

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Lucas Barbosa Alves

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO TECHNOLOGY
ROADMAPPING COMO MEIO DE SELEÇÃO DE
PRODUTO DE REFERÊNCIA PARA A
ENGENHARIA REVERSA**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências em Engenharia de Produção**

Área de concentração: Qualidade e Produto

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

Dezembro de 2010.

Itajubá - MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Lucas Barbosa Alves

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO TECHNOLOGY
ROADMAPPING COMO MEIO DE SELEÇÃO DE
PRODUTO DE REFERÊNCIA PARA A
ENGENHARIA REVERSA**

Dissertação submetida para avaliação por banca examinadora em 18 de outubro de 2010, conferindo ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Jorge Muniz

Prof. Carlos Henrique Pereira Mello

Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva

Itajubá

2010

Dedico este trabalho ao meu pai
Sdnei de Brito Alves (**in memoriam**),
sempre comigo... para sempre lembrado.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Ruth, ao meu irmão Bruno, a minha tia Ana Maria e a minha avó Tereza por serem a minha base.

Ao meu primo Igor e ao meu amigo Caio Kazama, pelos jogos e momentos de descontração.

A todos os meus tios, tias, primos e primas que apesar da distância, forneceram o apoio e suporte que apenas a família é capaz de dar.

A minha namorada Mona Liza, pelo carinho e apoio.

Ao meu amigo e companheiro de mestrado Henrique Andrade Godoy, pelas conversas, desabafos e risadas.

Ao meu amigo e “irmão”, Eduardo Kawai.

A todos os meus amigos, pela confiança, apoio, companheirismo e conselhos.

Ao meu orientador Carlos Eduardo Sanches da Silva, por essa oportunidade, pelos conselhos e orientações.

Ao professor Carlos Henrique Pereira Mello, pelo apoio nessa reta final.

A todos os professores do IEPG, por contribuírem na minha formação.

Ao Diretor executivo da empresa objeto de estudo, pela atenção, educação e disponibilidade em ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

A Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Itajubá (INCIT).

Ao aluno de iniciação científica Rafael Botelho, pelo auxílio na análise bibliométrica do presente trabalho.

Ao Pró Engenharia, CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo incentivo financeiro a minha pesquisa e a de todos os pesquisadores do país.

“Ser humilde com os superiores é uma obrigação,
com os colegas uma cortesia,
com os inferiores é uma nobreza”

(Benjamin Franklin)

RESUMO

O mercado atual apresenta uma alta competitividade, introduzindo uma grande variedade de produtos com tecnologias avançadas e ciclos de vida cada vez menores. Para uma empresa se manter competitiva ela precisa buscar a redução do tempo de desenvolvimento de seus produtos e a inserção de tecnologias chave nos mesmos de modo a atender às necessidades mercadológicas dos consumidores cada vez mais exigentes. Para empresas de base tecnológica (EBT) esses fatores são essenciais, pois elas dependem do desenvolvimento de tecnologias para sua sobrevivência. O presente trabalho propõe a integração das técnicas *Technology Roadmapping* (TRM) e Engenharia Reversa (ER) com o objetivo de analisar a utilização do TRM como meio de seleção de um produto de referência para a aplicação de um processo de ER, como parte do PDP de EBT. Através dessa integração, pretende-se suprir os fatores tecnologia e tempo de desenvolvimento. A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso e, posteriormente, utilizaram-se os resultados obtidos para a sistematização do processo. A empresa selecionada para a realização do estudo de caso é uma EBT incubada na INCIT (Incubadora de Empresas de Base Tecnologia de Itajubá) que desenvolve tecnologias na área de energia solar térmica. O principal produto desenvolvido pela empresa é um conceito de aquecedor solar que, por motivos de confidencialidade, foi denominado produto A. O caráter estratégico do TRM, aliado ao conhecimento que a empresa possui do setor onde atua, forneceu meios de procurar no mercado um produto de referência com as características de mercado, produto e tecnologias chave identificadas. A ER baseada em um produto diferenciado e consolidado resultou em um processo de desenvolvimento de um novo produto com foco nas necessidades do cliente e do mercado gerando o desenvolvimento de tecnologias e funcionalidades avançadas e melhoradas no que diz respeito ao seu referencial. A ER proporcionou, também, uma diminuição no tempo de desenvolvimento do produto. Após a análise dos resultados, foi possível sistematizar a utilização do TRM como meio de seleção do produto de referência para a aplicação da ER e analisar o impacto da utilização conjunta dessas duas técnicas nos fatores tempo de desenvolvimento e tecnologia.

Palavras-chave: Engenharia Reversa; Technology Roadmapping; Empresas de Base Tecnológica; Integração entre técnicas.

ABSTRACT

The current market is highly competitive, introducing a large variety of products with advanced technologies and shorter life cycles. For a company to stay competitive, it's necessary to seek the reduction of the development time and the integration of key technologies for its products in order to meet the market needs of increasingly demanding consumers. For technology based companies (TBC) these factors are essential, since they depend on the development of technologies for their survival. This work proposes the integration the techniques Technology Roadmapping (TRM) and Reverse Engineering (RE) in order to analyze the use of TMR as a tool of selection of a reference product for the application of a RE process, as part of a PDP of a TBC. Through this integration, it is intended to overcome the factors technology and development time. The research strategy adopted was a descriptive case study and the results were used to obtain a systematization of the process. The firm selected to perform the case study is a TBC incubated in INCIT (Incubadora de Empresas de Base Tecnologia de Itajubá) developing technologies in the field of solar thermal energy. The main product is a concept of solar heater that for reasons of confidentiality, was named product A. The strategic nature of TMR plus the knowledge that Company A has of its business sector, provided the means to search in the market for a reference product with the identified market characteristics, product and key technologies. A RE based on an advanced product resulted in a new product with focus in the costumers and market needs resulting in the development off advanced technologies and features when compared to its reference. Also, the RE contributed to the reduction of the product development time. After the analysis of the results, it was possible to systematize the use of TMR as a mean of selection of the product reference for the application of a RE processes and analyze the impact of joint use of these techniques in the factors development time and technology.

Key Words: Reverse Engineering; Technology Roadmapping; Technology Based Companies; Integration between techniques.

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Técnicas e métodos de DP e seus respectivos focos de ação	16
Figura 1.2 – Atividades de um estudo de caso	19
Figura 2.1 – Tipologia das estratégias de produto	27
Figura 3.1 – Processo de <i>design</i> tradicional vs. ER.....	32
Figura 3.2 – Sequência de pré-avaliação.....	34
Figura 3.3 – Sequência de passos do Estágio 1	36
Figura 3.4 – Sequência de passos do Estágio 2	37
Figura 3.5 – Sequência de passos do Estágio 3	39
Figura 3.6 – Sequência de passos do Estágio 4.....	40
Figura 3.7 – Método de ER e reprojeto.....	41
Figura 3.8 – Representação de uma máquina de lavar roupas (função total e sub-funções) ...	42
Figura 4.1 – Taxonomia do <i>roadmapping</i>	52
Figura 4.2 – Caracterização do <i>roadmap</i> : propósito e formato.....	54
Figura 4.3 – Exemplo de um TRM de planejamento de produto	54
Figura 4.4 – Exemplo de um TRM de planejamento de serviço/competência.....	55
Figura 4.5 – Exemplo de um TRM de planejamento estratégico	55
Figura 4.6 – Exemplo de um TRM de planejamento à longo prazo.....	55
Figura 4.7 – Exemplo de um TRM de planejamento do <i>know-how</i>	56
Figura 4.8 – Exemplo de um TRM de planejamento do programa	56
Figura 4.9 – Exemplo de um TRM de planejamento de processo.....	57
Figura 4.10 – Exemplo de um TRM de planejamento de integração	57
Figura 4.11 – Passos do processo padrão de <i>roadmapping</i>	59
Figura 4.12 – <i>Grids</i> de análise ligados aos passos do processo padrão de <i>roadmapping</i>	59
Figura 4.13 – Envelope de desempenho do produto.....	60
Figura 4.14 – Exemplo do cálculo de valores das características do produto.....	62
Figura 4.15 – Construção do <i>roadmap</i>	64
Figura 4.16 – <i>Roadmap</i> de produto/tecnologia	66
Figura 4.17 – Direcionadores de produto e seus objetivos	68
Figura 4.18 – Curva de experiência	69
Figura 4.19 – <i>Roadmap</i> de produto e sua evolução de acordo com o tempo.....	70
Figura 4.20 – <i>Roadmap</i> de tecnologia	71
Figura 4.21 – <i>Roadmap</i> de risco	72

Figura 5.1 – <i>Technology Roadmap</i> Empresa A.....	91
Figura 6.1 – Sistemática de aplicação do TRM integrado a ER.....	103
Figura 6.2 – Ligações entre o TRM e a ER.....	104

Lista de Quadros

Quadro 3.1 – Comparação entre os métodos de Ingle (1994) e Otto & Wood (1998a)	46
Quadro 4.1 – Fronteiras de aplicação de um <i>roadmap</i>	53
Quadro 5.1 – Esquematização dos dados referentes à parte de mercado do TRM.....	78
Quadro 5.2 – Esquematização dos dados referentes à parte de produto do TRM.....	80
Quadro 5.3 – Esquematização dos dados referentes à parte tecnológica do TRM.....	82
Quadro 5.4 – Características de mercado identificadas no produto de referência	86
Quadro 5.5 – Características de produto identificadas no produto de referência.....	88
Quadro 6.1 – Comportamento do TRM frente aos problemas apresentados pelo <i>benchmarking</i>	101
Quadro 6.2 – Fatores identificados e comparação com a literatura.....	102

Lista de Tabelas

Tabela 6.1 – Melhorias obtidas no produto A	100
---	-----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização do problema e justificativa.....	14
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Estratégia de pesquisa adotada.....	18
1.4 Estrutura do trabalho	20
CAPÍTULO 2 – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E AS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA	22
2.1 Processo de desenvolvimento de produtos	22
2.2 Empresas de base tecnológica e incubadoras de empresas.....	23
2.2.1 Processo de desenvolvimento de produtos em empresas de base tecnológica	24
2.3 Estratégias de desenvolvimento de produtos.....	26
2.4 Ordem de apresentação do conteúdo.....	28
CAPÍTULO 3 – ENGENHARIA REVERSA (ER)	29
3.1 Utilização da ER	29
3.1.1 ER em países desenvolvidos e em desenvolvimento.....	30
3.2 Definição da ER e os métodos mais conhecidos.....	31
3.3 O método de ER proposto por Ingle (1994)	31
3.3.1 Pré-avaliação	33
3.3.2 Estágio 1 – Avaliação do <i>design</i> e verificação dos dados e informações existentes	34
3.3.3 Estágio 2 – Geração dos dados técnicos	36
3.3.4 Estágio 3 – Verificação do <i>design</i>	37
3.4 O método de Engenharia Reversa e Reprojeto proposto por Otto e Wood (1998a).....	40
3.5 Comparação entre os métodos propostos por Ingle (1994) e Otto e Wood (1998a).....	45
3.6 Revisão bibliográfica de ER	47
3.7 Formas de identificação de produtos de referência para ER	48
CAPÍTULO 4 – TECHNOLOGY ROADMAPPING	50
4.1 Definição de <i>Technology Roadmapping</i> (TRM).....	50
4.1.1 Primeiras abordagens de <i>Roadmapping</i>	51
4.2 Aplicações e tipos de <i>Roadmaps</i>	51
4.3 <i>Technology Roadmapping</i> : propósito e formato.....	53
4.3.1 TRM: Propósito (PHAAL <i>et al.</i> , 2001a).....	54

4.3.2 TRM: Formato (PHAAL <i>et al.</i> , 2004a)	57
4.4 <i>T-plan</i> convencional proposto por Phaal <i>et al.</i> (2001a)	58
4.4.1 <i>Workshop</i> 1 – Mercado	59
4.4.2 <i>Workshop</i> 2 – Produto	61
4.4.3 <i>Workshop</i> 3 – Tecnologia	62
4.4.4 <i>Workshop</i> 4 – Mapeamento.....	63
4.5 <i>Technology Roadmapping</i> de produto apresentado por Albright e Kappel (2003)	65
4.5.1 Seção de mercado	66
4.5.2 Seção de produto	67
4.5.3 Seção de tecnologia	70
4.5.4 Sumário/Plano de ação.....	72
4.5.5 Ligando o conteúdo	73
4.6 Considerações finais sobre o desenvolvimento da teoria	73
CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO.....	74
5.1 Definição e planejamento	74
5.2 Preparação, coleta e análise	76
5.2.1 <i>Technology roadmapping</i>	77
5.2.1.1 TRM – Mercado	77
5.2.1.2 TRM – Produto.....	80
5.2.1.3 TRM – Tecnologia.....	82
5.2.1.4 Identificação do produto de referência.....	84
5.2.1.5 TRM – Mapeamento	90
5.2.2 Engenharia reversa	93
CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	97
6.1. Discussão	97
6.2 Sistemática proposta.....	103
6.3 Opinião do desenvolvedor	105
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO.....	1078
7.1 Conclusão	108
7.2 Recomendações para trabalhos futuros	109
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICE A	121
APÊNDICE B.....	124

Capítulo 1 – Introdução

O presente capítulo tem por finalidade contextualizar o problema, apresentar os objetivos e descrever o método de pesquisa utilizado.

No tópico 1.1, apresenta-se uma fundamentação teórica focando na dinamicidade do mercado no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos e a importância dos fatores tecnologia e tempo de desenvolvimento dos produtos. Em seguida, são citadas técnicas e ferramentas para o PDP, entre elas, a ER, o TRM e a contribuição que se espera atingir integrando essas duas técnicas. Dessa maneira, é possível definir os objetivos do trabalho (tópico 1.2) e apresentar o método de pesquisa utilizado (tópico 1.3), definido como um estudo de caso.

Por fim, no tópico 1.4, consta uma breve descrição da estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização do problema e justificativa

O aumento da competitividade, rápido avanço das tecnologias e as constantes mudanças das necessidades dos clientes são algumas das características adquiridas pelo mercado e que contribuem para a diminuição no ciclo de vida dos produtos (WIND e MAHAJAN, 1997) e tempo de desenvolvimento dos mesmos (GRIFFIN, 1993; WIND e MAHAJAN, 1997; MARCH-CHORDÀ, 2002; YEH *et al.*, 2010). Tendo isso em vista, uma das maneiras de se alcançar a vantagem competitiva é a busca e seleção de tecnologias chave, principalmente para Empresas de Base Tecnológica (MCGRATH e GILMORE, 1995).

Para Dahlstrand (2007), uma empresa de base tecnológica (EBT) é dependente da tecnologia para seu desenvolvimento e sobrevivência, o que reforça a busca por tecnologias essenciais, que não precisam ser, necessariamente, inovadoras.

Segundo Mundim *et al.* (2002), a força competitiva de uma empresa se relaciona diretamente com a sua capacidade de introduzir produtos no mercado, a atualização tecnológica dos mesmos e com as características de desempenho, custo e distribuição condizentes com o atual nível de exigência dos consumidores.

Com essa análise da literatura, pode-se identificar como ponto importante de obtenção de vantagem competitiva, no que diz respeito a desenvolvimento de produtos, dois fatores essenciais:

- **Tempo de desenvolvimento:** buscando sempre a sua redução, para acompanhar as mudanças constantes no mercado e os ciclos de vida cada vez menores dos produtos (GRIFFIN, 1993; WIND e MAHAJAN, 1997; SHERMAN *et al.*, 2000; MARCH-CHORDÀ, 2002; LANKEGARK e HULTINK, 2005; AFONSO *et al.*, 2008; VALLE

e VÁZQUEZ-BUSTEL, 2009; YEH *et al.*, 2010; LEE e WONG, 2010; CHEN *et al.*, 2010).

- **Tecnologia:** a adoção de tecnologias chave ou alternativas mais adequadas influencia, também, na redução do tempo de desenvolvimento do produto e na obtenção de superioridade competitiva, podendo proporcionar às empresas uma vantagem na luta pela liderança (MCGRATH e GILMORE, 1995; LANKEGARK e HULTINK, 2005; LIU e OZER, 2009; LEE e WONG, 2010, JUEHLING *et al.*, 2010).

Na busca pela obtenção de aperfeiçoamentos e melhorias no processo de desenvolvimento de produtos, os desenvolvedores vêm aplicando técnicas, métodos e práticas (VALLE e VÁZQUEZ-BUSTEL, 2009) e utilizando da mesma premissa para a redução do tempo de desenvolvimento dos mesmos (GRIFFIN, 1993). Segundo Hong e Roh (2009), a alta competitividade do mercado atual apresenta um desafio para as empresas no que diz respeito à integração das práticas de desenvolvimento de produto e tecnologia.

Sendo assim, o presente trabalho se justifica pela importância dos fatores tempo de desenvolvimento e tecnologia dentro do processo de desenvolvimento de produtos de empresas, principalmente as de base tecnológica. Sua maior contribuição encontra-se na utilização integrada de duas técnicas para a obtenção dos melhores resultados na busca por tecnologias, diminuição no tempo de desenvolvimento e para entrada no mercado com um produto que já apresenta um diferencial competitivo.

Mañà (1998) trabalhou na identificação dos meios que caracterizam a concepção moderna do processo de desenvolvimento de produtos. Ele buscou definir, através de pesquisas em empresas americanas e européias que possuíam um PDP considerado referência de competitividade, técnicas e métodos mais utilizados. Na Figura 1.1, o tamanho da área ocupada pela técnica identifica sua dimensão como característica de modernidade.

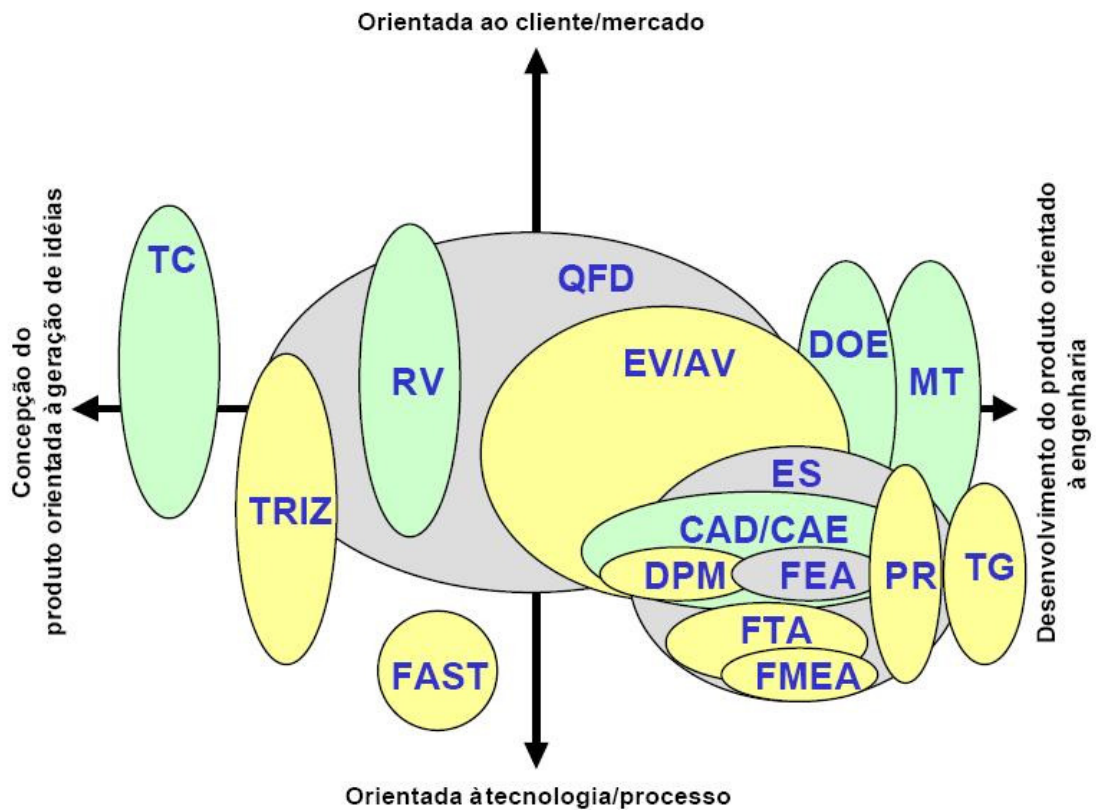


Figura 1.1 – Técnicas e métodos de DP e seus respectivos focos de ação
 Fonte: Adaptado de Mañà (1998)

Legenda (fonte: Silva (2001)):

TC: Técnicas de criatividade;

TRIZ: Teoria inventiva de solução de problemas;

RV: Realidade virtual;

FAST: *Functional analysis system technique* (técnica sistemática de análise funcional);

QFD: *Quality function deployment* (desdobramento da função qualidade);

EV/AV: Engenharia do valor/análise do valor;

ES: Engenharia simultânea;

FTA: *Fault tree analysis* (análise da árvore de falhas);

FMEA: *Failure mode and effects analysis* (análise do modo e efeito de falhas);

CAD/CAE: *Computer aided design/computer aided engineering*;

FEA: *Finite elements analysis* (análise de elementos finitos);

DOE: *Design of experiments* (delineamento de experimentos);

MT: Método Taguchi;

PR: Prototipagem rápida;

DPM: Projeto para a manufatura;

TG: Tecnologia de grupo;

Entre as técnicas utilizadas para a adaptação e desenvolvimento de produtos, a ER se encontra entre as mais importantes (DIAS, 1998; MURY e FOGLIATTO, 2001; SANTOS e LUZ, 2007; FULLER, 2009), permitindo realizar adaptações em produtos já existentes com rapidez, suprindo o mercado consumidor de acordo com sua necessidade (LEE e WOO, 1998; MURY, 2000; MURY e FOGLIATTO, 2001; SOKOVIC e KOPAC 2006; BAGCI, 2009). Segundo Trott e Hoecht (2007), a ER é o método de aprendizado mais adequado sobre a tecnologia dos produtos concorrentes. Vale ressaltar que a ER pode utilizar de técnicas e métodos presentes na figura 1.1 tais como: FMEA, CAD/CAE, QFD, PR. A ER será discutida com mais detalhes no capítulo 3.

Já o TRM é capaz de suprir nos quatro sentidos: orientado ao cliente/mercado, orientado a tecnologia/processo, DP orientado a engenharia e concepção do produto orientado a geração de idéias. Seu propósito é auxiliar o entendimento de como a tecnologia e o conhecimento comercial se combina para fornecer suporte estratégico, inovação e, conseqüentemente, o processo operacional na empresa no contexto do ambiente externo e interno (PROBERT e RADNOR, 2003; KIM *et al.*, 2009; BLISMAS e WAKEFIELD, 2010). Ele identifica, também, as tendências tecnológicas, assim como as tecnologias mais importantes (chave) (PHAAL *et al.*, 2001a; PHAAL *et al.*, 2001b; PHAAL *et al.*, 2004a). O TRM será discutido com mais detalhes no capítulo 4.

À partir da utilização do TRM, é possível usar de seus resultados para a identificação de tecnologias, direcionadores de mercado, negócios e produtos importantes para o desenvolvimento deste último, utilizando-os como meio de seleção de um produto referência para a aplicação da Engenharia Reversa. Por meio da ER busca-se identificar melhorias e reduzir o tempo de desenvolvimento do produto.

Com isso, obtêm-se um ponto de partida para o desenvolvimento de um ou de novos produtos com maior rapidez, menor risco e características avançadas com relação a seu referencial, atendendo melhor aos clientes no que diz respeito às suas necessidades tecnológicas e mercadológicas.

Para uma EBT de pequeno porte que se encontra no início de suas atividades, a seleção de um produto de referência com tecnologias já consolidadas é importante para sua sobrevivência, ou seja, a sua seleção está intimamente ligada à obtenção de tecnologias. Outros fatores importantes a serem levados em consideração são os direcionadores de mercado, negócios e as necessidades dos clientes. Vale ressaltar que EBTs de pequeno porte (incubadas, por exemplo) podem sofrer de carência de recursos e, muitas vezes, possuem apenas um produto

em seu portfólio, o que torna para esse tipo de empresa ainda mais importante os fatores mencionados.

A partir dessas considerações, pode-se identificar a seguinte pergunta de pesquisa:

Como o TRM pode auxiliar na seleção do(s) produto(s) de referência a ser(em) objeto(s) de ER?

1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é analisar o uso do TRM como meio de seleção do(s) produto(s) de referência para a aplicação da Engenharia Reversa como parte do processo de desenvolvimento de produtos de empresas de base tecnológica.

Os objetivos específicos são:

- Identificar o impacto da utilização conjunta dessas duas técnicas nos fatores tempo de desenvolvimento do produto e tecnologia incorporada no produto;
- Sistematizar a utilização do TRM como meio de seleção de produto(s) de referência para aplicação da ER.

1.3 Estratégia de pesquisa adotada

Yin (2001) define o estudo de caso como uma investigação empírica, que estuda um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Segundo Yin (1993), existem, predominantemente, três tipos de estudo de caso que dependem dos objetivos para o qual ele é usado: exploratório, explanatório e descritivo.

A natureza do estudo de caso realizado no presente trabalho é descritiva, pois tem por objetivo apresentar ao leitor uma realidade que ele não conhece, não procurando estabelecer relações de causa e efeito, mas apenas mostrando-a como ela é (YIN, 1993). No entanto, os resultados obtidos com a realização do estudo foram sistematizados buscando estabelecer um padrão de aplicação no que diz respeito à integração do TRM a ER e seu impacto nos fatores tempo de desenvolvimento e tecnologia.

O planejamento metodológico da presente pesquisa é apresentado a seguir, de acordo com as atividades que envolvem um estudo de caso, como mostra a figura 1.2.

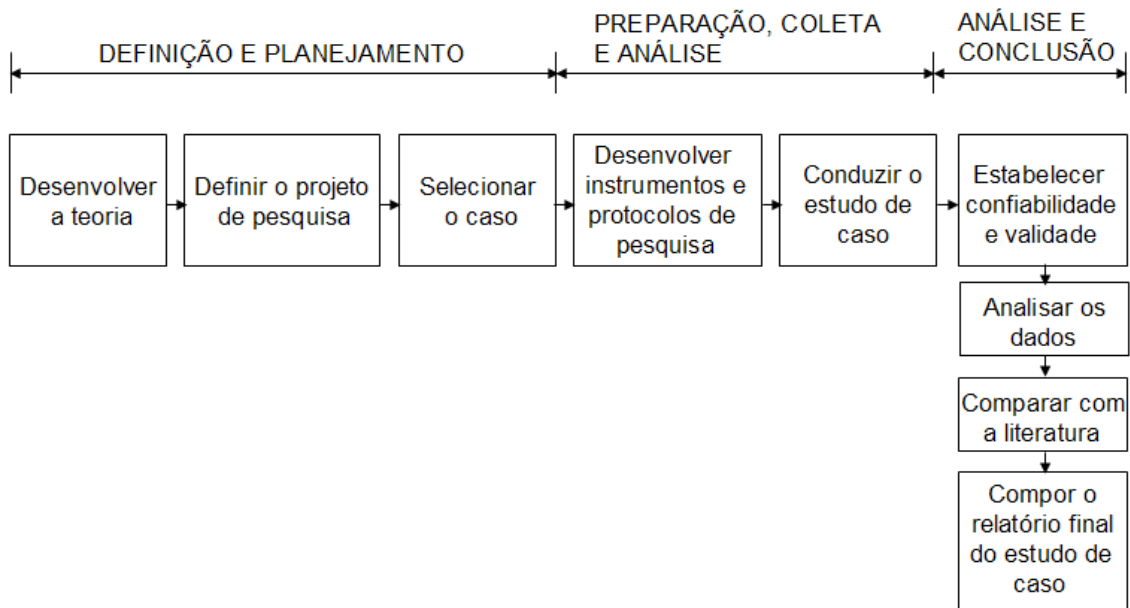


Figura 1.2 – Atividades de um estudo de caso
Fonte: Adaptado de Yin (2001)

Na etapa de desenvolvimento da teoria, seguindo o que foi proposto por Yin (2001), primeiramente foi definido um referencial conceitual-teórico para o trabalho, tomando-se por base a pesquisa no Portal Periódicos (CAPES) e a identificação dos trabalhos mais citados através do ISI *Web of Knowledge*, resultando em um mapeamento da literatura no que diz respeito aos temas de Engenharia Reversa e *Technology Roadmapping* presentes nos capítulos 3 e 4, respectivamente.

O projeto de pesquisa foi definido a partir do planejamento da presente pesquisa que está descrita neste tópico. Esse planejamento visou justificar a escolha do estudo de caso como método de pesquisa de modo a garantir que o trabalho científico desenvolvido atendesse aos critérios de cientificidade, confiabilidade e validade, para atingir os objetivos estabelecidos.

Na seleção do caso foram considerados alguns critérios para que as possíveis empresas atendessem os requisitos necessários, fornecendo condições favoráveis à realização de um estudo dentro da mesma:

- Empresa de Base Tecnológica, devido a sua dependência de tecnologia, tal como afirma Dahlstrand (2007);
- Utilização do TRM e da ER no processo de desenvolvimento de seus produtos;
- Ausência de uma sistemática formal para identificar produtos de referência para a realização de ER como meio de obtenção de tecnologias;
- Desenvolver tecnologias de interesse para o mercado (projetos financiados por órgãos de fomento);

- Disposição em fornecer acesso a informações, dados e disponibilidade de tempo para realização de entrevistas.

Na etapa de desenvolvimento de instrumentos e protocolos de pesquisa, os instrumentos de coleta de dados utilizados foram entrevistas, análise documental e observação, uma vez que um estudo de caso prevê a combinação de diversos métodos e técnicas de coleta de dados (triangulação) com as evidências, podendo as mesmas ser qualitativas, quantitativas ou ambas (EISENHARDT, 1989). A estrutura do protocolo de pesquisa foi montada tomando por base a literatura estudada envolvendo os temas de ER e TRM. O protocolo encontra-se disponível no Apêndice A.

A condução do estudo de caso se deu por meio da realização de entrevistas com o diretor executivo da empresa selecionada como objeto do estudo, análise dos documentos fornecidos pelo mesmo e observação. Os dados coletados durante as entrevistas foram registrados em papel e, posteriormente, analisados e transcritos em arquivo eletrônico.

Para estabelecer confiabilidade e validade para a pesquisa preparou-se e utilizou-se um protocolo, a fim de definir os procedimentos para a condução do estudo de caso, definindo o roteiro de entrevista, a duração das entrevistas, o cargo dos respondentes, de forma a garantir a possibilidade de replicação do estudo (confiabilidade); buscou-se estabelecer um encadeamento das evidências coletadas, o emprego de múltiplas fontes dessas evidências e, posteriormente, a transcrição dos dados coletados foi encaminhada ao respondente (devolutiva), de forma a se garantir que a interpretação dos dados pelo pesquisador estava de acordo com o que o respondente informou (validade de construto); e, finalmente, os dados coletados foram comparados com um padrão (literatura pesquisada) para garantir a validade interna da pesquisa.

Logo após, foi realizada a análise dos dados, no formato intracaso, uma vez que se trata de um caso único. Para esta análise foi adotada a adequação ao padrão, tal como proposta por Yin (2001), onde os dados coletados são comparados com um padrão, no caso desta pesquisa, a literatura identificada e discutida nos capítulos 2, 3 e 4.

Finalmente, após a análise dos dados e comparação com a literatura, foi elaborado o relatório final do estudo de caso. Os principais elementos desse relatório estão descritas no Capítulo 7.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é constituído de sete capítulos, incluindo este primeiro capítulo que tem início com a contextualização e justificativa do problema. Logo após foram apresentados os objetivos do trabalho seguidos pela estratégia de pesquisa adotada.

No Capítulo 2 apresentou-se, de maneira breve, uma descrição do processo de desenvolvimento de produtos, empresas de base tecnológicas, incubadoras e iniciou-se a introdução ao assunto de ER através da localização da mesma dentro das estratégias de desenvolvimento de produtos.

O Capítulo 3 tem início com a introdução de alguns aspectos gerais da ER, seu papel em países desenvolvidos e em desenvolvimento, sua definição e os principais métodos. Com isso, foram apresentados dois dos principais métodos identificados: Ingle (1994) e Otto e Wood (1998a). Esses dois métodos foram comparados permitindo a identificação do mais adequado para o contexto do presente trabalho. Realizou-se, também, uma análise da ER dentro da literatura com o objetivo de se identificar quais os principais meios de seleção para o produto de referência. Feito isso, esses meios foram comparados com o TRM, permitindo o início da discussão sobre o assunto.

