	1,00		$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$

Figura 38 – Tabela de pontuação dos módulos com uso do QFD.

Para a determinação da pontuação das funções listadas na matriz morfológica foram utilizados os seguintes elementos:

- a pontuação dos módulos feita com o uso do QFD;
- o peso relativo das funções obtidas pela aplicação da técnica de Mudge;

- a avaliação da equipe técnica de projeto.

A Figura 39 indica a maneira como as soluções são pontuadas dentro de cada módulo.

Tomando como exemplo a solução nº02 dentro do módulo - A - após a atribuição das notas pela equipe técnica de projeto para cada função, a distribuição do peso relativo do módulo pelo uso do QFD e a distribuição do peso relativo das funções pela técnica de Mudge, calcula-se a nota final para a solução dentro do módulo. Dessa maneira a solução que apresentar maior pontuação será a solução indicada.

MÓDULO: A FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA
			ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL
1	P1	M1	A1	P1xM1xA1	B1	P1xM1xB1	C1	P1xM1xC1
2	P1	M2	A2	P1xM2xA2	B2	P1xM2xB2	C2	P1xM2xC2
3	P1	M3	A3	P1xM3xA3	B3	P1xM3xB3	C3	P1xM3xC3
4	P1	M4	A4	P1xM4xA4	B4	P1xM4xB4	C4	P1xM4xC4
5	P1	M5	A5	P1xM5xA5	B5	P1xM5xB5	C5	P1xM5xC5
6	P1	M6	A6	P1xM6xA6	B6	P1xM6xB6	C6	P1xM6xC6
...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	P1	Mn	An	P1xMnxAn	Bn	P1xMnxBn	Cn	P1xMnxCn
TOTAL		1,00						
TOTAL PARA O MÓDULO				Σn. finais		Σn. finais		Σn. finais

Figura 39 – Tabela de pontuação das soluções.

#### Fase IV - Seleção da solução

Para a determinação da pontuação final das soluções, enumera-se a nota final dos módulos e determina-se a soma geral dos mesmos de tal forma que a solução com maior nota final será a mais indicada.

A Figura 40 indica o procedimento para a obtenção do total da pontuação final para cada solução estudada para o empreendimento. O total dos módulos de cada solução é transposto para as respectivas colunas. A seguir é feita a soma nas colunas:

TOTAL DOS MÓDULOS	SOLUÇÃO S1	SOLUÇÃO S2	SOLUÇÃO S3
	NOTA FINAL	NOTA FINAL	NOTA FINAL
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3
E	E1	E2	E3
<b>PONTUAÇÃO FINAL</b>	ΣA1...E1	ΣA2...E2	ΣA3...E3

Figura 40 – Tabela de pontuação para as soluções.

## **Fase V – Resultado final**

De acordo com a Figura 41, o resultado final constitui-se de relatório que contém a síntese da descrição dos elementos componentes do projeto:

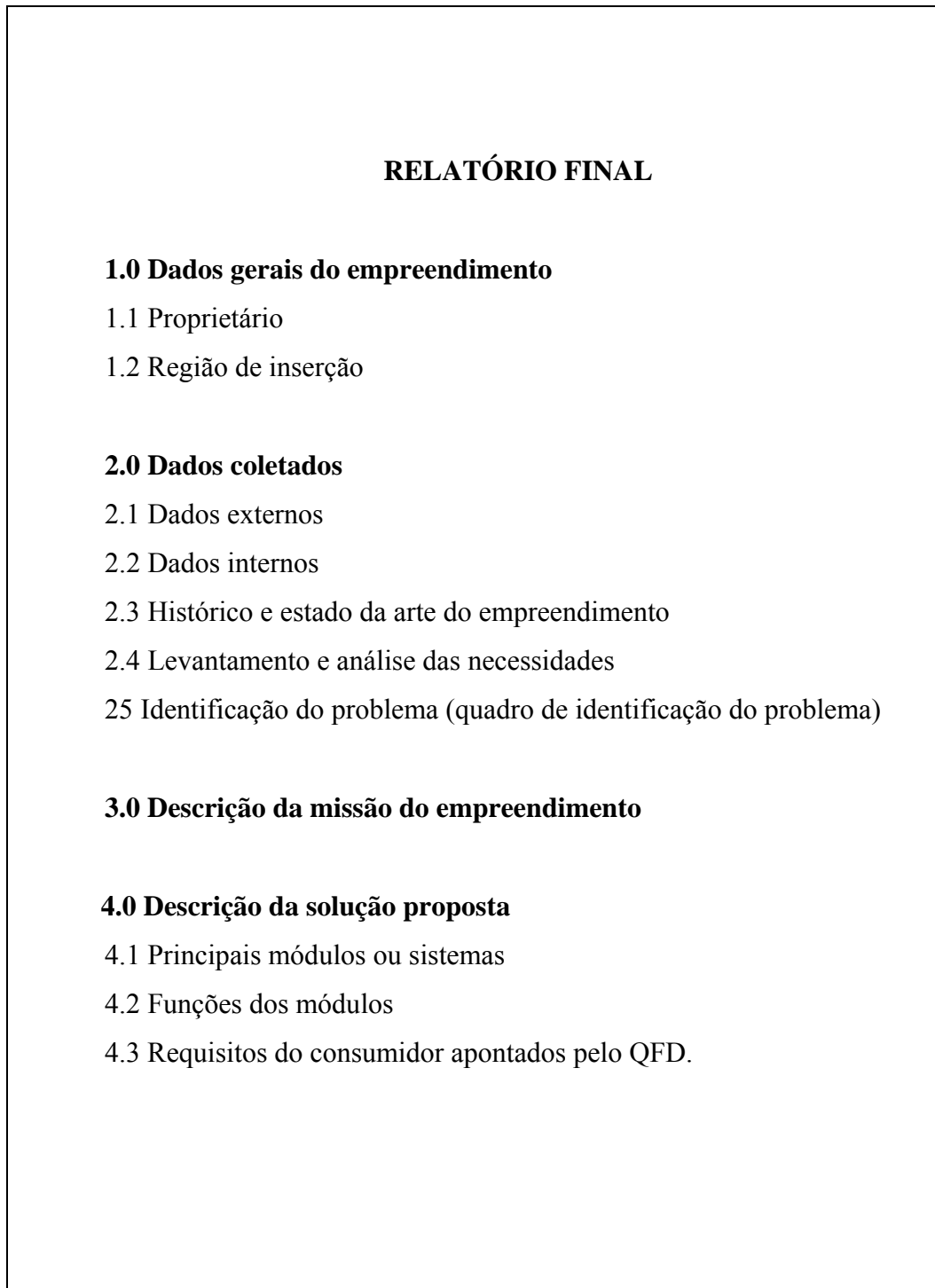


Figura 41 – Estrutura do relatório final.



## **4.2 Aplicação da metodologia ao empreendimento CETEC-UPF**

### **4.2.1 Fase I – Caracterização do empreendimento. Determinação da missão do empreendimento, estudo dos objetivos e metas**

#### **4.2.1.1 Caracterização do proprietário do empreendimento**

##### **- Universidade de Passo Fundo – UPF**

A trajetória da Universidade de Passo Fundo iniciou na década de 50, com a formação de cursos superiores em duas instituições de ensino: a Sociedade Pró-Universidade de Passo Fundo e o Conselho Universitário Católico. A fusão das duas, em 1968, resultou no reconhecimento da UPF como universidade comunitária e filantrópica.

A UPF tem primado pela educação de qualidade, priorizando investimentos em infraestrutura e formação docente. Na UPF, os professores, em sua maioria, são mestres e doutores ou estão realizando pós-graduação.

Ao todo são 12 unidades de ensino, com 48 cursos de graduação e 93 de pós-graduação. A UPF possui uma área de 400 hectares no *campus* central e agrega em torno de 18 mil alunos em seus cursos.

A universidade tem uma Biblioteca Central em seu *campus* central e possui uma estrutura de apoio que inclui: centro de idiomas, editora, centros e núcleos interdisciplinares, videoteca, museus, salas de espetáculo, zoológico e área verde.

##### **- Princípio básico e missão – Universidade Comunitária**

A UPF é caracterizada como entidade comunitária e regional, com estrutura democrática e autônoma. Não está vinculada a confissões religiosas, órgãos públicos ou agremiações e sua arrecadação é reinvestida na própria instituição. Os professores, juntamente com os alunos e funcionários, escolhem os reitores através de eleição direta a cada quatro anos.

A missão da UPF é: “produzir e difundir conhecimentos que promovam a melhoria da qualidade de vida e formar cidadãos competentes, com postura crítica, ética e humanista, preparados para atuar como agentes transformadores.”

#### **4.2.1.2 Definição dos requisitos de projeto, levantamento e análise das necessidades, a identificação do problema e a determinação da missão do empreendimento.**

##### **4.2.1.2.1 Definição dos requisitos de projeto**

###### **a) Coleta externa de dados**

Durante o processo de reconhecimento do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Passo Fundo, no primeiro semestre 2000, foi sugerido pela Comissão de Verificação do MEC que o curso tivesse uma área destinada a canteiro experimental de obras. Assim, uma equipe da FEAR, por sugestão da Comissão de Verificação viajou a Piracicaba, SP, para visitar o Campus Santa Bárbara da Universidade Metodista de Piracicaba (Unimep). Resultou daí a necessidade de se buscar viabilizar junto à UPF uma área para as práticas do ensino da Arquitetura e Engenharia. Durante a visita à Unimep foram vistos alguns itens de importância para auxiliar na caracterização das necessidades do CETEC-UPF. A Figura 42, apresenta espaço externo para práticas de ensino na Unimep.



Figura 42 – Espaço externo para a construção de modelos estruturais.

A Figura 43 apresenta área externa destinada a canteiro de obras para levar o aluno às aulas práticas na área de materiais de construção e sistemas construtivos na Unimep.



Figura 43 - Área destinada a canteiro de obras e depósito de materiais – Unimep.

A Figura 44 mostra o quiosque experimental da Unimep construído pelos alunos com diversas soluções quanto ao uso dos materiais: fundações em concreto armado, estrutura de madeira, vedação em solo-cimento e cobertura em cerâmica.



Figura 44 – Quiosque experimental – Unimep.

Também foram vistas áreas destinadas a depósito de materiais produzidos no canteiro experimental. Materiais como peças moldadas em solo-cimento, palha e fôrmas de compensado tem lugar protegido para armazenagem conforme Figura 45.



Figura 45 – Depósito coberto de materiais de construção produzidos in loco – Unimep.

Foi constatada a existência de protótipos de sistemas estruturais com o objetivo de proporcionar ao aluno a visão dos sistemas de união entre elementos de uma estrutura. Na Figura 46 tem-se um modelo reduzido mostrando as uniões de um protótipo de um elemento estrutural.



Figura 46 – Protótipo de um elemento estrutural para estudo de juntas e apoios – Unimep.

Nas figuras anteriores foram mostrados os elementos didáticos utilizados nas práticas de ensino. No entanto, cabe ressaltar a existência de outros elementos, como cabines de pintura, sala para guarda de amostras, depósito de equipamentos para topografia e materiais de construção, marcenaria, depósito de ferramentas e itens de uso geral e material para ensaio de solos em laboratórios cobertos. Conforme as Figuras 47 e 48 pode-se constatar a existência de espaço para sala de amostras e equipamentos de Topografia.



Figura 47 – Sala de amostras de materiais de construção – Unimep.



Figura 48 – Sala para depósito de equipamentos de topografia - Unimep.

### b) Coleta interna de dados

Outro item importante a ser considerado para o levantamento das necessidades do CETEC-UPF foi a situação dos laboratórios de Materiais de Construção, Geotecnia, Pavimentos e Construção Civil. Pode-se observar nas Figuras 49, 50 e 51 o grau de dificuldade operacional que os mesmos enfrentavam em função da exigüidade de espaço físico tanto interna como externa.



Figura 49 – Espaço físico externo dos laboratórios de Materiais de Construção, Geotecnia e Pavimento – UPF.



Figura 50 – Acesso externo ao Laboratório de Materiais de Construção – UPF.



Figura 51 – Espaço físico interno do Laboratório de Construção Civil.

### **c) Histórico e estado da arte do empreendimento**

Além da área atualmente destinada para a implantação do CETEC-UPF, mais duas áreas foram estudadas com este propósito.

A primeira proposta para a implantação do empreendimento previa basicamente o seguinte programa:

- canteiro experimental de obras de construção civil;
- campo experimental de geotecnia e pavimentação;
- área de reciclagem de resíduos provenientes do canteiro experimental de obras e do campo de geotecnia e pavimentação.

A Figura 52 mostra, de forma resumida, o elenco de necessidades da primeira proposta, apresentando a idéia das necessidades e zoneamento do primeiro terreno estudado para instalação do projeto. Tais necessidades foram identificadas junto às áreas consultadas: construção civil, geotecnia e pavimentos.

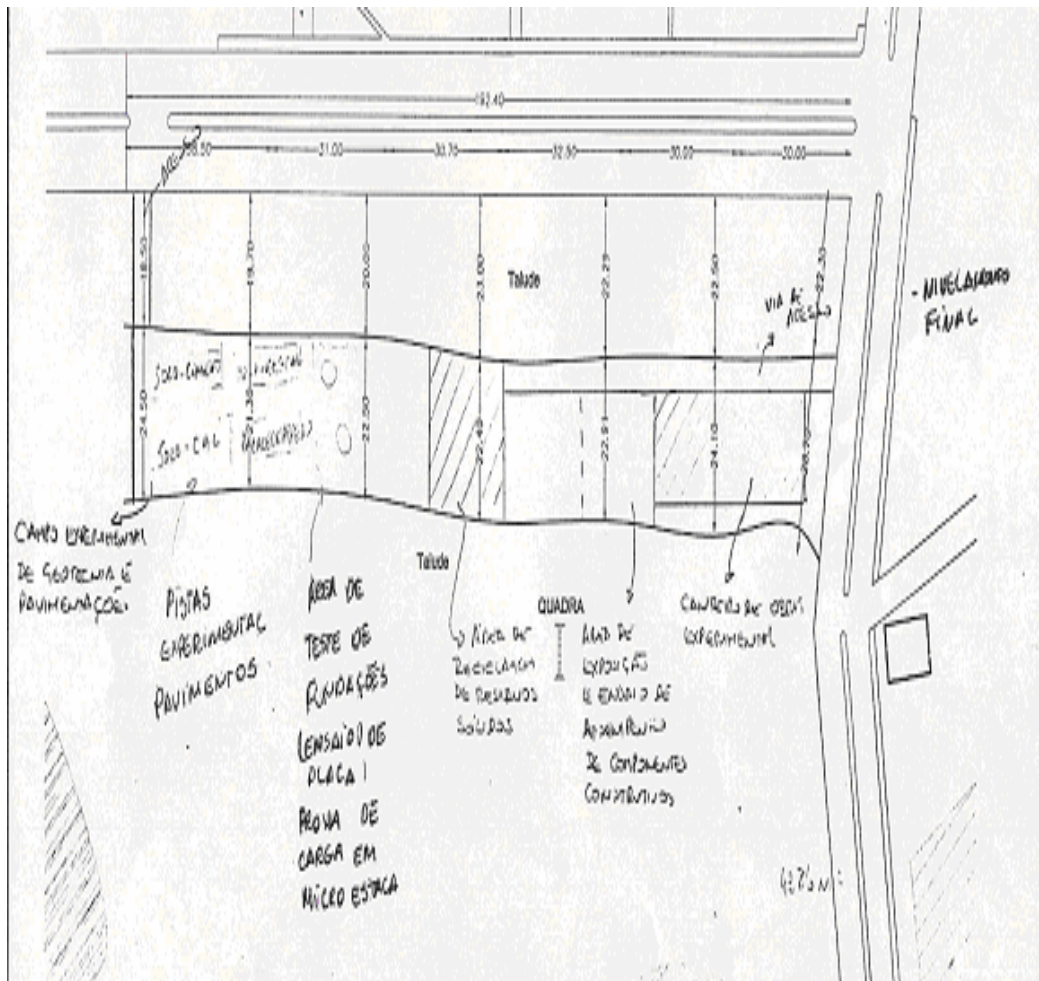


Figura 52 - Esboço da primeira implantação do CETEC-UPF.

Tendo em vista questões administrativas, o destino da área inicialmente prevista para implantação do CETEC-UPF foi alterado, ficando, assim, uma segunda área destinada para este fim.

A Figura 53 mostra, de forma simplificada, a área inicial destinada para a implantação da segunda proposta.



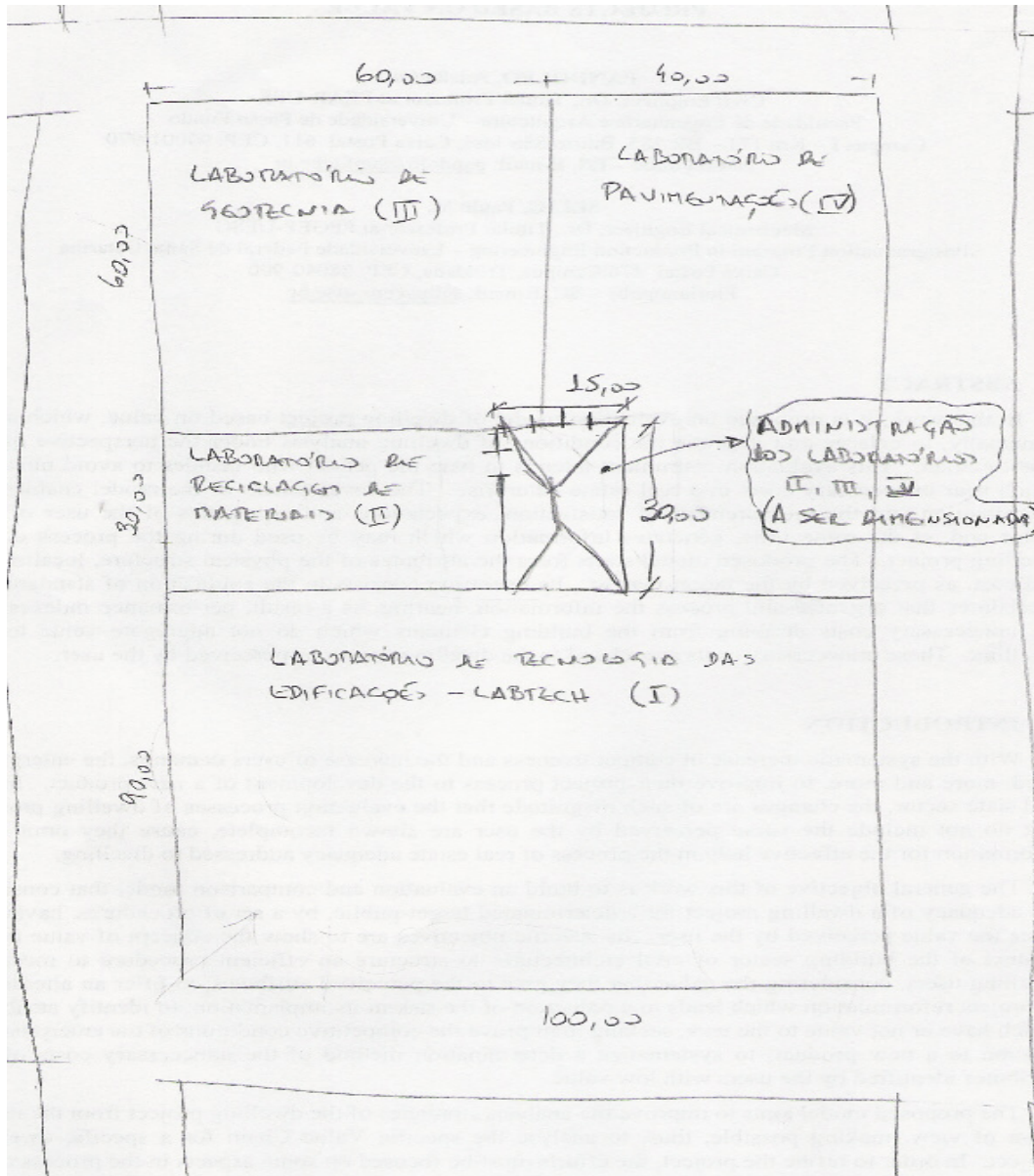


Figura 53 - Esboço da segunda implantação do CETEC-UPF.

O programa básico de necessidades para a segunda proposta ficou sendo o mesmo da primeira, apenas o local de implantação foi alterado.

A terceira área destinada à instalação do projeto foi, em termos de dimensões, superior às anteriores, porém apresentava-se com declives bastante acentuados. Assim, antes da implantação de qualquer edificação para o CETEC-UPF, foram construídos taludes para que se pudesse viabilizar o aproveitamento físico do terreno sem os acréscimos de custo originados pela construção de muros de contenção. A Figura 54 apresenta uma visão geral do terreno escolhido antes do início dos trabalhos de terraplenagem.

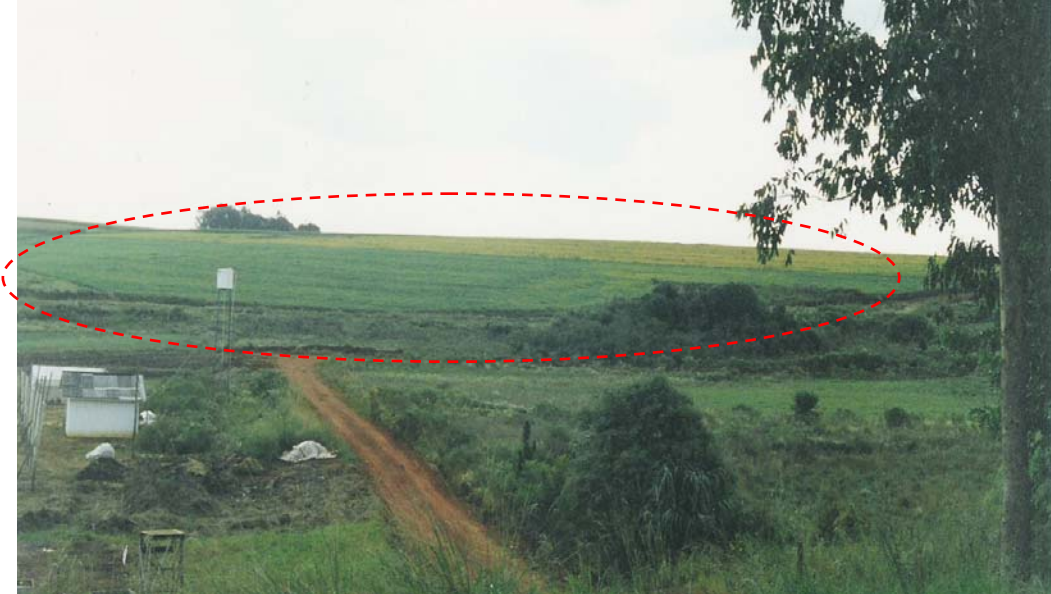


Figura 54 – Vista do terreno destinado à implantação do CETEC-UPF.

Na Figura 55, podem-se ver os trabalhos referentes aos serviços de terraplenagem. Foram executados sobre o terreno cinco taludes de tal forma que resultaram construídos, em toda a área, cinco platôs.



Figura 55 - Trabalho de cortes no terreno. Construção de taludes.

A Figura 56 mostra o terreno após a conclusão dos serviços de corte e construção de taludes.



Figura 56 – Terreno após os serviços de terraplenagem.

Após a conclusão dos trabalhos de terraplenagem, a área plana do terreno resultou num total de aproximadamente 30.000 m<sup>2</sup> de área útil, ficando com cinco platôs e cinco taludes conforme mostra a Figura 57.

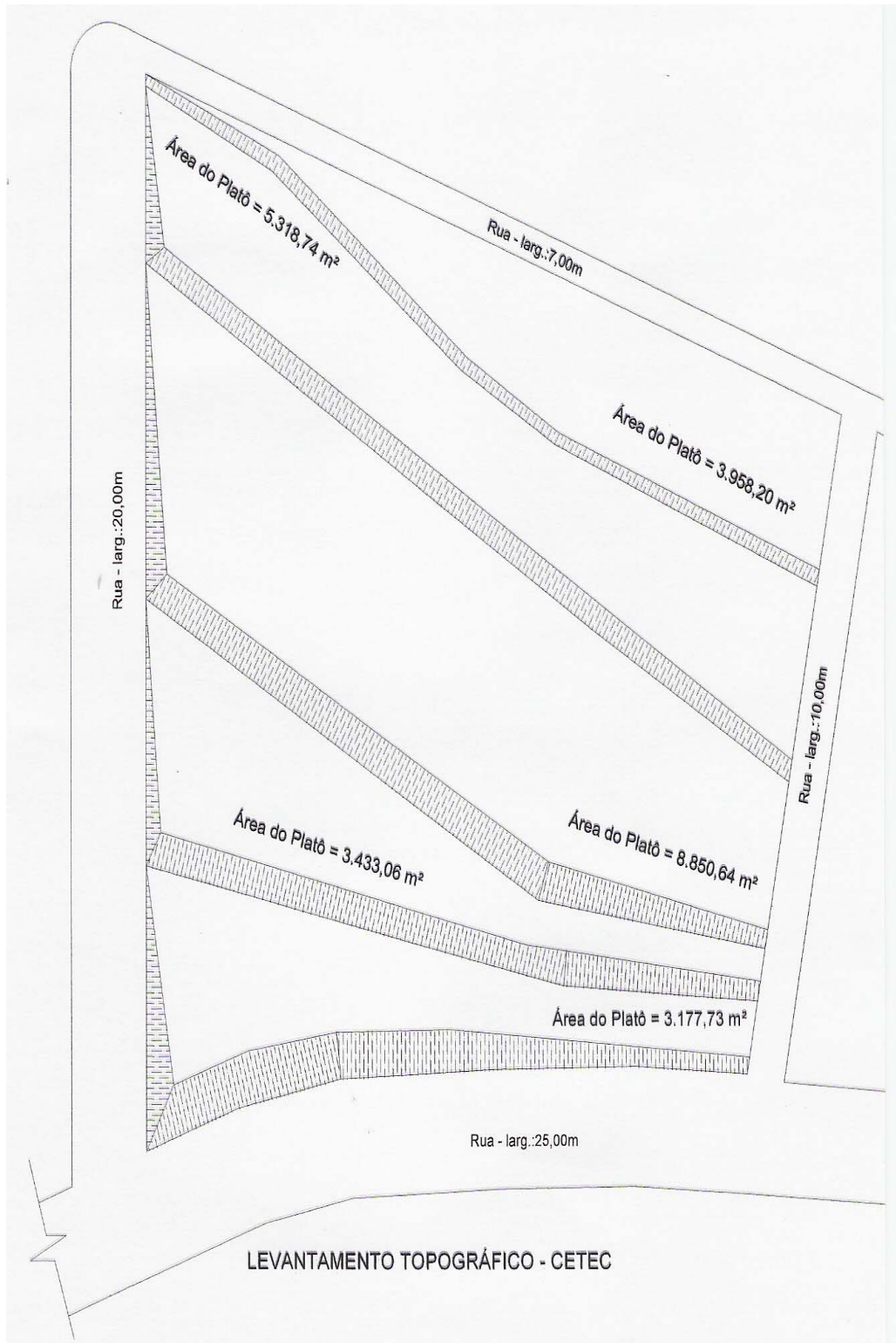


Figura 57 – Área do terreno após os trabalhos de nivelamento, cortes e construção de arruamentos.