No Capítulo 4 foram introduzidos alguns aspectos gerais do TRM, as primeiras abordagens ao tema, as aplicações, tipos de *roadmap*, seus propósitos e formatos. Logo após, foi feita uma descrição de dois dos principais métodos de TRM identificados: *T-Plan* proposto por Phaal *et al.* (2001a) e o TRM de produto apresentado por Albright e Kappel (2003). Com isso, concluiu-se o desenvolvimento do referencial conceitual-teórico permitindo iniciar a descrição do caso.

No Capítulo 5 deu-se início a descrição do estudo de caso, apresentando como foi feita a seleção da empresa objeto de estudo, a preparação, coleta e descrição dos dados. Neste capítulo são detalhados o TRM e a ER empregadas pela empresa objeto de estudo.

No Capítulo 6 realizou-se a análise dos dados obtidos a partir da realização do estudo de caso, a comparação dos dados obtidos com a literatura estudada e a sistematização da utilização do TRM como meio de seleção para um produto de referência a sofrer um processo de ER.

Finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões obtidas e algumas recomendações para a continuação do trabalho. Em seguida, foram apresentadas as referências bibliográficas.

Capítulo 2 – Processo de desenvolvimento de produtos e as empresas de base tecnológica

Neste capítulo, busca-se introduzir o conceito do PDP (tópico 2.1) ao leitor, apresentando sua definição, benefícios de uma estrutura de DP consistente e sua importância para as empresas. Logo após, são apresentados os conceitos de EBTs e incubadoras (tópico 2.1), uma vez que, um processo de desenvolvimento de produtos bem estruturado é um dos fatores mais críticos para o sucesso e manutenção de uma empresa de base tecnológica. Dentro do PDP em EBTs (tópico 2.2.1) introduz-se o conceito de tecnologia, sua importância e os meios de obtenção da mesma.

No tópico 2.3 são mostradas estratégias de desenvolvimento de produtos e as dificuldades enfrentadas por EBTs, que muitas vezes recorrem à imitação ou técnicas como a ER para melhorar produtos em um curto espaço de tempo e introduzi-los no mercado com mais garantias de sucesso.

2.1 Processo de desenvolvimento de produtos

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP), já estudado por diversos autores como Back, (1983); Rosenthal (1992); Vincent (1989); Wheelwright e Clark (1992); Cooper e Edgett (1999); Pahl *et al.* (2005); Rozenfeld *et al.* (2006); e Back *et al.* (2008), possui importância estratégica, pois se encontra na interface entre empresa e o mercado, buscando identificar as necessidades do mercado e dos clientes. É por meio desse processo que as empresas podem criar produtos mais competitivos em menos tempo atendendo a constante evolução da tecnologia, do mercado e dos requisitos do ambiente institucional (principalmente com relação à saúde, meio ambiente e segurança).

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado, das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar a especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.

Segundo Wheelwright e Clark, (1994), uma empresa que desenvolve produtos de alta qualidade de maneira rápida pode escolher entre diferentes opções competitivas:

- Iniciar o desenvolvimento de um novo produto ao mesmo tempo em que os seus concorrentes, mas introduzi-lo no mercado antes dos mesmos;
- Atrasar de maneira propositada o início de seu PDP para adquirir melhores informações sobre o mercado, requisitos dos clientes ou tecnologias chave,

introduzindo seu produto no mercado junto com seu concorrente, mas com características muito mais adequadas às necessidades dos consumidores.

Para Amaral e Rozenfeld (2008), um PDP bem estruturado pode resultar na diminuição do tempo de desenvolvimento, repetibilidade de projetos de desenvolvimento, maior racionalização no uso das informações e maior facilidade no treinamento de novos funcionários através da reutilização de conhecimentos obtidos em outros projetos.

O processo de desenvolvimento de produto é uma tarefa complexa, consome tempo, recursos e possui riscos, principalmente quando se trata de empresas localizadas em países em desenvolvimento como o Brasil. Apesar desses fatores apresentados, muitas empresas direcionam esforços para essa tarefa com o objetivo de desenvolver novos produtos na busca por vantagem competitiva e lucratividade (CHANDRA e NEELANKAVIL, 2008). As empresas de base tecnológica são exemplos de organizações que dependem desses esforços para conseguirem se manter no mercado.

2.2 Empresas de base tecnológica e incubadoras de empresas

Segundo Dahlstrand (2007), uma empresa de base tecnológica pode ser definida, comumente, como uma empresa que é dependente da tecnologia para seu desenvolvimento e sobrevivência. Frequentemente, isso não significa que essa tecnologia necessite ser nova ou inovadora. Dentro deste contexto, podem-se encaixar as atividades dos empreendedores brasileiros, onde 98,3% dos mesmos utilizam tecnologias já disponíveis (há mais de um ano) no mercado (*GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR – GEM*, 2008).

Empresas de pequeno e médio porte e, em especial, as de base tecnológica, vem atraindo cada vez mais o interesse de acadêmicos (BADE e NERLINGER, 2000; ULLAH e TAYLOR, 2007). A sua importância vem crescendo durante as últimas décadas, principalmente devido a sua contribuição para o crescimento econômico e industrial (DAHLSTRAND, 2007). Porém, Pinho *et al.* (2002) destacam a fragilidade das EBTs em economias como a do Brasil e ressalta a elevada taxa de mortalidade das mesmas. É nesse contexto que as incubadoras de empresa se tornam de grande importância.

Adegbite (2001) define uma incubadora como uma organização que facilita o processo de criação de empresas novas e bem sucedidas, através do fornecimento de uma variedade de serviços como:

- Espaço físico flexível a preços acessíveis;
- Consultorias, treinamento, apoio de secretaria e financeiro (inicial), assistência no desenvolvimento e *marketing* do produto;

- Regras para a admissão e saída de empresas, para que a incubadora concentre seus esforços em empresas que desenvolvam produtos ou serviços capazes de causar impacto na economia;
- Gerenciamento.

As incubadoras facilitam o acesso ao capital, fornecendo auxílio técnico, infraestrutura, criando *networks* e um ambiente favorável, auxiliando as empresas em seus passos iniciais (MEDEIROS, 1998; BOLLINGTOFT e ULHOI, 2005; MARKMAN *et al.*, 2005; PHAN *et al.*, 2005) e servindo como um instrumento de crescimento e consolidação (LAHORGUE e HANEFELD, 2004).

Medeiros (1998) e Lahorgue e Hanefeld (2004) ainda mencionam o vínculo existente entre as empresas incubadas e as universidades, de onde as empresas retiram tecnologia de pesquisas universitárias e as inserem no mercado.

Segundo o GEM (2008), um dos fatores que mais influenciam no apoio a novos empreendedores é a presença de incubadoras, colocando o Brasil em posição de destaque na avaliação de programas governamentais, quando comparado com outros países como Espanha, Finlândia e Dinamarca, e atrás apenas de Coreia, Estados Unidos, Noruega e Alemanha, sabidamente países que apresentam elevado desenvolvimento científico-tecnológico.

Através das considerações feitas sobre EBTs, observa-se a importância que as mesmas possuam um processo de desenvolvimento de produtos robusto, de forma a garantir que as tecnologias desenvolvidas ou utilizadas possam ser aplicadas adequadamente nos produtos em desenvolvimento.

2.2.1 Processo de desenvolvimento de produtos em empresas de base tecnológica

O PDP é um fator crítico para EBTs. O seu sucesso determina o tempo de vida e a vitalidade econômica dessas empresas (ULRICH e EPPINGER, 1995). Os produtos são desenvolvidos através de um esforço composto por diversas fases realizadas através de atividades multifuncionais compreendidas entre a definição da tecnologia incorporada no produto e o início das atividades de produção (BROWNING *et al.*, 2006).

O desenvolvimento dos produtos ou processos de uma EBT está voltado para a comercialização em curto espaço de tempo, de modo que sejam atendidas as necessidades de seus clientes (JUGEND *et al.*, 2005). As EBTs exploram tecnologias através de contínuas

pesquisas e desenvolvimento de atividades para obter competências, de modo a desenvolver produtos, serviços e soluções com alto valor agregado para os clientes finais (NG, 2006).

Segundo Jugend *et al.* (2006), o lançamento de produtos com tecnologias diferenciadas é um importante fator de competitividade para EBTs de pequeno porte. A capacidade de manter um fluxo de produtos depende de pesquisas, desenvolvimento e um bom gerenciamento do processo de desenvolvimento.

A importância do fator tecnologia encontra-se em destaque para EBTs já que o seu processo ou produto resulta de pesquisas científicas e cujo valor agregado advém das áreas de tecnologia avançada e a aplicação do conhecimento científico, do domínio de técnicas complexas e do trabalho de alta qualificação técnica (Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores – ANPROTEC, 2002).

Para Fleury (1990), tecnologia é um pacote de informações organizadas, de diferentes tipos (científicas, empíricas...), provenientes de várias fontes (descobertas científicas, patentes, livros, manuais, desenhos...), obtidas através de diferentes métodos (pesquisa, desenvolvimento, cópia, espionagem...), utilizado na produção de bens e serviços.

Existem produtos que são desenvolvidos direcionados para a tecnologia ou a habilidade de desenvolver uma tarefa técnica em específico. Nesse caso, o principal benefício trazido por eles está na tecnologia que foi incorporada, podendo possuir importantes aspectos estéticos ou ergonômicos, no entanto, os consumidores estarão comprando esse tipo de produto, principalmente, pelo seu desempenho tecnológico (ULRICH e EPPINGER, 1995).

No que diz respeito à obtenção dessa tecnologia, a imitação é conhecida e caracterizada como fator de aprendizado. Muitas companhias iniciam suas atividades através da imitação e, freqüentemente, desenvolvem novas tecnologias baseadas no conhecimento que foi aprendido de outras empresas detentoras de tecnologia, ou seja, as atividades de imitação são seguidas pela criação de inovações (MUKOYAMA, 2003).

Mukoyama (2003) ainda cita as vantagens que os líderes no mercado possuem no que diz respeito à detenção do conhecimento. No entanto, sempre existe a possibilidade de que outras empresas absorvam esses conhecimentos e entrem no mercado como concorrentes. Em contrapartida, os líderes conduzem uma disputa pela inovação com os novos concorrentes do mercado que aprenderam, de maneira bem sucedida, o estado da arte tecnológico. Ambos possuem chances de tomarem o monopólio.

Como exemplo dessa afirmação pode-se citar a Toyota, que deu início as suas atividades no ano de 1930, imitando os sistemas produtivos realizados na Ford, e a partir de 1960 foi capaz

de introduzir seu próprio sistema de produção denominado “*lean production*” (GALHARD e ZACCARELLI, 2005).

Dessa maneira, pode-se concluir que a imitação possui relação com a inovação, uma vez que a imitação é um caminho pelo qual as empresas podem realizar sua entrada no mercado podendo se tornar futuros inovadores.

A imitação e a ER estão intimamente ligadas (TROTT e HOECHT, 2007), dessa maneira, é apresentado no tópico 2.3 às estratégias existentes de desenvolvimento de produto e o lugar ocupado pela ER dentro da mesma no contexto do presente trabalho.

2.3 Estratégias de desenvolvimento de produtos

Griffin e Page (1996) realizaram a ordenação dos projetos de desenvolvimento de produtos onde um quadro é disposto em novidades para o mercado (eixo horizontal) e novidades para a empresa (eixo vertical). Esses projetos são agrupados em seis categorias distintas (vide figura 2.1):

- **Novo para o mundo:** novos produtos que criam um novo mercado consumidor;
- **Novo para a empresa:** novos produtos que, pela primeira vez, permitem a empresa a entrar em um mercado já estabelecido;
- **Adição a uma linha de produto já existente:** novos produtos que complementam uma linha de produtos já estabelecida pela empresa;
- **Melhorias/revisões a produtos já existentes:** novos produtos que fornecem melhor desempenho ou maior valor agregado, substituindo produtos já existentes;
- **Reposicionamento:** produtos já existentes direcionados a novos mercados ou segmentos;
- **Reduções de custos:** novos produtos que fornecem desempenho similar a custos mais baixos.

		Novidade para o Mercado		
		Baixa		Alta
Novidade para a Empresa	Alta	Novo para a Empresa		Novo para o Mundo
		Melhorias no Produto	Adição a uma Linha de Produtos já Existente	
	Baixa	Redução de Custos	Reposicionamento	

Figura 2.1 – Tipologia das estratégias de produto
 Fonte: Adaptado de Griffin e Page (1996)

Pinho *et al.* (2002) citam que o problema mais frequente enfrentado pelas EBTs de países emergentes é a falta de recursos financeiros. Para ele, essa questão se traduz na indisponibilidade de financiamento em condições apropriadas às necessidades peculiares das EBTs. A falta de recursos é mais agravante quando o desenvolvimento de produtos ou serviços é baseado em tecnologias que se encontram em fases menos maduras (inovadoras), o que implica em incertezas quanto às trajetórias a serem trilhadas (SEBRAE, 2001).

Identifica-se, também, dentro da questão de financiamento para EBTs, o fator tempo de desenvolvimento. Para Dahlstrand (2007), quanto maior o tempo de desenvolvimento do produto maior a sua necessidade de financiamento.

Para contornar os problemas relativos à falta de recursos financeiros, essas empresas buscam esforços de capacitação tecnológica através da imitação, adaptação e Engenharia Reversa e, no que diz respeito a novos produtos, inovações incrementais, novas variedades e adaptações (PINHO *et al.*, 2002).

Através de uma ampla revisão bibliográfica com foco nos esforços de inovação tecnológica relativos às empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte do Reino Unido, Hoffman *et al.* (1998) identificaram como característica comum entre elas a busca da inovação mais voltada para o desenvolvimento de melhorias de produtos já existentes. Esse trabalho leva a conclusão de que a realização de adaptações em produtos não se enquadra somente a países de economias periféricas, apesar de esse fato acontecer de maneira mais comum nos mesmos.

A ER dentro do processo de desenvolvimento de produtos de EBTs pode se enquadrar em todas as seis categorias da tipologia (Figura 2.1) dependendo da finalidade com qual ela seja usada. No entanto, dentro do contexto do presente trabalho pode-se identificar, na

classificação de Griffin e Page (1996) que a utilização da ER se enquadra nas categorias melhorias no produto ou redução de custo podendo, ainda, se enquadrar na categoria novo para empresa, desde que a mesma realize uma ER em um produto concorrente em um segmento em que ela atualmente não atua.

Com essa análise pode-se observar que a ER pode trazer um alto grau de novidade para a empresa, mas por outro lado, uma baixa novidade para o mercado pelo fato de o mesmo já conhecer o produto. No entanto, para EBTs de pequeno porte com dificuldade de obtenção de recursos, que não desejam correr riscos e possuem pouco conhecimento do processo produtivo e das tecnologias envolvidas, a adaptação de produtos já consolidados através da ER é fator importante de sucesso, onde as melhorias implementadas podem atender às necessidades dos clientes e do mercado, garantindo a continuidade do produto e da própria empresa.

2.4 Ordem de apresentação do conteúdo

Assim como na contextualização do problema e justificativa do trabalho apresentada no Capítulo 1, a análise da literatura feita dentro do PDP em EBTs aponta novamente para os fatores tecnologia e tempo de desenvolvimento do produto como sendo cruciais para sua sobrevivência e crescimento.

A utilização de técnicas como o TRM e a ER visa atender a esses dois pontos críticos através da redução no tempo de desenvolvimento e melhorias proporcionadas pela ER (KOPAC 2006; BAGCI, 2009) e ao caráter tecnológico e estratégico do TRM (PHAAL *et al.*, 2001a).

Embora a proposta do trabalho consista na utilização, primeiramente, do TRM como meio de seleção de um produto de referência para que, logo após, seja aplicada a ER, será apresentada, inicialmente, à teoria relativa à ER.

O objetivo dessa ordem de apresentação do conteúdo é mostrar os *gaps* existentes na literatura no que diz respeito à seleção do produto de referência e com isso introduzir a utilização do TRM como possível meio de seleção.

Capítulo 3 – Engenharia Reversa (ER)

No capítulo 3, inicia-se a introdução do papel da ER, sua utilização, implicações e benefícios (tópico 3.1) e de que maneira foi e é utilizada em países desenvolvidos e em desenvolvimento (tópico 3.1.1). Logo após, apresenta-se sua definição mais comum e os principais métodos (tópico 3.2). Os principais métodos foram definidos foram o de Ingle (1994) e o de Otto e Wood (1998a), que são apresentados de maneira detalhada nos tópicos 3.3 e 3.4, respectivamente.

No tópico 3.5, comparou-se os dois métodos com o objetivo de identificar qual deles se encaixaria melhor no contexto da pesquisa. O método escolhido foi o de Otto e Wood (1998a). No entanto, sentiu-se a necessidade de pesquisar mais a fundo quais são os meios de seleção para o produto de referência a sofrer um processo de ER. Sendo assim, no tópico 3.6 foram levantados 36 artigos tendo como seu tema principal a ER e dos artigos estudados identificou-se como meio de seleção de produto(s) de referência mais relevante, o *benchmarking*.

No tópico 3.7, é apresentado o conceito de *benchmarking* e o que se espera obter através da utilização do TRM como um meio de seleção do produto de referência, visando sobrepor algumas das dificuldades apresentadas pelo *benchmarking*.

3.1 Utilização da ER

O mercado vem apresentando alta competitividade, sendo constantemente renovado por uma grande variedade de produtos com tempo de vida cada vez menores (WHEELWRIGHT e CLARK, 1992; OTTO e WOOD, 1996; LEE e WOO, 1998). Para uma empresa se manter forte, se torna cada vez mais necessária à diminuição no tempo de desenvolvimento de seus produtos (ZHANG, 2003). A ER é uma técnica que pode desenvolver um papel importante nessa tarefa, pois permite realizar adaptações em produtos já existentes com rapidez, alimentando o mercado consumidor de acordo com sua necessidade (LEE e WOO, 1998; MURY, 2000; MURY e FOGLIATTO, 2001; SOKOVIC e KOPAC 2006; BAGCI, 2009).

Considerando as técnicas utilizadas para a adaptação e desenvolvimento de produtos, a ER se encontra entre as mais importantes, porém ela é praticamente desconsiderada pelas linguagens técnicas formais por ser confundida como uma cópia ilegal de produtos (DIAS, 1998; MURY e FOGLIATTO, 2001; SANTOS e LUZ, 2007; FULLER, 2009).

Trott e Hoecht (2007) apontam o fato de que, apesar das implicações negativas vista por muitos, a ER ainda é o método de aprendizado mais adequado sobre a tecnologia dos produtos concorrentes. Ela permite a reprodução e aperfeiçoamento de peças já existentes onde podem

ser implantadas melhorias como redução de custos e inclusão de novas características ao produto. Pode-se, também, construir peças de reposição, que já estão fora de linha, de difícil acesso e manter equipamentos que já se encontram obsoletos em funcionamento. Os produtos gerados pela ER devem ser capazes de realizar a mesma função que o seu produto equivalente, podendo, também, conter aperfeiçoamentos (INGLE, 1994).

3.1.1 ER em países desenvolvidos e em desenvolvimento

Segundo Kim e Nelson (2000), países com a industrialização recente recorreram, principalmente, nas décadas de 1960 e 1970, da Engenharia Reversa.

O governo norte-americano teve maior contato com a ER em meados da década de 1980, a partir da necessidade de se obter peças sobressalentes para certos equipamentos e recuperação de informações técnicas (INGLE, 1994). Lastres (1996) ressalta pesquisas feitas nos Estados Unidos nessa mesma época, onde as empresas entrevistadas apontaram a ER como a segunda principal fonte de informações para inovações, ficando atrás, apenas, do setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D), sendo considerada um importante meio de obtenção de informação tecnológica.

As empresas japonesas utilizaram a ER nos períodos anterior e posterior à Segunda Guerra Mundial, sofrendo um grande impulso em sua economia. Grande parte desse efeito está relacionada à utilização da Engenharia Reversa que permitia a absorção e modificação de tecnologias estrangeiras (LASTRES, 1996; MEDEIROS, 2007).

Zhu *et al.* (2005) mostram que o processo de aquisição de tecnologia da China segue, geralmente, a seguinte linha: aquisição de linhas de manufatura e técnicas de países desenvolvidos, modificação do processo e identificação das partes e componentes, alcançar o desenvolvimento do produto através da ER e, por fim, otimizar os produtos.

Segundo Hobday *et al.* (2004), o processo de inovação da Coreia do Sul é reverso, esperando os países desenvolvidos gerarem novas tecnologias e mercados para que possam participar dos mesmos. Medeiros (2007) ainda destaca a utilização da ER em países como Taiwan e Malásia, o que leva a observar que essa técnica encontra-se mais difundida e aceita nos países do oriente (SANTOS e LUZ, 2007).

Dias (1998), Mury (2000), Santos e Luz (2007) apontam que a ER já se mostrou como um meio eficaz de inserir países não detentores de tecnologia dentro do mercado. A criação de produtos a partir daqueles já existentes aumenta a dinamicidade do desenvolvimento de tecnologias, que poderiam durar décadas para países ainda em desenvolvimento. Porém, ainda existe uma série de fatores de aspecto legal que causam controvérsias sobre o assunto.

3.2 Definição da ER e os métodos mais conhecidos

A Engenharia Reversa possui sua maior atenção voltada para a área de softwares, tais como os trabalhos de Chikofsky e Cross II (1990), Bowen, Breuer e Lano (1993), Mackey (1995), Wilde *et al.* (1998), Rugaber e Stirewalt (2004), Adams *et al.* (2009). Apesar de ser uma prática também utilizada pelas empresas de manufatura, poucos são os artigos que abordam sua aplicação (INGLE 1994; DIAS, 1998; MURY, 2000; SANTOS e LUZ, 2007).

Não existe um consenso sobre qual a definição exata de ER. Isso se deve ao fato de ela ser utilizada para finalidades e processos diferenciados (DIAS, 1998). Chandru e Manohar (1997), Chen e Ng (1997), Bradley (1998), Lee e Woo (1998), Christensen e Bandyopadhyay (2000), Yuan *et al.* (2001), Bradley e Curri (2005), Yoon *et al.* (2005), Yao (2005), Gao *et al.* (2006), Bagci (2009) descrevem a ER, de uma forma geral, como uma técnica que captura a forma de objetos tridimensionais e recria as mesmas com o auxílio de ferramentas de CAD (*Computer Aided Design*). Essa definição encontrada em artigos científicos será tratada no presente trabalho como “método genérico”. O método genérico mostra a ER como uma técnica que registra as coordenadas de um objeto físico e, posteriormente, essas mesmas coordenadas são utilizadas para construção de um modelo 3D idêntico ao objeto de estudo.

Na literatura existem pelo menos duas abordagens mais conhecidas que apresentam a ER como mais que a simples reprodução de um objeto já existente para um modelo computacional tridimensional. A primeira foi proposta por Ingle (1994) e a segunda por Otto e Wood (1998a).

Independente do número de definições existentes para a ER, pode-se afirmar que esse processo sempre parte de um produto já existente. Para que ela seja mais que uma simples reprodução, deveriam ser conduzidas pesquisas de modo a descobrir como os clientes avaliam o produto, podendo identificar possíveis modificações no mesmo.

3.3 O método de ER proposto por Ingle (1994)

Segundo Ingle (1994), a ER é um processo que identifica e fortalece os *links* fracos existentes em qualquer sistema. Ela é utilizada para reproduzir um produto ou peça que já está fora de produção, que possui partes difíceis de serem encontradas ou não possui mais as informações e o suporte técnico necessário.

A autora apresenta a realização desse processo como um investimento considerável de capital e, portanto, a escolha do produto onde será realizado um processo de ER deve ser cautelosa, escolhendo os projetos que possuem a maior chance de ser bem sucedidos. A figura 3.1

apresenta uma comparação entre o processo de projeto (*design*) tradicional e o processo de projeto feito através da ER.

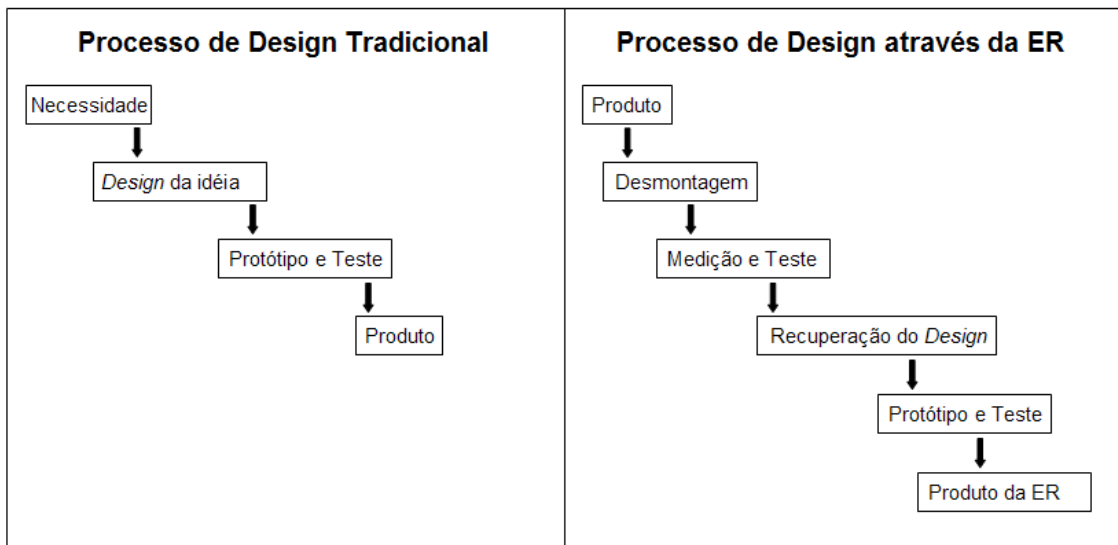


Figura 3.1 – Processo de *design* tradicional vs. ER

Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

A escolha dos possíveis candidatos a se submeterem a um processo de ER envolve uma pesquisa técnica, assim como uma análise crítica, evitando assim, uma escolha ruim. A autora aponta o desenvolvimento de dados técnicos como a essência da ER, sendo esses dados na forma de desenhos técnicos, especificações de equipamentos, características de desempenho ou qualquer outra informação crítica que influencie no desempenho da capacidade de manufatura. Os dados levantados também são de natureza econômica como custos com logística, valores, entre outros.

Após a obtenção desses dados (técnicos e econômicos) pode ser definido que tipo de projeto é mais adequado. Existem três tipos de projeto:

- **verificação do produto:** é a forma mais simples, menos arriscada e com o custo mais baixo do processo de ER. Todos os dados técnicos do produto estão disponíveis, sendo necessário à confecção do protótipo apenas;
- **ampliação dos dados:** esse tipo de projeto de ER é o mais comum e mais aprofundado, pois nem todas as informações técnicas estão disponíveis ou ocorreu uma mudança no *design* do produto/componente que não foi registrada;
- **desenvolvimento de dados:** é o mais complexo da ER, pois exige a criação dos dados técnicos a partir de uma parte física que não possui nenhuma informação disponível.

O primeiro benefício advindo da Engenharia Reversa é o aumento da habilidade de manter a capacidade de manufatura sempre em seu pico, devido ao melhoramento em termos de documentação (dados disponíveis) para equipamentos e sistemas que não possuíam suporte

logístico. Esses dois fatores (manutenção e manufatura melhorada) tendem a gerar economia financeira no que diz respeito ao ciclo de vida do produto/componente, devido à documentação disponível melhorada. Quando o sistema necessita de modernização, a ER pode ser utilizada como um meio para aumentar a produtividade do sistema até se possuir o capital necessário para a modernização do mesmo. A autora aponta o fato de que a ER não deve ser confundida com modernização, que envolve melhorias tecnológicas de um sistema inteiro.

Após uma cuidadosa escolha dos candidatos e sua pré-avaliação, tem início o processo de ER que consiste em quatro estágios: (1) avaliação do *design* e verificação dos dados e informações existentes, (2) geração dos dados técnicos, (3) verificação do *design* e (4) implementação do projeto.

3.3.1 Pré-avaliação

A pré-avaliação tem o foco voltado para a seleção dos itens que podem aumentar a produtividade ou efetividade de um sistema que está sobre revisão. Um bom candidato é aquele que oferece a maior taxa de falha, maior utilização anual ou que seja muito dispendioso. Devem-se considerar, também, outros fatores como falta de suporte técnico e se ele está obsoleto. Um candidato excepcional possui uma combinação de fatores econômicos e logísticos ao seu favor.

De um modo geral, pode-se vislumbrar um candidato em potencial analisando as seguintes características: econômicas, logísticas, retorno sobre investimento, complexidade técnica e se ele é um elemento crítico para o sistema.

A pré-avaliação segue alguns passos para que a melhor decisão seja tomada:

Coleta de dados: nesse passo, são coletados dados técnicos (desenhos de engenharia e manuais técnicos), de manutenção e uso (número de partes usadas anualmente por falha de componentes e manutenção) e quaisquer outras informações que sejam relevantes (testes, inspeções, reparos, calibrações etc.).

Avaliação dos dados: realizam-se certos cálculos como custo único, custo anual, retorno sobre o investimento, custo do ciclo de vida, custo do projeto para realizar a ER, entre outros, para avaliar os números obtidos até essa fase do processo. Logo após, escolhe-se o tipo de projeto com base nas informações existentes até o presente momento e analisam-se quais são os fatores que priorizam um candidato como, por exemplo: o item se encontra obsoleto ou com falta de suporte técnico.

Obtenção da amostra e comparação dos dados: a determinação do tipo de projeto irá influenciar no número de amostras que podem ser obtidas para conduzir a ER. Na maioria dos casos são necessárias amostras que funcionem perfeitamente, porém, nem sempre isso é possível de se obter. É importante observar que à medida que o número de amostras aumentam, a variação das dimensões físicas da peça também aumentam. São realizadas, também, inspeções visuais para verificar se o candidato possui suas propriedades físicas equivalentes ao que está documentado.

Priorização de projetos: se um grupo de candidatos for avaliado de uma vez, eles são ordenados de acordo com a necessidade que cada um tem para passar pelo processo de ER. Por exemplo, se um item encontra-se obsoleto e esse fator supera os outros em termos de importância, o item ganha uma prioridade maior sobre os outros.

Em direção ao Estágio 1: assumindo que o candidato pré-avaliado foi aprovado, todos os dados (coletados e avaliados) são reunidos e a informação é passada adiante, de modo que seja possível o ingresso no primeiro estágio da ER.

A figura 3.2 mostra uma visão geral das atividades realizadas na pré-avaliação e a sua sequência.

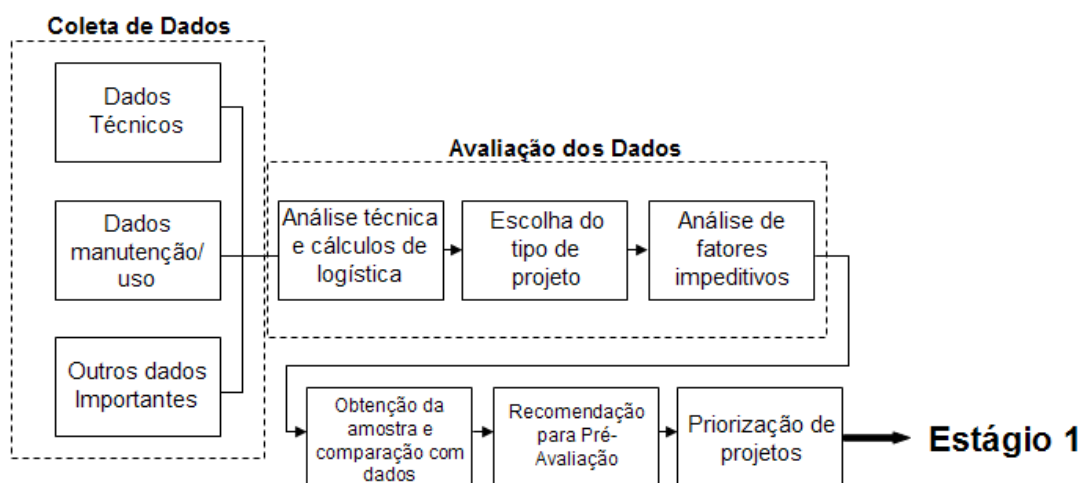


Figura 3.2 – Sequência de pré-avaliação
Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

3.3.2 Estágio 1 – Avaliação do *design* e verificação dos dados e informações existentes

O primeiro estágio é a fase do processo de ER que necessita de mais trabalho devido a um maior número de ações que necessitam ser tomadas quando comparado aos outros estágios. São necessários times multidisciplinares trabalhando de modo independente, mas com comunicação entre eles, para determinar qual informação é essencial para a continuação do trabalho.

Os passos desse estágio envolvem inspeção visual e dimensional, revisão das discrepâncias vs. dados disponíveis, análise de falhas, relatório de avaliação da qualidade, relatório do estágio 1 e a decisão final de continuar ou não o projeto.

A parte de inspeção visual e dimensional, revisão das discrepâncias vs. dados disponíveis e análise de falhas fazem parte da coleta de dados do estágio. Relatório de avaliação da qualidade, relatório do Estágio 1 e a decisão final de continuar ou não o projeto constituem a parte de avaliação dos dados.

Inspeção visual e dimensional: é o primeiro passo do Estágio 1. A inspeção visual é uma revisão geral das condições do produto/componente no que se refere à qualidade, reprodutibilidade e o seu presente estado (deterioração e uso). Ela inclui, também, análise dos materiais envolvidos, tolerâncias, revestimentos, *design*, entre outros. A inspeção dimensional é a medição completa e exata de todas as dimensões necessárias para caracterizar completamente a amostra do produto/componente e estabelecer uma base de configuração. Depois que todas as medidas forem realizadas, elas são comparadas com os dados técnicos que se encontram disponíveis. Todas as diferenças encontradas entre as dimensões obtidas e as catalogadas são anotadas. Caso não haja nenhum dado técnico disponível, não é possível realizar essas comparações.

Revisão das discrepâncias vs. dados disponíveis: todas as discrepâncias observadas entre os dados técnicos disponíveis e os dados obtidos através da observação prática são listadas e analisadas.

Análise de falhas: geralmente são necessárias diversas amostras para se conduzir uma análise de falhas adequada, pois esse é o modo mais apropriado de se identificar corretamente o modo de falha. Uma vez que ele(s) seja(am) identificado(s), ele(s) pode(m) se tornar base para uma modificação no *design* da peça. A análise de falhas não é necessária para todos os projetos de ER.

Relatório de avaliação da qualidade: esse relatório é uma avaliação quantitativa das características funcionais do produto/parte. O seu propósito é fazer um refinamento dos dados técnicos e dos dados coletados através de observação prática, resultando em informações disponíveis melhores e mais detalhadas.

Relatório do Estágio 1: esse relatório é, provavelmente, o único documento que os tomadores de decisão irão utilizar para decidir se o projeto deve ou não ser descontinuado. Seu objetivo é disponibilizar um sumário com tudo que se sabe sobre o produto/item incluindo fatores econômicos e logísticos como: estimativa do custo unitário de produção e estimativa do custo de projeto.

Recomendações gerais: nesse passo, o time de ER tem a chance de decidir se o projeto vai ou não ingressar no Estágio 2. Primeiramente, avalia-se se os dados técnicos disponíveis são adequados e se podem ser usados para, no futuro, fabricar peças sobressalentes. Logo após, é necessário analisar se é economicamente viável ingressar no segundo estágio do processo. Caso não seja, o projeto é finalizado.

Decisão final de continuar ou não o projeto: como já dito anteriormente, os dados necessários para tomar a decisão de continuar ou não o projeto encontram-se no relatório do Estágio 1. Após uma avaliação completa do primeiro estágio, decide-se se o projeto segue ou não para o Estágio 2. A figura 3.3 apresenta uma visão geral das atividades realizadas no Estágio 1.

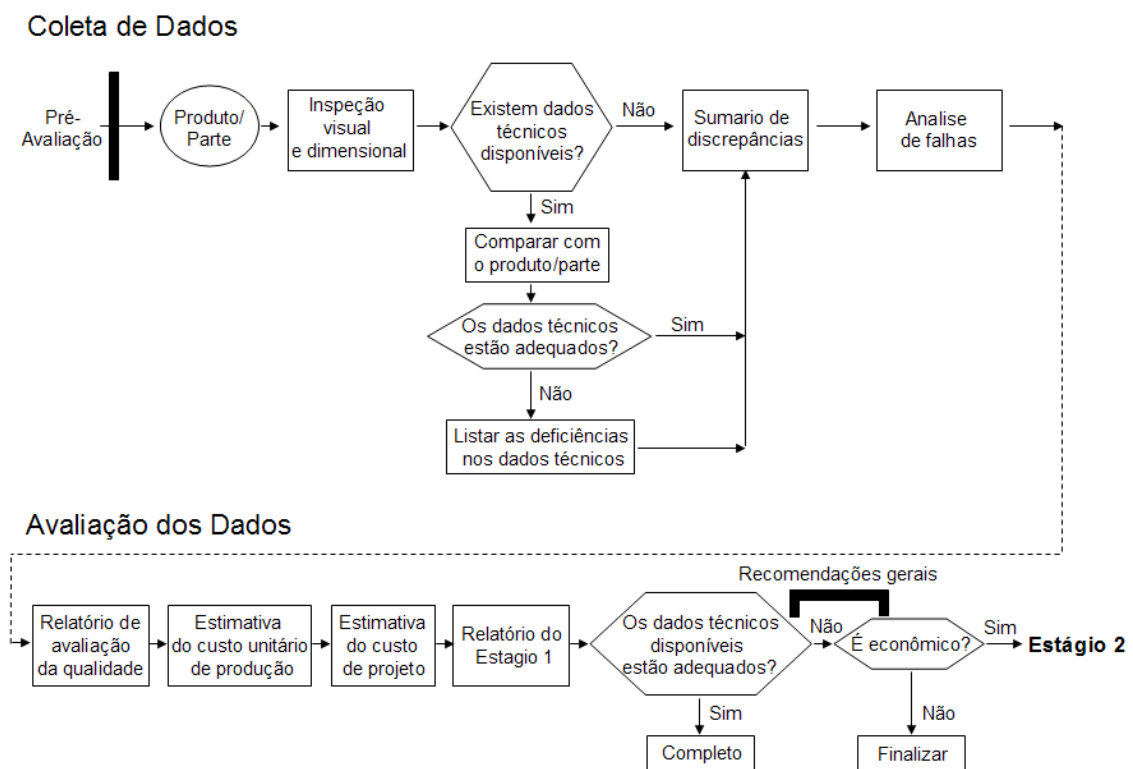


Figura 3.3 – Sequência de passos do Estágio 1
Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

3.3.3 Estágio 2 – Geração dos dados técnicos

Os dados técnicos se desenvolvem durante todos os quatro estágios do processo de ER. Antes de se iniciar o Estágio 2, os dados disponíveis são resultados da coleta feita na pré-avaliação e no Estágio 1.

Geração dos dados técnicos: à partir do momento que o segundo estágio se inicia, seu objetivo principal é desenvolver os dados técnicos faltantes. Esses dados incluem dimensões,

materiais, superfícies, acabamentos, interfaces, tolerâncias, desempenho e o teste das especificações.

Conjunto de desenhos preliminares (CDP): Após as medições realizadas no primeiro estágio e sua comparação com as dimensões das amostras, podem-se obter dimensões exatas o suficiente para se construir os desenhos técnicos. Eles necessitam possuir todas as dimensões físicas da parte/produto e todos os detalhes descritos precisamente. É importante ressaltar a importância e a dificuldade de se obter dimensões exatas, sendo esse o motivo de se realizar diversas medições de várias amostras.

Conjunto de dados técnicos preliminares (CDTP): os desenhos técnicos já adequados juntamente com o desempenho, testes de especificação e qualquer outro dado que seja necessário (ferramentas especiais, por exemplo) formam um conjunto de dados preliminares que são verificados. Caso todos os dados contidos estejam adequados, esse conjunto pode ser considerado, agora, um conjunto de dados técnicos preliminares e, então, é possível se ingressar no Estágio 3.

A figura 3.4 apresenta uma visão geral das atividades que são realizadas para a conclusão do Estágio 2.

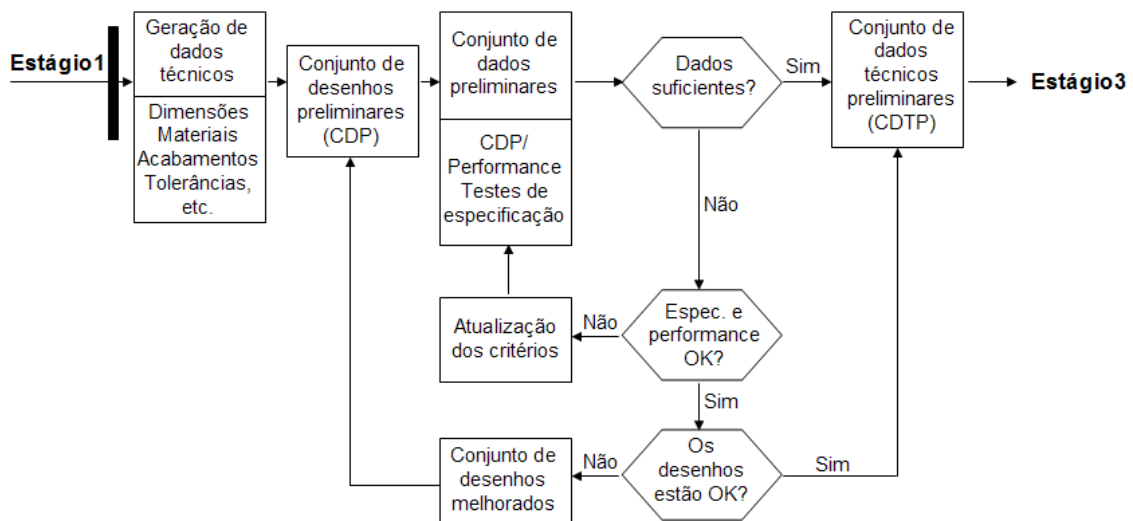


Figura 3.4 – Sequência de passos do Estágio 2

Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

3.3.4 Estágio 3 – Verificação do *design*

A aprovação do CDTP é o primeiro passo do terceiro estágio. Caso o CDTP não seja aprovado, ele retorna para sofrer melhoramentos até que possua os dados adequados.

Determinação dos protótipos: após a aprovação do CDTP, verifica-se se a construção de protótipos realmente é necessária. Esse passo é considerado de risco, uma vez que a construção de protótipos representa uma grande porção dos custos da ER. O número de

protótipos a serem fabricados aumentam de acordo com o risco que o mesmo possui de sofrer falhas mais graves.

Teste operacional: os testes operacionais verificam se o *design* proposto pela ER está conforme aos parâmetros do *design* da peça original.

Teste do sistema: esse teste verifica, de fato, se o *design* proposto pela ER é adequado. O produto/parte é inserido dentro de um sistema em funcionamento para realizar a função de seu produto/parte equivalente. Caso essa tarefa não seja realizada de forma correta, ou com falhas, o *design* não está de acordo com o necessário.

Análise de falhas e reprojeto: se o produto/parte não for aprovado no teste do sistema, conduz-se uma análise de falhas do protótipo e corrigem-se os defeitos encontrados. A peça redesenhada corre o risco de não ser aprovada, e caso isso ocorra, o projeto é finalizado. Se o novo *design* for aprovado o ciclo recomeça.

Crítérios de inspeção e de qualidade: os critérios de inspeção necessitam ser bem definidos, pois serão utilizados na produção dos lotes do produto/componente, que deverão estar de acordo com as tolerâncias especificadas. Os critérios de qualidade seguem os padrões de normas como, por exemplo, a série ISO 9000. Assim como os critérios de inspeção, os requisitos de garantia da qualidade são utilizados para a produção dos lotes.

Conjunto de dados técnicos completos (CDTC): os dados do CDTP aprovados juntamente com os critérios de inspeção e qualidade já definidos formam o conjunto de dados técnicos completos (CDTC). O CDTC contém todos os dados que servirão de base para as produções dos lotes futuros. Uma vez que esse novo conjunto seja reavaliado pelos engenheiros e projetistas sênior, o CDTC pode ingressar no Estágio 4.

A figura 3.5 apresenta a sequência de atividades a serem realizadas no Estágio 3 do processo de ER.

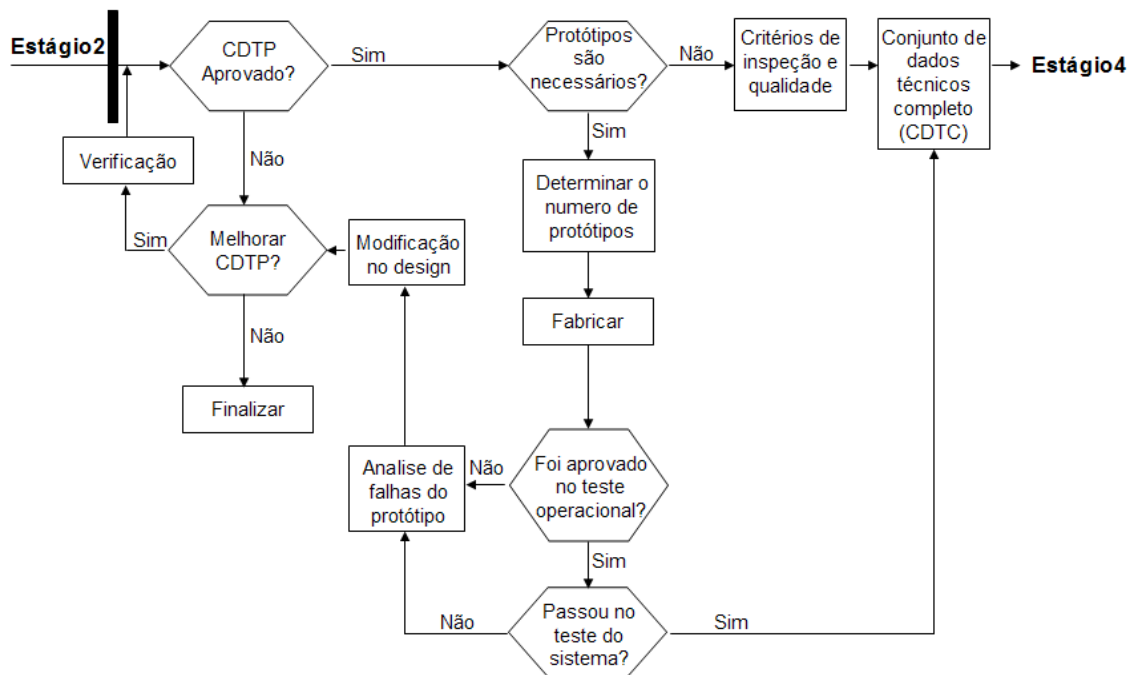


Figura 3.5 – Sequência de passos do Estágio 3
 Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

3.3.5 Estágio 4 – Implementação do projeto

É o último estágio do processo de ER. Nele, o CDTC é finalizado obtendo-se o conjunto final de dados técnicos (CFDT) e o projeto, implementado.

Requisitos de aquisição: Os requisitos de aquisição são diferentes dos requisitos de *design* e por isso, não pertencem ao Estágio 3. Eles incluem especificações técnicas, definição do tipo de embalagem que será utilizada, modo como será manuseado e transportado, formas de pagamento, datas de entrega, critérios de inspeção de qualidade etc.

Entrega dos protótipos: a entrega dos protótipos fornece a visualização do *design* proposto e pelo menos um protótipo acompanha o conjunto final de dados técnicos para a aprovação final.

Relatório final econômico e de engenharia: cada um desses relatórios detalha individualmente o processo usado para atingir os resultados de um único projeto de ER. Eles incluem informações detalhando os motivos da seleção do item (candidato) para a realização da ER, o estabelecimento da configuração final do produto/parte, sumário dos dados técnicos desenvolvidos nos Estágios 2 e 3, sumário das dificuldades superadas nos *design* e nos testes, sumário de todos os testes realizados e os resultados econômicos do processo de ER.

Conjunto final de dados técnicos (CFDT): o CFDT obtido por meio da finalização do CDTC e os relatórios finais (econômico e de engenharia) passam por uma aprovação final por

um comitê que é responsável por garantir que a integridade do sistema não será comprometida e que gastos desnecessários não sejam realizados.

Implementação do *design* de ER: uma vez que o projeto esteja aprovado, são tomadas as medidas necessárias para que o produto/parte resultante do processo de ER seja consolidado na linha de produção. Quando o primeiro lote for solicitado (compra realizada), o projeto de implementação tem início.

A figura 3.6 apresenta a sequência de passos do Estágio 4.

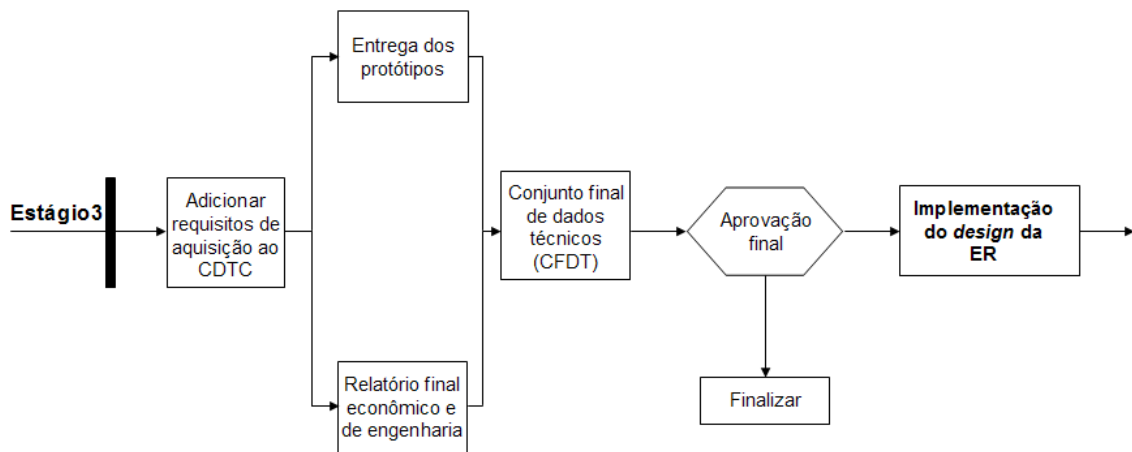


Figura 3.6 – Sequência de passos do Estágio 4
Fonte: Adaptado de Ingle (1994)

3.4 O método de Engenharia Reversa e Reprojeto proposto por Otto e Wood (1998a)

Segundo Otto & Wood (1998a), o método de ER e reprojeto é composto por três fases distintas: ER, modelagem e análise e reprojeto. Essa abordagem, segundo os autores, permite um melhor entendimento do produto que é primeiramente apresentado ao mercado e que necessita de uma visão para reprojeto do mesmo, devido a alguma falha ou evolução necessária. A ER, nesse contexto, permite prever como os produtos devem funcionar e o que devem fazer. O produto não é somente reproduzido, mas melhorado através da utilização de ferramentas como QFD (*Quality Function Deployment*) e *benchmarking*.

De uma forma geral (macro), pode-se visualizar o método de ER e reprojeto a partir da figura 3.7.

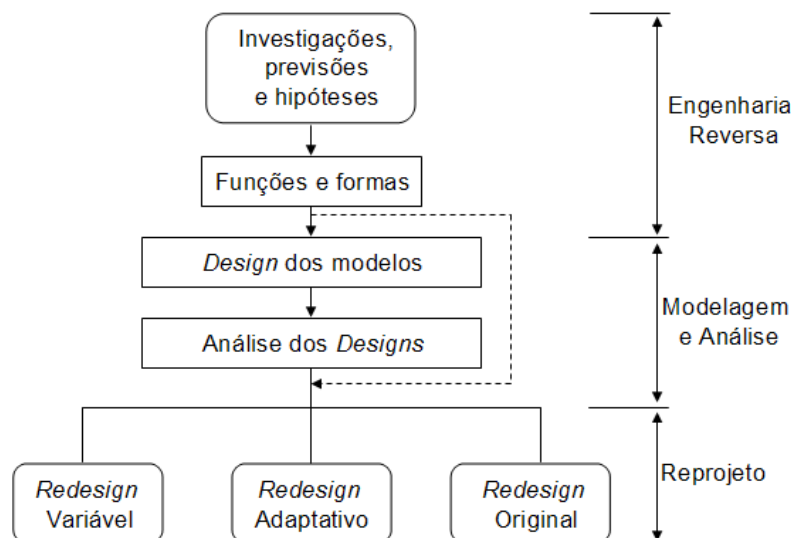


Figura 3.7 – Método de ER e reprojeto
 Fonte: Adaptado de Otto & Wood (1996)

A seguir são apresentadas as etapas do processo de ER e reprojeto proposto por Otto e Wood (1996).

Seleção do produto e desenvolvimento: o processo começa com a seleção de um produto que já esteja presente no mercado. Isso se justifica pelo fato de que para um produto ser redesenhado ele precisa, obviamente, já existir. Esse produto existente já possui uma tecnologia agregada, portanto serve de ponto de partida para o desenvolvimento.

Análise das necessidades do cliente: nesse passo ouve-se a voz do cliente, e para isso existe uma série de métodos disponíveis para que a compreensão das necessidades do cliente seja mais fácil. São utilizadas entrevistas, questionários, grupos de foco e entrevistas dirigidas. Obtém-se uma lista de necessidades do cliente que é classificada para que seja possível identificar o quanto cada necessidade citada é importante para os clientes como um todo. A análise completa dos clientes é resumida em uma lista a qual os desenvolvedores usarão como base para tomada de decisão.

Análise de oportunidades do mercado: inicialmente analisam-se os custos de desenvolvimento em relação às receitas futuras esperadas. As receitas futuras devem superar os gastos realizados no desenvolvimento. No entanto, considera-se na análise os riscos envolvidos e a variação do dinheiro de acordo com o tempo. No que diz respeito aos riscos, leva-se em consideração que os retornos futuros não são garantidos, portanto, para ser economicamente viável ele precisa possuir um maior retorno sobre o investimento do que uma alternativa de baixo risco apresentaria. A variação do dinheiro de acordo com o tempo leva em consideração o fato de que o dinheiro que se possui hoje terá um valor maior daqui a cinco anos, por exemplo. Isso se deve ao fato do rendimento sofrido pelo dinheiro que se

possui. Considerando essas mudanças, observa-se um fardo financeiro em todos os projetos de desenvolvimento de produtos.

Desmontagem do produto: o produto é desmontado como o objetivo de se compreender o seu funcionamento detalhado. A análise do sistema (produto) é transformada em informações que serão usadas para a criação do reprojeto. Durante a desmontagem é criado um registro escrito que detalha o produto (materiais utilizados na sua manufatura) denominado BOM (*Bill of Materials*). É recomendável que sejam tiradas fotos da sequência de montagem e um desenho CAD “explodido” do produto. Por fim, realiza-se um SOP (*Subtract and Operate Procedure*) onde cada componente do produto é retirado individualmente sendo possível avaliar o funcionamento do produto na ausência do mesmo. Através desse método é possível descobrir componentes de baixa funcionalidade ou desnecessários.

Análise funcional: A partir da desmontagem do produto, obtiveram-se informações sobre o funcionamento de cada componente, suas propriedades físicas e seu processo de manufatura. Esses dados são comparados com as necessidades dos clientes para que sejam priorizados os fatores mais importantes. A função do produto é representada de forma muito simples, geralmente com apenas um verbo e um substantivo: “cortar papel”, por exemplo. As funções dos produtos podem ser divididas em sub-funções (um componente da função do produto) e abstração (processo de ignorar uma particularidade e enfatizar o geral e essencial). A figura 3.8 mostra um exemplo de uma representação da função total de uma máquina de lavar e suas sub-funções.

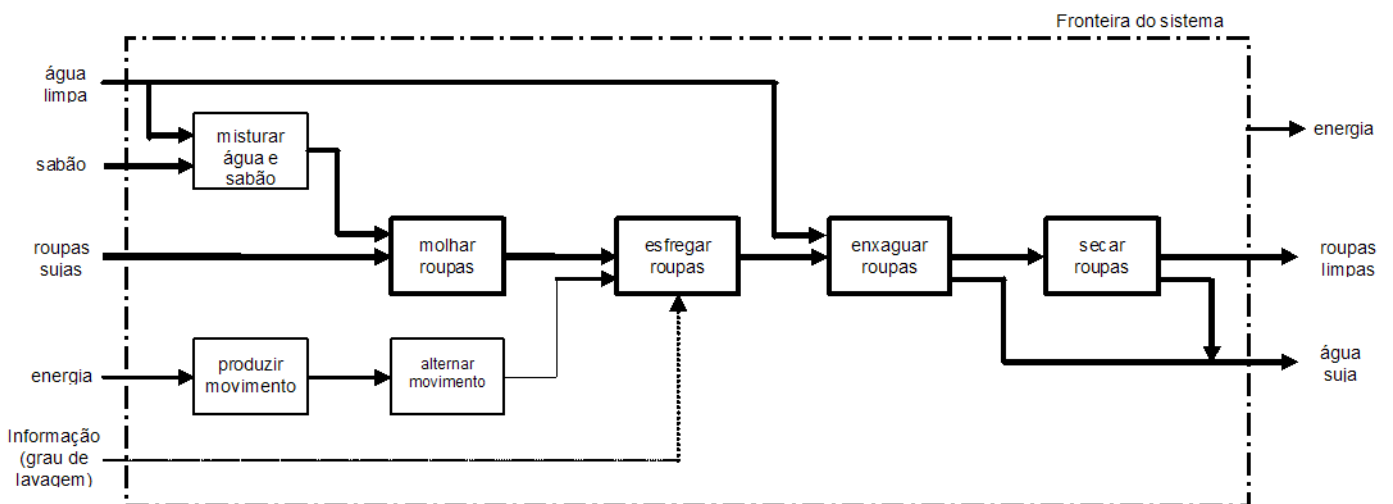


Figura 3.8 – Representação de uma máquina de lavar roupas (função total e sub-funções)

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

Esse passo é importante para mostrar como o produto deve funcionar e adotar uma visão funcional do possível *design* do produto.

Análise competitiva: a realização de um *benchmarking* é importante para se obter uma comparação do produto desenvolvido com um concorrente melhor, proporcionando um melhor entendimento do mercado, ajudando a prever tendências, identificar inovações e tecnologias chave. O processo de *benchmarking* permite enxergar onde, no mercado, existem oportunidades e estabelecer o que seria necessário para tomar a vantagem das mesmas.

Formação das especificações técnicas: à partir das necessidades dos consumidores obtêm-se requisitos para os produtos que são possíveis de serem convertidos em requisitos de engenharia. Sendo assim, cada operação realizada pelo produto deveria estar vinculada com alguma forma de medida e seus valores alvo definidos pelo *benchmarking* já realizado. Os resultados obtidos são dispostos na Casa da Qualidade do QFD sendo possível criar uma espécie de *ranking* de importância para as funções a serem desenvolvidas.

Geração dos conceitos: Até agora, o processo se ateu em cima das necessidades dos clientes sendo possível identificar o que o produto deve fazer. Na parte de geração de conceitos, o foco é como o produto irá realizar as suas funções. Utilizando a modelagem funcional já realizada, geram-se soluções para cada função do produto, ou seja, transformar a função em uma forma física capaz de realizá-la. É importante a geração de mais de uma solução para cada função do produto, essas soluções são combinadas disponibilizando uma série de conceitos alternativos. Os conceitos são criados levando em consideração as interfaces que cada forma física (de uma função) possui em relação às outras e as suas interfaces com o ambiente. Existem vários métodos para ajudar a gerar tais conceitos como o *brainstorming*, por exemplo.

Análise morfológica: é construída uma matriz morfológica aonde as linhas representam as operações identificadas na análise funcional e as colunas, possíveis soluções. O objetivo dessa matriz é identificar partes que estejam repetidas (listadas mais de uma vez) representando componentes que estariam realizando mais de uma função no produto, sendo assim, mudanças em operações isoladas poderiam repercutir de maneira negativa em um componente.

Incorporação dos conceitos: Nessa fase do processo, o conceito selecionado toma forma e são utilizados parâmetros e *layout* específicos (composição do material, *layout* geométrico, fatores econômicos, padrões de qualidade e manufatura). A maior dificuldade enfrentada ao incorporar um conceito é a variação dos parâmetros, ou seja, ao alterar um parâmetro específico pode-se afetar outro. Podem-se utilizar, também, técnicas como DFM (*Design for Manufacture*) para simplificar os conceitos incorporados (diminuir o número de peças de um produto, por exemplo). Modelos matemáticos (virtuais) e protótipos físicos são meios de se analisar de modo mais profundo como o produto irá operar e identificar possíveis melhorias.

- Modelos virtuais: para gerar esse modelo é necessária a listagem das necessidades mais importantes do cliente e especificações de engenharia provenientes da Casa da Qualidade (QFD). Os princípios físicos (condução, propagação, radiação, por exemplo) e requisitos de modelagem associados a cada componente são, também, identificados. Logo após, cria-se um diagrama causa e efeito onde os desejos dos consumidores correspondem aos efeitos e as causas são os princípios físicos a eles associados. Esse diagrama é então, transformado em um conjunto de equações matemáticas com os parâmetros adequados.
- Protótipos físicos: em alguns casos, fatores como complexidade do produto, tempo e economia podem impedir a construção de um modelo matemático. Nessa situação, a criação de um modelo físico pode ser uma alternativa. Os protótipos físicos podem ser criados com variações de tamanho, forma, textura etc., para análise e experimentação.

Reprojeto: os autores descrevem diferentes tipos de projeto que também podem ser considerados reprojeto, pois os mesmos não significam uma variação do projeto. A palavra reprojeto implica que o produto já existe, mas necessita de uma reformulação para corrigir alguma falha existente, fornecer algum melhoramento etc. Todas as necessidades dos clientes foram identificadas, analisadas e organizadas. As funções do produto foram elaboradas levando em consideração os princípios físicos que as envolvem. Formaram-se as especificações técnicas e os conceitos. O time responsável pela mudança do produto utiliza, nesta fase do processo, os dados disponíveis para formular o reprojeto do produto. Os tipos de projeto podem ser classificados em: original, adaptativo e variável.

- Projeto original (ou inventivo): envolve a elaboração de uma nova solução (original) para uma determinada tarefa. O resultado do projeto original é chamado de invenção. Geralmente as invenções originais representam um maior risco de insucesso ao entrar no mercado.
- Projeto adaptativo (ou síntese): envolve a adaptação de um sistema já conhecido para realizar uma tarefa diferente. Soluções alternativas são buscadas para incluir ou retirar funções do produto. Esse tipo de projeto não necessita de uma reconstrução completa do sistema dentro do qual o produto irá operar e é o mais comum entre as atividades de projeto realizadas. Esse fato ocorre devido à própria necessidade do mercado de receber produtos dos quais o cliente já está habituado. Como consequência dessa necessidade apresentada pelo consumidor, o risco do produto que entra no mercado respeitando esses limites é bem mais razoável.

- Projeto variável (ou modificação): envolve a variação dos parâmetros (tamanho, geometria, propriedades dos materiais etc.) de alguns aspectos do produto com o objetivo de desenvolver um novo projeto mais robusto. Nesse tipo de projeto procura-se alterar o desempenho dos subsistemas sem modificar sua configuração.

3.5 Comparação entre os métodos propostos por Ingle (1994) e Otto e Wood (1998a)

Por meio da análise dos dois métodos descritos anteriormente, podem-se observar alguns fatos importantes. O mais marcante se encontra na diferença de foco dado pelos dois autores tanto no processo quanto na seleção do produto que deve se submeter a ER.

O quadro 3.1 apresenta as principais diferenças observadas entre as abordagens proposta pelos dois autores e foi estruturado da seguinte maneira:

- **Etapas do processo;**
- **Seleção do produto:** refere-se à seleção do produto que irá passar pelo processo de ER. Possui contexto diferente da seleção do produto referência a qual o presente trabalho foca;
- **Ferramentas e técnicas:** cita algumas ferramentas e técnicas que podem ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento da ER;
- **Foco principal:** diz respeito a qual é o objetivo principal do método de ER proposto.