A área destinada ao projeto, logo após a conclusão da terraplenagem, foi utilizada para aulas práticas dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da UPF. A Figura 58 mostra os alunos nessas atividades.



Figura 58 - Alunos em aula prática no terreno do CETEC-UPF.

As disciplinas que utilizaram inicialmente a área do centro foram: construção civil, para as práticas de locação de obra, e geotecnia, para ensaios de provas de carga em micro-estacas e sapatas isoladas. A Figura 59 ilustra alguns detalhes de trabalhos de pesquisa da área de geotecnia.



Figura 59 – Ensaios de campo na área de Geotecnia – CETEC-UPF.

A Figura 60 apresenta alguns detalhes dos equipamentos dos laboratórios de Geotecnia.



Figura 60 – Equipamentos do laboratório de Geotecnia – CETEC-UPF.

#### 4.2.1.2.2 Levantamento e análise das necessidades

##### a) Levantamento das necessidades

Conforme Back (1983), as informações gerais e específicas necessárias para o desenvolvimento do projeto de produtos podem ser obtidas num grande número de fontes: bibliotecas, seminários, cursos, feiras de amostras, folhetos técnicos, catálogo de fornecedores entre outros.

Para o levantamento das necessidades relacionadas ao projeto, foram utilizadas:

- visita de observação externa feita à Unimep;
- observação estruturada, em nível de coleta de dados dentro da instituição, das instalações dos laboratórios de Materiais de Construção, Geotecnia, Construção Civil, Pavimentos e Sistemas Estruturais;
- pesquisa com base documental relativa ao histórico do empreendimento, determinando suas primeiras áreas físicas;

- pesquisa documental relacionando as áreas físicas com as necessidades surgidas para implantação dos laboratórios, instalações e equipamentos em geral.

Após pesquisa junto aos usuários, escolhidos entre o corpo discente e funcionários do CETEC-UPF, chegou-se às seguintes características para o empreendimento:

- ser apropriado às atividades de ensino, pesquisa e extensão utilizando laboratórios;
- ser apropriado às atividades de ensino em salas de aula;
- ser capaz de atender às aulas de prática de campo;
- ter condições para desenvolvimento e teste de novas técnicas e sistemas construtivos em nível de pesquisa e extensão;
- ter condições para se ministrarem cursos em nível de ensino, pesquisa e extensão;
- ter modularidade para ser construído em etapas;
- ter acessos adequados para pessoal e suprimento logístico;
- contribuir para a ação da UPF, em nível de marketing, na sua região de inserção e atuação;
- contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da FEAR e da região de atuação da UPF;
- ter uma política de ação ambiental que seja satisfatória à preservação do meio-ambiente;
- ter capacidade de geração de receitas.

O CETEC-UPF é formado por núcleos operacionais das diversas áreas dos cursos de graduação e pós-graduação da FEAR, os quais apresentam a necessidade da seguinte estrutura física:

- laboratórios internos;
- salas de apoio
- campo experimental para ensaios externos

Também foram levantados, através de pesquisa junto aos usuários, os núcleos que virão a se instalar na nova área:

- Geotecnia;
- Infra-estrutura de transportes;
- Hidráulica e Sistemas Hidráulicos Prediais;
- Saneamento;
- Eletrotécnica e Sistemas Elétricos Prediais;
- Construção Civil;
- Materiais de Construção;
- Gerenciamento;
- Conforto Ambiental;
- Processamento e reciclagem de resíduos do CETEC-UPF;
- Topografia;
- Pós-graduação em Engenharia;
- Maquetaria;
- Museu de Materiais e Técnicas Construtivas;

#### **b) Análise das necessidades**

O projeto do CETEC-UPF destina-se a atender às atividades fins da universidade mantenedora, que são: ensino, pesquisa e extensão. Para o ensino devem-se prever instalações de laboratórios com equipamentos adequados, área para salas de aula, áreas externas para aulas de campo e também instalações e equipamentos para se operar com a maquetaria. Para a pesquisa, a necessidade é de laboratórios equipados, sala de apoio para os laboratórios, área externa para ensaios de campo. Para as atividades de extensão é necessário que haja previsão de espaço, tempo e equipamentos, que podem ser os mesmos utilizados no ensino e pesquisa, porém com previsão de utilização programada.

O projeto deve garantir o funcionamento do centro dentro das condições de segurança, conforto e economia. Além da utilização-fim da entidade mantenedora, salienta-se que o referido empreendimento também poderá vir a ser uma estratégia para o *marketing* institucional da universidade.



### 4.2.1.2.3 Identificação do problema

A Figura 61 mostra a identificação do problema elaborado a partir das necessidades estudadas. Este quadro apresenta a análise do ciclo de vida do empreendimento e ajuda na visualização e identificação do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados em nível de planejamento do produto. A identificação do problema considera as três etapas fundamentais do ciclo de vida do produto, que são: produção, uso e operação e descarte.

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA				
	ENTRADAS		SAÍDAS	
	Desejadas	Meio ambiente	Desejadas	Indesejadas
<b>Produção</b>	-materiais padronizados -modulação -uso de CAD e programas de computação -uso de PCP - uso de princípios de construção enxuta.	-carteiro de obra organizado -uso NR-5 -mão-de-obra com treinamento pelo PBQP-H.	-construção de fácil execução -baixo custo.	-construção complexa, -baixa modulação - fluxo difícil entre os núcleos -custo elevado.
<b>Uso e operação</b>	-atividades de ensino, pesquisa, extensão, prestação de serviços e processamento de resíduos	- salas de aula - laboratórios - maquetaria - campo experimental - pista experimental.	-fácil manutenção - baixo custo operacional - boa aparência - funcionamento integrado entre os núcleos.	- geração de grande volume de poluentes, - alto consumo de água e energia.
<b>Descarte</b>	- possibilidade de reforma e reutilização	- descarte quando ocorrer a obsolescência das instalações e impossibilidade de reforma.	-reciclável; - fácil desmontagem.	- material poluente e de difícil reutilização.

Figura 61 – Quadro de identificação do problema pesquisado.

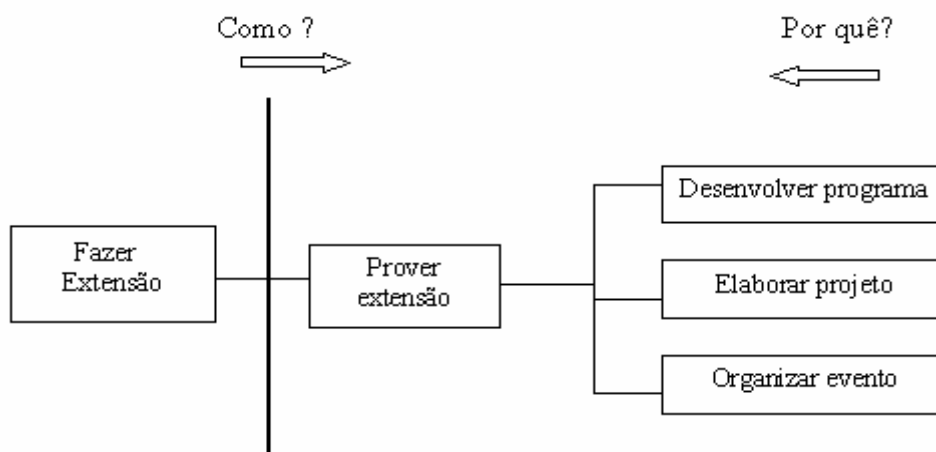
#### 4.2.1.2.4 Determinação da missão do empreendimento

A determinação da missão do empreendimento foi realizada por pesquisa após as análises das necessidades. Foi consenso, através da pesquisa entre os núcleos operacionais, o enunciado a seguir: “Incentivar o desenvolvimento tecnológico, através das práticas de ensino, pesquisa e extensão, nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Arquitetura e Urbanismo buscando a integração do CETEC com a região de atuação da UPF.”

#### 4.2.2 Fase II – Determinação das funções do produto

Após a determinação da missão do empreendimento, foram identificadas as funções principais do produto: ensinar, pesquisar, praticar extensão e tratar os resíduos produzidos pelo CETEC-UPF.

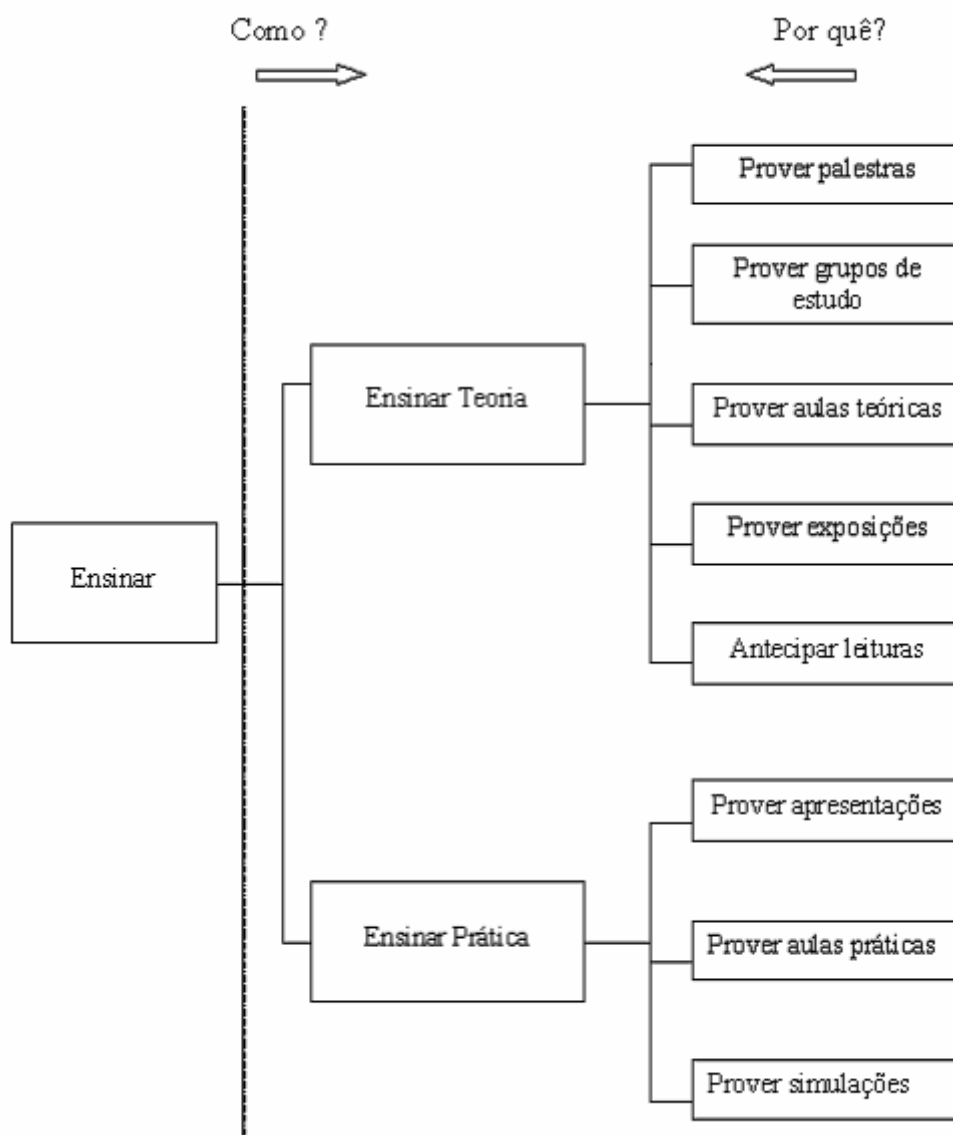
A Figura 62 refere-se ao diagrama FAST do sistema de extensão, tendo como base a documentação interna da UPF.



Fonte: Conceitos para projeto de extensão, UPF (2003).

Figura 62 – Diagrama FAST do sistema de extensão.