Quadro 3.1 – Comparação entre os métodos de Ingle (1994) e Otto & Wood (1998a)

	Ingle (1994)	Otto e Wood (1998a)
Etapas do processo	Pré-Avaliação (1) Avaliação do <i>design</i> e verificação dos dados e informações existentes; (2) Geração dos dados técnicos; (3) Verificação do <i>design</i> ; (4) Implementação do projeto.	(1) Engenharia Reversa (2) Modelagem e análise (3) Reprojeto
Seleção do produto	Maior taxa de falha; Maior utilização anual; Gerador de muitas despesas; Falta de suporte técnico; Obsolescência.	Análise das necessidades dos clientes; Análise de oportunidades do mercado.
Ferramentas e técnicas	CAD (<i>Computer Aided Design</i>); CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>).	QFD; DFM (<i>Design for Manufacturing</i>); FMEA (<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>); CAD; Matriz morfológica; <i>Brainstorming</i> etc.
Foco principal	Reproduzir um produto/peça: <ul style="list-style-type: none"> ▪ fora de produção; ▪ possui partes difíceis de serem encontradas; ▪ não possui mais as informações e o suporte técnico necessário. 	Redesenhar um produto já existente no mercado devido a alguma falha ou evolução necessária; Prever como os produtos devem funcionar e o que devem fazer; O produto não é somente reproduzido, mas melhorado; Realizar o reprojeto do produto com foco no cliente.

Ingle (1994) apresenta a ER como um processo utilizado para a reprodução de peças que se encontram fora de produção, com componentes que apresentam dificuldades em serem encontrados ou com informação e suporte técnico não disponível. Otto e Wood (1998a) apresentam a ER e reprojeto do produto como um meio de atender as necessidades dos clientes, focando em melhorias e correções de falha.

Ambas as abordagens pressupõem a definição dos objetivos que se espera obter com a aplicação da ER. Ingle (1994) foca na escolha do componente mais crítico para o sistema, já Otto e Wood (1998a), realizam a escolha a partir das necessidades dos clientes e oportunidades do mercado para cada produto.

Ao analisar a descrição dos dois métodos, feita no presente capítulo, foi possível concluir que o método proposto por Otto e Wood (1998a) possui o seu foco voltado para o processo de desenvolvimento de produtos. Sendo assim, ele se encaixou de maneira mais adequada ao contexto do presente trabalho e sua estrutura serviu como base para criação das perguntas relacionadas à ER presentes no protocolo de pesquisa (Apêndice A).

Levando em consideração ainda o método de Otto e Wood (1998a), e a existência e entrada constante de uma grande quantidade de novos produtos no mercado, a análise individual de cada um deles para seleção do produto de referência pode-se tornar uma tarefa difícil. No caso de EBT incubadas, onde normalmente existe apenas um produto a ser desenvolvido com maior restrição de recursos, se comparado a empresas já consolidadas, a seleção do produto de referência é um fator preponderante de sucesso do projeto de incubação (GIUDICI e PALEARI, 2000).

Como visto no tópico 2.3 do presente trabalho, a ER pode ser utilizada como um meio de obtenção e melhoria de novos produtos para empresas de base tecnológica. Sendo assim, realizou-se uma revisão bibliográfica com objetivo de se identificar de forma organizada e sistemática os métodos de seleção de produtos de referência utilizados nos trabalhos científicos que envolvem a aplicação dessa técnica.

3.6 Revisão bibliográfica de ER

Os artigos foram consultados, principalmente, no Portal Periódicos da CAPES e a identificação dos trabalhos mais citados através do ISI *Web of Knowledge*. No total são 36 artigos tendo como seu tema principal a Engenharia Reversa, com seu período de publicação entre os anos de 1996 e 2010. Estes artigos se encontram presentes no Apêndice B, que foi construído com foco em seis elementos chave:

- **Ano:** ano de publicação do artigo em ordem cronológica;
- **Autores;**
- **Método base de ER (utilizado ou citado):** cada artigo utiliza um método base de ER para a dissertação de seu tema proposto. Os métodos podem ser o de Otto e Wood (1998a), Ingle (1994), proposto pelo próprio autor ou o que foi classificado como método genérico (a definição geral já descrita nesse trabalho, no início da fundamentação teórica sobre ER). Os métodos de ER podem ter sido utilizados pelos autores ou apenas citados para dar início ao seu trabalho;
- **Necessidades que levam a aplicação da ER;**
- **Seleção do produto de referência;**
- **Comentários:** comentários adicionais sobre o artigo.

O Apêndice B mostra que a maioria dos artigos utilizou como meio de aplicação da ER um método genérico. Como já visto no Capítulo 3, esse método envolve a captura da forma de objetos tridimensionais e a recriação das mesmas com o auxílio de ferramentas de CAD.

Dessa maneira, ele foi desconsiderado já que não possui relação como processo de desenvolvimento de produtos.

Com relação às necessidades que levam a aplicação da ER, observa-se que grande parte dos artigos não menciona os critérios utilizados. Outra parte considerável apresenta a necessidade na recuperação de dados técnicos, criação de modelos CAD, inspeção etc. Esse tipo de necessidade possui maior compatibilidade com o método de ER proposto por Ingle (1994). No entanto, esse escopo não é o foco do trabalho proposto, uma vez que não está relacionado ao processo de desenvolvimento de produtos.

Os artigos que possuem justificativas relacionadas ao PDP às apresentam com o foco em melhorias e adaptações. Por exemplo, Otto e Wood (1996) recomendam o processo de ER para produtos que necessitam de evolução, Dias (1998) para produtos que carecem de atualização.

No que se refere à seleção do produto de referência, foram encontrados três artigos que citam o *benchmarking*. Os demais artigos não apresentam informações sobre esse tópico. Em muitos casos ele não se aplica, pois a ER é mencionada como uma técnica de recuperação de dados técnicos, criação de modelos CAD, inspeção etc., não servindo como um método de desenvolvimento de produtos.

Já foi mencionado que o processo de ER envolve altos custos e que existe uma grande quantidade de produtos sendo apresentados ao mercado anualmente. Tendo isso em mente, se o produto necessita de atualização ou evolução, quais são as tecnologias chave? O que leva o produto ser mais aceito no mercado? Quais são os direcionadores do produto?

É dentro desse contexto que o TRM pode ser utilizado, uma vez que seu caráter estratégico pode auxiliar na identificação dos potenciais produtos de referência, agindo como uma ferramenta de seleção do mesmo.

3.7 Formas de identificação de produtos de referência para ER

Trabalhos como os de Otto e Wood (1996), Otto e Wood (1998b) e Mury e Fogliatto (2001) citam a realização do *benchmarking* como meio de identificação de produtos de referência para que sejam estabelecidas metas de desempenho na realização de um processo de ER.

Segundo Anand e Kodali (2008), as definições de *benchmarking* variam. Os temas chave abordados por essas definições incluem medição, comparação, identificação das práticas úteis, implementação e melhorias:

- Segundo Bhutta e Huq (1999), o *benchmarking* é uma ferramenta para melhorias, obtidas por meio da comparação com outras organizações que são reconhecidas como as melhores na área;
- Para Choy *et al.* (2002), *benchmarking* é a comparação sistemática dos elementos de desempenho de uma companhia contra as práticas úteis de companhias mais relevantes, obtendo informações que irão ajudar a identificar e implementar melhorias;
- Maire *et al.* (2005) aponta que o *benchmarking* é utilizado para as empresas melhorarem seu desempenho.

O presente trabalho não propõe, somente, a identificação das práticas úteis (no caso, produto de referência) e implementação de melhorias, mas sim integrar os negócios e a tecnologia ao processo de desenvolvimento do produto (PHAAL *et al.*, 2001a; PHAAL *et al.*, 2004a), identificando assim um produto de referência que possua todos os aspectos de mercado, produto e tecnologia. Essas ações podem ser realizadas por meio da aplicação de um TRM. Esse ponto se torna mais importante para EBTs, frente à necessidade do desenvolvimento de tecnologia que as mesmas sofrem (DAHLSTRAND, 2007).

A utilização do TRM, dentro do contexto apresentado no Capítulo 4 e da proposta deste trabalho, visa ultrapassar algumas barreiras enfrentadas durante a aplicação de um *benchmarking*:

- Hinton *et al.* (2000) afirmam que um dos maiores problemas enfrentado por empresas que realizam o *benchmarking* é a identificação de dados de comparação.
- Maire *et al.* (2005) apontam como problemas na realização do *benchmarking* a dificuldade que as empresas possuem em definir o que são as práticas úteis de forma mais precisa e depois identificá-las.
- Collins *et al.* (2006) identificaram que a análise dos dados feitas em um *benchmarking* é uma área que necessita de mais refinamento e levantaram a seguinte questão: como pode ser provado que as práticas úteis identificadas são realmente as melhores?

Capítulo 4 – *Technology Roadmapping*

O presente capítulo tem início apresentando a definição do TRM, seu propósito (tópico 4.1) e suas primeiras abordagens (tópico 4.1.1).

No tópico 4.2, são apresentadas as aplicações e tipos de *roadmaps* assim como suas fronteiras de aplicação.

Logo após (tópico 4.3), são descritas as diversas abordagens do TRM quanto ao seu propósito (tópico 4.3.1), formato (4.3.2) e introduzidos os principais modelos: o T-plan proposto por Phaal et al. (2001a) e o Technology Roadmap de Produto/Tecnologia de Albright e Kappel (2003), descritos de maneira detalhada nos tópicos 4.4 e 4.5, respectivamente.

Por fim, são feitas as considerações finais sobre o desenvolvimento da teoria e introdução ao estudo de caso (tópico 4.6).

4.1 Definição de *Technology Roadmapping* (TRM)

Segundo Phaal et al. (2001a) e Phaal et al. (2004a), o TRM auxilia o desenvolvimento e implementação de estratégias integradas de negócio, produto e planos de tecnologia, fornecendo às empresas informações, processos e ferramentas necessárias para produzi-los. *Roadmaps* e o processo de *roadmapping* podem ampliar os horizontes de um planejamento, identificar possíveis ameaças e oportunidades no ambiente de negócios.

Probert e Radnor (2003) apresentam a definição geral do *roadmap* como a visão que um grupo de *stakeholders* deveria possuir para tomar as decisões adequadas para alcançar seus objetivos. O propósito de um *roadmap* é ajudar o grupo a se certificar que as habilidades necessárias estejam no lugar correto para que o objetivo seja alcançado. Essa visão geral é a essência do *roadmap*. Para Giebel et al. (2009), o *roadmap* é, basicamente, um guia que facilita a execução de uma série de atividades de alto nível, previamente definidas, que foram tachadas necessárias para alcançar os objetivos especificados.

O propósito do TRM (*Technology Roadmapping*) é auxiliar o entendimento de como a tecnologia e o conhecimento comercial se combinam para fornecer suporte estratégico, inovação e, conseqüentemente, o processo operacional na empresa no contexto do ambiente externo e interno (PROBERT e RADNOR, 2003; KIM et al., 2009; BLISMAS e WAKEFIELD, 2010). O TRM pode ser aplicado no nível industrial ou empresarial para determinar quando novas tecnologias podem ser utilizadas para aumentar a produtividade. O *roadmap versus* as ferramentas tradicionais de gerenciamento possui a vantagem de ligar diretamente a tecnologia aos negócios, através da utilização de simples gráficos (MCCARTHY, 2003; GERDSRI e KOCAOGLU, 2007).

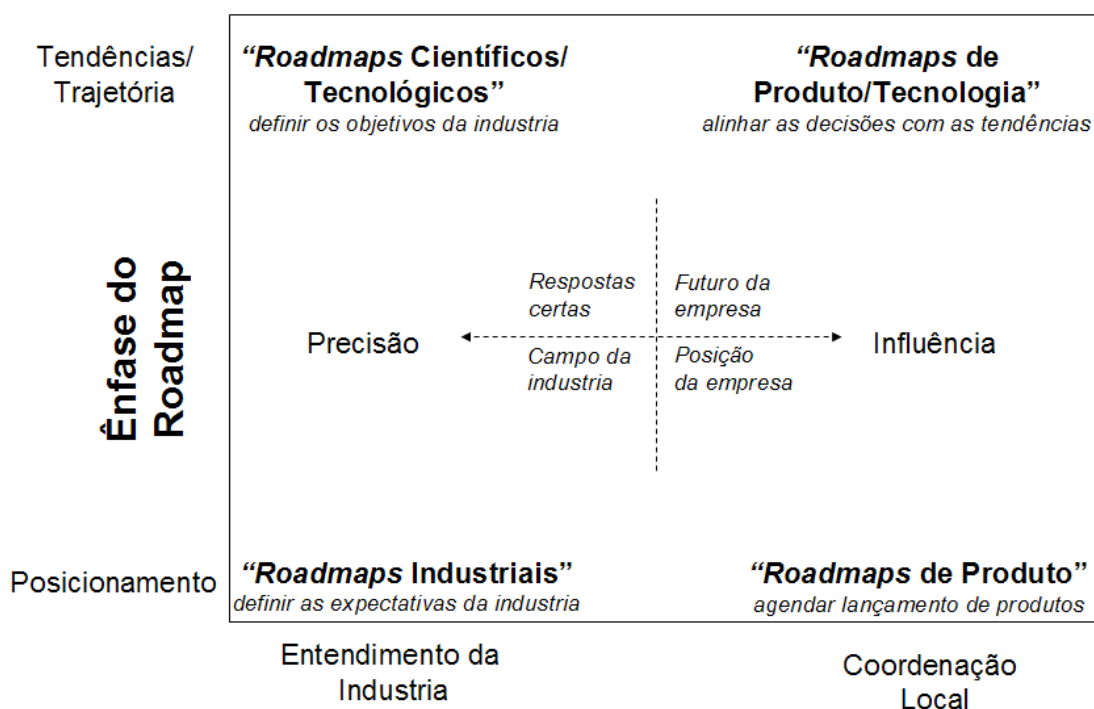
4.1.1 Primeiras abordagens de *Roadmapping*

As primeiras abordagens de *roadmapping* foram introduzidas pela Motorola e pela Corning no final de 1970 e início de 1980 (PROBERT e RADNOR, 2003; GINDY *et al.*, 2006). A Motorola empresa aplica o TRM com o objetivo de melhorar seu processo de desenvolvimento de produtos. Até hoje a empresa ainda continua como uma daquelas que melhor desenvolve e utiliza TRMs. Os *roadmaps* originais da Motorola foram feitos em papel e encontram-se disponíveis *online* (GINDY *et al.*, 2006).

A Motorola criou o Enterprise Roadmap Management System (ERMS) com o objetivo de servir melhor os seus clientes assegurando que todos os associados, colaboradores e parceiros tenham acesso à mesma informação quando estiverem tomando decisões de negócio. O ERMS fornece um processo de *roadmapping*, softwares e arquitetura de informações comum a todos da empresa, possibilitando a habilidade de se criar, construir e compartilhar suas visões tecnológicas, produtos e *roadmaps* de estratégia de negócio com toda a companhia. A prática de *roadmaps* colaborativos permite a identificação de mudanças significativas no mercado, enquanto se identifica desalinhamentos entre as estratégias da empresa (GRINNELL e RICHEY, 2004).

4.2 Aplicações e tipos de *Roadmaps*

Existe uma grande variedade de *roadmaps*. Esse fato ocorre devido à ausência de um processo padrão para sua elaboração (PHAAL *et al.*, 2004b; PHAAL *et al.*, 2001b). Kappel (2001) elaborou uma taxonomia como proposta para caracterizar e compreender as variações do *roadmaps*. Nela, existem quatro grandes áreas de aplicação para o *roadmap*: ciência-tecnologia, indústria, produtos-tecnologia e produto, como mostra a Figura 4.1.



Propósito do Roadmapping

Figura 4.1 – Taxonomia do *roadmapping*

Fonte: Adaptado de Kappel (2001)

Segundo Kappel (2001), a linha horizontal delinea entre os *roadmapings* feitos para obtenção de percepções no nível industrial ou para coordenação no nível empresarial. A linha vertical diferencia os próprios *roadmaps* pela ênfase de seu conteúdo, pelas suas tendências específicas ou pelo posicionamento dentro da indústria.

- **Roadmaps Científicos/Tecnológicos:** o seu propósito principal é entender melhor o futuro identificando tendências específicas e gerando previsões precisas;
- **Roadmaps Industriais:** quando uma previsão de desempenho tecnológico, adoção, custo etc. é combinada a um documento com contexto industrial, o resultado é um *roadmap* industrial. A necessidade de um sistema complexo da cadeia de suprimentos, comunicação entre diversas empresas e um alto investimento de capital leva a necessidade desse tipo de *roadmap*;
- **Roadmaps de Produto/Tecnologia:** quando o planejamento de um produto se combina com as tendências tecnológicas e de mercado, o *roadmap* produto/tecnologia resultante ressalta os *links* entre as gerações do produto e as gerações sucessivas de tecnologia;
- **Roadmaps de Produto:** direciona e agenda a evolução do produto, para que a mesma se comunique com os clientes e as audiências internas.

Para que o *roadmapping* seja aplicado de forma efetiva, sua abordagem necessita ser adaptada para se encaixar às circunstâncias particulares de um caso. Essa adaptação gera melhores resultados do que utilizar um modelo de *roadmapping* já existente e limitar ou distorcer seu contexto estratégico para que ele se encaixe em uma situação particular (PHAAL *et al.*, 2004b; GINDY *et al.*, 2006).

O quadro 4.1 apresenta as fronteiras de aplicação de um *roadmap* definidas por Kappel (2001).

Quadro 4.1 – Fronteiras de aplicação de um *roadmap*

Roadmap possui...	Roadmap é fraco para...	Roadmap é mais útil quando....
Tendência linear	Antecipar mudanças abruptas de tecnologia ou mercado	Fase de crescimento de um produto ou mercado
Caráter tecnológico	Considerar alternativas não tecnológicas e fatores não numéricos	A tecnologia de produto ou processo é a base reconhecida de competitividade
Foco racional/tecnológico	Lidar com problemas políticos/organizacionais	A organização é capaz de se adaptar ao ambiente externo
Certeza implícita	Explorar cenários e alternativas	Regimes previsíveis ou forte influência do ambiente externo
Persistência	Encorajar criatividade	O mercado experimenta um crescimento rápido e sustentável
Alinhamento a problemas complexos	Problemas simples	Existem dificuldades de coordenação
Orientação externa	Responder a pergunta: “qual é a melhor estratégia para nós?”	A voz do cliente necessita ser reforçada

Fonte: Adaptado de Kappel (2001)

Para Gindy *et al.* (2006), o TRM é uma das técnicas mais promissoras para se melhorar o planejamento tecnológico estratégico e entre os seus objetivos principais estão:

- identificação de *gaps*;
- priorização de problemas;
- identificação dos objetivos principais/criação de planos de ação;
- comunicação dentro da organização.

4.3 Technology Roadmapping: propósito e formato

Segundo Phaal *et al.* (2001b), as abordagens do TRM são muito flexíveis e muito de seu uso pode ser mais ligado aos termos *roadmapping* de produto e negócios. Os autores examinaram cerca de 40 *roadmaps* e observaram uma variação no que se refere ao objetivo dos mesmos. A partir da análise da estrutura e conteúdo, foi possível a separação em oito áreas diferentes, referentes ao propósito do TRM, como ilustra a figura 4.2.

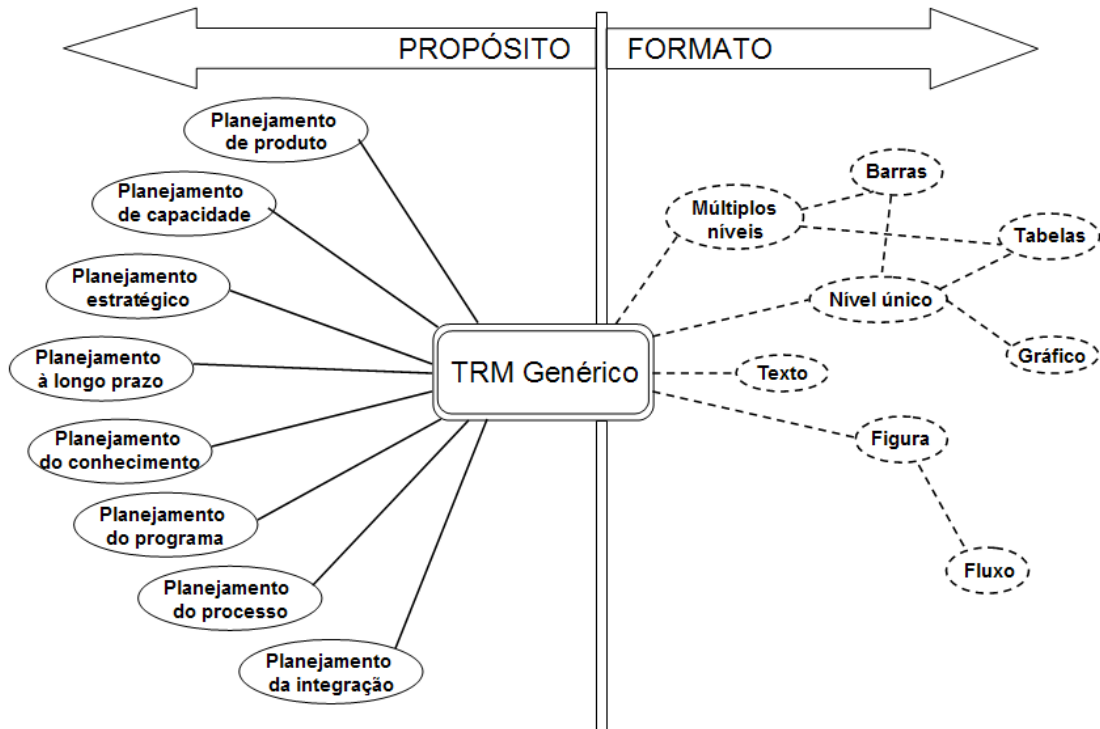


Figura 4.2 – Caracterização do *roadmap*: propósito e formato
 Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001a)

4.3.1 TRM: Propósito (PHAAL *et al.*, 2001a)

Planejamento de produto: o tipo mais comum de TRM. Está relacionado com a inserção de tecnologia em produtos manufaturados e, geralmente, incluindo mais de uma geração de produto, como mostra a figura 4.3.

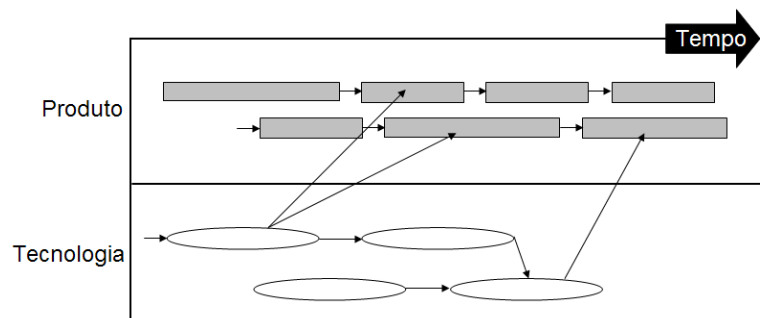


Figura 4.3 – Exemplo de um TRM de planejamento de produto
 Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

Planejamento de serviço/capacidade: similar ao planejamento de produto, porém, mais adequado às empresas prestadoras de serviço, focando em como as tecnologias auxiliam a organização, como mostra a figura 4.4.

Planejamento do conhecimento: alinha o *know-how* e as iniciativas do conhecimento gerencial com os objetivos de negócio, como mostra a figura 4.7.

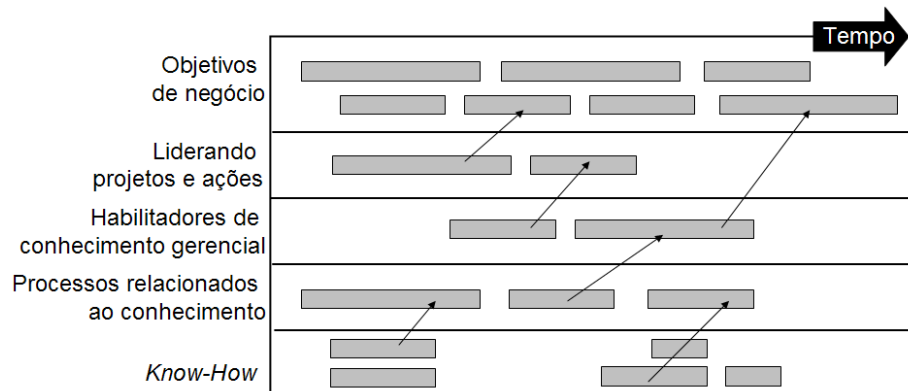


Figura 4.7 – Exemplo de um TRM de planejamento do *know-how*
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

Planejamento do programa: para implementação de estratégia. Está diretamente relacionado com o planejamento de projeto (pesquisa e desenvolvimento, por exemplo), como mostra a figura 4.8.

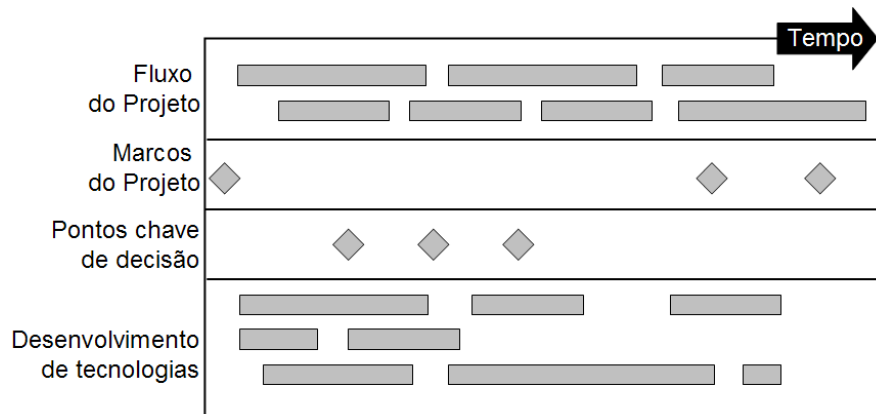


Figura 4.8 – Exemplo de um TRM de planejamento do programa
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

Planejamento do processo: auxilia a gestão do conhecimento, focando em um processo de uma área específica (desenvolvimento de novos produtos, por exemplo), como ilustra a figura 4.9.

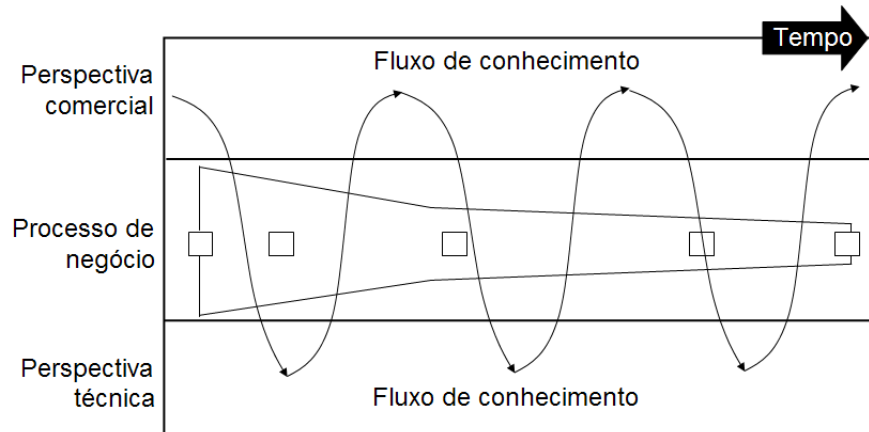


Figura 4.9 – Exemplo de um TRM de planejamento de processo
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

Planejamento da integração: integração e/ou evolução de uma tecnologia, em termos do quanto diferentes tecnologias combinam dentro de produtos e sistemas ou para formar novas tecnologias, como mostra a figura 4.10.

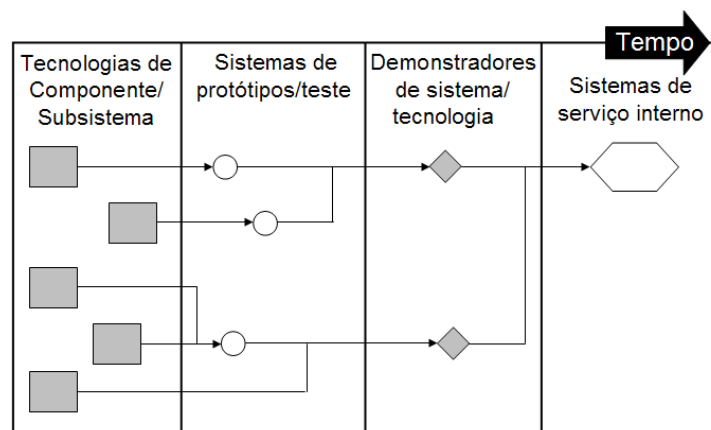


Figura 4.10 – Exemplo de um TRM de planejamento de integração
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

4.3.2 TRM: Formato (PHAAL *et al.*, 2004a)

Múltiplos níveis: é o formato mais comum de TRM. Possui níveis e sub-níveis, como, por exemplo, perspectiva comercial, processo de negócio e perspectiva técnica (vide figura 4.10). O *roadmap* permite explorar a evolução em cada nível, juntamente com os níveis intermediários, facilitando a integração da tecnologia em produtos, serviços e sistemas de negócio.

Barras: os *roadmaps* podem ser montados com uma série de barras para cada nível e sub-nível (vide figura 4.7). Possui a vantagem de simplificar e unificar as saídas necessárias, o que facilita a comunicação, integração dos *roadmaps* e o desenvolvimento de *software* para apoiar o mapeamento.

Tabelas: os *roadmaps* podem ser montados em tabelas (tempo vs. desempenho, por exemplo). Esse tipo de abordagem se encaixa melhor em situações onde o desempenho pode ser quantificado ou suas atividades estão dentro de períodos de tempo especificados.

Gráficos: quando é possível quantificar o desempenho da tecnologia ou produto, o *roadmap* pode ser montado com simples gráficos. Esse tipo de gráfico pode, em alguns casos, ser chamado de curva de experiência.

Nível único: é um subtipo da representação em múltiplos níveis, focando em apenas um nível. É mais simples, porém, não mostra a ligação entre os níveis (vide figura 4.6).

Texto: alguns *roadmaps* podem ser construídos inteiramente com textos ao invés de figuras e gráficos, porém, contendo as mesmas informações.

Figura: utiliza figuras como modo de representação para mostrar a integração entre a tecnologia e os planos.

Fluxo: é um tipo de representação do *roadmap* de figura, que é tipicamente utilizado para relacionar objetivos, ações e resultados.

Podem-se encontrar na literatura alguns modelos que apresentam processos de aplicação do *Technology Roadmapping*. Dentre os principais estão: o *T-plan* proposto por Phaal *et al.* (2001a) e o *Technology Roadmap* de Produto/Tecnologia de Albright e Kappel (2003).

4.4 *T-plan* convencional proposto por Phaal *et al.* (2001a)

A abordagem *T-plan* foi desenvolvida para apoiar gerentes que possuem a preocupação de desenvolver e comunicar seu produto e o planejamento tecnológico com os negócios.

O *T-plan* convencional engloba quatro *workshops* facilitadores. Os três primeiros possuem o foco nas três camadas chave do *roadmap* (mercado/negócios, produto/serviço e tecnologia). O quarto *workshop* junta essas três camadas em uma base temporal para construir o gráfico/tabela de dados, como mostram as figuras 4.11 e 4.12.

- *Workshop 1:* identificação dos direcionadores de mercado e negócios;
- *Workshop 2:* criação das concepções das características do produto;
- *Workshop 3:* identificação das opções de soluções tecnológicas;
- *Workshop 4:* mapeamento dos marcos, produto e evolução da tecnologia.

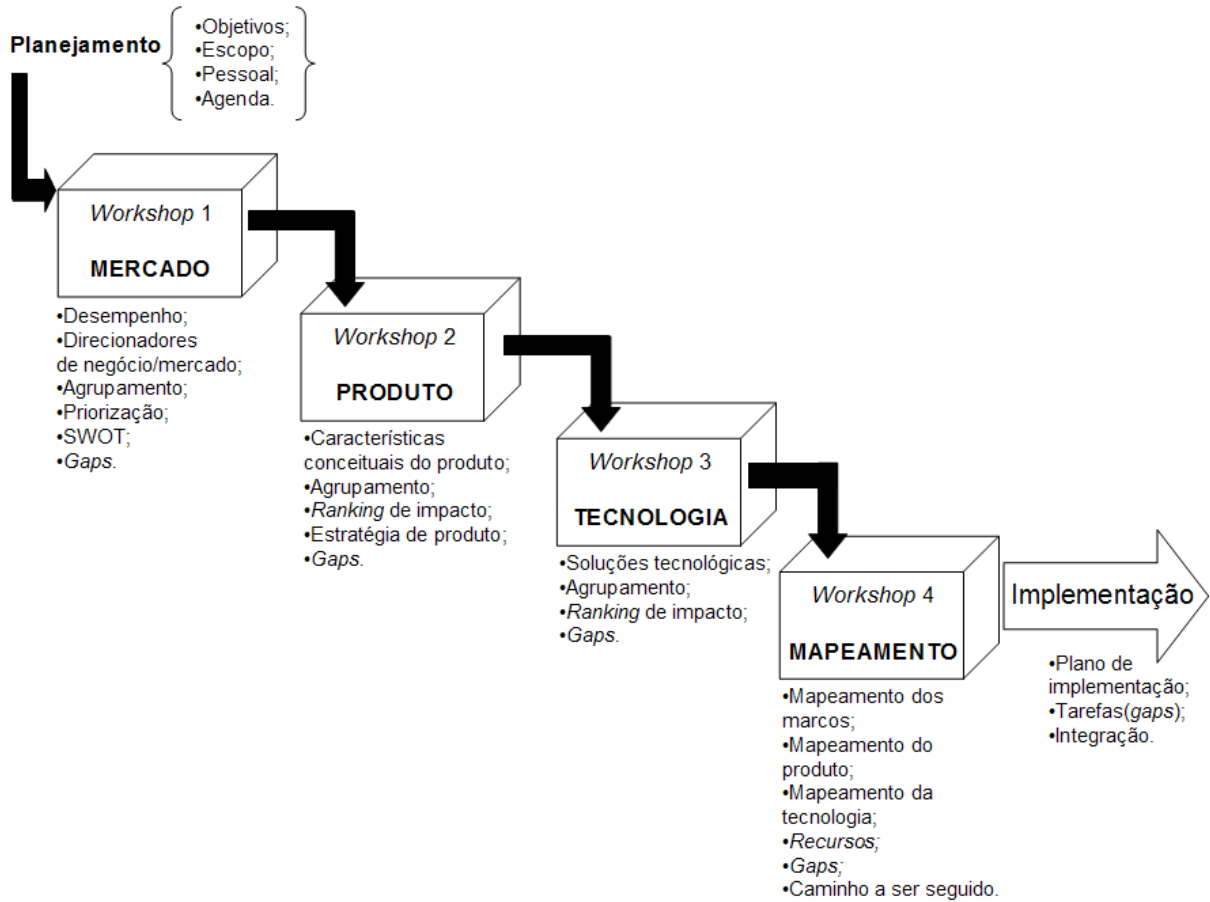


Figura 4.11 – Passos do processo padrão de *roadmapping*
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

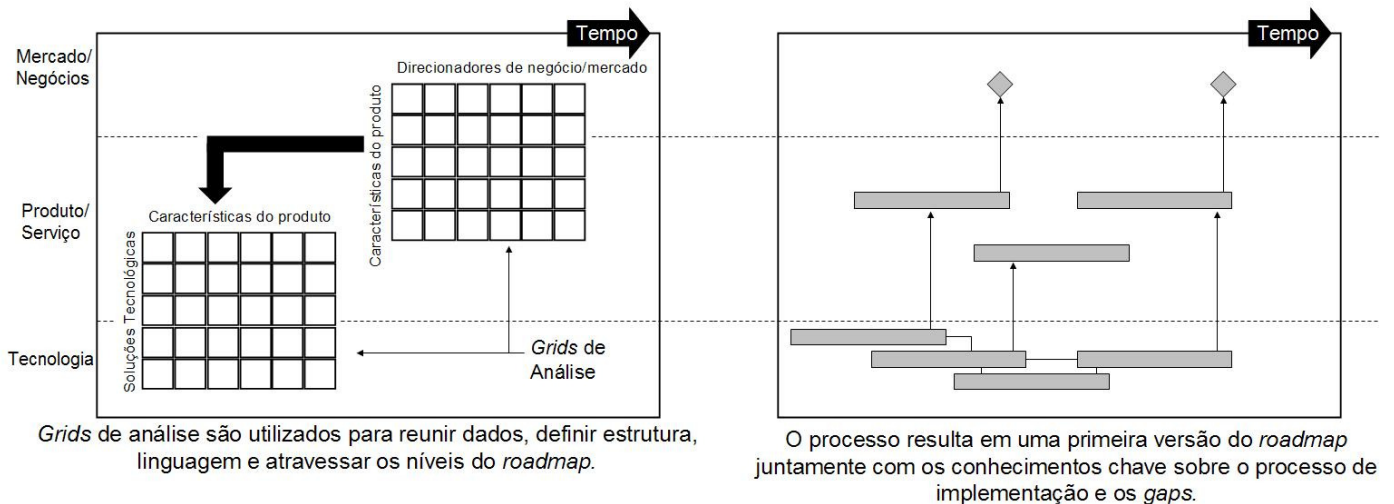


Figura 4.12 – *Grids* de análise ligados aos passos do processo padrão de *roadmapping*
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001b)

4.4.1 Workshop 1 – Mercado

O primeiro *workshop* inicia o processo *T-plan*, focando em assuntos relacionados ao nível de mercado do *roadmap* para identificar direcionadores chave externos (mercado) e internos (negócios). Esses direcionadores definem as motivações que levam ao desenvolvimento dos

produtos/serviços, fornecem os meios de priorizar a importância das concepções das características do produto/serviço (*Workshop 2*) e aumentam a contribuição da tecnologia (*Workshop 3*).

As ações que são realizadas no primeiro *workshop* são:

Introduzir o gerenciamento de tecnologias chave e a abordagem *roadmap*: foca o papel dos recursos tecnológicos nos negócios e a importância de um gerenciamento eficiente dos processos tecnológicos. Descreve o escopo e a estrutura do *T-plan*, incluindo objetivos e métodos gerais.

Identificar um conjunto de dimensões de desempenho do produto: identifica as dimensões de desempenho do produto, como, por exemplo: tamanho, velocidade, facilidade de uso, confiabilidade etc. Esses são aspectos de funcionalidade e desempenho do produto que são, ou podem ser, importantes para o cliente, negócios e tecnologia. As dimensões qualitativas e quantitativas podem ser consideradas, juntamente com o mercado, produto ou perspectivas tecnológicas. As dimensões de desempenho definem um “envelope de desempenho” que liga os níveis de mercado, produto e tecnologia do *roadmap* em termos de “puxar” o mercado e “empurrar” a tecnologia (vide figura 4.13).

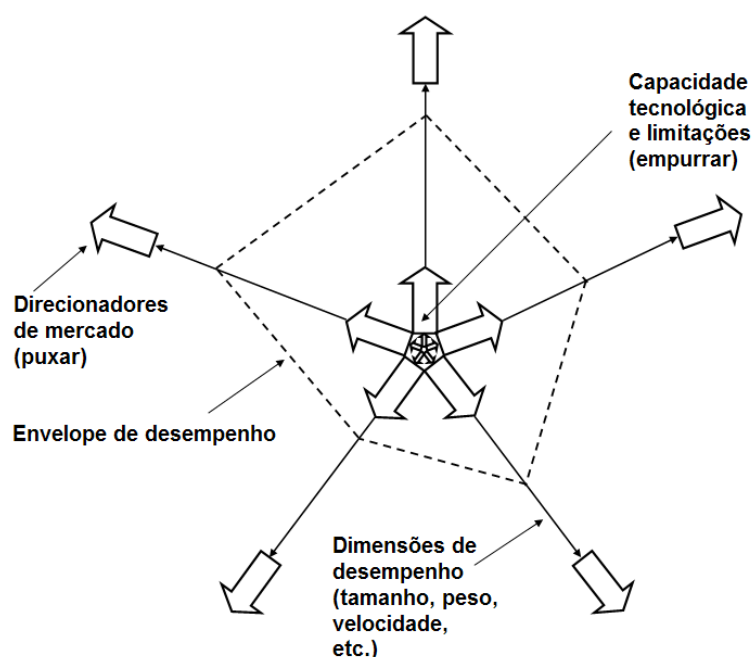


Figura 4.13 – Envelope de desempenho do produto
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001a)

Identificar e priorizar, para os seguimentos chave, os direcionadores de mercado e negócios: identificam-se os direcionadores de mercado (externo) e negócios (interno), focando nas motivações dos clientes e dos negócios, necessidades e benefícios. Direcionadores de negócios genéricos como lucratividade, receita e crescimento são

registrados e incluídos no *roadmap*, mas geralmente não formam níveis no mesmo, a menos que características específicas do produto (*Workshop 2*) se relacionem diretamente com eles. Os direcionadores de negócio e mercado são distribuídos em grupos nos quais se encaixem melhor. Os seguimentos de mercado (diferentes tipos de clientes) são identificados e os direcionadores de mercado são priorizados para os seguimentos mais importantes em uma escala de um a dez (1-10), levando em conta os competidores, a situação competitiva da empresa, necessidades dos clientes e negócios. A mesma ação é tomada para negócios.

Considerar a posição estratégica em termos de ameaças, pontos fortes e fracos: se possível, os desenvolvedores *do roadmap* podem realizar uma análise (SWOT, por exemplo) para explorar as dimensões estratégicas da área (setor) em consideração. Essas dimensões podem ser pontos internos fortes e fracos, oportunidades externas e ameaças.

Identificar os *gaps* de conhecimento: identificam-se os *gaps* de conhecimento, as áreas onde são necessários trabalhos futuros e as atividades que são necessárias para preencher esses *gaps*. Identifica-se, também, ações como: o que, quando e quem.

4.4.2 *Workshop 2 – Produto*

O segundo *workshop* possui o foco no nível de produto do *roadmap*, incluindo aspectos de serviços. São identificados características do produto que fornecem valor em termos de direcionadores de mercado e negócios (identificados no *workshop 1*). Através disso, define-se uma estrutura e uma linguagem na qual a evolução do produto poderá ser explorada. As concepções das características do produto fornecem a base na qual as opções tecnológicas são consideradas (*workshop 3*).

As ações necessárias para a realização do segundo *workshop* são:

Introdução: revisão dos resultados obtidos no primeiro *workshop*.

Identificar as concepções do produto: as dimensões de desempenho obtidas no primeiro *workshop* são utilizadas como uma lista de checagem para a geração de idéias de concepções para o produto e serviço que possuem potencial de satisfazer os direcionadores de mercado e negócios definidos no primeiro *workshop*. Cria-se uma visão de como o produto pode ser desenvolvido no futuro, levando em conta a perspectiva do cliente. As concepções das características do produto são distribuídas em grupos no qual elas se adéquam mais.

Criar um *ranking* para as potenciais concepções do produto: constrói-se uma grade com os direcionadores de mercado e negócios no eixo horizontal e as concepções das características do produto no eixo vertical. Para cada concepção, o impacto que ela possui nos direcionadores de mercado e negócios são graduados em termos de potencial para satisfazer

os clientes. Os autores recomendam uma escala de três pontos (impacto baixo, médio e alto, podendo existir valores negativos para impacto negativo). Os valores de priorização dos direcionadores de cada célula são multiplicados pelas notas dadas e somados (horizontalmente e separadamente para mercado e negócios). Após completar a grade, os resultados são balanceados e, por fim, podem-se identificar características do produto que possuem alto impacto nos diferentes direcionadores (vide figura 4.14).

Valores de Priorização dos Direcionadores (1 a 10)	Direcionadores de mercado			Direcionadores de negócios		Valores priorizados das características do produto				
	3	8	5	2	6	Mercado		Negócios		
	M1	M2	M3	N4	N5					
Características do produto	P1	I		II	I	III	13	3.3	20	10.0
	P2	II	III	II		X	40	10.0	-6	-3
	P3	XX	I	III	III		17	4.3	6	3
						Total	Normalizado (1 a 10)	Total	Normalizado (1 a 10)	

I, II, III – valores positivos
X, XX, XXX – valores negativos

Figura 4.14 – Exemplo do cálculo de valores das características do produto

Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2001a)

Considerar os aspectos estratégicos do desenvolvimento do produto: são consideradas estratégias de produto alternativas que podem satisfazer os objetivos futuros dos direcionadores de mercado e negócio.

Identificar os *gaps* de conhecimento: identificam-se os *gaps* no conhecimento, as áreas onde são necessários trabalhos futuros e as atividades que são necessárias para preencher esses *gaps*. Identificam, também, ações como: o que, quando e quem.

4.4.3 *Workshop 3 – Tecnologia*

O foco do terceiro *workshop* se encontra no nível de tecnologia do *roadmap*. São identificadas opções alternativas de tecnologia que possuem o potencial de gerar as funcionalidades do produto exploradas no segundo *workshop*. Define-se uma estrutura e uma linguagem na qual a evolução da tecnologia pode ser explorada.

As ações realizadas no terceiro *workshop* são:

Introdução: Revisão dos resultados do primeiro e segundo *workshops*.

Identificar soluções tecnológicas que possuem o potencial de fornecer as características de produto identificadas no segundo *workshop*: neste passo são considerados os problemas tecnológicos, as restrições e os desafios. As soluções tecnológicas incluem componentes,

design, produção e informação relacionada às opções tecnológicas. Essas soluções são organizadas em grupos apropriados ou áreas técnicas. São considerados, também, outros recursos importantes como habilidades, conhecimento, financiamento e tempo.

Criar um *ranking* para as tecnologias em potencial: o raciocínio seguido nesse passo é igual ao do *ranking* criado no segundo *workshop*, porém, a linha horizontal é preenchida pelas características do produto e a linha vertical com as áreas tecnológicas. Após a construção da grade, podem-se identificar as áreas tecnológicas que possuem alto impacto nas características do produto.

Identificar os *gaps* de conhecimento: identificam-se os *gaps* no conhecimento, as áreas onde são necessários trabalhos futuros e as atividades que são necessárias para preencher esses *gaps*. Identificam, também, ações como: o que, quando e quem.

4.4.4 *Workshop* 4 – Mapeamento

O quarto *workshop* junta os resultados obtidos no mercado, produto e tecnologia, formando o mapa. Os três *workshops* anteriores resultaram em uma estrutura de linguagem que torna possível a construção de um *roadmap*. É decidido o seu formato, identificam-se os marcos e realiza-se o mapeamento da evolução do produto e da tecnologia.

As ações do quarto *workshop* são:

Introdução: Revisão dos resultados dos três *workshops* anteriores.

Definir o formato do *roadmap*: primeiramente, define-se uma linha do tempo pensando em termos de horizontes de planejamento, que geralmente incluem, pelo menos, mais duas gerações ou versões do produto. O eixo tempo pode ser construído em anos, meses ou em termos de horizontes de tempo (planejamento de curto, médio e longo prazo). Toda a estratégia de desenvolvimento de produto é definida, em termos de plataformas, famílias de produto e ciclos de desenvolvimento de produto (vide figura 4.15).

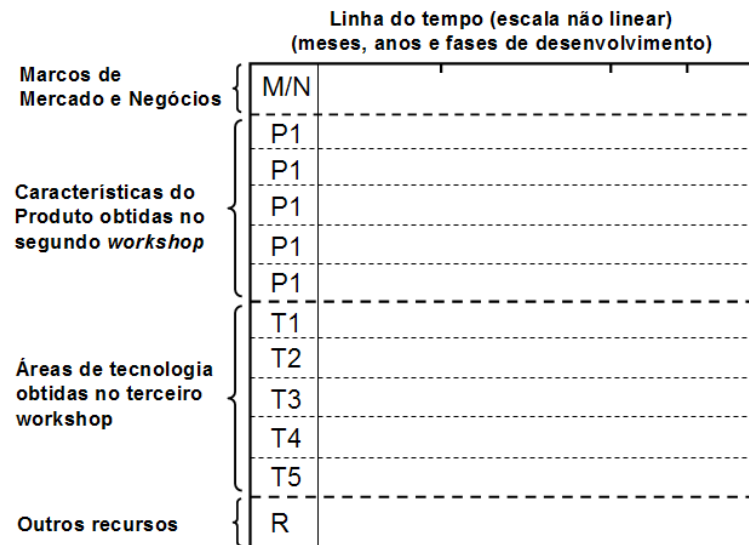


Figura 4.15 – Construção do *roadmap*
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.*, (2001a)

Aspectos de mercado, produto e tecnologia no mapa: são registrados no *roadmap*:

- a evolução das tendências de mercado e dos direcionadores. Caso não seja possível a quantificação desses aspectos, são postadas anotações em algum ponto no futuro no qual seja mais provável que um determinado aspecto se torne importante.
- eventos específicos que possuem um impacto na evolução da tecnologia e do produto, como marcos estratégicos, data de lançamento do produto, atividades do competidor.
- a evolução das características do produto em cada linha do nível de produto do *roadmap*, indicando o desempenho desejado (objetivo). A evolução de cada área é indicada explicitamente e quantificada, se possível. A taxa de evolução do produto representa um compromisso entre a demanda do mercado (puxar) e a capacidade tecnológica (empurrar). A situação atual da empresa é marcada para servir como ponto de referência.
- a resposta tecnológica mais adequada para a evolução das características do produto. A evolução de cada área tecnológica é marcada no nível de tecnologia do *roadmap* e definida explicitamente, sendo quantificada quando possível.
- Outros recursos necessários como: habilidades, competências, finanças, equipamentos etc.

Identificar os *gaps* de conhecimento: identificam-se os *gaps* no conhecimento atual e nas áreas onde são necessários trabalhos futuros, incluindo todos os aspectos do processo (mercado, competidores, processo, produto, tecnologia etc.).

4.5 Technology Roadmapping de produto apresentado por Albright e Kappel (2003)

Um uso importante para o *roadmapping* se encontra no nível de produto (ALBRIGHT e KAPPEL 2003; SUH e PARK, 2009). Segundo Albright e Kappel (2003), o TRM de produtos é utilizado pelas empresas para definir seu plano de evolução, ligando a estratégia de negócios, evolução das características e custos do produto às tecnologias necessárias para alcançar os objetivos estratégicos. Os mesmos autores ainda afirmam que, geralmente, as estratégias, os planos de produto e as tecnologias são criadas de forma independente pelas pessoas que são responsáveis por cada um deles.

O *roadmap* cria os *links*, primeiramente ligando as escolhas estratégicas baseadas nas necessidades do mercado, o ambiente competitivo no qual o produto irá participar e as implementações de suas funções. Logo após, são ligados os planos dos produtos aos planos de implementação da tecnologia.

Para a realização de um TRM de produtos é necessário um bom entendimento de mercado, para que se possam definir os produtos baseados nas necessidades dos clientes. A partir dessas necessidades obtêm-se as funções que os produtos deverão realizar e com isso a tecnologia necessária para possibilitar a concepção dessas funções. Essas atividades geram informações com mais qualidade, ajudando a melhorar o processo de criação do produto (idéias e concepção) (GROENVELD, 1997).

Segundo os autores, esse tipo de *roadmap* é dividido em três seções principais: mercado, produto e tecnologia. No entanto, Albright (2003) e Albright e Kappel (2003) apresentam uma quarta seção que consiste no plano de ação e na estratégia de investimento. A figura 4.16 apresenta as quatro partes de um *roadmap* de produto/tecnologia.

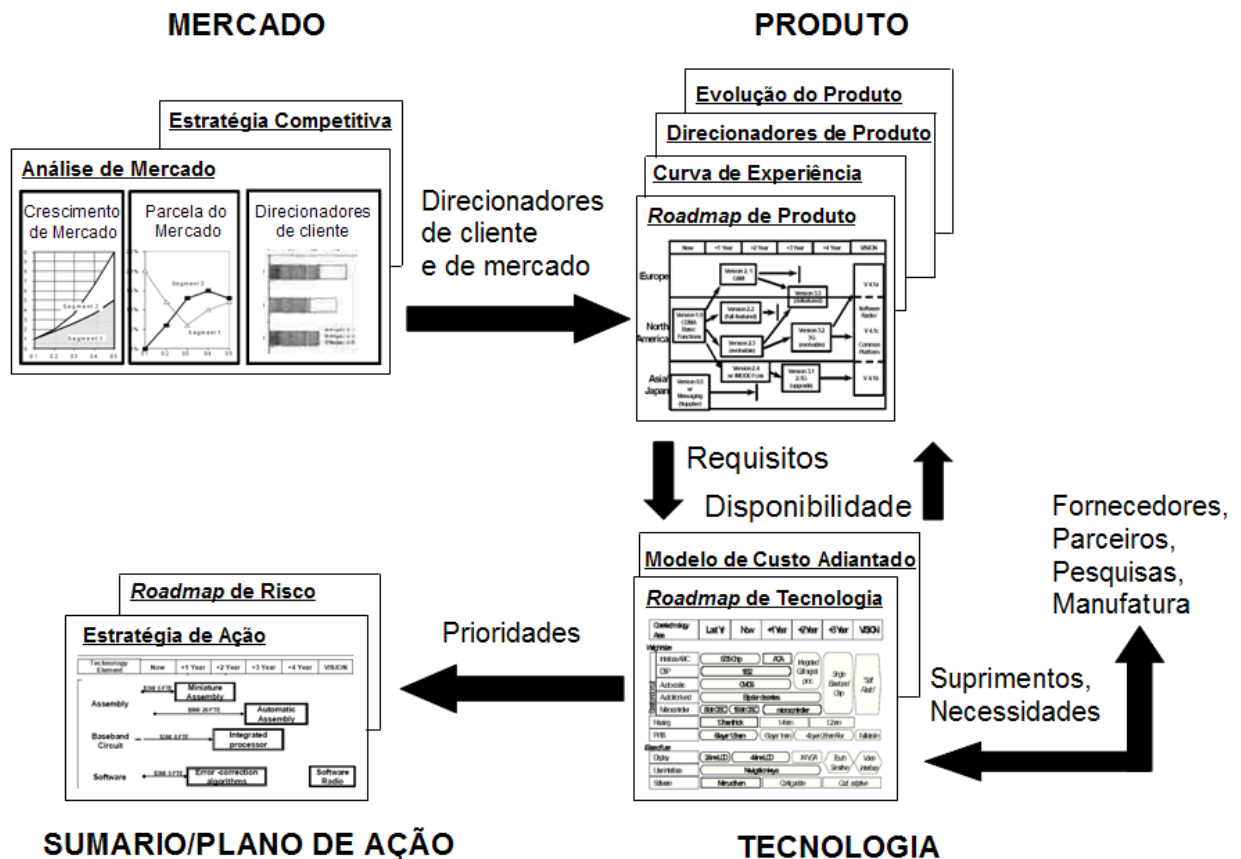


Figura 4.16 – Roadmap de produto/tecnologia
 Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003) e Albright (2003)

O *roadmap* de produto/tecnologia apresenta um plano integrado de mercado, produto e tecnologia, ligando os elementos essenciais com direcionadores, necessidades e capacidades. O processo de *roadmapping* resulta em um plano de ação para desenvolver e adquirir tecnologias, eliminar *gaps* e monitorar riscos durante o desenvolvimento. O time multifuncional responsável pelo *roadmap* faz revisões periódicas para adaptá-lo às mudanças de mercado, competitividade e tecnologia.

4.5.1 Seção de mercado

Esta seção define os seguimentos de mercado que serão escolhidos de acordo com tamanho, crescimento e necessidades dos clientes. Também é apresentado o cenário competitivo onde é feita uma análise dos principais competidores, seus pontos fortes e fracos.

Análise competitiva: geralmente, esta seção considera os concorrentes que possuem a liderança no setor de mercado estudado. Essa avaliação inclui as seguintes informações básicas:

- Produtos atuais e a serem lançados;
- Participação no mercado;

- Pontos fortes e fracos de cada empresa;
- Estratégia competitiva para esse mercado;
- Reação do competidor.

Para Albright & Kappel (2003), a tarefa mais difícil se encontra em entender qual é a estratégia do concorrente. As informações presentes em uma organização não são, em sua grande maioria, preditivas. Seu foco se encontra no atual, ou seja, nos produtos que estão no mercado. Sendo assim, esse não é o modo mais adequado de direcionar e priorizar as tecnologias, uma vez que não é possível se enxergar o que está adiante, correndo o risco de ser derrubado por concorrentes mais fortes. Muitas vezes, as informações também não são específicas do segmento de mercado que está sendo considerado. A análise competitiva do *roadmap* representa um melhoramento das análises tradicionais, pois propõe trabalhar as informações para que a visão que elas oferecem seja estendida para o futuro.

Segmentação e tendências de mercado: nesta seção é respondida a seguinte pergunta: onde estão as oportunidades de crescimento e quais são os alvos de crescimento? São combinadas as previsões e um plano dentro de uma mesma visão. Através da segmentação é levantado o histórico das tendências de mercado. Para tanto, geralmente, são necessários diversos esquemas de segmentação do mesmo, não sendo possível saber qual desses esquemas irá fornecer o entendimento necessário para gerar uma estratégia de produto. O restante do *roadmap* é construído através da aplicação de segmentação a base de valores. As empresas possuem clientes com diferentes necessidades, ou seja, cada segmento apresenta diferenças em termos de requisitos e direcionadores de produto. Uma segmentação levando em conta essa divisão gera resultados, prioridades e requisitos mais claros e específicos, podendo ser ligada a seção de produto e tecnologia do *roadmap*. É analisada, também, a porção que cada competidor e que cada produto ocupa dentro do mercado de acordo com o tempo. É preferível que as vendas acumuladas sejam analisadas, ao invés das vendas anuais.

4.5.2 Seção de produto

Esta seção constitui da definição dos direcionadores de produto, criação da curva de experiência, montagem do *roadmap* de produto e do plano de evolução do produto:

Direcionadores de produto: as prioridades de compra dos segmentos de mercado sugerem uma série de métricas de produto que influenciam o consumidor na hora da compra e que são à base da competitividade do mesmo. Esses direcionadores de produto são medidas tangíveis usadas no mercado para avaliar os produtos relativos a cada competidor. Através de sua identificação é possível observar tendências e usá-las para estabelecer objetivos de

desenvolvimento interno. A figura 4.17 apresenta um exemplo do mapeamento de direcionadores dos clientes para direcionadores de produto (DiP) e algumas tendências/objetivos típicos para direcionadores chave.

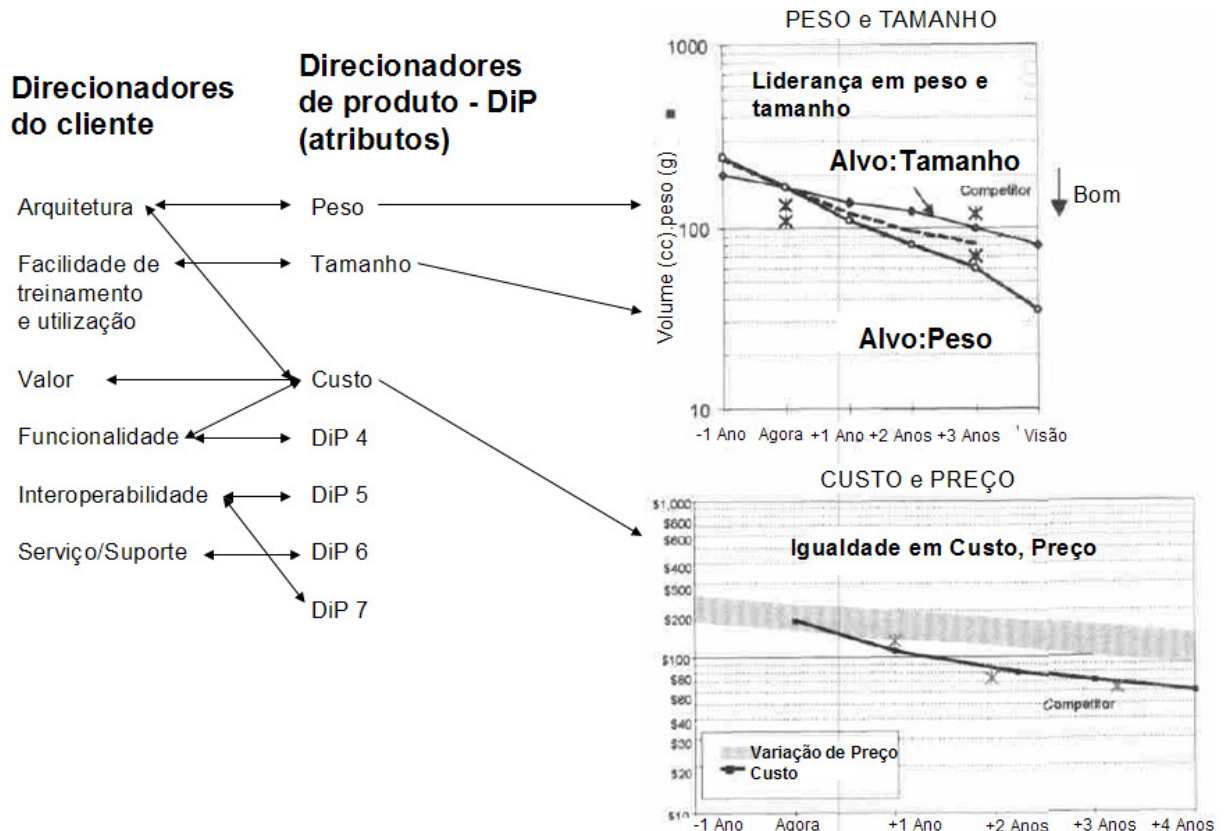


Figura 4.17 – Direcionadores de produto e seus objetivos
Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003)

No *roadmap*, os direcionadores de produto são, geralmente, mostrados por ordem de prioridade, assim como uma série de tendências apresentadas de acordo com o tempo em gráfico. Para estabelecer tendências, são coletados dados históricos suficientes. Podem ser usadas escalas lineares ou logarítmicas para marcar os dados no gráfico com o objetivo de realizar previsões.

Curva de experiência e previsões de preço: curvas de experiência podem ser usadas ao invés de tendências sobre tempo. A curva de experiência marca em gráfico a queda do preço vs. a quantidade total produzida nesse tempo. Essa curva oferece previsões em longo prazo sobre os preços. A figura 4.18 apresenta um exemplo de curva de experiência de uma indústria de terminais sem fio (*wireless*). A curva possui algumas características principais:

- O eixo vertical da curva de experiência é normalizado para algum preço médio por unidade;
- A unidade possui certa invariabilidade de acordo com o tempo;

- O eixo horizontal necessita de uma estimativa inicial dos carregamentos acumulados da indústria;
- Para saber quando começar (data zero) é necessário bom senso do responsável pela criação da curva.

A curva apresenta um declive de 70%, o que significa que para cada vez que o volume acumulado dobrar, o preço médio cai em 70% com relação ao seu valor original.

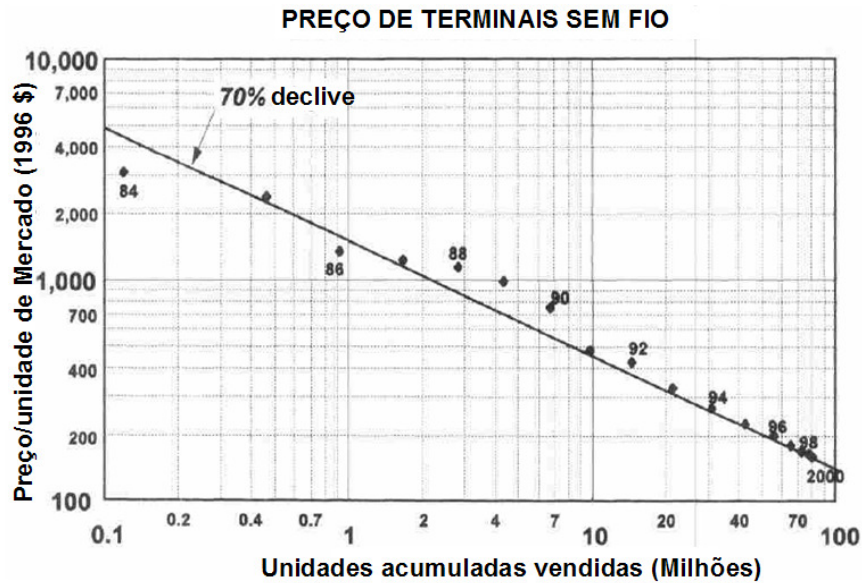


Figura 4.18 – Curva de experiência
Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003)

Para utilizar essa ferramenta, uma linha de tendência é identificada e estendida. Geralmente, os pontos iniciais são excluídos devido aos preços estratégicos iniciais com que os produtos entram no mercado. Para estimar os preços de anos futuros, é necessário marcar no eixo horizontal os anos futuros de acordo com as melhores previsões de volume disponíveis. Sendo assim, é possível encontrar o valor correspondente a esse volume presente no eixo vertical.