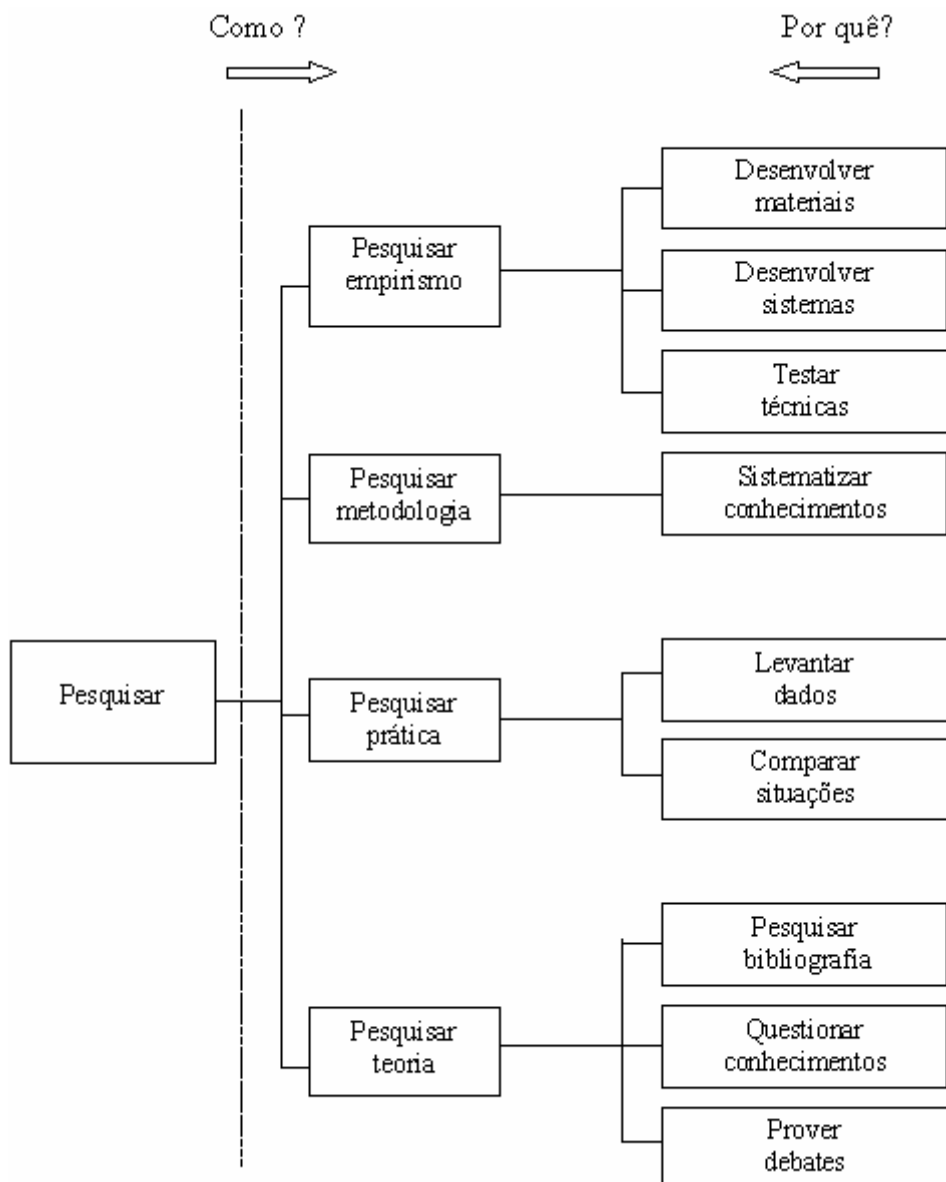
A Figura 63 indica o desmembramento do sistema de ensino com suas funções identificadas através de assessoramento junto à Faculdade de Educação da UPF.



Fonte: Dalmoro, 2005.

Figura 63 - Diagrama FAST do sistema de ensino.

O desmembramento do sistema de pesquisa foi feito através de consulta bibliográfica específica e resultou no diagrama apresentado na Figura 64. As principais funções do sistema de pesquisa estão indicadas no diagrama apresentado.



Fonte: Adaptado de Demo,1987.

Figura 64 – Diagrama FAST do sistema de pesquisa.

Para a identificação e desmembramento do sistema de processamento de resíduos a técnica FAST indicou as funções mostradas na Figura 65. O sistema atual de processamento de resíduos nos laboratórios de materiais de construção, construção civil e geotecnia é feito por meio de transporte terceirizado, sendo o descarte de responsabilidade da empresa transportadora.

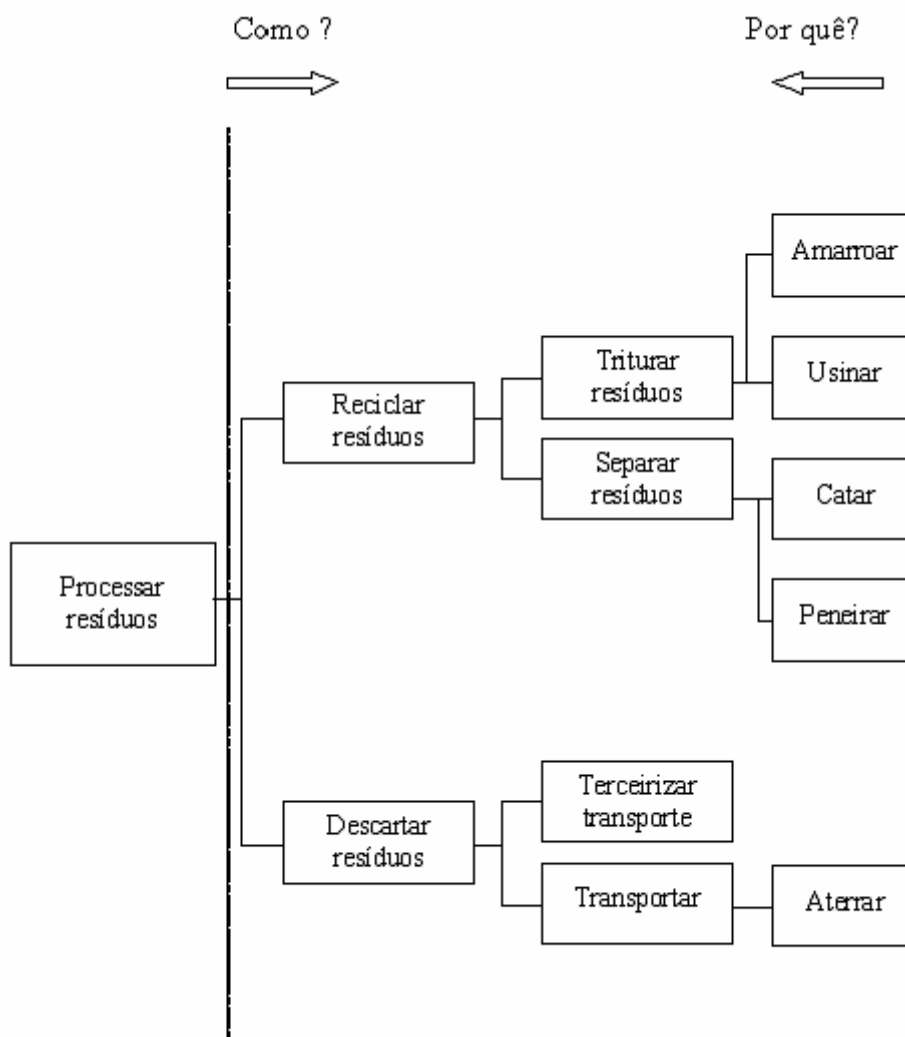


Figura 65 – Diagrama FAST do sistema de processamento de resíduos do CETEC-UPF.

O sistema de prestação de serviços atual tem uma estrutura que está direcionada para as atividades de geotecnia, pavimentos, materiais de construção, construção civil, estruturas e maquetaria. O volume atual de serviços que os laboratórios prestam a terceiros tem um fluxo descontínuo. Há momentos em que surge maior demanda de ensaios ou testes, principalmente nas áreas de materiais de construção, em que há solicitação de ensaios ruptura de corpos-de-prova de concreto e blocos cerâmicos e de concreto, com produção localizada na região de Passo Fundo e cidades vizinhas.

A Figura 66 mostra as funções que foram identificadas através da técnica FAST para o sistema de prestação de serviços.

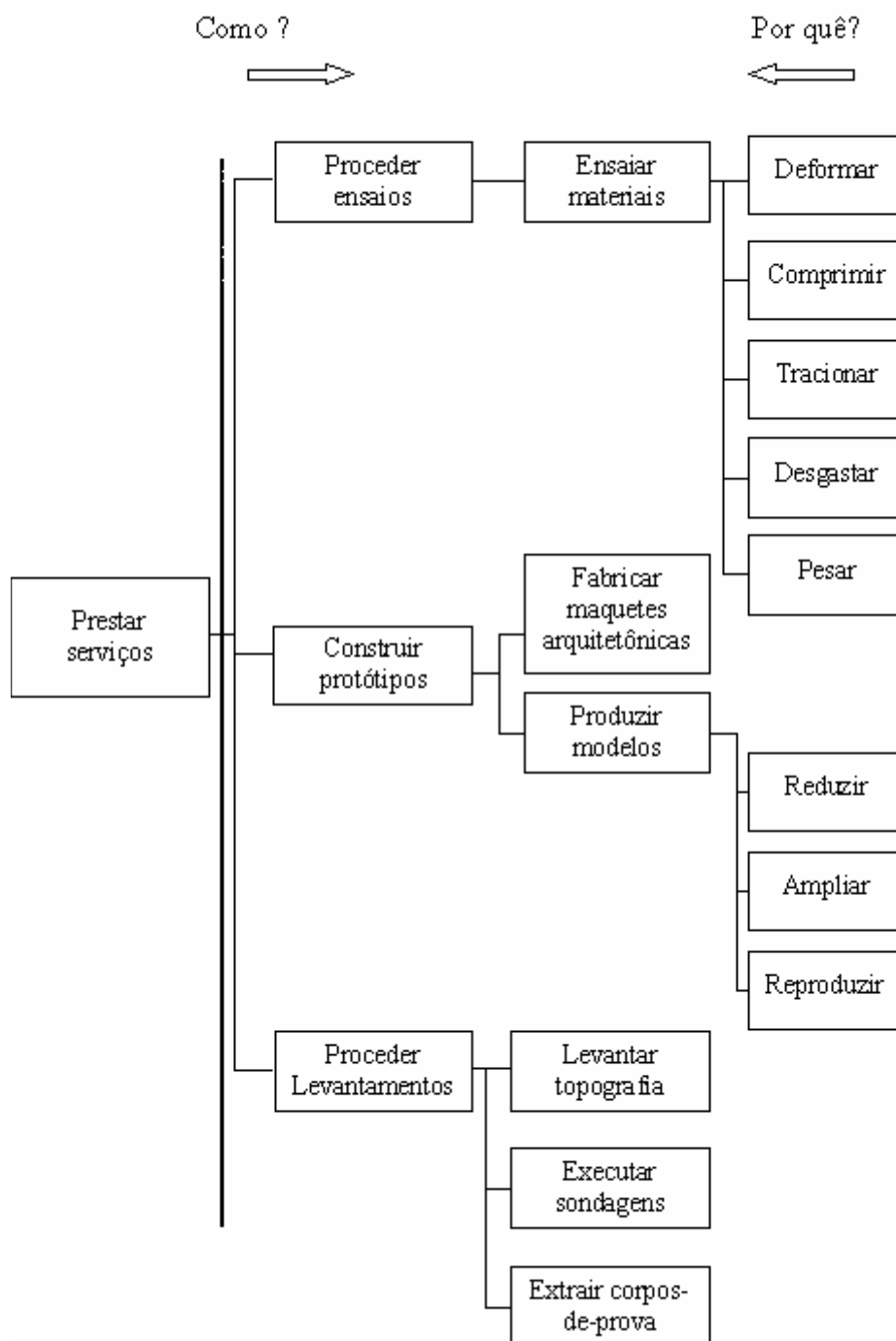


Figura 66 – Diagrama FAST do sistema de prestação de serviços.

A aplicação da técnica FAST permitiu a identificação das funções do produto. A seguir são listadas as funções do empreendimento com as nomenclaturas identificadas. A Figura 67 apresenta as listas do módulo ensino.

NOMENCLATURA	FUNÇÃO
A	Prover palestras
B	Prover grupos de estudo
C	Prover aulas teóricas
D	Prover exposições
$\delta$	Antecipar leituras
E	Prover apresentações
F	Prover aulas práticas
G	Prover simulações

Figura 67 – Lista de funções do sistema de ensino

A Figura 68 lista as funções do sistema de pesquisa, embasado em pesquisa teórica desenvolvida junto à bibliografia específica.

NOMENCLATURA	FUNÇÃO
H	Desenvolver materiais
I	Desenvolver sistemas
J	Testar técnicas
K	Sistematizar conhecimentos
L	Levantar dados
M	Comparar situações
N	Pesquisar bibliografia
O	Questionar conhecimentos
P	Prover debates

Figura 68 – Lista de funções do sistema de pesquisa

A Figura 69 aponta as funções do sistema de tratamento de resíduos do CETEC-UPF.

NOMENCLATURA	FUNÇÃO
U	Amarroar
V	Usinar
X	Catar
W	Peneirar
Y	Terceirizar transporte
Z	Aterrar

Figura 69 – Lista de funções do sistema de processamento de resíduos.

As funções do sistema de prestação de serviços encontram-se indicadas na Figura 70. Atualmente, o item preponderante no processo de prestação de serviços tem sido a execução de ensaios de laboratório.

NOMENCLATURA	FUNÇÃO
A	Deformar
B	Comprimir
C	Tracionar
D	Desgastar
E	Pesar
F	Fabricar maquetes arquitetônicas
G	Reduzir
H	Ampliar
I	Reproduzir
K	Levantar topografia
L	Executar sondagens
M	Extrair corpos-de-prova

Figura 70 – Lista de funções do sistema de prestação de serviços.



O sistema de extensão foi estruturado com base nas normas internas da UPF para as atividades de extensão. As três funções elementares encontram-se listadas na Figura 71.

NOMENCLATURA	FUNÇÃO
Q	Desenvolver programa
R	Elaborar projeto
S	Organizar evento

Figura 71 – Lista de funções dos sistemas de extensão.

Após o desmembramento das funções, a avaliação comparativa para as funções de mais baixo nível foi realizada pela técnica de Mudge. Por meio desta técnica pode-se saber as funções com maior necessidade num determinado módulo ou sistema. Para o módulo de ensino, a função “C”, prover aulas teóricas, obteve a maior pontuação, seguida da função “F”, prover aulas práticas e, por fim, em terceiro grau de importância ficou a função prover grupos de estudo. As demais funções seguem hierarquizadas pelos valores indicados na Figura 72.