Roadmap de produto: o *roadmap* de produto é uma representação em “caixas e setas” da evolução ao longo do tempo da família do produto. Este tipo de *roadmap* mostra toda a plataforma de relações entre os produtos e é ligado, também, ao plano de evolução dos mesmos com uma visão gráfica de todos os rumos que eles podem tomar ao longo do tempo. A figura 4.19 apresenta um exemplo de um *roadmap* de produto em forma de “caixas e setas”.

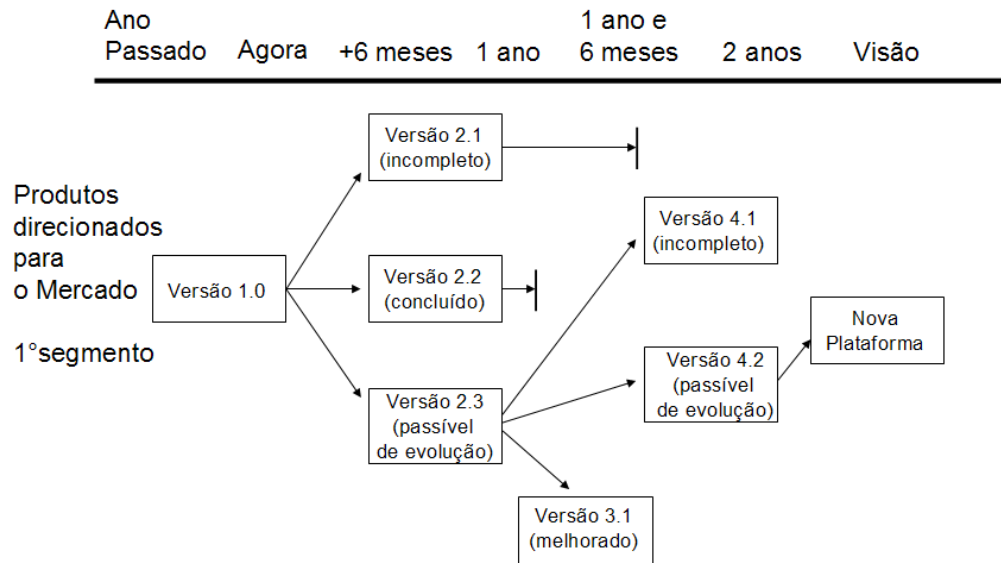


Figura 4.19 – *Roadmap* de produto e sua evolução de acordo com o tempo
 Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003)

Pode-se observar que um produto pode se dividir em outros para melhor atender os interesses do mercado. É possível, também, visualizar novas plataformas que podem ou não ser viáveis ao passar do tempo.

Plano de evolução do produto: o plano de evolução do produto realiza uma interpretação do *roadmap*. Começa-se em uma lista de características chave que cada produto deveria possuir. Através da interpretação desta lista é possível descobrir o que cada uma destas características contribui para os direcionadores de produto, levando em consideração o que o produto em desenvolvimento possui de atrativos ao serem comparados com os concorrentes. Os resultados serão utilizados quando for necessário realizar suposições sobre o que os competidores irão fazer no futuro.

4.5.3 Seção de tecnologia

Esta seção possui duas atividades principais: a criação do *roadmap* de tecnologia e a realização de uma análise de custos.

Roadmap de tecnologia: é a parte central dos *roadmaps* de produto/tecnologia e contém muitas informações. As mudanças de tecnologia são ligadas à estratégia do produto. O *roadmap* é organizado por prioridade e são apresentadas apenas as tecnologias mais significantes para os direcionadores de produtos (vide figura 4.20). Primeiramente, são listadas as tecnologias chave agrupadas por direcionadores de produto. No começo (à esquerda) são colocadas as tecnologias já disponíveis e à direita identificadas as tecnologias futuras de acordo com o planejamento da empresa e os dados disponíveis. Caso haja indecisões, são deixados espaços em branco com interrogações ou múltiplas alternativas:

- a coluna de visão é útil para mostrar tecnologias em potencial para serem estudadas e investigadas;
- em cada barra do *roadmap*, as cores, formatos e estilos de letra podem ter significados diferentes.

A extrema direita encontra-se uma estimativa de cada área de tecnologia. Se a importância de certa tecnologia está mudando de acordo com o tempo com relação às outras, isso é demonstrado utilizando-se um C (atual). O F (futuro) indica as mudanças previstas para o futuro. A posição competitiva da organização é mostrada de maneira semelhante.

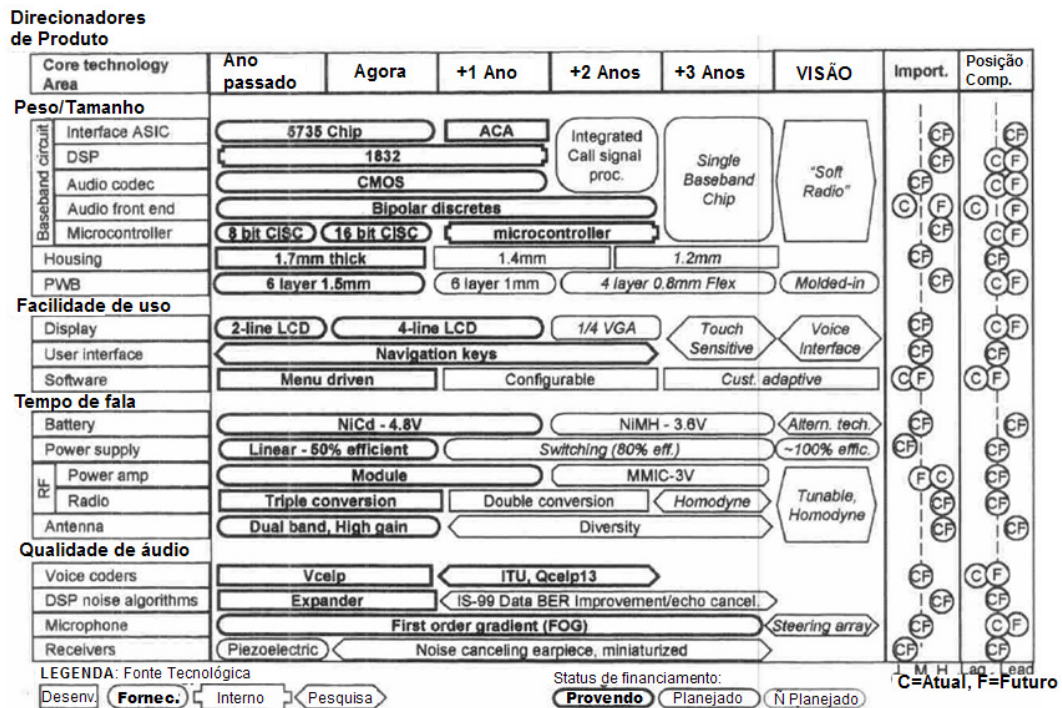


Figura 4.20 – *Roadmap* de tecnologia
 Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003)

O *roadmap* tecnológico é organizado por prioridade do consumidor/mercado mostrando tecnologias importantes (chave).

Análise de custos: obter os custos objetivados envolve, geralmente, uma análise da lista de materiais (BOM – *bill of materials*) para descobrir o custo dos mesmos. Os custos destes materiais de acordo com o tempo (separados por componentes ou categoria) permitem a descoberta de oportunidades de redução de custo. Os custos objetivados podem ser derivados da curva de experiência desde que seja subtraída a margem de lucro dos mesmos. Através desta análise de custo podem-se realizar decisões sobre a redução de desempenho ou a mudança de algumas características do produto para alinhá-las com o custo objetivado.

4.5.4 Sumário/Plano de ação

Sumário estratégico: o objetivo deste sumário é encontrar as tecnologias chave e identificar os planos de ação para seu desenvolvimento. Ele é uma visão executiva do *roadmap* de tecnologia, indicando onde o desenvolvimento de recursos está causando uma diferenciação no mercado.

Roadmap de risco: o *roadmap* de risco pode ser usado para identificar eventos de risco (mais graves) para serem monitorados durante a criação do *roadmap*. A figura 4.21 apresenta um exemplo.

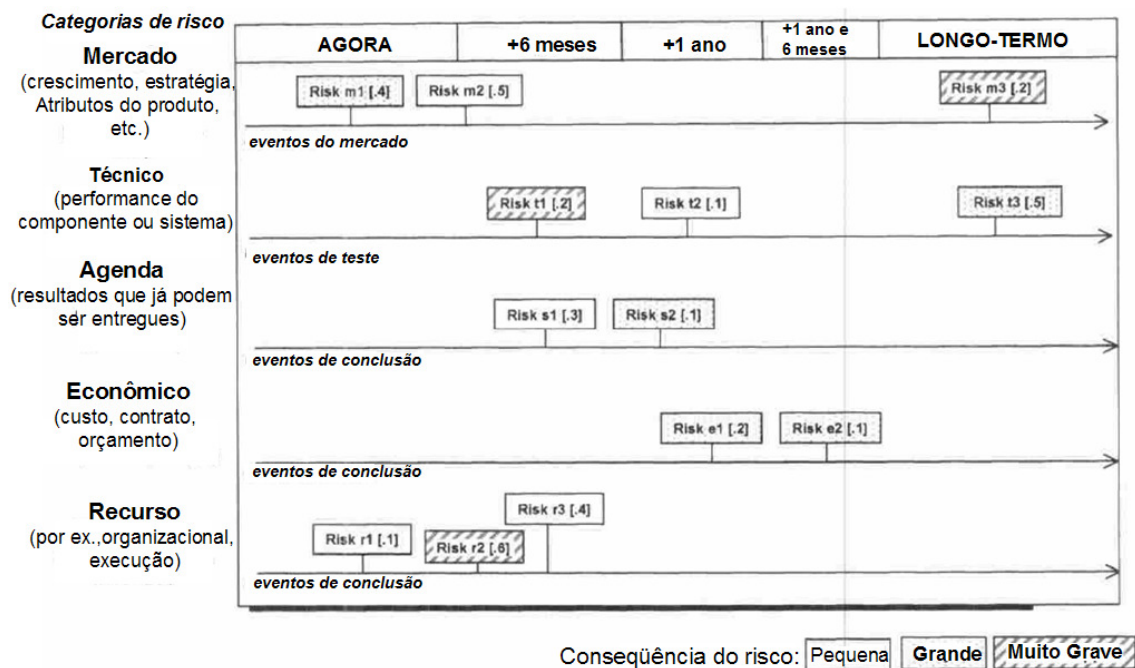


Figura 4.21 – Roadmap de risco

Fonte: Adaptado de Albright e Kappel (2003)

No *roadmap* são apresentados os possíveis riscos em cinco categorias, cada uma com um significado diferente com relação a onde os itens são colocados. Por exemplo, a categoria de riscos de mercado inclui premissas sobre crescimento de mercado, estratégias futuras etc. Os riscos de mercado são colocados, na linha do tempo, onde se espera aprender mais sobre essas premissas. Riscos técnicos, como desempenho dos componentes, são colocados onde os testes de laboratório podem avaliar as chances de sucesso. As incertezas são mostradas com uma probabilidade de zero a um (0-1). O risco combina, então, as incertezas com as consequências da falha. As consequências são mostradas de forma qualitativa: pequena, grande ou muito grave.

O objetivo de se identificar e analisar os riscos são minimizá-los ou limitar seu impacto de alguma forma. Pode-se:

- Separar ou mover itens de alto risco com o objetivo de antecipá-los;

- Designar ou dividir as consequências;
- Testar o mais cedo possível;
- Trabalhar com alternativas múltiplas de uma vez.

4.5.5 Ligando o conteúdo

Depois de finalizado, o *roadmap* de tecnologia/produto deixa clara a ligação entre as prioridades do cliente e as tecnologias chave que direcionam o avanço em sua respectiva área. Primeiramente, selecionam-se os direcionadores de mercado mais importantes (critérios de compra mais importantes citados pelos clientes). Como essa lista depende do segmento de mercado estudado, podem ser necessárias mais de uma lista, pois podem ser considerados mais de um segmento. O foco no mercado ao invés dos clientes evita que as decisões sejam levadas pelos desejos inconstantes dos mesmos.

São listados cinco ou mais direcionadores de produto por ordem de prioridade com um peso relativo estimado pelos clientes. Essa lista transpõe a visão do mercado para o plano do produto, traduzido as necessidades do cliente em requisitos de produto.

As áreas chave de tecnologia são o resultado final da junção entre as prioridades e os objetivos competitivos do produto. As tecnologias do *roadmap* mostram como os negócios e as estratégias de produto são implementadas tecnologicamente.

4.6 Considerações finais sobre o desenvolvimento da teoria

Terminada a descrição dos dois métodos de TRM, incorporou-se a estrutura dos mesmos nas perguntas presentes no protocolo de pesquisa (Apêndice A).

Como ambos possuem, basicamente, o mesmo formato (mercado, produto e tecnologia), foram criadas perguntas que englobassem o TRM de uma maneira geral, mas com alguns questionamentos voltados para as características específicas de cada método. Com isso, pretendia-se descobrir qual dos dois se encaixava melhor no TRM realizado pela empresa objeto de estudo.

O objetivo dessas ações foi tornar mais fácil a esquematização dos dados e informações facilitando o entendimento das atividades realizadas pela empresa objeto de estudo.

Após o desenvolvimento da teoria acerca dos dois assuntos principais, ER e TRM, foi considerado estabelecido o referencial conceitual-teórico do trabalho. Isso permitiu dar início à seleção de uma empresa objeto de estudo que constituiria no possível caso onde o estudo poderia ser realizado (YIN, 2001).

Capítulo 5 – Estudo de caso

O presente capítulo tem início com a definição e planejamento realizado no estudo de caso, apresentando os critérios de seleção utilizados para definir o objeto de estudo, a empresa selecionada e o produto desenvolvido pela mesma (tópico 5.1).

Logo após (tópico 5.2) são demonstradas as partes relativas à preparação, coleta e análise. Para a obtenção dos dados e informações foram utilizados três métodos: entrevistas, observação e análise documental. Feita a coleta, os dados foram sistematizados conforme o T-plan proposto por Phaal et al. (2001a) (tópico 5.2.1), permitindo a identificação de selecionadores capazes de identificar possíveis produtos de referência (tópico 5.2.1.4). Identificado o produto de referência, foi feito o mapeamento (tópico 5.2.1.5) e descrito o processo de engenharia reversa conforme proposto por Otto e Wood (1998a) (tópico 5.2.2).

5.1 Definição e planejamento

Para a realização do estudo de caso, foram seguidos os passos propostos por Yin (2001). A Figura 1.2, atividades de um estudo de caso, encontra-se no Capítulo 1, dentro do tópico estratégia de pesquisa adotada e mostra uma esquematização das atividades que foram realizadas.

Após o desenvolvimento da teoria, apresentada nos Capítulos 2, 3 e 4 e da definição do projeto de pesquisa, apresentada no Capítulo 1, partiu-se para a seleção do caso.

Como pontos de partida, foram considerados dois critérios de seleção citados no Capítulo 1: a empresa deve ser de base tecnológica e estar disposta a fornecer acesso às informações, dados e disponibilidade de tempo para realização de entrevistas. Este último critério, apesar de ser inerente ao estudo de caso apresentou-se como uma séria restrição, uma vez que esta pesquisa aborda o TRM e a ER, métodos que para serem desenvolvidos necessitam de acesso a dados estratégicos e legais os quais as potenciais empresas objeto de estudo podem apresentar barreiras quanto à divulgação. Levando em conta esses pontos, houve uma diminuição substancial no leque de possíveis empresas onde o estudo poderia ser realizado.

Sendo assim, a escolha recaiu sobre a Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Itajubá (INCIT), que possui parceria com a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Em uma dessas ações de parceria foi instituído o Núcleo de Desenvolvimento de Produto (NDP), implantado em outubro de 2007, por meio do Edital 011/2007 da FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais). O objetivo do NDP é ajudar as empresas incubadas em seu processo de desenvolvimento de produtos. Esse vínculo entre a INCIT e a UNIFEI facilitou a realização do estudo de caso, já que as empresas, além de possuírem o

caráter tecnológico, estariam mais dispostas a disponibilizar os dados e horários necessários para as entrevistas.

Por motivos de confidencialidade a empresa selecionada foi denominada Empresa A. O motivo da seleção dessa empresa em específico se deu devido ao atendimento de todos os critérios apresentados no Capítulo 1. A Empresa A é uma empresa de base tecnológica que trabalha no ramo de energias alternativas, desenvolvendo tecnologias em energia solar térmica como, por exemplo, o aquecimento de água. Atualmente ela encontra-se incubada na INCIT, possuindo um galpão alugado onde o processo produtivo é realizado.

O produto desenvolvido pela empresa foi denominado Produto A, um conceito de aquecedor solar cujo projeto, produção e distribuição focam no baixo custo como diferencial para conquista do mercado. Um produto como o Produto A possui um forte potencial de mercado, uma vez que, a empresa foi capaz de obter financiamento ao apresentar seu projeto aos seguintes órgãos de fomento:

- **FINEP** – Financiadora de Estudos e Projetos;
- **FAPEMIG** – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais;
- **SEBRAE** – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

O Produto A é composto por quatro módulos básicos e contém todos os componentes para instalação de um sistema de aquecimento solar residencial:

- **Coletores:** coletam a energia solar para o aquecimento da água;
- **Tanque térmico com suporte:** armazena a água aquecida pelas placas coletoras até o momento do consumo;
- **Misturador externo:** faz a mistura da água quente com a água fria;
- **Controle de potência com indicador de economia:** complementa o aquecimento da água em dias nublados, através da utilização de energia elétrica. O indicador de economia informa ao usuário o percentual de energia elétrica que é economizado com relação a um chuveiro elétrico convencional.

De modo a alcançar as soluções tecnológicas para dar início ao desenvolvimento de seu produto, a Empresa A sentiu a necessidade de pesquisar, dentro do mercado, um produto concorrente que servisse como referência, para que seu ponto de partida já focasse em uma tecnologia consolidada, diferenciada com relação à concorrência e passível de melhorias.

No entanto, essa tarefa envolveu certas dificuldades, uma vez que a seleção desse produto de referência deveria possuir um cunho estratégico, visando não só entender a tecnologia, mas combiná-la com o mercado, os negócios e o desenvolvimento do produto em si. Para sanar essas dificuldades, a empresa optou por desenvolver um TRM, de modo a identificar

tecnologias chave, e a partir delas, identificar produto(s) de referência para a realização de um processo de ER.

5.2 Preparação, coleta e análise

A realização da coleta dos dados utilizou-se dos seguintes instrumentos: entrevistas, análise documental e observação.

A análise documental foi feita através da leitura do plano de negócios submetido à INCIT, que consta do estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial disponibilizado pelo diretor executivo da Empresa A. Este estudo foi utilizado como base para a organização dos dados presentes no TRM. A realização das entrevistas aconteceu em paralelo com a sistematização dos dados e informações, de modo que o que fosse registrado passasse pela aprovação do diretor executivo.

Foram realizadas três entrevistas com a duração de uma hora. Para a condução das mesmas, utilizou-se de um protocolo de pesquisa (Apêndice A). O protocolo de pesquisa encontra-se dividido em duas partes: *Technology Roadmapping* e Engenharia Reversa. Cada um desses assuntos principais teve suas perguntas divididas em relação a suas etapas (identificadas na literatura e apresentadas nos Capítulos 3 e 4) e as necessidades do entrevistador de se situar dentro das particularidades da empresa:

- **TRM:** as questões foram baseadas no *T-plan* proposto por Phaal *et al.* (2001a) e o TRM de produto apresentado por Albright e Kappel (2003), sendo divididas em: etapa inicial, mercado, produto, tecnologia, mapeamento e resultados.
- **Engenharia Reversa:** as questões foram baseadas nas etapas descritas por Otto e Wood (1998a), sendo divididas em: etapa inicial, seleção do produto de referência, análise das necessidades dos clientes, análise de oportunidades do mercado, desmontagem do produto de referência, análise funcional, formação das especificações técnicas, geração dos conceitos, análise morfológica, incorporação dos conceitos e resultados.

Nota-se que não se encontram presentes no protocolo, as etapas análise competitiva e reprojeto, referentes ao processo de ER proposta por Otto e Wood (1998a). Isso acontece devido a não aplicação das mesmas dentro da ER feita pela Empresa A:

- **Análise competitiva:** Otto e Wood (1998a) propõem a realização de um *benchmarking*, fato que foi desconsiderado pelo desenvolvedor, uma vez que o mesmo optou pela realização de um TRM como meio de seleção do(s) produto(s) de referência.

- **Reprojeto:** a ER realizada teve seu foco no produto de referência fornecendo meios para identificação de melhorias. Sendo assim, o produto desenvolvido pela Empresa A já nasceu de uma concepção única com as melhorias identificadas já introduzidas nele. Desta maneira, a etapa de reprojeto não se encaixou no PDP, pois não foram necessárias reformulações no produto desenvolvido pela empresa A.

Tendo essas particularidades levadas em consideração, o protocolo de pesquisa serviu como um guia, uma vez que as perguntas eram feitas de maneira que o respondente pudesse entender da melhor maneira possível o assunto em pauta.

Assegurou-se assim a confiabilidade do estudo de caso (YIN, 2001).

5.2.1 Technology roadmapping

Todas as informações e dados presentes neste tópico foram coletadas por meio de entrevistas e análise documental, porém, a sistematização das mesmas foi realizada conforme o *T-Plan* proposto por Phaal *et al.* (2001a), de modo que a apresentação do que foi feito pelo desenvolvedor do produto ficasse mais clara dentro do contexto do TRM.

O motivo da escolha do *T-Plan* deve-se ao fato de sua melhor adequação ao caso estudado, com as informações e dados do mesmo se encaixando melhor na proposta de TRM de Phaal *et al.* (2001a) do que a do TRM de produto de Albright e Kappel (2003). Essa constatação foi obtida através das perguntas presentes no protocolo de pesquisa, onde as respostas do desenvolvedor levaram a uma maior compatibilidade com o *T-plan*.

Dentro da taxonomia proposta por Kappel (2001) e apresentada no tópico 4.2, o presente *roadmap* se encaixa na categoria “*Roadmaps* de Produto/Tecnologia”, pois foi realizado para obtenção de coordenação no nível empresarial para alinhar o planejamento do produto e as decisões feitas com as tendências tecnológicas e de mercado.

O TRM foi dividido em três seções, da mesma maneira como é apresentado pelos autores: mercado, produto e tecnologia e uma quarta seção que liga o conteúdo e mostra o mapeamento do mesmo.

Todas as informações presentes nos quadros 5.1, 5.2 e 5.3 foram validadas pelo diretor executivo da Empresa A.

5.2.1.1 TRM – Mercado

Na parte de mercado foram identificados os direcionadores chave externos (mercado) e internos (Empresa A). Além disso, definiram-se os segmentos de mercado no qual a empresa

atua, realizou-se uma análise dos pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades e identificaram-se os possíveis concorrentes.

O quadro 5.1 apresenta as informações sobre a parte de mercado do TRM de forma esquematizada.

Quadro 5.1 – Esquematização dos dados referentes à parte de mercado do TRM

1. Dimensões de Desempenho do Produto (Produto A)	
Confiabilidade	Facilidade de instalação
Preço/custo benefício	Facilidade de uso
Segurança	Sustentabilidade ecológica
Economia	Acessibilidade
Higiene	
Conforto	
Flexibilidade – pode ser usada em dias nublados	
Adaptabilidade – não necessita quebrar parede ou azulejo	
2. Direcionadores de Mercado (Externo)	
Direcionadores de mercado (grupo)	Direcionadores constituintes
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil de ser instalada; ▪ Adaptabilidade – pode ser instalada em qualquer área sem a necessidade de adaptação (respeitando as dimensões do produto); ▪ Aquecimento da água de todos os cômodos da residência.
Liderança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desejo de se tornar um dos líderes no setor; ▪ Busca pela melhoria; ▪ Inovação (melhores tecnologias); ▪ Pesquisa e desenvolvimento; ▪ Apelo visual.
Economia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor tempo de retorno sobre o investimento; ▪ Maior economia mensal; ▪ Produto acessível para grande maioria da população.
Vendas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pré-venda com projeto de instalação; ▪ Venda com instalação inclusa; ▪ Assistência técnica permanente; ▪ Possibilidade de compra parcelada do produto.
Facilidade de uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “<i>User friendly</i>” (Simples de usar); ▪ Indicador de economia; ▪ Flexibilidade (pode ser usada em dias nublados); ▪ Não necessita de chuveiro específico.
Ecologicamente correta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ecologicamente correta; ▪ Fonte alternativa de energia; ▪ Produto apoia o desenvolvimento sustentável; ▪ Produto higiênico.
3. Direcionadores internos (Empresa A)	
Direcionadores Empresa A (grupo)	Direcionadores constituintes
Planos futuros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alcançar novos segmentos (aumento no portfólio de produtos); ▪ Participação ativa no mercado; ▪ Produção em grande escala; ▪ Crescimento (vendas, expansão da empresa).
Motivação da empresa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crescimento (expansão da empresa); ▪ Divisão do trabalho;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expansão da região de vendas; ▪ Redução de custos de desenvolvimento; ▪ Participação ativa no mercado.
Melhorias no produto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inovação; ▪ Constantes melhorias no produto; ▪ Pesquisa e desenvolvimento; ▪ Modularização; ▪ Baixo custo de materiais.
Melhorias nas vendas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos custos de instalação; ▪ Redução dos custos de pré-vendas; ▪ Utilização de ferramentas de marketing.
4. Segmentos de Mercado	
Setor Residencial (85%)	Residencial unifamiliar
	Residencial multifamiliar (edifícios)
Setor Terciário (14%)	Piscinas
	Hotéis
	Hospitais
Setor Industrial (1%)	Cozinhas
	Vestiários
5. Direcionadores de Mercado para cada setor	
Setor Residencial	Setor Terciário
Instalação	Instalação
Liderança	Liderança
Economia	Economia
Vendas	Vendas
Facilidade de uso	Facilidade de uso
Ecologicamente correta	Ecologicamente correta
Direcionadores Empresa A	
Planos futuros	
Motivação da empresa	
Melhorias no produto	
Melhorias nas vendas	
6. Análise das oportunidades, ameaças, pontos fortes e fracos	
Oportunidades Pouca concorrência; Concentração demográfica do público-alvo; Potencial da energia solar; Risco de uma crise energética; Adoção gradual da tecnologia.	Ameaças Inadimplência dos clientes; Dependência de fornecedores; Possível entrada de concorrentes; Possibilidade de aumento do custo dos componentes do produto; Desinteresse do setor elétrico.
Pontos fortes Baixo custo de aquisição; Baixo custo de operação; Rápido retorno de investimento; Facilidade de instalação; Economia; Ecologicamente correto.	Pontos fracos Necessidade de capital de terceiros para o desenvolvimento; Empresa dependente do sucesso inicial de um produto; Alto custo inicial.
7. Gaps de Conhecimento	
Melhor conhecimento dos concorrentes; Precificação; Legislação.	

Com relação a esta etapa, é importante ressaltar as seguintes observações:

- O desenvolvedor optou por considerar cada direcionador com notas iguais, considerando todos com a mesma importância;
- O setor industrial foi desconsiderado devido a sua baixa participação no mercado (apenas 1%).

No que diz respeito à análise dos competidores, foram identificados inicialmente 150 fabricantes de aquecedores solares, porém apenas três com propostas semelhantes às da empresa.

Os principais *gaps* de conhecimento na parte de mercado foram solucionados através de pesquisas mercadológicas para sanar a falta de conhecimento com relação à precificação e legislação e visitas de campo (feiras, lojas de material de construção) no Brasil e no exterior para complementar as informações sobre os principais concorrentes.

5.2.1.2 TRM – Produto

Conforme proposto por Phaal *et al.* (2001a), a segunda parte diz respeito ao produto. A partir dos direcionadores de mercado, negócios e das dimensões do produto definiram-se as motivações que levaram ao desenvolvimento do mesmo e forneceram-se os meios de priorizar a importância das concepções de suas características. O quadro 5.2 apresenta uma esquematização dos dados.

Quadro 5.2 – Esquematização dos dados referentes à parte de produto do TRM

1. Características do Produto	
Concepções das características do produto/serviço (grupo)	Concepções das características do produto/serviço (concepções constituintes)
Praticidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misturador externo; ▪ Maior capacidade de armazenamento; ▪ Dispensa válvulas anti-congelamento; ▪ Permite o uso de tubulação PVC; ▪ Baixo peso dos coletores de energia; ▪ Formato e cor compatíveis com os telhados; ▪ Adaptabilidade; ▪ Conexão com todos os cômodos da casa.
Economia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilização de energia solar; ▪ Não utiliza resistência térmica nos reservatórios; ▪ Eficiência energética; ▪ Baixo custo de operação; ▪ Redução no consumo de energia elétrica; ▪ Baixa necessidade de manutenção; ▪ Baixo custo de aquisição; ▪ Materiais <i>commodities</i>.
Facilidade de instalação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispensa estruturas reforçadas para instalação; ▪ Facilidade de instalação; ▪ Base para o reservatório; ▪ Encaixes na base; ▪ Tampa para inspeção, montagem e limpeza;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexibilidade na instalação; ▪ <i>Design Plug-and-play</i>.
Serviços de venda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto de instalação; ▪ Assistência técnica permanente; ▪ Modularização do sistema.
Higiene	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não ocorre incrustação (calcificação devido à presença de mineral na água); ▪ Tampa para inspeção, montagem e limpeza; ▪ Temperatura do reservatório mata a bactéria <i>Legionella</i>; ▪ Higiénico: permite limpeza.
Facilidade de uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil de usar; ▪ Praticidade; ▪ Indicador de economia.
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não ocorre mistura da água quente com a fria de maneira indesejável; ▪ Proteção mecânica; ▪ Resistência mecânica dos coletores; ▪ Resistente a fortes correntes de ar; ▪ Controle de alimentação de água fria.
Ecologicamente correto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não poluente; ▪ Sustentabilidade ecológica; ▪ Utilização de energia solar.
Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Complementação de aquecimento (para dias nublados); ▪ Controle de potência.
Resistência térmica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência aos raios Ultra Violetas (UV); ▪ Materiais isolantes; ▪ Baixa perda de temperatura para o ambiente; ▪ Reservatório térmico; ▪ Isolamento térmico.
2. Estratégia de produto alternativa	
Terceirizar a fabricação e desenvolvimento do controle de potência de modo que não seja necessária a criação de uma assistência técnica para o mesmo, aproveitando o suporte já fornecido pelo fabricante.	
3. Gaps de Conhecimento	
Melhor conhecimento do processo de produção; <i>Design</i> .	

O desenvolvedor não realizou a criação de um *ranking* (concepções das características do produto vs. direcionadores de mercado e negócios), uma vez que as características do produto foram consideradas de igual importância. Como os direcionadores de mercado e negócios possuíam, também, a mesma importância entre eles, a criação da grade proposta pelo autor tornar-se-ia desnecessária já que os resultados obtidos possuiriam valores iguais.

Da mesma maneira que a parte de mercado, os *gaps* na parte de processo de produção foram solucionados com pesquisas de campo e com contatos com o fornecedor. Os problemas enfrentados no *design* do produto foram resolvidos com ferramentas de otimização (parametrização) e levantamento de restrições.

5.2.1.3 TRM – Tecnologia

Nesta parte do TRM foram identificadas possíveis soluções tecnológicas para cada característica do produto definida.

Devido à confidencialidade de informações exigida pela Empresa A, não foi possível revelar todas as soluções tecnológicas que foram consideradas. No entanto, essa etapa do TRM foi realizada, uma vez que se criaram soluções para cada característica definida na fase de produto. As tecnologias que são de domínio público foram especificadas, as que não podiam ser reveladas devido à solicitação do Diretor Executivo (por possuírem domínio tecnológico) foram nomeadas com letras e representam um grupo de soluções (Soluções Tecnológicas A, por exemplo).

O quadro 5.3 apresenta uma esquematização dos dados referentes à parte de tecnologia do TRM.