Funções	B	C	D	$\delta$	E	F	G	Soma	%
A	B3	C4	D3	A1	A2	F2	G2	3	4,92
	B	C3	B2	B2	B2	F3	B2	11	18,03
		C	C3	C3	C3	C2	C2	20	32,79
			D	D2	E2	F3	G2	5	8,20
				$\delta$	E1	F2	E1	0	0
					E	F3	F2	3	4,92
						F	F2	15	24,58
							G	4	6,56
							total	61	100,00

Figura 72 – Técnica de Mudge para o sistema de ensino.

A Figura 73 indica como sistema de maior importância a função desenvolver sistemas construtivos, geotécnicos ou estruturais, seguida da função desenvolver materiais, testar

técnicas, pesquisar bibliografia, levantar dados, sistematizar conhecimentos, questionar conhecimentos, prover debates e, por fim, comparar situações.

Funções	I	J	K	L	M	N	O	P	Soma	%
H	I2	H1	H4	H3	H4	H3	H3	H3	21	23,60
	I	I3	I4	I3	I4	I3	I3	I3	25	28,09
		J	J3	J3	J3	J2	J3	J3	17	19,11
			K	L2	K2	N2	K2	K2	6	6,74
				L	L2	N2	L1	L2	7	7,87
					M	N2	M1	P2	1	1,12
						N	N1	N1	8	8,99
							O	O2	2	2,24
								P	2	2,24
								total	89	100,00

Figura 73 – Técnica de Mudge para o sistema de pesquisa.

Na Figura 74 apresenta-se a comparação entre as funções do sistema de extensão. Nela fica caracterizada a função elaborar projeto como a de maior importância, seguida das funções desenvolver programa e elaborar evento.

Funções	R	S	Soma	%
Q	R3	Q2	2	28,57
	R	S2	3	42,86
		S	2	28,57
		Total	7	100,00

Figura 74 – Técnica de Mudge para o sistema extensão

Na Figura 75 a aplicação da técnica de Mudge aponta a função Y, terceirizar. transporte de resíduos, como a de maior importância relativa, seguida das funções usar resíduos, aterrar, peneirar e amarrar.

Funções	V	X	W	Y	Z	Soma	%
U	V3	U2	W2	Y3	Z3	2	5,26
	V	V3	V3	Y2	V2	11	28,95
		X	W2	Y3	Z3	0	0
			W	Y3	Z2	4	10,52
				Y	Y2	13	34,22
					Z	8	21,05
					total	38	100,00

Figura 75 – Técnica de Mudge para o sistema de processamento de resíduos .

A Figura 76 mostra a pontuação, após a aplicação da técnica de Mudge, para o sistema de prestação de serviços. Nela a função de maior importância é a função b, que é referente aos ensaios de compressão.

Funções	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	Soma	%
a	b4	c3	d2	e2	f2	g2	a3	a2	k3	l3	m2	5	3,25
	b	b2	b3	b2	b2	b2	b4	b3	b2	b2	b2	28	18,18
		c	c3	c2	c2	c1	c3	c2	c1	c1	c1	19	12,34
			d	d2	d3	d2	d4	d3	d1	l2	m2	17	11,04
				e	e3	e2	e4	e3	e1	e1	e1	17	11,04
					f	g2	f2	f2	k3	l3	m3	6	3,89
						g	g4	g3	g2	l2	m2	13	8,44
							h	i2	k3	l3	m3	0	0
								i	k2	l3	m3	2	1,30
									k	l2	m2	11	7,14
										l	l1	19	12,34
											m	17	11,04
											total	154	100,00

Figura 76 – Técnica de Mudge para o sistema de prestação de serviços.

A aplicação do método proposto definiu a abrangência de atuação do CETEC-UPF em cinco módulos:

- ensino;
- pesquisa;
- extensão;
- processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF;
- prestação de serviços.

As funções obtidas pela técnica FAST apresentam os seguintes princípios de solução:

### **I - Módulo de ensino**

Para o módulo de ensino foram consideradas as atividades voltadas à relação aluno-professor ou atividades que tenham a direção do professor. As atividades que envolvem a comunidade externa à universidade ficaram para o módulo de extensão.

A – Prover palestras:

A1 - eventos de curta duração;

A2 – ciclo de palestras.

B – Prover grupos de estudo:

B1 – teleconferência;

B2 – atividades de reforço de conteúdo.

C – Prover aulas teóricas:

C1 – aulas expositivas;

C2 – assessoramento direto ao aluno;

C3 – projeções de material didático;

C4 – aulas A distância.

D – Prover exposições:

D1 – trabalhos do corpo discente;

D2 – trabalhos do corpo docente;

D2 - cartazes;

D3 – divulgação de assuntos de interesse geral.

δ - Antecipar leituras:

δ1 – solicitação de leitura antecipada às aulas teóricas.

E – Prover apresentações:

E1 – demonstração de funcionamento de equipamentos;

E2 - demonstração de técnicas de mão-de-obra.

F – Prover aulas práticas:

F1 – visitas a locais de interesse para estudos;

F2 – aulas de laboratório;

F3 – aulas de campo;

F4 – demonstração de técnicas de execução;

F5 – teste de desempenho ao tempo.

G – Prover simulações:

G1 – uso de modelos computacionais;

G2 – uso de modelos reduzidos;

G3 – uso de modelos em tamanho real.

## **II - Módulo de Pesquisa**

H – Desenvolver materiais:

H1 – trabalhos em campo experimental;

H2 – trabalho de laboratório;

H3 – atividades em obras.

I – Desenvolver sistemas:

I1 – trabalhos em campo experimental;

I2 – trabalho de laboratório;

I3 – atividades em obras.

J – Testar técnicas:

J1 – aplicação em campo experimental;

J2 – aplicação em obras;

J3 – aplicação em laboratório.

K – Sistematizar conhecimentos:

K1 - pesquisa bibliográfica;

K2 – pesquisa de metodologias.

L – Levantar dados, segundo Yin (2005, p.113)

L1 - estudo de documentos;

L2 – estudo de registros em arquivos;

L3 – entrevistas;

L4 – observações diretas;

L5 – observação participante;

L6 – artefatos físicos.

M – Comparar situações:

M1 – teste de idéias;

M2 – teste de teorias.

N – Pesquisar bibliografia:

N1 – consultas em bibliotecas;

N2 – consultas na internet.

O – Questionar conhecimentos:

O1 – discussão de temas.

P – Prover debates:

P1 – exposição de idéias.

### **III - Módulo de Extensão**

Q – Desenvolver programa:

Q1 – organização de um conjunto de projetos.

R – Elaborar projetos:

R1 – organização de um conjunto de atividades sistematizadas.

S - Organizar evento:

S1 – organização de ciclo de palestras;

S2 - organização de colóquio;

S3 – organização de conferência;

S4 – organização de congresso;

S5 - organização de curso de extensão;

S6 – organização de debate;

S7 – organização de dia-de-campo;

S8 - organização de encontro;

S9 – organização de exposição/amostra;

S10 – organização de feira;

S11 – organização de festival;

S12 – organização de fórum;

S13 – organização de grupos de estudo;

S14 – organização de jornada;

S15 – organização de mesa-redonda;

S16 – organização de mostra;

- S17 – organização de oficina;
- S18 – organização de painel;
- S19 – organização de palestra;
- S20 – organização de prática de grupo;
- S21 – organização de reunião;
- S22 – organização de salão;
- S23 – organização de semana acadêmica;
- S24 – organização de seminário;
- S25 – organização de simpósio;
- S26 – organização de teleconferência;
- S27 – organização de treinamento;
- S28 – organização de *workshop*;
- S29 – organização de concursos;
- S30 – organização desfiles;
- S31 – organização de *happy-hour*.

A enumeração dos eventos citados acima está de acordo com os conceitos de projeto de extensão elaborados pela Vice-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da UPF.

#### **IV - Módulo do sistema de processamento de resíduos do CETEC-UPF**

U – Amarrorar

U1 – marreta.

V – Usinar

V1 – usina para moagem de resíduos.

X – Catar:

X1 – mãos.



W – Peneirar:

W1 – peneira manual;

W2 – peneiras mecânicas.

Y – Terceirizar transporte:

Y1 – empresa especializada.

Z – Aterrar:

Z1 – com equipamento bota-fora dentro do campus;

Z2 – com equipamento bota-fora fora do campus.

## **V - Módulo do sistema de prestação de serviços**

a – Deformar:

a1 – ensaios de deformação em solos;

a2 – ensaios de deformação em estruturas metálicas;

a3 – ensaios de deformação em estruturas de madeira;

a4 – ensaios de deformação em estruturas de concreto armado.

b – Comprimir:

b1 – ensaio de ruptura à tração de corpos-de-prova de concreto;

b2 - ensaio de ruptura de estruturas.

c – Tracionar:

c1 – ensaio de ruptura à tração de aço.

d – Desgastar:

d1 – ensaio à abrasão Los Angeles;

d2 – ensaio de desgaste em pavimentos.

e – Pesar:

e1 – pesagem em balança.

f- Fabricar maquetes arquitetônicas:

f1 – oficina de maquetaria.

g – Reduzir:

g1 – construção de modelo em laboratório de estruturas;

g2 – construção de modelo em laboratório de construção civil;

g3 – construção de modelo no campo experimental de geotecnia;

g4 – construção de modelo no campo experimental de pavimentos.

h – Ampliar:

h1 – construção de modelo estrutural em campo experimental de estruturas.

i – reproduzir:

i1 – construção de modelo estrutural em escala real;

i2 – construção de modelo de elemento de construção civil em escala real;

i3 – construção de modelo de fundação em escala real;

i4 – construção de modelo de pavimento em escala real.

k - Levantar topografia:

k1 – equipamentos tipo gps;

k2 – teodolitos e níveis eletrônicos;

k3 – equipamentos tipo estação total.

L – Executar sondagens:

L1 – sondagens a trado;

L2 – sondagens a percussão;

M – Extrair corpos de prova:

M1 – brocas;

M2 – serras.

### **4.2.3 Fase III – Determinação das soluções**

A síntese de concepções de soluções para o projeto advém da combinação dos princípios de solução indicados na matriz morfológica. A matriz morfológica mostrada nas Figuras 77, 78, 79, 80 e 81 indica os princípios de solução que podem ser adotados no projeto para as de nível mais baixo. A Figura 77 mostra a matriz morfológica para o módulo de ensino que tem um conjunto de princípios de solução levantado para cada função. Assim, como exemplo, para a função prover aulas teóricas foram identificadas quatro princípios de solução: C1 – aulas expositivas com a utilização de metodologia tradicional, utilizando a presença do professor e do aluno em sala de aula; C2 – assessoramento direto ao aluno, que é uma forma bastante utilizada nos cursos que trabalham com desenvolvimento de projeto, como o curso de Arquitetura e Urbanismo e o curso de Engenharia Civil; C3 – projeções de material didático com o uso de técnicas de informática em laboratórios de informática, tanto para a apresentação de conteúdos como para uso de programas computacionais específicos; C4 – aulas a distância com o uso de rede de comunicação.

<b>Módulo de ensino</b>	A - Prover palestras	A1	A2			
	B – Prover Grupos de estudo	B1	B2			
	C – Prover aulas teóricas	C1	C2	C3	C4	
	D – Prover exposições	D1	D2	D3		
	δ - Antecipar leituras	δ1				
	E – Prover Apresentações	E1	E2			
	F – Prover aulas práticas	F1	F2	F3	F4	F5
	G – Prover simulações	G1	G2	G3		

Figura 77 - Matriz morfológica para o sistema de ensino.

A matriz morfológica mostrada na Figura 78 indica o conjunto de princípios de solução para o módulo de pesquisa do CETEC - UPF.

<b>Módulo de pesquisa</b>	H – Desenvolver materiais	H1	H2	H3				
	I – Desenvolver sistemas	I1	I2	I3				
	J - Testar técnicas	J1	J2	J3				
	K – Sistematizar conhecimentos	K1	K2					
	L – Levantar dados	L1	L2	L3	L4	L5	L6	
	M- Comparar situações	M1	M2					
	N- Pesquisar bibliografia	N1	N2					
	O – Questionar conhecimentos	O1						
	P – Prover debates	P1						

Figura 78 – Matriz morfológica para o sistema de pesquisa.

A Figura 79 apresenta a matriz morfológica para o sistema de extensão. Tal sistema foi estruturado com base nos conceitos da UPF para estas atividades, as quais se encontram divididas em:

- desenvolver programas;
- elaborar projetos;
- organizar eventos

Módulo extensão	Q – Desenvolver programa	Q1						
	R - Elaborar projetos	R1						
	S – Organizar evento	S1	S2	S3	S4	S5	S...	S31

Figura 79 – Matriz morfológica para o sistema de extensão.

A Figura 80 mostra a matriz morfológica para o módulo de prestação de serviços, sendo que este módulo contempla os principais serviços que estão sendo prestados pelo CETEC-UPF, ou que poderão vir a ser prestados considerando-se os equipamentos e pessoal utilizados no meio acadêmico para as práticas de ensino, pesquisa e extensão:

As principais funções que foram consideradas na prática de prestação de serviços pelo CETEC-UPF são:

- deformar;
- comprimir;
- tracionar;
- desgastar;
- pesar;
- fabricar maquetes eletrônicas;
- reduzir;
- ampliar;
- reproduzir;
- levantar topografia;
- executar sondagens;
- extrair corpos-de-prova.

<b>Módulo de Prestação de serviços</b>	a – Deformar	a1	a2	a3	a4
	b – Comprimir	b1	b2		
	c – Tracionar	c1			
	d – Desgastar	d1	d2		
	e – Pesar	e1			
	f – fabricar maquetes arquitetônicas	f1			
	g – reduzir	g1	g2	g3	g4
	h – ampliar	h1			
	i – reproduzir	i1	i2	i3	i4
	k – levantar topografia	k1	k2	k3	
	l – executar sondagens	l1	l2		
	m – extrair corpos de prova	m1	m2		

Figura 80 - Matriz morfológica para o sistema de prestação de serviços CETEC-UPF.

A matriz morfológica para o sistema de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF é indicada na Figura 81. As funções encontradas pela técnica FAST são as seguintes:

Processamento de resíduos	U - Amarroar	U1	
	V - Usinar	V1	
	X - Catar	X1	
	W - Peneirar	W1	W2
	Y - Terceirizar transporte	Y1	
	Z - Aterrar	Z1	Z2

Figura 81 – Matriz morfológica para o sistema de processamento de resíduos .

#### 4.2.3.1 Síntese de concepções

Considerando-se o conjunto de princípios de solução obtidos a partir da montagem da matriz morfológica foram escolhidas três concepções, que são apresentadas nas Figuras 82 a 86.

A concepção 01 procura manter as características de infra-estrutura e operacionais atualmente implantadas na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF; a concepção 02 considera a melhor solução do ponto de vista tecnológico e a concepção 03 dá preponderância ao fator econômico, ou seja, procura apontar a solução de menos custo.

A Figura 82 indica, dentro do módulo de ensino, os princípios de solução para as funções, A a G. Assim, desejando-se saber qual o princípio de solução para a função F – prover aulas práticas, observa-se que, na concepção n° 01, o elemento indicado é F2 – aulas de laboratório; para a concepção n° 02, para a mesma função, o elemento indicado é F5 – teste de desempenho ao tempo; para a concepção n° 03, o elemento indicado é F2 – aulas de laboratório.



Módulo de ensino	Concepção nº 01	Concepção nº 02	Concepção nº 03
	A1	A2	A1
	B2	B1	B2
	C1	C4	C4
	D1	D1	D1
	δ1	δ1	δ1
	E2	E2	E2
	F2	F5	F2
	G2	G3	G1

Figura 82 – Soluções para o módulo de ensino.

Na Figura 83 apresentam-se os princípios de solução apresentadas para o módulo de pesquisa. Dentro deste módulo estão listadas funções relativas às áreas técnicas, sociais e humanas. Fica aqui esclarecido que funções como O – questionar conhecimentos, que tem como princípio de solução, a discussão de temas não são atividades correntes nas áreas técnicas.

Módulo de pesquisa	Concepção nº 01	Concepção nº 02	Concepção nº 03
	H2	H1	H3
	I2	I1	I3
	J3	J1	J2
	K1	K2	K1
	L4	L4	L4
	M1	M2	M1
	N1	N2	N2
	O1	O1	O1
	P1	P1	P1

Figura 83 – Soluções para o módulo de pesquisa.

A Figura 84 mostra as soluções para o módulo de extensão. Para as funções determinadas neste módulo encontram-se listados os princípios de solução aplicados a cada

concepção. Tomando como exemplo a função S – organizar evento, há na matriz morfológica, trinta e um princípios de solução encontrados na política de extensão da UPF. Dessa forma, para a concepção nº 01, a solução indicada é a S5 – organizar curso de extensão; para a concepção nº 02, a atividade S14 – organizar jornada é o princípio de solução indicado; para a concepção nº 03, a atividade S19 - organizar palestra é o princípio de solução indicado.

<b>Módulo de Extensão</b>	Concepção nº 01	Concepção nº 02	Concepção nº 03
	Q1	Q1	Q1
	R1	R1	R1
	S5	S14	S19

Figura 84 – Soluções para o módulo de extensão.

A Figura 85 mostra o conjunto de princípios de solução para as concepções do módulo de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF. A função Y –terceirizar transporte aplica-se às três concepções. Cabe lembrar que o princípio de transportar os resíduos gerados tem sido a solução escolhida atualmente para a resolução deste problema.

<b>Módulo de processamento de resíduos</b>	Concepção nº 01	Concepção nº 02	Concepção nº 03
	U1	U1	U1
	V1	V1	V1
	X1	X1	X1
	W2	W2	W2
	Y1	Y1	Y1
	Z1	Z2	Z1

Figura 85 – Soluções para o módulo de processamento de resíduos.

A Figura 86 indica os princípios de solução para as concepções referentes ao módulo de prestação de serviços, no qual foram enumerados os princípios de solução para as três concepções de projeto adotadas.

Módulo de Prestação de serviços	Concepção nº 01	Concepção nº 02	Concepção nº 03
	a4	a1	a4
	b1	b2	b1
	c1	c1	c1
	d1	d2	d1
	e1	e1	e1
	f1	f1	f1
	g2	g2	g2
	h1	h1	h1
	i4	i4	i4
	k2	k1	k1
	l1	l2	l2
	m2	m2	m2

Figura 86 - Síntese de concepções com combinação dos princípios de solução para o módulo de prestação de serviços.

#### 4.2.4 Fase IV – Seleção das soluções

##### 4.2.4.1 Os requisitos do consumidor

Na avaliação das concepções, os critérios adotados consideram os requisitos do consumidor pontuados no QFD. Na Figura 87, na coluna da esquerda estão listados os requisitos do consumidor levantados através de pesquisa junto aos núcleos do CETEC-UPF.

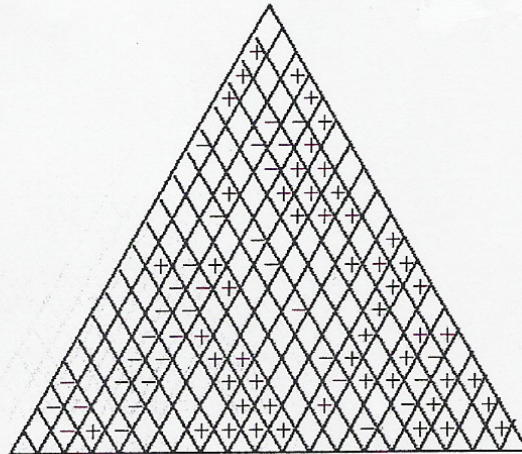
Na parte superior do QFD encontram-se enumeradas as características de Engenharia que satisfazem tecnicamente aos atributos do consumidor. Na parte do telhado do QFD encontram-se listadas as relações entre as características de engenharia.

Cabe salientar que a importância das características de engenharia aparece pontuada na parte inferior da casa da qualidade.

CETEC  
1/10/2005  
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Legenda	
<b>Relacionamento</b>	<b>Telhado</b>
● Forte 5	+ Fortemente Positivo 5
⊙ Médio 3	+ Positivo 1
○ Fraco 1	- Negativo -1
	- Fortemente Negativo -5

CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA



REQUISITOS DO CONSUMIDOR

Vc

Requisito do Consumidor	3	3	1	1	3	3	4	4	3	5	5	5	5	4	4	3	5	4	
Ter secretaria		○	○																
Ter local/acervo/trabalho	●																		
Facilitar a manutenção		○	○																○
Facilitar a higiene		○	●																○
Ter estacionamento/sombra				●															○
Ter auditório			○	○		●													○
Ter sala/computação/aluno			○	○		●													○
Ter ilha/micro/internet			○	○		○													○
Ter local de estudo/aluno			○	○		●													○
Ter local de convivência			○	○		●													○
Ter sala de professores			○	○		○	●												○
Propiciar prática - campo														○					○
Ser confortável		○	○	○	●	●	●	●	○	○									○
Ser seguro		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ter campo experimental																			○
Gerar receitas																			○
Ter tratamento - resíduos				○															○
Favorecer marketing - UPF	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ter acessos adequados				○	○														○
Ter arquitetura modular	○	○																	○
Propiciar testes ao tempo																			○
Possuir laboratórios			●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Possuir salas de aula	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Importância

Importância com telhado

46	18	19	12	11	10	14	107	5	118	9	80	15	76	100	17	73	81	95	145	207	204	122	
932.77	619.61	974.06	1173.61	2004.17	1630.36	2390.8	1068.83	1694.41	2213.64	3670.15	1365.38	1603.82	815.99	2316.83	3070.82	407.02	3668.09	3505.04					

Figura 87 – Aplicação do QFD ao projeto do CETEC-UPF.

#### 4.2.4.2 Pontuação dos módulos do projeto

Os módulos do projeto foram pontuados pelo peso dado pelo QFD às características de engenharia. Ao se verificar a participação da característica de engenharia num determinado módulo, o seu grau de importância passou a pontuar o módulo. Assim, após a pontuação dos módulos, foi calculado o peso relativo de cada módulo em relação ao somatório total dos pesos das características de engenharia obtido no QFD. A Figura 88 mostra o resultado por módulo.

APLICAÇÃO DA PONTUAÇÃO DO QFD AOS MÓDULOS DO CETEC-UPF							
CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA	IMPORTÂNCIA DO REQUISITO QFD	PESO %	MÓDULOS DO CETEC-UPF				
			ENSINO	PESQUISA	EXTENSÃO	PRESTAÇÃO SERVIÇOS	TRATAMENTO RESÍDUOS
Espaço para secretaria	932,77	2,34	932,77	-	932,77	-	-
Espaço para acervos	616,51	1,55	616,51	-	-	-	-
Menos Trabalho de manutenção	974,05	2,44	974,05	974,05	974,05	974,05	974,05
Menos Esforço de limpeza	1.173,51	2,94	1.173,51	1.173,51	1.173,51	1.173,51	1.173,51
Espaço para estacionamento	2.004,17	5,03	2.004,17	2.004,17	2.004,17	2.004,17	-
Espaço para auditório	1.536,39	3,85	1.536,39	1.536,39	1.536,39	-	-
Espaço de estudo para os alunos	2.390,60	6,00	2.390,60	2.390,60	2.390,60	-	-
Espaço para convivência	1.998,63	5,01	1.998,63	1.998,63	1.998,63	-	-
Espaço com sala para professores	1.594,41	4,00	1.594,41	1.594,41	1.594,41	-	-
Espaço para salas de aula	2.213,54	5,55	2.213,54	-	2.213,54	-	-
Espaço para laboratórios	3.579,15	8,98	3.579,15	3.579,15	3.579,15	-	-
Captação pluvial	1.365,38	3,43	1.365,38	1.365,38	1.365,38	1.365,38	1.365,38
Tratamento de resíduos	1.503,82	3,77	1.503,82	1.503,82	1.503,82	1.503,82	1.503,82
Menor Nível de ruído	815,99	2,05	815,99	815,99	815,99	-	-
Área para testes externos	2.316,83	5,81	2.316,83	2.316,83	2.316,83	2.316,83	-
Prestação de serviços	3.079,62	7,73	-	-	-	3.079,62	-
Convênios de pesquisa	4.307,02	10,80	-	4.307,02	-	-	-
Procura no vestibular	3.956,09	9,92	3.956,09	-	-	-	-
Acesso pavimentado	3.505,04	8,79	3.505,04	3.505,04	3.505,04	3.505,04	3.505,04
TOTAL	39863,52	100,00	-	-	-	-	-
TOTAL DOS MÓDULOS			32.476,88	29.064,99	27.904,28	15.922,42	8.521,80
TOTAL GERAL DOS MÓDULOS	113.890,37						
PESO RELATIVO			0,29	0,26	0,25	0,14	0,07
SOMA DOS PESOS RELATIVOS	1,00						

Figura 88 – Aplicação da pontuação do QFD ao projeto.

#### 4.2.4.3 Pontuação das soluções

A pontuação das concepções, ou seja, a pontuação da melhor solução para o módulo de ensino foi determinada utilizando-se os pesos relativos obtidos na avaliação geral do módulo, os pesos calculados pela técnica de Mudge e a nota atribuída pela equipe técnica de projeto.

A avaliação geral do módulo de ensino está indicada na Figura 88 e tem peso igual a 0,29. Os pesos obtidos pela técnica de Mudge estão indicados na Figura 72, onde se pode ver

a importância relativa de cada função. Já a nota atribuída pela equipe técnica de projeto foi colocada diretamente na Figura 89. Assim, tomando-se como exemplo a função F – prover aulas práticas, vê-se que a solução 01 tem nota oito, a concepção nº 02 tem nota nove e a concepção nº 03 tem nota oito.

A melhor nota obtida entre o somatório das notas finais ficou com a concepção nº 02. Dessa maneira, para o módulo de ensino, as melhores soluções, em ordem decrescente, são:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 2,4578;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 2,3295;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 2,2297.

MÓDULO: ENSINO FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA ATRIBUIDA	NOTA FINAL	NOTA ATRIBUIDA	NOTA FINAL	NOTA ATRIBUIDA	NOTA FINAL
A - Prover palestras	0,29	0,0492	8,00	0,11	10,00	0,14	8,00	0,11
B - Prover grupos de estudo	0,29	0,1803	7,00	0,37	9,00	0,47	7,00	0,37
C - Prover aulas teóricas	0,29	0,3279	9,00	0,86	8,00	0,76	8,00	0,76
D - Prover exposições	0,29	0,0820	8,00	0,19	8,00	0,19	7,00	0,17
δ - Antecipar leituras	0,29	-	-	-	-	-	-	-
E - Prover apresentações	0,29	0,0492	7,00	0,10	7,00	0,10	7,00	0,10
F - Prover aulas práticas	0,29	0,2458	8,00	0,57	9,00	0,64	8,00	0,57
G - Prover simulações	0,29	0,0656	7,00	0,13	8,00	0,15	8,00	0,15
TOTAL		1,0000						
TOTAL PARA O MÓDULO DE ENSINO				2,3295		2,4578		2,2297

Figura 89 – Pontuação do módulo ensino.

A pontuação do módulo de pesquisa tem um peso relativo obtido do QFD igual a 0,26. As notas obtidas da técnica de Mudge encontram-se listadas na segunda coluna e as notas atribuídas a cada concepção foram lançadas diretamente na tabela, conforme se pode ver na Figura 90.