Quadro 5.3 – Esquematização dos dados referentes à parte tecnológica do TRM

1. Soluções tecnológicas (para cada característica do produto)
Praticidade
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de polímeros, que tem certa capacidade de deformação, torna desnecessário o uso de válvula anti-congelamento; ▪ Soluções tecnológicas A.
Economia
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluções tecnológicas B.
Facilidade de instalação
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integração de partes; ▪ Soluções tecnológicas C.
Serviços de venda
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluções tecnológicas D.
Higiene
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluções tecnológicas E.
Facilidade de uso
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medidor (indicador de economia) informa o percentual de energia elétrica que esta sendo economizado com relação à situação anterior ▪ Soluções tecnológicas F
Confiabilidade
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Válvula solenóide comandada por célula fotoelétrica; ▪ Soluções tecnológicas G.
Ecologicamente correto
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluções tecnológicas H.
Flexibilidade
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Dimmer</i> ligado em série com o chuveiro; ▪ Temperador eletrônico; ▪ Soluções tecnológicas I.
Resistência térmica
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PEAD-APM, Polietileno de alta densidade – alto peso molecular (reservatório); ▪ Camadas mais espessas para regiões que sofrem maior perda (reservatório); ▪ Polietileno expandido com face de poliéster aluminizado (isolamento térmico); ▪ Soluções tecnológicas J.

<p>2. Áreas tecnológicas agrupadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnologias Empresa A; ▪ Processo de produção; ▪ <i>Design</i>; ▪ Confiabilidade (Tecnologia); ▪ Economia (Tecnologia); ▪ Higiene (Tecnologia); ▪ Praticidade (Tecnologia); ▪ Facilidade de Instalação (Tecnologia); ▪ Flexibilidade (Tecnologia); ▪ Resistência Térmica (Tecnologia); ▪ Ecologicamente Correto (Tecnologia); ▪ Serviços de venda (Tecnologia).
<p>3. Gaps de conhecimento</p>
<p>Falta de conhecimento em Dinâmica Computacional de Fluídos.</p>

Com relação à parte de tecnologia, foram consideradas as seguintes observações:

- A área de Tecnologias da Empresa A se refere às tecnologias desenvolvidas e patenteadas pela empresa;
- A área de Processo de Produção diz respeito às tecnologias envolvidas na cadeia produtiva do Produto A;
- A área *Design* envolve as tecnologias utilizadas para desenvolver as características estéticas do produto;
- As demais áreas correspondem às tecnologias de cada grupo de características do produto e possuem os mesmos nomes para melhor entendimento, uma vez que a maioria das informações não pode ser revelada por motivos de confidencialidade;
- O item facilidade de uso não foi considerado como área tecnológica pois, segundo o desenvolvedor, ele é englobado pelas áreas tecnológicas de praticidade, facilidade de instalação e flexibilidade.

Não foi criado um *ranking* (áreas tecnológicas vs. concepções das características do produto) devido ao mesmo raciocínio do que foi feito na parte de produto. As áreas tecnológicas foram consideradas de igual importância, tornando desnecessária a criação da grade.

Até o presente momento, a Empresa A ainda possui um *gap* de conhecimento na parte de Dinâmica Computacional de Fluídos, encontrando dificuldades de encontrar pessoal qualificado e disponível.

Após a realização das três primeiras etapas do TRM, coletaram-se informações suficientes para a identificação do(s) produto(s) de referência.

5.2.1.4 Identificação do produto de referência

Com a definição das tecnologias-chave, criou-se um grupo de soluções que tinha por objetivo suprir todas as características e funcionalidades definidas para o produto, considerando também, os aspectos de mercado e negócios.

Uma vez que os aspectos ideais em termos de mercado, produto e tecnologia se encontravam reunidos, foi possível, a partir deles, a identificação de possíveis produtos de referência para a aplicação da ER. A análise dos competidores, já realizada na seção de mercado do TRM, serviu como ponto de partida para a empresa.

Foram utilizadas como principais meios de seleção:

- Dimensões de desempenho do produto;
- Direcionadores de mercado e negócios;
- Características do produto;
- Soluções tecnológicas;
- Análise dos competidores.

O desenvolvedor realizou diversas pesquisas de campo, incluindo feiras e lojas de material de construção, tanto no Brasil quanto no exterior. Através disso, buscou-se preencher *gaps* de conhecimento em certas áreas e identificar produtos concorrentes que se encaixassem melhor dentro da análise feita no TRM e, principalmente, aos meios de seleção citados.

Como resultado desta pesquisa, o desenvolvedor identificou apenas um produto concorrente que preencheu em alguns pontos e chegou o mais próximo em outros no que diz respeito aos meios de seleção utilizados. Por motivos de confidencialidade ele será definido como produto de referência B.

O produto de referência B foi identificado no exterior e não é comercializado no Brasil. Ele encontra-se presente em um mercado com elevada preocupação ecológica evidenciada por meio de certificações obtidas pelo produto B. Sua concepção é diferente das existentes no mercado brasileiro, com destaque para eficiência térmica, menor número de componentes, processo de fabricação e montagem menos complexa.

A partir de sua identificação, tornou-se possível realizar um processo de ER já baseado em um produto com características avançadas consideradas tanto pelo desenvolvedor quanto pelos clientes e, a partir disso, iniciar um desenvolvimento de produto com diferencial.

Nos quadros 5.4 e 5.5 serão reapresentadas as dimensões de desempenho do produto, os direcionadores de mercado e as características do produto identificadas no TRM e quais aspectos foram atendidos pelo produto de referência. Devido aos motivos de

confidencialidade exigidos pela empresa A, as soluções tecnológicas e os direcionadores de negócios (internos) não podem ser mostrados.

A coluna do quadro denominada de “X” indica se aquele item em específico foi identificado ou não.

- Se o item apresentado estiver marcado com um “X”, significa que ele foi identificado no produto de referência.
- Caso o item esteja marcado com um “N”, significa que ele não foi identificado no produto de referência e, após a realização da ER, ele foi encaixado como uma nova característica no produto desenvolvido.

Quadro 5.4 – Características de mercado identificadas no produto de referência

1. Dimensões de Desempenho do Produto (Produto A)		X	Comentários
Confiabilidade		X	O produto de referência possui várias certificações e é comercializado em países com legislações rígidas quanto à confiabilidade deste tipo de produto.
Preço/custo benefício		N	Devido ao nível socioeconômico dos países em que o produto de referencia é comercializado esta dimensão possui baixa importância.
Segurança		X	As certificações do produto de referência e as legislações dos países em que ele é comercializado auferem segurança aos seus usuários.
Economia		X	Devido ao nível socioeconômico dos países em que o produto de referencia é comercializado esta dimensão restringe-se ao desempenho do produto.
Higiene		X	As certificações do produto de referência envolvem aspectos de higiene
Conforto		X	Devido ao nível socioeconômico dos países em que o produto de referencia é comercializado esta dimensão restringe-se ao desempenho do produto e ao seu design.
Facilidade de instalação		N	Existem especialistas que fazem a instalação do produto, sendo o mesmo instalado na construção do imóvel.
Facilidade de uso		X	A utilização do produto é simples, sendo necessário discernimento por parte do usuário para sua utilização.
Sustentabilidade ecológica		X	A cultura e o nível educacional dos países no qual o produto de referencia é comercializado facilitam esta dimensão.
Acessibilidade		N	Devido à dimensão territorial e proximidade dos países nas quais o produto de referencia é comercializado, esta dimensão é menos relevante com relação ao Brasil.
Flexibilidade – pode ser usada em dias nublados		X	Esta é uma dimensão relevante devido ao clima dos países nos quais o produto é comercializado.
Adaptabilidade – não necessita quebrar parede ou azulejo		N	O produto é instalado na construção do imóvel sendo esta dimensão praticamente irrelevante.
2. Direcionadores de Mercado (Externo)			
Direcionadores de mercado (grupo)	Direcionadores constituintes	X	Comentários
Instalação	▪ Fácil de ser instalada	N	Existem especialistas que fazem a instalação do produto, sendo o mesmo instalado na construção do imóvel.
	▪ Adaptabilidade – pode ser instalada em qualquer área sem a necessidade de adaptação (respeitando as dimensões do produto)	X	
	▪ Aquecimento da água de todos os cômodos da residência.	X	

Liderança	▪ Desejo de se tornar um dos líderes no setor	X	O produto de referência é líder em seu mercado.
	▪ Busca pela melhoria	X	O produto de referência já esta em sua terceira versão em um período de 5 anos.
	▪ Inovação (melhores tecnologias)	X	O produto de referência possui algumas partes com concepção diferente das existentes no mercado.
	▪ Pesquisa e desenvolvimento	X	A empresa que produz o produto de referência possui outros produtos e busca concepções diferentes das existentes no mercado.
	▪ Apelo visual	X	Dentro da cultura dos países em que o produto de referência é comercializado.
Economia	▪ Menor tempo de retorno sobre o investimento	X	Nos países em que o produto é comercializado os aspectos ecológicos são atributos de venda, sendo secundários aspectos econômicos.
	▪ Maior economia mensal	X	
	▪ Produto acessível para grande maioria da população	X	Poder aquisitivo da população permite que o produto de referência seja adquirido em larga escala (nível socioeconômico) .
Vendas	▪ Pré-venda com projeto de instalação	X	Inerente ao produto de referência.
	▪ Venda com instalação inclusa	X	
	▪ Assistência técnica permanente	X	
	▪ Possibilidade de compra parcelada do produto	N	Não é relevante devido ao preço do produto de referência e ao poder aquisitivo de seus clientes.
Facilidade de uso	▪ “ <i>User friendly</i> ” (Simples de usar)	X	
	▪ Indicador de economia	N	
	▪ Flexibilidade (pode ser usada em dias nublados)	X	
	▪ Não necessita de chuveiro específico	X	
Ecologicamente correta	▪ Ecologicamente correta	X	Principal argumento de vendas devido à consciência ambiental dos consumidores.
	▪ Fonte alternativa de energia	X	
	▪ Produto apoia o desenvolvimento sustentável	X	
	▪ Produto higiênico	X	

Quadro 5.5 – Características de produto identificadas no produto de referência

Características do Produto			
Características do produto (grupo)	Características do produto (concepções constituintes)	X	Comentários
Praticidade	▪ Misturador externo;	X	
	▪ Maior capacidade de armazenamento;	N	
	▪ Dispensa válvulas anti-congelamento;	X	Item obrigatório do produto de referência devido às baixas temperaturas existentes nos países onde o produto é comercializado
	▪ Permite o uso de tubulação PVC;	N	
	▪ Baixo peso dos coletores de energia;	N	
	▪ Formato e cor compatíveis com os telhados;	N	
	▪ Adaptabilidade;	X	
	▪ Conexão com todos os cômodos da casa.	X	O produto de referência é incorporado aos projetos da residência.
Economia	▪ Utilização de energia solar;	X	
	▪ Não utiliza resistência térmica nos reservatórios;	N	O produto de referência possui resistência térmica devido ao clima dos países onde o produto é comercializado
	▪ Eficiência energética;	X	
	▪ Baixo custo de operação;	X	
	▪ Redução no consumo de energia elétrica;	X	
	▪ Baixa necessidade de manutenção;	X	
	▪ Baixo custo de aquisição;	N	
	▪ Materiais <i>commodities</i> .	N	
Facilidade de instalação	▪ Dispensa estruturas reforçadas para instalação;	X	
	▪ Facilidade de instalação;	N	
	▪ Base para o reservatório;	N	
	▪ Encaixes na base;	N	
	▪ Tampa para inspeção, montagem e limpeza;	X	
	▪ Flexibilidade na instalação;	N	
	▪ Design Plug-and-play.	N	
Serviços de venda	▪ Projeto de instalação;	X	
	▪ Assistência técnica permanente;	X	
	▪ Modularização do sistema.	N	

Higiene	▪ Não ocorre incrustação (calcificação devido à presença de mineral na água);	N
	▪ Tampa para inspeção, montagem e limpeza;	X
	▪ Temperatura do reservatório mata a bactéria Legionella;	X
	▪ Higiênico: permite limpeza.	X
Facilidade de uso	▪ Fácil de usar;	X
	▪ Praticidade;	X
	▪ Indicador de economia.	N
Confiabilidade	▪ Não ocorre mistura da água quente com a fria de maneira indesejável;	N
	▪ Proteção mecânica;	N
	▪ Resistência mecânica dos coletores;	X
	▪ Resistente a fortes correntes de ar;	X
	▪ Controle de alimentação de água fria.	X
Ecologicamente correto	▪ Não poluente;	X
	▪ Sustentabilidade ecológica;	X
	▪ Utilização de energia solar.	X
Flexibilidade	▪ Complementação de aquecimento (para dias nublados);	X
	▪ Controle de potência.	X
Resistência térmica	▪ Resistência aos raios Ultra Violetas (UV);	X
	▪ Materiais isolantes;	X
	▪ Baixa perda de temperatura para o ambiente;	N
	▪ Reservatório térmico;	X
	▪ Isolamento térmico.	X

5.2.1.5 TRM – Mapeamento

Com o que foi obtido nas três seções (mercado, produto e tecnologia), tornou-se possível a criação do *roadmap*. É importante ressaltar que o mapa tem início na identificação do produto de referência (feita em 2005), mas é levado até o ano de 2010, ou seja, ele inclui também, os aspectos de melhorias tecnológicas, incorporação de características etc. feitas até a data da presente pesquisa.

Devido à relação estabelecida entre a inserção de tecnologia dentro do produto, pode-se classificar o propósito deste mapa dentro de planejamento de produto (PHAAL *et al.*, 2001a; PHAAL *et al.*, 2001b; PHAAL *et al.*, 2004a).

Seu formato foi definido como de múltiplos níveis devido à utilização de quatro níveis: mercado, produto, tecnologia e outros recursos, permitindo a exploração de cada nível de forma integrada. O formato em barras também foi adotado, devido à facilidade que o mesmo proporciona em simplificar e unificar as saídas (PHAAL *et al.*, 2001a; PHAAL *et al.*, 2001b; PHAAL *et al.*, 2004a). A figura 5.1 apresenta o TRM da empresa A.

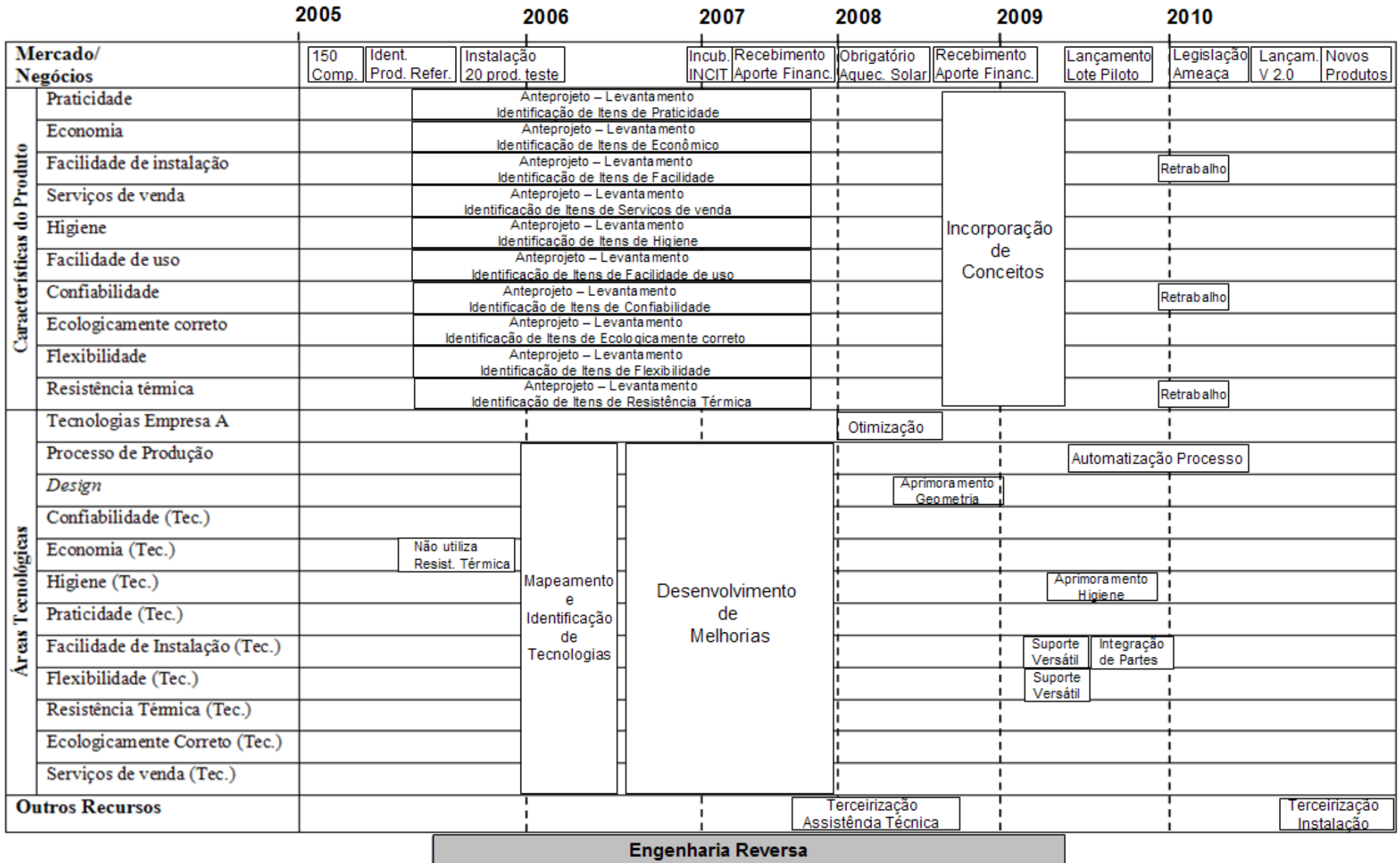


Figura 5.1 – Technology Roadmap Empresa A

Legenda:

- **150 Comp.:** 150 competidores;
- **Ident. Prod. Refer:** identificação do produto de referência;
- **Instalação 20 prod. teste:** instalação de 20 produtos de teste;
- **Incub. INCIT:** Empresa incubada na INCIT;
- **Recebimento Aporte Financ.:** recebimento do aporte financeiro dos órgãos de fomento;
- **Obrigatório Aquec. Solar:** uso obrigatório do aquecimento solar para residências;
- **Lançam. V 2.0:** Lançamento da versão 2.0 do Produto A;
- **Não utiliza Resist. Térmica:** não utiliza resistência térmica.

O desenvolvimento do produto começou no ano de 2005 onde inicialmente foram identificados 150 concorrentes em potencial com produtos semelhantes.

Após a realização das análises de mercado, produto e tecnologia do TRM, a Empresa A partiu para a procura de um produto de referência que, depois de identificado, foi denominado Produto de Referência B. Feito isso, teve início a criação de um anteprojeto contendo o levantamento e identificação de itens de cada característica do produto e a instalação de 20 produtos teste para a coleta da opinião dos clientes sobre o funcionamento do mesmo. Em paralelo a essas atividades de mercado e produto, iniciou-se o processo de ER, partindo da premissa de não utilização de resistência térmica para o aquecimento da água, visando à economia para os usuários. Realizou-se o mapeamento e a identificação das tecnologias (por área) e, logo após, o desenvolvimento de suas melhorias.

A abordagem de ER utilizada possuiu integração direta com algumas das atividades descritas no mapa como o anteprojeto, mapeamento de tecnologias, desenvolvimento de melhorias e incorporação dos conceitos e encontra-se descrita de forma mais detalhada no tópico 5.2.2.

Durante grande parte do desenvolvimento do anteprojeto não houve recursos para dar início ao processo produtivo, o que permitiu o foco na solução de problemas e criação de melhorias. O desenvolvedor ressaltou o fato de que esse período sem recursos permitiu a criação de um anteprojeto detalhado, que foi utilizado, posteriormente, para o recebimento do aporte financeiro.

Em maio de 2007, a empresa foi incubada na INCIT. No final do mesmo ano recebeu o primeiro aporte financeiro e o segundo no final de 2008 permitindo iniciar, de fato, o processo produtivo e a incorporação dos conceitos. Entre esse período houve um marco importante com relação a mercado, onde foi definida a obrigatoriedade, em vários municípios, do uso de aquecimento solar para obras de caráter social. A empresa terceirizou sua assistência técnica e

utilizou da otimização computacional nas áreas tecnológicas para o melhoramento de suas soluções. Houve, também, uma melhoria significativa na geometria do produto, aprimorando seu *design*.

A incorporação dos conceitos permitiu o lançamento de um lote piloto no final de 2009, já considerado pela empresa como a primeira versão do produto. Ao todo foram distribuídas 40 unidades de forma controlada para construtoras, lojas de materiais de construção e clientes em potencial com o objetivo de identificar mais pontos de melhorias no produto através do *feedback* dado pelos usuários. Ainda no ano de 2009 obtiveram-se grandes avanços na área tecnológica de processo de produção no que diz respeito à automatização do mesmo, aprimoramentos na área tecnológica de Higiene utilizando recursos mecânicos que impedem a incrustação de sujeiras no reservatório e facilidade de instalação através da integração de partes do produto (diminuição do número de componentes). Criou-se, também, um suporte versátil que melhorou de forma significativa a flexibilidade do produto e a sua facilidade de instalação.

Com a distribuição do lote piloto em 2009, foi possível coletar as opiniões e críticas dos usuários e, a partir disso, identificar (no início de 2010) três grupos de características do produto (facilidade de instalação, confiabilidade e resistência térmica) que necessitavam de retrabalhos, resultando na reincorporação dos mesmos já com melhorias. Nesse período surgiu uma ameaça com relação à legislação devido a um *lobby* feito pela indústria, prevendo a entrada de mais concorrentes no setor, para aumentar o desempenho dos aquecedores além do mínimo necessário, mas esse fator não impediu o lançamento do produto.

O lançamento da versão 2.0 do produto surgiu junto ao aumento de portfólio dos produtos da empresa, os quais já possuem seus projetos em andamento. Em paralelo ao lançamento da nova versão a empresa optou pela terceirização da instalação visando redução de custos.

5.2.2 Engenharia reversa

Feita a identificação do produto referência B, tornou-se possível a realização de um processo de Engenharia Reversa. As informações e dados presentes neste tópico foram coletadas por meio de entrevistas e sistematizadas de acordo com o método de ER proposto por Otto e Wood (1998a).

Da mesma maneira que o TRM da Empresa A, existe nesse tópico a limitação imposta pela confidencialidade de informações exigida pelo desenvolvedor. Dados como lista de funções, componentes, requisitos de engenharia, especificações técnicas etc. não puderam ser apresentados na descrição do processo de ER realizado. No entanto, essa limitação não afeta o

resultado do trabalho, uma vez que o foco não é o processo de ER em si, mas a utilização do TRM como meio de seleção de um produto de referência para a realização de um processo de ER e as implicações trazidas pela integração entre essas duas técnicas.

Sendo assim, segue uma descrição da ER realizada no Produto de referência B seguindo os passos propostos por Otto e Wood (1998a).

Etapa inicial: como mencionado no tópico definição e planejamento (Capítulo 5), ao iniciar o processo de desenvolvimento do Produto A, a Empresa A sentiu a necessidade de identificar e realizar um processo de ER em um produto de referência, para que seu ponto de partida já focasse em uma tecnologia consolidada e diferenciada com relação à concorrência.

Seleção do produto de referência: conforme já descrito no tópico 5.2.1.4, através da realização das etapas de um TRM identificou-se um produto referência denominado Produto de Referência B.

Análise das necessidades do cliente: a identificação das necessidades dos clientes foi realizada por meio de 20 entrevistas feitas na região e, também, através da instalação de 20 produtos de teste para uma coleta mais precisa da opinião dos usuários após certo período de uso. Para a análise, as informações obtidas foram organizadas em forma tabelas e planilhas dispostas conforme seu caráter. Vale ressaltar que a empresa não partiu do zero com relação a esse item. As dimensões de desempenho do produto e direcionadores de negócios e mercado que dá origem as características de concepção do produto (feitas nas duas primeiras seções do TRM) já levam em consideração as motivações e necessidades do cliente (tal como previsto por PHAAL *et al.* 2001a), mas, pelo ponto de vista do desenvolvedor. Com isso, as idéias do desenvolvedor e dos clientes puderam ser confrontadas, gerando uma lista de necessidades mais precisa.

Análise de oportunidades do mercado: para obter o financiamento de órgãos de fomento é obrigatório para as empresas incubadas realizar a análise dos custos de desenvolvimento vs. receitas futuras esperadas. Como parte do plano de negócios submetido à incubadora, encontra-se presente uma análise financeira incluindo estrutura de custos, composição dos preços, análise de sensibilidade sobre demonstrativos de resultados e geração de caixa, indicadores financeiros, projeção de faturamento, tamanho do mercado alvo e renda média dos possíveis consumidores. Não foi realizada nenhuma análise de risco, no entanto, a identificação dos pontos fortes e fracos, ameaças e oportunidades feitas na parte de mercado do TRM forneceram aos desenvolvedores uma ideia de quais seriam as dificuldades enfrentadas.

Desmontagem do produto de referência: o produto B foi desmontado e com isso obteve-se uma BOM (*Bill of Materials*) dos seus componentes constituintes. Os registros dessa etapa foram feitos através de fotos do produto desmontado e desenhos CAD de alguns dos componentes considerados como principais. Realizou-se o mapeamento da tecnologia e identificaram-se as características de funcionamento, propriedades físicas, materiais utilizados e uma ideia inicial do processo de manufatura. Foi possível, também, encontrar componentes de baixa funcionalidade e desnecessários. Essas atividades forneceram aos desenvolvedores uma base para iniciar as melhorias tecnológicas que seriam incorporadas no produto desenvolvido.

Análise funcional: a desmontagem do produto forneceu dados suficientes para a criação de uma lista de funções e sub-funções que o produto em desenvolvimento deveria realizar. Esta lista foi confrontada com as necessidades dos clientes, priorizando os fatores mais importantes. O desenvolvedor optou por não criar nenhuma representação (vide figura 3.8 como exemplo) das funções e sub-funções, uma vez que, já estava claro o funcionamento do produto desenvolvido. As concepções das características do produto obtidas na segunda parte do TRM complementam essa etapa, já que elas representam o que o produto deve realizar e possuir já baseado nas necessidades dos clientes, mas do ponto de vista do desenvolvedor. Sendo assim, da mesma maneira que a análise das necessidades dos clientes, a análise funcional pode ser confrontada com as características do produto definidas no TRM, gerando uma lista de funções melhorada.

Formação das especificações técnicas: à partir das necessidades do cliente, obtiveram-se os requisitos de produto que foram convertidos em requisitos de engenharia. Para isso, cada função exercida pelo produto teve sua respectiva especificação técnica. Os valores alvo para cada especificação tinham como ponto de partida, no mínimo, os atingidos pelo produto de referência, focando sempre em melhorias. Na execução dessa tarefa, os desenvolvedores utilizaram de métodos diferentes para cada área, contando com o auxílio de profissionais especializados nas mesmas. Na seleção do material do tanque térmico, por exemplo, eram enviadas a um consultor (engenheiro de materiais) as necessidades de desempenho e restrições (custo, por exemplo) que o mesmo deveria possuir e a solução entregue constituiria de uma especificação técnica.

Geração dos conceitos: para a geração dos conceitos utilizou-se de *brainstormings* com o objetivo de criar possíveis soluções para cada função do produto. Mais de uma solução foi criada para cada função, de modo que fosse selecionada a mais adequada. Essa etapa possui ligação com a parte de tecnologia do TRM, já que nela são identificadas opções de tecnologia

que possuem o potencial de gerar as funcionalidades do produto. O desenvolvedor realizou um amplo estudo no que diz respeito à parte de interface com o ambiente, uma vez que essa é uma das características chave do produto. Foi utilizado, também, um software de simulação térmica para buscar a redução das perdas térmicas no Produto A. O resultado deste trabalho de otimização resultou em um novo conceito de placas coletoras, com *design* e tecnologias melhoradas com relação ao seu referencial.

Análise morfológica: segundo o desenvolvedor, essa etapa foi realizada de maneira informal, ou seja, não foi construída a matriz morfológica. No entanto, procurou-se identificar componentes realizando funções desnecessárias ou repetidas e eliminando os mesmos.

Os resultados obtidos até esse ponto do processo de ER possuem ligação direta com o anteprojeto realizado pela Empresa A, já que ele possui todas as soluções funcionais e tecnológicas definidas pela empresa. Após sua finalização, o anteprojeto foi submetido aos órgãos de fomento para a obtenção de aporte financeiro fundamental para a incorporação dos conceitos e início do processo produtivo.

Incorporação dos conceitos: os conceitos foram incorporados no produto em desenvolvimento através de tentativa e erro. Para tanto, criaram-se uma série de protótipos físicos com características e parâmetros diferentes com o objetivo de análise de funcionamento e experimentação. Com isso, os conceitos incorporados eram analisados, melhorados ou simplificados com o objetivo de se alcançar uma solução final. O desenvolvedor destacou que o maior problema enfrentado nessa parte foi quais grupos de conceitos se encaixavam da melhor maneira e não as soluções tecnológicas em si, que já se encontravam desenvolvidas e melhoradas. Pode-se observar como reflexo dessa afirmação, que houve o retrabalho de apenas três características do produto: facilidade de instalação, confiabilidade e resistência térmica. Sendo assim, a conclusão desta última etapa gerou o produto final.

Capítulo 6 – Análise dos resultados

O presente capítulo é dividido em dois tópicos. No primeiro (tópico 6.1), é feita uma discussão apresentando os pontos observados referentes à integração entre as técnicas ER e TRM, o impacto dessa integração nos fatores tecnologia e tempo de desenvolvimento, as melhorias obtidas no produto desenvolvido, uma comparação entre os fatores identificados no estudo de caso e o que foi observado na literatura, e as vantagens obtidas pelo TRM sobre o benchmarking.

No segundo tópico (6.2), apresenta-se a sistematização do uso do TRM como meio de seleção de um produto referência para a aplicação de um processo de ER e as particularidades existentes entre estas duas técnicas.

6.1. Discussão

A Empresa A elaborou seu TRM através da utilização de análises de mercado, produto e tecnologia que se encaixaram na proposta de Phaal *et al.* (2001a). O objetivo da elaboração deste *roadmap* foi à obtenção de informações estratégicas que tornassem possível a identificação de possíveis produtos de referência para a realização da ER.

O primeiro fato importante a se destacar foi à utilização das três análises iniciais (mercado, produto e tecnologia) como meio de disponibilização dos fatores de seleção e não do mapa final em si. O desenvolvedor utilizou as dimensões de desempenho do produto, os direcionadores de mercado e negócios, as características do produto, as soluções tecnológicas e da análise dos competidores como meio principal de seleção do produto de referência (selecionadores).

Apesar de se apresentarem como meios eficazes, os selecionadores por si só não são efetivos se a empresa não possuir extenso conhecimento do setor onde atua. A análise dos competidores ajudou nessa tarefa, mas foi importante para a empresa saber “onde” procurar e “o que” procurar.

O TRM envolve o encadeamento de informações, já que os direcionadores de negócio/mercado são utilizados para gerar as características de produto que por sua vez, dão origem às possíveis soluções tecnológicas. Essas soluções foram consideradas pelo desenvolvedor como chave, devido à ligação existente entre a tecnologia, negócios e produto. Assim, a escolha do produto de referência foi feita baseada no suporte estratégico oferecido pelo TRM fornecendo bases para a inovação no que se refere ao desenvolvimento de um novo produto.

Feita a escolha do produto de referência, deu-se início ao processo de ER para a criação do produto A pela empresa objeto de estudo, onde foi possível a identificação de algumas particularidades no que diz respeito à integração da ER ao TRM:

- A análise das necessidades dos clientes feita no processo de ER pode ser comparada com as dimensões de desempenho e direcionadores de mercado/negócios obtidos no TRM, pois ambas levam em consideração o que o cliente deseja, mas de pontos de vista diferentes: do próprio cliente e do desenvolvedor. Através dessa comparação, foi possível confrontar as informações resultando em uma lista mais precisa;
- A lista de funções gerada na análise funcional do processo de ER foi complementada pelas características do produto obtidas na segunda parte do TRM. Apesar dessas características não fornecerem soluções em termos de funcionalidades, elas formaram um conjunto de concepções de características que o produto deveria possuir baseado nas necessidades dos clientes, mas do ponto de vista do desenvolvedor. Sendo assim, elas foram confrontadas com a lista de funções fornecendo resultados melhorados;
- Durante a análise de tecnologia do TRM identificaram-se as possíveis soluções tecnológicas capazes de gerar as funcionalidades do produto. As soluções para cada função do produto (geração dos conceitos) foram comparadas com as soluções tecnológicas do TRM resultando conceitos melhorados, concebidos de maneira mais meticulosa;
- Otto e Wood (1998a) propõem na formação das especificações técnicas, a realização de um *benchmarking* para definir valores-alvo que o produto desenvolvido deveria atingir. No estudo de caso apresentado, o produto de referência identificado já possui um desempenho diferenciado e os valores (em termos de especificações) atingidos por ele foram considerados como um piso de desempenho para o produto desenvolvido. Com isso, esperava-se alcançar valores superiores, obtendo-se um produto com características melhoradas.