A pontuação entre as concepções para o módulo de pesquisa, em ordem decrescente, é a seguinte:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 2,0625;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 2,0245;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 1,9398.

MÓDULO: PESQUISA FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA
			ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL
H - Desenvolver materiais	0,26	0,2360	8,00	0,4909	8,00	0,4909	7,00	0,4295
I - Desenvolver sistemas	0,26	0,2809	8,00	0,5843	8,00	0,5843	7,00	0,5112
J - Testar técnicas	0,26	0,1911	7,00	0,3478	8,00	0,3975	8,00	0,3975
K - Sistematizar conhecimentos	0,26	0,0674	9,00	0,1577	7,00	0,1227	9,00	0,1577
L - Levantar dados	0,26	0,0787	7,00	0,1432	7,00	0,1432	7,00	0,1432
M - Comparar situações	0,26	0,0112	7,00	0,0204	7,00	0,0204	7,00	0,0204
N - Pesquisar bibliografia	0,26	0,0899	8,00	0,1870	9,00	0,2104	8,00	0,1870
O - Questionar conhecimentos	0,26	0,0224	8,00	0,0466	8,00	0,0466	8,00	0,0466
P - Prover debates	0,26	0,0224	8,00	0,0466	8,00	0,0466	8,00	0,0466
TOTAL		1,0000						
TOTAL PARA O MÓDULO DE PESQUISA				2,0245		2,0625		1,9398

Figura 90 – Pontuação do módulo pesquisa.

O peso relativo indicado pelo QFD foi de 0,25 para o módulo de extensão. A Figura 91 mostra a pontuação final das concepções para o referido módulo.

A pontuação entre as concepções para o módulo de extensão, em ordem decrescente, é a seguinte:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 2,0714;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 1,9286;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 1,8214.

MÓDULO: Extensão FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA
			ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL
Q - Desenvolver programas	0,25	0,2857	8,00	0,5714	9,00	0,6428	7,00	0,5000
R - Elaborar projetos	0,25	0,4286	8,00	0,8572	8,00	0,8572	7,00	0,7501
S - Organizar eventos	0,25	0,2857	7,00	0,5000	8,00	0,5714	8,00	0,5714
TOTAL		1,0000						
TOTAL PARA O MÓDULO DE EXTENSÃO				1,9286		2,0714		1,8214

Figura 91 – Pontuação do módulo extensão.

Para o módulo de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF, a pontuação relativa indicada pelo QFD foi de 0,07.

A pontuação entre as concepções para o módulo de processamento de resíduos está indicada na Figura 92. Cabe salientar que, neste caso, houve empate entre a concepção nº 01 e a concepção nº 03. Dessa forma a pontuação, em ordem decrescente, é a seguinte:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 0,5490;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 0,5342;

- Solução nº 03 com pontuação igual a 0,5342.

MÓDULO: PROC. RESÍDUOS FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA
			ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL
U - Amarrorar	0,07	0,0526	7,00	0,0258	7,00	0,0258	7,00	0,0258
V - Usinar	0,07	0,2895	8,00	0,1621	8,00	0,1621	8,00	0,1621
X - Catar	0,07	-	-	-	-	-	-	-
W - Peneirar	0,07	0,1052	7,00	0,0515	7,00	0,0515	7,00	0,0515
Y - Terceirizar transporte	0,07	0,3422	8,00	0,1916	8,00	0,1916	8,00	0,1916
Z - Aterrar	0,07	0,2105	7,00	0,1031	8,00	0,1179	7,00	0,1031
TOTAL		1,0000						
TOTAL PARA O MÓDULO DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS				0,5342		0,5490		0,5342

Figura 92 – Pontuação do módulo de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF.

O peso relativo indicado pelo QFD foi de 0,14 para o módulo de prestação de serviços. A Figura 93 mostra a pontuação final das concepções para o referido módulo.

A pontuação entre as concepções para o módulo de prestação de serviços, em ordem decrescente, é a seguinte:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 1,0318;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 1,0164;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 0,9891.

MÓDULO: PREST. SERVIÇOS FUNÇÃO ELEMENTAR (MATRIZ MORFOLÓGICA)	PESO RELATIVO DO MÓDULO (QFD)	PESO RELATIVO MUDGE	SOLUÇÃO S1		SOLUÇÃO S2		SOLUÇÃO S3	
			NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA
			ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL	ATRIBUIDA	FINAL
a - Deformar	0,14	0,0325	8,00	0,0364	8,00	0,0364	8,00	0,0364
b - Comprimir	0,14	0,1818	8,00	0,2036	8,00	0,2036	8,00	0,2036
c - Tracionar	0,14	0,1234	8,00	0,1382	8,00	0,1382	8,00	0,1382
d - Desgastar	0,14	0,1104	8,00	0,1236	9,00	0,1391	8,00	0,1236
e - Pesar	0,14	0,1104	9,00	0,1391	9,00	0,1391	9,00	0,1391
f - Fabricar maquetes eletrônicas	0,14	0,0389	7,00	0,0381	7,00	0,0381	7,00	0,0381
g - Reduzir	0,14	0,0844	9,00	0,1063	9,00	0,1063	9,00	0,1063
h - ampliar	0,14	-	-	-	-	-	-	-
i - reproduzir	0,14	0,0130	7,00	0,0127	7,00	0,0127	7,00	0,0127
k - levantar topografia	0,14	0,0714	7,00	0,0700	8,00	0,0800	8,00	0,0800
l - executar sondagens	0,14	0,1234	7,00	0,1209	8,00	0,1382	8,00	0,1382
m - extrair corpos de prova	0,14	0,1104	-	-	-	-	-	-
TOTAL		1,0000						
TOTAL PARA O MÓDULO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS				0,9891		1,0318		1,0164

Figura 93 – Pontuação do módulo prestação de serviços.



#### 4.2.4.4 Seleção da solução

Após a quantificação do peso total dos módulos, é feita a soma da pontuação para cada concepção ou solução. Tomando-se como base o resultado obtido nas etapas anteriores, tem-se o quadro-resumo apresentado na Figura 94.

TOTAL DOS MÓDULOS	SOLUÇÃO S1	SOLUÇÃO S2	SOLUÇÃO S3
	NOTA FINAL	NOTA FINAL	NOTA FINAL
ENSINO	2,3295	2,4578	2,2297
PESQUISA	2,0245	2,0625	1,9398
EXTENSÃO	1,9286	2,0714	1,8214
PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS	0,5342	0,549	0,5342
PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	0,9891	1,0318	1,0614
<b>PONTUAÇÃO FINAL</b>	<b>7,8059</b>	<b>8,1725</b>	<b>7,5865</b>

Figura 94 – Pontuação final para as soluções.

A pontuação entre as concepções considerando a soma geral entre os módulos para o projeto do CETEC-UPF, em ordem decrescente, é a seguinte:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 8,1725;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 7,8059;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 7,5865.

#### 4.2.5 Fase V – Resultado Final

Considerando os resultados obtidos na seleção da solução para os módulos, vê-se que há a possibilidade de se trabalhar com uma solução otimizada tomando-se a maior pontuação entre os módulos.

Pode-se observar que, para os módulos de ensino, pesquisa, extensão e processamento de resíduos e prestação de serviços, a melhor pontuação é a solução nº 02. Apesar de se considerar a solução nº 02 com maior pontuação há a possibilidade de se utilizar módulos de outras soluções que apresentem um resultado na pontuação dos módulos maiores que a solução que apresenta maior somatório geral.

A síntese da metodologia de projeto pode ser vista no relatório final a seguir apresentado.

## **Relatório Final**

### **1.0 Dados gerais do empreendimento:**

#### **1.1 Proprietário:**

- Universidade de Passo Fundo.

##### **1.1.1 Usuários:**

Faculdade de Engenharia e Arquitetura através dos seguintes cursos:

- Arquitetura e Urbanismo;
- Engenharia Ambiental;
- Engenharia Civil;
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia.

#### **1.2 Região de Inserção:**

Na área de atuação da UPF, com forte influência nas cidades da região em que há *campus* da UPF:

- Passo Fundo;
- Carazinho;
- Sarandi;
- Soledade;
- Lagoa Vermelha;

- Casca.

## **2.0 Dados coletados:**

### **2.1 Dados externos:**

Foi realizada viagem de estudos ao Campus Santa Bárbara da Unimep onde foi constatada a existência dos seguintes elementos:

- espaço externo para construção de modelos estruturais;
- área externa para aulas práticas em canteiro de obras;
- espaço para construção com materiais convencionais e alternativos;
- depósito de materiais de construção produzidos *in loco*;
- sala de amostras de materiais de construção;
- cabines de pintura;
- depósitos de equipamentos para Topografia e Materiais de Construção;
- marcenaria;
- depósito de ferramentas e itens de uso geral;
- laboratório para ensaios de solos em laboratórios cobertos.

### **2.2. Dados internos**

Com relação aos dados internos, as principais constatações são:

- falta de espaço físico para os laboratórios instalados – Materiais de Construção, Geotecnia, Pavimentos e Construção Civil e Estruturas;
- dificuldade de acessos para pessoas e materiais;
- dificuldades para carga e descarga dos materiais destinados a estudos e ensaios.

### **2.3 Histórico e estado da arte do empreendimento**

A área atualmente destinada à implantação do projeto do CETEC-UPF é de 30.000 m<sup>2</sup>.

O empreendimento tem um prédio edificado destinado a abrigar as instalações de:

- maquetaria;
- laboratório de Geotecnia;
- laboratório de Infra-estrutura de transportes;
- laboratório de Materiais de Construção;
- laboratório de Construção Civil;
- laboratório de Topografia;
- laboratório de Gerenciamento;
- Escritório Escola de Engenharia Civil;
- 03 salas de aula;
- 03 salas de professores;
- instalações sanitárias e cozinha;
- espaço junto ao hall de entrada para os alunos.

### **2.4 Levantamento e análise das necessidades**

A pesquisa junto aos usuários aponta as seguintes características para o empreendimento:

- ser apropriado às atividades de ensino, pesquisa e extensão utilizando laboratórios,
- ser apropriado às atividades de ensino em salas de aula;
- ser capaz de atender às aulas de prática de campo;
- ter condições para desenvolvimento e teste de novas técnicas e sistemas construtivos em nível de pesquisa e extensão;

- ter condições para se ministrarem cursos em nível de ensino, pesquisa e extensão;
- ter modularidade para ser construído em etapas;
- ter acessos adequados para pessoal e suprimento logístico;
- contribuir para a ação da UPF, em nível de *marketing*, na sua região de inserção e atuação;
- contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da FEAR e da região de atuação da UPF;
- ter uma política de ação ambiental que seja satisfatória à preservação do meio-ambiente;
- ter capacidade de geração de receitas.

As necessidades para estrutura física apontada pelos usuários são as seguintes:

- laboratórios internos;
- salas de apoio
- campo experimental para ensaios externos

Os núcleos componentes da estrutura do empreendimento do CETEC-UPF são:

- Geotecnia;
- Infra-estrutura de Transportes;
- Hidráulica e Sistemas Hidráulicos Prediais;
- Saneamento;
- Eletrotécnica e Sistemas Elétricos Prediais;
- Construção Civil;
- Materiais de Construção;
- Gerenciamento;
- Conforto Ambiental;
- Processamento e Reciclagem de Resíduos do CETEC-UPF;
- Topografia e Geodésia;

- Pós-Graduação em Engenharia;
- Maquetaria;
- Museu de Materiais e Técnicas Construtivas.

## **2.5 Identificação do Problema**

A identificação do problema elaborado a partir das necessidades estudadas é mostrada no quadro-resumo da Figura 60 desta pesquisa.

## **3.0 Missão do empreendimento**

“Incentivar o desenvolvimento tecnológico, através das práticas de ensino, pesquisa e extensão, nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Arquitetura e Urbanismo buscando a integração do CETEC com a região de atuação da UPF.”

## **4.0 Descrição da solução proposta**

A pontuação entre as soluções indicou para o projeto do CETEC-UPF, em ordem decrescente, o seguinte resultado:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 8,1725;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 7,8059;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 7,5865.

## **4.1 Principais módulos ou sistemas do projeto**

A metodologia aplicada ao estudo mostrou, dentro da solução de maior pontuação, os seguintes resultados para o módulos do projeto:

- ensino = 2,4578;
- pesquisa = 2,0625;
- extensão = 2,0714;
- prestação de serviços = 1,0318;
- tratamento dos resíduos produzidos pelo CETEC-UPF = 0,549.

## 4.2 Funções dos módulos

Dentro do módulo de ensino, para as funções da solução de maior pontuação, foram encontrados os seguintes resultados:

- prover aulas teóricas = 0,76;
- prover aulas práticas = 0,64;
- prover grupos de estudo = 0,47;
- prover exposições = 0,19;
- prover simulações = 0,15;
- prover palestras = 0,14;
- prover apresentações = 0,10.

Igualmente, dentro do módulo de pesquisa, têm-se a pontuação para as funções indicadas a seguir:

- desenvolver sistemas = 0,5843;
- desenvolver materiais = 0,4909;
- testar técnicas = 0,3975;
- pesquisar bibliografia = 0,2104;
- levantar dados = 0,1432;
- sistematizar conhecimentos = 0,1227;
- questionar conhecimentos = 0,0466;
- prover debates = 0,0466;

- comparar situações = 0,0204.

Para o módulo de extensão a pontuação das funções é a seguinte:

- elaborar projetos = 0,8572;
- desenvolver programas = 0,6428;
- organizar eventos = 0,5714.

Para o módulo de processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF, foi levantada a seguinte pontuação para as funções do sistema:

- terceirizar transporte = 0,1916;
- aterrar = 0,1179;
- usar = 0,1621;
- peneirar = 0,0515;
- amarrar = 0,0258.

A pontuação das funções para o módulo de prestação de serviços é a seguinte:

- comprimir = 0,2036;
- pesar = 0,1391;
- desgastar = 0,1391;
- tracionar = 0,1382;
- executar sondagens = 0,1382;
- reduzir = 0,1063;
- levantar topografia = 0,08;
- Fabricar maquetes eletrônicas = 0,0381;
- deformar = 0,0364;
- reproduzir = 0,0127.



### 4.3 Requisitos do consumidor apontados pelo QFD

Os requisitos do consumidor apontados pelo QFD e aqui enumerados têm a finalidade de indicar à equipe de projeto, na linguagem do consumidor, o que se espera do produto final.

São os seguintes:

- ser seguro;
- ser confortável;
- possuir laboratórios;
- possuir salas de aula;
- propiciar testes ao tempo;
- propiciar prática de campo;
- ter campo experimental;
- ter tratamento de resíduos;
- ter secretaria;
- ter local para acervo técnico;
- facilitar a manutenção;
- facilitar a higiene;
- ter estacionamento;
- ter auditório;
- ter sala de computação para os alunos;
- ter ilha com microcomputador conectado à internet;
- ter local de estudo para os alunos;
- ter local de convivência;
- ter sala de professores;
- gerar receitas;
- favorecer o *marketing* da UPF;
- ter acessos adequados;

- ter arquitetura modular.

Cabe lembrar que os requisitos do consumidor já estão incluídos dentro da metodologia proposta através da transformação em requisitos de engenharia. Assim, ao ser determinada a solução de maior pontuação, pode-se considerar que os RCs já se encontram incluídos nos procedimentos da metodologia proposta.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1 Considerações gerais**

Ao longo da evolução industrial tem-se observado uma crescente demanda pelo desenvolvimento de novos produtos. Por essa razão, constata-se que existe um grande investimento de recursos nos processos produtivos e de elaboração de projetos.

Tem-se observado que, na área de infra-estrutura, a preocupação com a elaboração de projetos não tem evoluído na mesma proporção dos processos de manufatura da indústria metal-mecânica. Pode-se afirmar que neste setor não existe uma preocupação em ouvir a voz do consumidor para cativá-lo e mantê-lo fiel, fato que determina que o monitoramento do processo de projeto não seja tão intenso quanto nos demais setores da indústria. Assim, setores como os que trabalham com obras públicas ou privadas, que têm grandes investimentos, necessitam de processos que determinem, mensurem e sistematizem os trabalhos de planejamento de produtos.

De forma geral, constata-se a carência nas abordagens na literatura de uma metodologia que trate da elaboração de projetos de infra-estrutura. Observa-se pois, a importância de trabalhar com uma ferramenta que utilize os requisitos do consumidor e possa pontuá-los através das funções neles identificadas, para se obter uma solução que venha contribuir no processo de projeto.

A presente pesquisa teve por objetivo definir uma sistemática para elaboração do processo de projeto nas áreas de infra-estrutura, partindo do nível inicial - fase informacional e chegando ao nível conceitual - que determina as características básicas do produto a ser elaborado.

Nas primeiras etapas dos empreendimentos, o custo das atividades envolvidas é reduzido, se comparado com as demais fases do desenvolvimento do produto. Na etapa de projeto, em especial na definição do conceito do produto, são utilizados poucos recursos. Assim, nesta etapa é que se pode alterar ou estudar com profundidade, sem comprometer parcela substancial do custo total do empreendimento, a configuração do projeto em desenvolvimento.

## **5.2 Conclusões do trabalho**

A metodologia proposta neste trabalho fornece subsídios para a elaboração do processo de projeto, permitindo sua utilização em variadas áreas de aplicação como:

- projetos de vias públicas;
- projetos de equipamentos sociais e urbanos;
- projetos destinados às atividades educacionais;
- projetos destinados à habitação, comércio e indústria.

A consistência da metodologia proposta advém do fato de que, para sua elaboração, foram utilizadas ferramentas tradicionais da engenharia de produção, muitas das quais, como a Análise Funcional e o QFD, com comprovada utilização na metodologia de desenvolvimento de produtos industriais.

A pesquisa, em termos gerais, permite concluir:

- a metodologia apresentada auxilia no desenvolvimento do processo de projeto, pois permite o conhecimento dos requisitos do consumidor, estrutura as funções do produto a ser desenvolvido e pontua a combinação das melhores soluções, em nível de projeto conceitual, para o produto a ser desenvolvido;
- a metodologia proposta auxilia na elaboração de estratégias competitivas na medida em que, durante a fase de pesquisa dos atributos do consumidor, leva a um maior conhecimento das necessidades do público-alvo;
- os processos de concepção de projetos comumente utilizados pelos profissionais das áreas de engenharia e arquitetura levam em conta a análise dos produtos já construídos, os quais servem para o início do processo de

projeto que estão desenvolvendo. Com a presente metodologia, é possível elaborar, através dos requisitos do consumidor, um projeto adequado às características de um público-alvo;

- com os resultados obtidos na aplicação da metodologia, pode-se optar pelos procedimentos de maior pontuação ou adotar uma solução com partes de outras concepções para o desenvolvimento do produto;
- o enfoque do estudo permite abordar, através de análise qualitativa e quantitativa, a elaboração de um projeto levando em consideração os requisitos desejados pelo público-alvo;
- o presente processo aplicado ao estudo de caso possibilita subsidiar o processo de desenvolvimento do projeto do CETEC-UPF.

Com este estudo, se obtém mais uma ferramenta para contribuir no processo de projeto tanto com relação à satisfação do usuário final quanto na racionalização de custos do empreendimento.

### **5.3 Recomendações para trabalhos futuros**

Durante o desenvolvimento da presente pesquisa, foram elucidados alguns pontos que poderão ser futuramente estudados. Dessa forma, podem-se enumerar algumas recomendações para trabalhos futuros com o objetivo de contribuir para a continuidade desta pesquisa, são elas:

- a aplicação da metodologia proposta a diversos empreendimentos para se verificar especificidades, bem como melhor definir sua implantação e operacionalização;
- a continuação da aplicação da metodologia ao estudo de caso do CETEC-UPF, com o objetivo de desenvolvimento do produto em nível de projeto preliminar e projeto detalhado;
- a implementação da rotina proposta pela metodologia em um programa computacional específico;

- a utilização de diferentes técnicas para se obter os requisitos do consumidor junto ao público-alvo;
- a implantação da pesquisa em órgão público ou privado aplicando-se a metodologia fora do ambiente acadêmico;
- a continuação da pesquisa com o foco: “como antever a inadequação da proposta de projeto de hoje frente à rápida evolução e conseqüentes mudanças das necessidades atuais?”

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. C. L. **Análise de valor**: um caminho criativo para otimização dos custos e do uso de recursos. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.
- BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
- BASSO, J. L. **Engenharia e análise do valor**: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento do valor. São Paulo: IMAM, 1991.
- BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2ª reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rios de Janeiro: LTC, 2003.
- BULHÕES, I. R. **Método para medir o custo de perdas em canteiros de obras**: proposta baseada em dois estudos de caso. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.
- CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. C. **Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos**: levantamento sobre seu uso e perspectiva para pesquisas futuras. *Gestão e Produção*, São Paulo, v.11, p. 33-49, jan-abr, 2004,
- CARVALHO, M. M. C. **QFD**: desdobramento da função qualidade. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses97/marly/cap.2.htm>>. Acesso em: 05 abr. 2005.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 4ª ed. São Paulo: MAKRON Books, 1996.
- CHENG, L. C. *et al.* **QFD**: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, 1995.
- CHENG, L. C. **QFD em desenvolvimento de produto**: características metodológicas e um guia para intervenção. Disponível em <[lincheng@dep.ufmg.br](mailto:lincheng@dep.ufmg.br)>. Acesso em: 30 maio 2005.
- CSILLAG, J. M. **Análise do Valor: metodologia do valor**: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- DALMORO, S. M.; KALIL, R. M. L.; TEDESCO, J. C. **Urbanização, exclusão e resistência**: estudos sobre o processo de urbanização na região de Passo Fundo. Passo Fundo: Ediupf, 1998.
- DEMO, P. **Introdução à Metodologia da Ciência**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1987.
- DESLANDES, S. F. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LCWE, A. **Management research**: an introduction. London: SAGE Publications, 1991.
- FERNANDES, F.; LUFT, C. P.; GUIMARÃES, F. M. **Dicionário brasileiro globo**. 36ª ed. São Paulo: Globo, 1994.
- FERREIRA, S. D. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 1994.
- FILHO, D. P.; SANTOS, J. A. **Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Futura, 2002.
- FISCHER, M.; TATUM, C. B. Characteristics of design-relevant constructibility knowledge. *Journal of Constructions Engineering and Management*, Sep. 1997, 123(3): 253-259.
- FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de elaboração das especificações de projetos industriais e sua implementação computacional**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)

– Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FRANCO, M.E.D.P. **Universidade, pesquisa e inovação: o Rio Grande do Sul em perspectiva**. Passo Fundo: Edipuf, Porto Alegre: Edipucrs, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GUARESCHI, A.; TASCA, I. **UPF, que horas são?** Passo Fundo: Aldeia Sul Editora, 2002.

HARTLEY, J.R. **Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HOFFMEISTER, A.D. **Sistematização do processo de planejamento de projetos: definição e seqüenciamento das atividades para o desenvolvimento de produtos industriais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

HOUAISS, I.C. **Novo Webster's: dicionário universitário**. Rio de Janeiro: Record, 1998.

HUTHWAITE, B. **Concurrent Engineering user's guide: guidelines for concurrent product development**. Michigan. Institute for Competitive Design, 1992.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tecnologia das Edificações: projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha**. São Paulo: Pini, 1988.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report, Finland: CIFE, 1992.

KUJAWA, H.; DALBOSCO, V.L.; DIEHL, A.A. **Visões da história do planalto rio-grandense**. Passo Fundo: UPF, 2001.

KUREK, J. **Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo-RS**. 2005. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LINHARES, J. C. Processo de projeto de produtos industriais: noções gerais. Disponível em: <[http://www.grante.ufsc.br/~linhares/Zip/Elementos%20de%20M%E1quinas/texto\\_01ParteA.pdf-Resultado Adicional](http://www.grante.ufsc.br/~linhares/Zip/Elementos%20de%20M%E1quinas/texto_01ParteA.pdf-Resultado Adicional)>. Acesso em: 08 abr. 2005.

LUNA, S.V. **Planejamento de pesquisa: uma introdução**. São Paulo: EDUC, 2002.

MARCOS, S.K.; JORGE, J.T. **Desenvolvimento do tomate de mesa, com o uso do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), comercializado em um supermercado**. *Horticultura Brasileira*, v.20, n. 3, p. 490-496, setembro de 2002.

MARQUESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. 2001. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MICHAELIS. **Chambers complete English dictionary**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1996.

MIRON, L. I. G. **Diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da Construção**. 2002. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.



- MOYSÉS, G.L.R.; TURRIONI, J.B. **Análise da utilização do QFD no setor de serviços: aplicação em um sistema de ensino.** In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2, 2000, São Carlos. *Anais...* São Paulo: [s.n.], 2000.
- NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos.** São Paulo: Editora da Unicamp, 2003.
- OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. **Métodos de desdobramento da qualidade.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997.
- PANDOLFO, A. **Metodologia para avaliação de projeto de habitação com base no valor.** 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- PEIXOTO, M.O; CARPINETTI L.C. Quality Function Deployment. Disponível em: <www.numa.org.br> . Acesso: 01 abr. 2005.
- PEREIRA, R.R.F. **Análise do valor processo de melhoria continua.** São Paulo: Nobel, 1994.
- PEREIRA, M. W.; MANKE, A.L. **MDPA: uma metodologia de desenvolvimento de produto aplicado à engenharia simultânea.** In: Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto, 3, 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: [s.n.], 2001.
- PEREZ, R.L. **Sistematização da avaliação do desempenho do processo do produto.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- PINTO, R.L.; MARTINS, G.A. Estudo de caso. Disponível em: <<http://www.usp.br/tese/livros/metodologia/resumodolivrodeestudodecaso.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2003.
- PORTER, M.E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- RAUBER, J.J. *et al.* **Apresentação de trabalhos científicos.** Passo Fundo: UPF, 2003.
- RUIZ, J.Á.. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos.** 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SLACK, N. *et al.* **Operations Management.** London: Pitman Publishing, 1995.
- SNODGRASS, T.; KASI, M. **Function analysis: the stepping stones to good value.** Wisconsin: University of Wisconsin System, 1986.
- TAVARES JÚNIOR, J.M. **Uma aplicação da metodologia de análise do valor na verificação dos valores ambientais no processo produtivo numa empresa do setor cerâmico catarinense.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 12ª ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- TIBIRIÇÃ, A.C.G. **Edificações: proposta de metodologia de valores e desempenho.** 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.
- TUBINO, D.F. **Manual de planejamento e controle da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.
- VALDIERO, A.C. **Desenvolvimento e construção do protótipo de um microtrator articulado: tração e preparo de sulcos.** 1994. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.
- VARGAS, R.V. **Análise do valor agregado.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.
- WIDEMAN, R.M. *A framework for project and program management integration.* Upper Darby: Project Management Institute, 1991.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation.** New York: Simon & Schuster, 1996.

YIN, R.K. **Case study research:** design and methods. California: SAGE Publications, 1994.

YIN, R.K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YOSHIKAWA, H. **Design philosophy:** the state of the art. Annals of the CIRP, Vol. 38/2/1989. p. 579.