No primeiro capítulo, a análise inicial da literatura levou a identificação e destaque de dois fatores essenciais, no desenvolvimento de produtos (DP), como meios de obtenção de vantagem competitiva: tecnologia e tempo de desenvolvimento. Após a descrição do caso, foi possível identificar o impacto da utilização integrada da ER e do TRM nesses dois fatores.

Tecnologia: segundo o desenvolvedor, o TRM foi fundamental para a obtenção de meios de seleção de um produto de referência de forma estratégica. O ponto de partida baseado na ER de um produto já com diferenciais em termos de mercado, produto e tecnologia forneceu meios para um DP de maneira diferenciada. Atualmente, o diretor executivo da Empresa A

afirma que o Produto A é superior em diversos quesitos tecnológicos e funcionais no que diz respeito ao seu produto de referência. Sendo assim, do ponto de vista da empresa, o fator tecnologia foi suprido de maneira satisfatória. No entanto, é importante ressaltar que a empresa fabricante do produto de referência B é detentora da tecnologia, e durante o tempo de desenvolvimento do Produto A, ela pode ter concentrado seus esforços para a criação de novas soluções, ainda melhores que as inclusas no produto desenvolvido.

Tempo de desenvolvimento: a utilização da Engenharia Reversa foi crucial no que diz respeito à adaptação e desenvolvimento do Produto A, obtendo resultados finais considerados excelentes e com redução no tempo de desenvolvimento, que foi quantificada em torno de seis meses. Segundo o mapa (figura 5.1), o desenvolvimento do produto durou cerca de cinco anos, o que leva a concluir que seis meses é uma redução relativamente baixa se comparada ao tempo total. No entanto, como já mencionado no Capítulo 5, a empresa passou por um longo período com falta de recursos (cerca de três anos), de 2005 ao final de 2007 (recebimento do primeiro aporte financeiro) e do final de 2007 ao final de 2008 (segundo aporte financeiro). Com isso, o período de redução de seis meses se torna mais significativo se for considerado o fato de que a incorporação dos conceitos e o processo produtivo duraram, de fato, dois anos. Vale ressaltar que a parte de incorporação dos conceitos foi feita através de tentativa e erro com a utilização de protótipos, fato que contribuiu para o aumento do tempo de desenvolvimento.

Através de análises comparativas com o produto de referência B, o desenvolvedor foi capaz de quantificar melhorias em outros fatores considerados como importantes para o produto desenvolvido. Os valores presentes na tabela 6.1 apresentam as melhorias obtidas em termos de redução ou aumento, em porcentagem, em relação ao produto de referência B. Alguns valores foram estimados pelo desenvolvedor, devido à ausência da realização de testes formais para a confirmação dos dados. No entanto, estes testes estão programados para serem realizados.

Tabela 6.1 – Melhorias obtidas no produto A

Características do Produto A	Melhorias (%)
Custos de produção	Redução de 18%
Preço de venda	Redução de 15%
Custos de instalação	Redução de 30%
Tempo de instalação	Redução de 30%
Custos de manutenção	0%
Economia de energia elétrica	0%
Adaptabilidade	Aumento de 25% (Estimado)
Capacidade do tanque térmico	0%
Peso do produto	Redução de 22%
Perda de temperatura para o ambiente	0% (Estimado)
Eficiência dos coletores	Aumento de 15%
Isolamento térmico (produto como um todo)	Aumento de 0%
Perda de temperatura do coletor para o ambiente	Redução de 22%

Como já mencionado no presente tópico, as características de desempenho do produto de referência serviram como um piso para o produto desenvolvido. Pode-se observar que na tabela 6.1 existem quatro fatores que apresentaram 0% de melhorias. Isso significa que o desempenho atingido pelo produto desenvolvido foi, no determinado fator, igual ao produto referência.

No tópico 3.7 foi discutida a utilização do *benchmarking* como uma forma de escolha do produto de referência para a ER e algumas barreiras referentes ao mesmo. No quadro 6.1 foram reapresentados os problemas relativos ao *benchmarking* e uma comparação com o comportamento tomado pelo TRM. É importante ressaltar que essa comparação se encaixa somente no que diz respeito ao contexto da presente pesquisa, uma vez que, o TRM e o *benchmarking* são abordagens com objetivos diferentes.

Quadro 6.1 – Comportamento do TRM frente aos problemas apresentados pelo *benchmarking*

<i>Benchmarking</i>	<i>Technology Roadmapping</i>
Refinamento na análise dos dados (COLLINS <i>et al.</i> , 2006).	Os dados passam por três análises (mercado, produto e tecnologia) de forma sistemática. Isso garante a sua análise detalhada resultando na obtenção das tecnologias chave. Esses passos realizados na aplicação do TRM garantem uma análise de dados refinada.
Como pode ser provado que as práticas úteis identificadas são realmente as melhores? (COLLINS <i>et al.</i> , 2006).	Como já mencionado neste capítulo, as tecnologias identificadas foram consideradas chave. Sendo assim, dentro do contexto de aplicação do TRM, essas tecnologias podem ser consideradas como as “práticas úteis”, pois fornecem as melhores soluções (do ponto de vista da empresa).
Dificuldade das empresas em definir o que são as práticas úteis de forma mais precisa e depois identificá-las (MAIRE <i>et al.</i> , 2005).	
Identificação de dados de comparação (HINTON <i>et al.</i> , 2000).	Para a sua identificação foi utilizado o conhecimento da empresa com relação ao setor em que ela atua aliada a uma análise dos competidores que já faz parte das atividades de mercado TRM.

A análise do caso através da realização de entrevistas, análise documental e observação permitiram a identificação de outros pontos importantes relativos ao PDP em EBTs e à utilização do TRM e da ER. Dessa maneira, foi possível comparar esses pontos com um padrão (literatura pesquisada) garantindo dessa forma, a validade interna da pesquisa (YIN, 2001). Para tanto, foi criado um quadro (quadro 6.2) com a seguinte estrutura:

- **Fatores identificados:** relativos à utilização de cada abordagem;
- **Fonte de coleta de dados:** tipo de fonte pelo qual o fator foi identificado;
- **Comparação com a literatura:** apresenta alguns dos autores citados no presente trabalho que fazem menção ao fator identificado.

Quadro 6.2 – Fatores identificados e comparação com a literatura

	Fatores identificados	Fonte de coleta de dados			Comparação com a literatura (Autores)
		Documental	Entrevista	Observação	
Engenharia Reversa	Adaptação do produto		X		Lee e Woo (1998); Mury (2000); Mury e Fogliatto (2001); Sokovic e Kopac (2006); Bagci, (2009)
	Diminuição no tempo de desenvolvimento		X		March-chordà (2002); Lankegark e Hultink (2005); Afonso <i>et al.</i> (2008); Yeh <i>et al.</i> (2010); Valle e Vázquez-Bustel (2009); Lee e Wong (2010); Chen <i>et al.</i> (2010)
	Aprendizado sobre a tecnologia concorrente		X		Trott e Hoecht (2007)
	Fonte de informações para inovações		X	X	Lastres (1996)
	Aplicação de melhorias		X	X	Ingle (1994); Otto e Wood (1998a); Otto e Wood (1996)
	Criação de modelos CAD		X		Yuan <i>et al.</i> (2001); Bradley e Curri (2005); Yoon <i>et al.</i> (2005); Yao (2005); Gao <i>et al.</i> (2006); Bagci (2009)
	Auxílio na conquista de uma posição no mercado			X	Dias (1998); Mury (2000); Santos e Luz (2007)
	Foco nas necessidades dos clientes e do mercado		X		Otto e Wood (1998a); Otto e Wood (1998b)
Produto final com valores de desempenho baseados em produtos concorrentes já consolidados		X		Otto e Wood (1998a); Otto e Wood (1998b)	
Technology Roadmapping	Integração de negócios, produto e tecnologia	X	X	X	Phaal <i>et al.</i> (2001a); Phaal <i>et al.</i> (2004a)
	Suporte estratégico	X			Probert e Radnor (2003); Kim <i>et al.</i> (2009); Blismas e Wakefield (2010)
	Planejamento do produto combinado com tendências tecnológicas		X	X	Kappel (2001)
	Identificação de <i>gaps</i>		X		Phaal <i>et al.</i> (2001a); Gindy <i>et al.</i> (2006)
	Fonte de informações mercadológicas, de produto e tecnológicas	X			Phaal <i>et al.</i> (2001a); Phaal <i>et al.</i> (2004a)
	Foco na importância da inserção de tecnologia no produto desenvolvido		X	X	Mcgrath e Gilmore (1995); Lankegark e Hultink (2005); Liu e Ozer (2009); Lee e Wong (2010); Juehling <i>et al.</i> (2010)
	Identificação de soluções tecnológicas chave		X	X	Phaal <i>et al.</i> (2001a); Albright e Kappel (2003)
	Análise dos competidores	X	X		Phaal <i>et al.</i> (2001a); Albright e Kappel (2003)
PDP	Exploração de tecnologias	X	X	X	Ng (2006)
	Atendimento das necessidades dos clientes	X	X	X	Jugend <i>et al.</i> (2005)
	Produto com alto valor agregado		X	X	Ng (2006)

Pelo mapa descrito na figura 5.1, observa-se que após a incorporação dos conceitos e distribuição do lote piloto houve o retrabalho de apenas três características do produto: facilidade de instalação, confiabilidade e resistência térmica. Isso mostra que o ponto de partida do DP baseado em um referencial diferenciado, mais as melhorias desenvolvidas, permitiu a obtenção de um produto mais avançado e com baixa taxa de retrabalhos.

Segundo o desenvolvedor, o produto final obtido, é de maneira geral, superior tecnologicamente no que diz respeito a sua referência. A utilização do TRM como suporte estratégico e base para a identificação de tecnologias chave permitiu a criação de um produto, com auxílio da ER, com tecnologia avançada obtidas através do desenvolvimento de melhorias baseadas nas necessidades do mercado e do cliente.

A integração dessas duas técnicas proporcionou, também, o fortalecimento do produto final cujo sucesso é essencial para a manutenção da empresa que, durante o desenvolvimento do Produto A, possuía apenas um produto em seu portfólio. Os novos produtos ainda se encontravam em fase de desenvolvimento.

6.2 Sistemática proposta

A partir da descrição do estudo de caso realizada no tópico 5.2, foi elaborada uma sistematização do uso do TRM como meio de seleção de um produto referência para a aplicação de um processo de ER (figura 6.1).

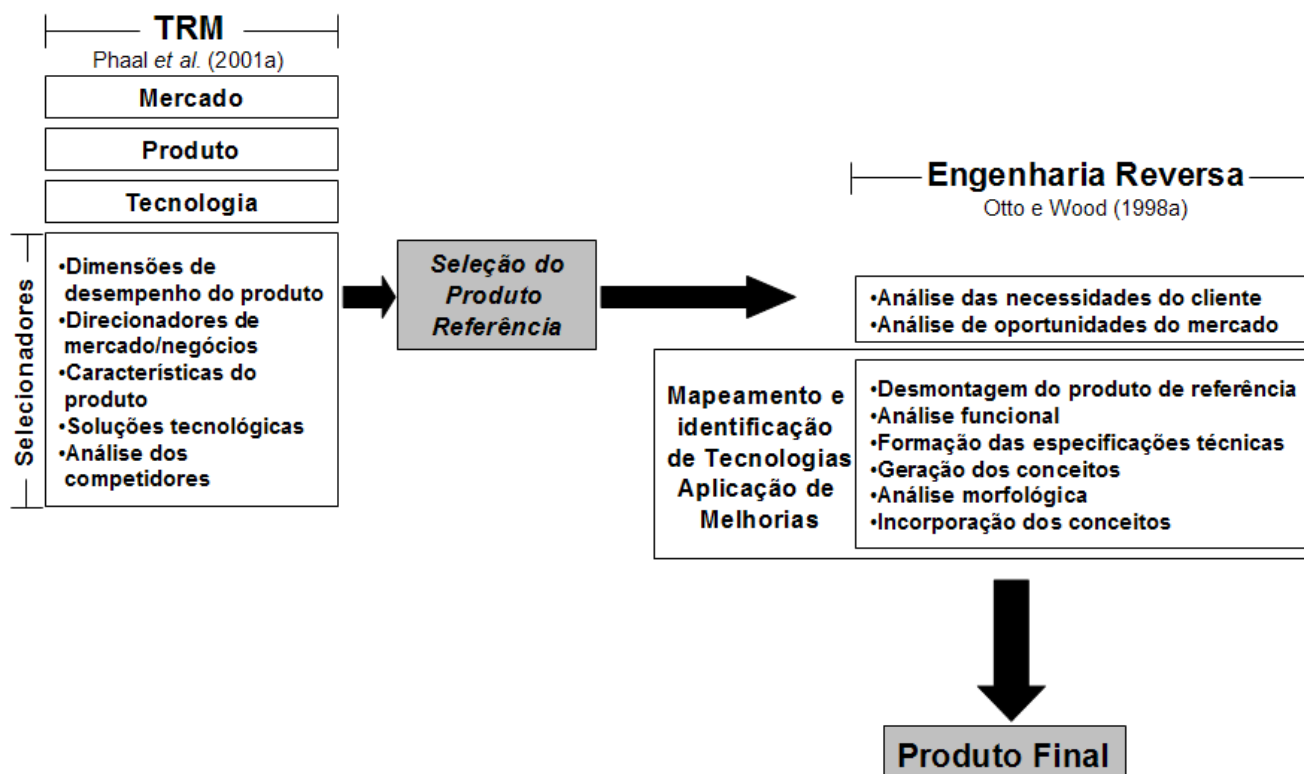


Figura 6.1 – Sistemática de aplicação do TRM integrado a ER

Construindo a análise das partes de Mercado, Produto e Tecnologia presentes no *T-Plan* proposto por Phaal *et al.* (2001a) obtêm-se selecionadores os quais, juntamente com o conhecimento da empresa em relação a seu setor de atuação, fornecem meios de identificar, dentro do mercado, produtos que podem servir como referência para o início de um PDP.

Para que o produto selecionado seja um referencial adequado ele deveria se encaixar ou chegar o mais próximo possível dos requisitos impostos pelos selecionadores.

Selecionado o produto de referência, inicia-se um processo de ER que possibilita o mapeamento e identificação de tecnologias e o desenvolvimento de melhorias.

Os valores de desempenho obtidos no produto de referência são encarados como pré-requisitos mínimos, ou seja, para o desenvolvimento de um produto considerado melhor, a empresa busca valores-alvos superiores aos da referência.

A integração dessas duas técnicas permitiu identificar ligações entre as atividades realizadas no TRM e as fases da ER (Figura 6.2).

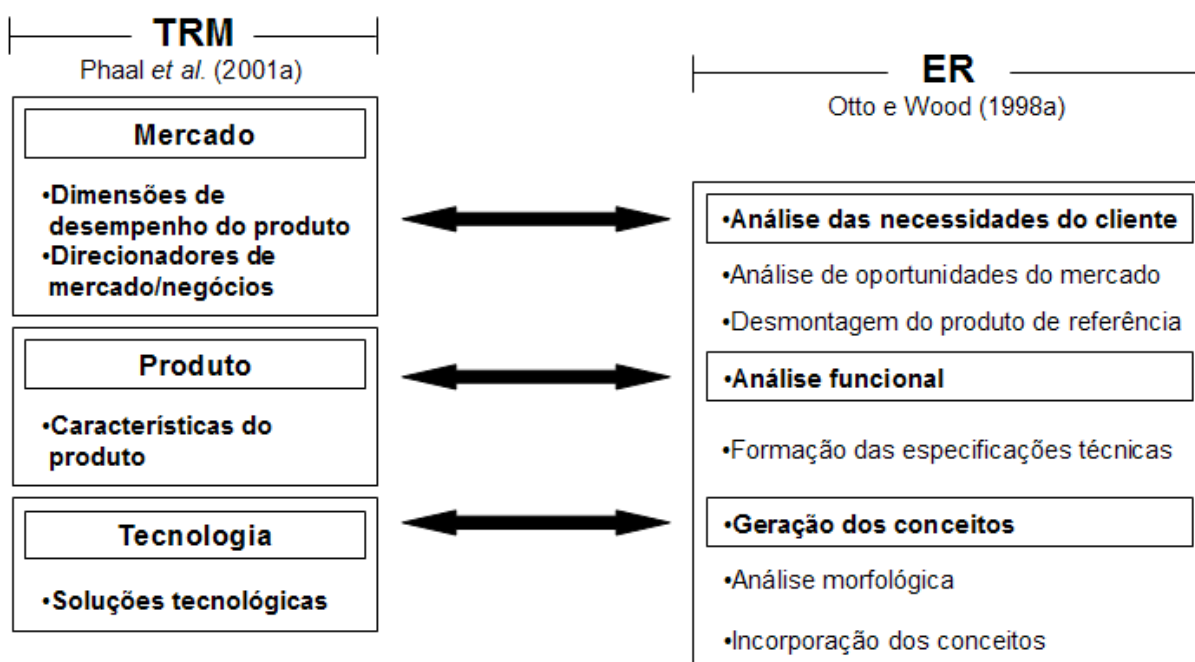


Figura 6.2 – Ligações entre o TRM e a ER

No presente trabalho, foram utilizados para a sistematização dos dados o *T-Plan* de Phaal *et al.* (2001a) e a ER de Otto e Wood (1998a) devido a sua maior adequação ao caso, fato que foi confirmado através do protocolo de pesquisa (Apêndice A). No entanto, nada impede que outras abordagens de TRM e ER sejam utilizadas, contanto que certos requisitos sejam atingidos por parte do TRM para que seja possível a obtenção de selecionadores que forneçam informações adequadas e necessárias para a identificação do(s) produto(s) de referência.

6.3 Opinião do desenvolvedor

O TRM teve papel estratégico no que diz respeito à identificação do produto de referência e na obtenção de aspectos estratégicos relacionados a mercado, produto e tecnologia. Através de sua atuação, obteve-se as soluções tecnológicas chave focando nas características mercadológicas e do produto, sempre com o pensamento no cliente e suas necessidades.

A ER, além de diminuir o tempo de desenvolvimento, permitiu o entendimento da tecnologia do produto de referência e como consequência, seu aprimoramento e a obtenção do domínio da tecnologia por parte da Empresa A. A partir desse domínio foi possível, também, desenvolver novos produtos que farão parte do portfólio da empresa.

Segue o depoimento do Diretor Executivo da Empresa A:

“Aprender com o que já existe e desenvolver a tecnologia correta é uma decisão difícil e crucial para pequenas empresas de base tecnológica. O TRM auxilia na visualização e comunicação das estratégias da empresa contribuindo para o processo decisório e auxiliando na captação de recursos de órgãos de fomento. Focar o mercado, a tecnologia e o produto são essenciais para a priorização de nossas ações. Muitas vezes os produtos concorrentes são totalmente diferentes dos que estamos pensando em desenvolver, mas possuem as tecnologias chave. Outra contribuição do TRM é tirar a miopia de buscar, como produto de referência, apenas os produtos semelhantes aos nossos concorrentes potenciais. Ele identifica a tecnologia que nos interessa. Além disso, permite listar as características do produto de referência alinhado com nossos interesses estratégicos.”

Identifica-se neste depoimento a importância da tecnologia no desenvolvimento de produtos de pequenas empresas de base tecnológica e a contribuição do TRM para o processo decisório. A proposta de integração permite identificar e priorizar, se maneira sistematizada, as características para seleção do produto de referência.

“No desenvolvimento do TRM a etapa que dispenseu menos esforços foi à identificação do mercado. Acredito que apesar da importância do mercado, informações sobre o mesmo são obtidas com relativa facilidade se comparado a tecnologia, no nosso caso muita engenharia. Devido à proposta de um produto inovador, a solução tecnológica do produto desdobrou-se em grandes esforços por parte da empresa para a busca de soluções e posterior otimização do produto.”

Identifica-se na fala do gestor as dificuldades para identificação e seleção da tecnologia no desenvolvimento do produto. Bem como a facilidade de obtenção de informações de mercado.

“Na aplicação da ER as dificuldades foram: selecionar o produto de referência; gerar e incorporar os conceitos. O ciclo básico projetar-testar-aperfeiçoar foi realizado várias vezes. Penso que quanto melhor for à escolha do produto de referência, menos recursos serão necessários para as demais fases”.

O desenvolvedor enfatiza a seleção do produto de referência, foco principal desta proposta.

“Na análise dos competidores todos os produtos possuem diferenciais tais como preço, facilidade de montagem e rendimento. Decidir o que queremos que o nosso produto tenha (suas características) e, principalmente, o que não queremos estabelece para o grupo a decisão do que deve ser priorizado, o que é essencial e o que é importante. Nenhum produto pode ser bom em tudo, é preciso definir seu diferencial. Neste sentido a integração do TRM com a ER resulta em economia de recursos e rapidez no desenvolvimento do produto.”

Na opinião do desenvolvedor o modelo proposto contribui para redução do tempo de desenvolvimento de produtos e na economia de recursos.

“O problema que vejo da junção das técnicas TRM e ER é que elas trazem consigo um aparato de outras ferramentas que, se desenvolvidas conforme os pressupostos teóricos fazem com que a empresa desperdice seus recursos em sua aplicação. O importante é definir o que queremos de informação para nos auxiliar no processo decisório e sempre questionarmos se a aplicação da teoria esta realmente nos levando aos resultados que precisamos se não estamos desperdiçando nossos esforços. Para isso é preciso definir o que se quer e conhecer os métodos, suas contribuições e limitações. Penso que a orientação de pessoas experientes, mas não “bitoladas”, é de extrema importância. Eu possuo uma natureza critica e sei muito bem o que quero, assim sempre questiono se na verdade os meus esforços estão sendo bem aplicados. Tenho um produto para desenvolver e muito trabalho a fazer. Aplicar técnicas de gestão só tem sentido se me ajudarem na parte técnica. A descrição das decisões da empresa baseadas em seu negócio são muito bem retratadas pelo TRM.”

Verifica-se no relato do desenvolvedor que a sistemática de integração do TRM com a ER necessita primeiramente da definição dos objetivos por parte da empresa e do domínio das duas técnicas bem como as ferramentas de suporte. Estas competências podem ser obtidas pela empresa por meio de capacitações e orientação de especialistas.

“Apesar de a ER nos ajudar, é importante destacar que sem pessoas com conhecimento técnico e com a orientação correta acabamos simplesmente copiando, quando na verdade queremos entender e aperfeiçoar. Isso não é tão trivial quanto parece na teoria. Depois de identificar produtos de referência agimos como verdadeiros detetives tentando descobrir como as coisas funcionam e depois, tentamos aperfeiçoar. É um ciclo iterativo de projetar-testar-aperfeiçoar, onde o conhecimento técnico e a aplicação de ferramentas adequadas (no nosso caso muita simulação computacional e confecção de protótipos) demonstram ser a fórmula para obtenção de bons resultados. Ao saber o que se quer e tomando decisões de maneira rápida e correta, roda-se menos vezes o ciclo projetar-testar-aperfeiçoar. Encontrar mão de obra com conhecimento técnico disponível é muito difícil e manter ainda mais.”

Destaca-se o conhecimento técnico como fundamental para o desenvolvimento de tecnologia e as dificuldades da pequena empresa em acessá-la e retê-la.

Sintetizando a análise do desenvolvedor verifica-se a contribuição da integração do TRM com a ER no sentido de colaborar com o processo decisório, com ênfase na tecnologia, que no caso foi de difícil identificação e seleção. Destaca-se a contribuição da sistemática para seleção do produto de referência, resultando na redução do tempo de desenvolvimento e na economia de recursos. Porém fazem-se necessários conhecimentos de TRM e da ER, bem como profissionais na empresa capazes de desenvolver a tecnologia.

Capítulo 7 – Conclusão

O capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho, os resultados obtidos pela integração entre o TRM e a ER, as vantagens competitivas do produto A bem como suas limitações e a pergunta de pesquisa apresentada no tópico 1.1 é respondida (tópico 7.1). No tópico 7.2, são feitas recomendações para trabalhos futuros.

7.1 Conclusão

A partir da utilização do TRM e de seu suporte estratégico, foi possível integrar negócios, mercado, produto e tecnologia, fornecendo condições a Empresa A de utilizar as informações oriundas do *roadmap* para estabelecer critérios para seleção de possíveis produtos de referência para a realização de um processo de ER. Verifica-se assim que o TRM, apesar de mais trabalhoso, possui potencial de minimizar os problemas existentes na aplicação do *benchmarking*.

A integração dessas duas técnicas permitiu um PDP já baseado em um produto consolidado no mercado e com o diferencial identificado pelo TRM. A utilização da ER propiciou à identificação de melhorias resultando em um Produto A com tecnologias e características funcionais avançadas quando comparadas ao seu referencial. Isso possibilitou que a Empresa A introduzisse seu produto no mercado com maior segurança, correndo menos risco no que diz respeito à aceitação do mercado consumidor, já que sua criação foi baseada em um produto já existente. Essa diminuição do risco se tornava ainda mais importante frente à existência de apenas um produto no portfólio da empresa, o que ligava diretamente o sucesso do Produto A com a continuidade da empresa no mercado.

No que diz respeito aos fatores tecnologia e tempo de desenvolvimento, a integração dessas duas técnicas resultou na obtenção de tecnologias chave através do TRM, que foram melhoradas de maneira dinâmica pela utilização da ER. Ela propiciou a adaptação, identificação de melhorias e diminuição no tempo de desenvolvimento do Produto A em seis meses. Dessa maneira, ambos os fatores foram, do ponto de vista da empresa, obtidos de maneira satisfatória.

Como consequência dos avanços tecnológicos obtidos no produto desenvolvido, outros fatores importantes alcançaram melhorias significativas tais como custos de produção, preço de venda, custos de instalação, tempo de instalação, adaptabilidade, peso do produto, eficiência dos coletores e perda de temperatura para o ambiente (vide tabela 6.1). Isso prova, de maneira quantitativa, os resultados positivos trazidos pela integração das duas técnicas.

Após a análise detalhada dos dados realizadas no Capítulo 6, foi possível responder a pergunta de pesquisa apresentada no tópico 1.1:

Como o TRM pode auxiliar na seleção do(s) produto(s) de referência a ser(em) objeto(s) de ER?

Através das seções de mercado, produto e tecnologia do TRM (detalhadas nos tópicos 4.4 e 5.2) obtiveram-se os denominados selecionadores. Esses selecionadores constituem-se das dimensões de desempenho do produto, direcionadores de mercado e negócios, características do produto, soluções tecnológicas e da análise dos competidores. Essas informações, aliadas ao conhecimento que a empresa possui do setor onde atua, fornecem meios para a seleção de um produto de referência que possua as características mercadológicas, de produto e as tecnologias-chave identificadas no TRM. Encontrado o produto de referência, inicia-se um processo de ER já baseado em um produto diferenciado e consolidado resultando em um processo de desenvolvimento do novo produto com foco nas necessidades do cliente, do mercado, com tecnologias e funcionalidades avançadas e melhoradas no que diz respeito ao seu referencial.

A vantagem sustentável obtida pela empresa por meio do produto A é relativa, pois a empresa fabricante do produto de referência e outras empresas detentoras de tecnologia podem desenvolver novos produtos superiores tecnologicamente ou inovadores e introduzi-los no mercado, tornando o produto A obsoleto. No entanto, para EBTs que estão iniciando sua entrada no mercado com poucos recursos e *know-how*, a utilização integrada de técnicas como o TRM e a ER permitem o aprimoramento de seu PDP, a redução no tempo de desenvolvimento de seus produtos e o aprendizado sobre mercado, produto e tecnologias concorrentes, fornecendo os meios para a criação de um novo produto com características avançadas e com condições para enfrentar o mercado concorrente e sua dinamicidade.

O desenvolvimento de produtos por meio da ER e TRM propiciou a Empresa A domínio tecnológico de produto e processos. Devido às melhorias incorporadas no novo produto este passou a ser referência no mercado nacional, assim a empresa que originalmente utilizou-se de estratégia de imitação, estabeleceu-se como inovadora. Neste sentido o TRM orienta a evolução de seus produtos e tecnologias.

7.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como recomendações para a continuação desse trabalho pode-se sugerir:

- A realização de mais estudos de caso para refinar os resultados e aprimorar a sistemática identificada;

- A realização de uma pesquisa-ação para confirmação da eficácia da sistemática identificada.

Referências

- ADAMS, B.; DE SCHUTTER, D.; ZAIDMAN A.; DEMEYER, S.; TROMP, H.; DE MEUTER, W. Using aspect orientation in legacy environments for reverse engineering using dynamic analysis – An industrial experience report. **The Journal of Systems and Software**, v.82, p. 668-684, 2009.
- ADEGBITE, O. Business incubators and small enterprise development: the Nigerian experience. **Small Business Economics**, v.17, n.3, p. 157-166, 2001.
- AFONSO, P.; NUNES, M.; PAISANA, A.; BRAGA, A. The influence of time-to-market and target costing in the new product development success. **International Journal of Production Economics**, v. 115, p. 559–568, 2008.
- ALBRIGHT, R. A Unifying Architecture for Roadmaps Frames a Value Scorecard. In: IEEE INTERNATIONAL ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE, 2003, Albany/NY. **Anais...** Albany: IEMC, 2003.
- ALBRIGHT, R.; KAPPEL, T. Technology roadmapping: roadmapping in the corporation. **Research Technology Management**, v. 46, n. 2, p. 31-41, 2003.
- AMARAL, C. S. T.; ROZENFELD, H. Sistematização das melhores práticas de desenvolvimento de produtos para acesso livre e compartilhamento na internet. **Produto & Produção**, v. 9, n. 2, p. 120-135, jun. 2008
- ANAND, G. e KODALI, R. Benchmarking the benchmarking models. **Benchmarking: An International Journal**, v. 15, n. 3, p. 257-291, 2008.
- ANPROTEC. Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas. **Glossário dinâmico de termos na área de Tecnópolis, Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas**. Brasília/DF: Anprotec & Sebrae, 2002.
- BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983.
- BACK, N.; DIAS, A.; SILVA, J. C.; OGLIARI, A. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Porto Alegre: Editora Manole, 2008.
- BADE, F. J.; NERLINGER, E. A. The spatial distribution of new technology-based firms: Empirical results for West-Germany. **Papers in Regional Science**, v. 79, n. 2, p. 155-176, 2000.
- BAGCI, E. Reverse engineering applications for recovery of broken or worn parts and re-manufacturing: Three case studies. **Advances in Engineering Software**, v. 40, p. 407–418, 2009.
- BARBERO, B. R. The recovery of design intent in reverse engineering problems. **Computers & Industrial Engineering**, v. 56, p.1265–1275, 2009.

BHUTTA, K.S.; HUQ, F. Benchmarking – best practices: an integrated approach. **Benchmarking: An International Journal**, v. 6, n. 3, p. 254-68, 1999.

BLISMAS, N. e WAKEFIELD, R. Concrete prefabricated housing via advances in systems technologies – Development of a technology roadmap. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 17, n. 1, p. 99-110, 2010.

BOLLINGTOFT, A.; ULHOI, J. The networked business incubator: leveraging entrepreneurial agency. **Journal of Business Venturing**, v. 20, n. 2, p.265–290, 2005.

BOWEN, J.; BREUER, P.; LANO, K. A compendium of formal techniques for software maintenance. **Software Engineering Journal**, set. 1993.

BRADLEY, C. The application of reverse engineering in rapid product development. **Sensor Review**, v. 18, n. 2, p. 115–120, 1998.

BRADLEY, C.; CURRI, B. Advances in the Field of Reverse Engineering. **Computer-Aided Design & Applications**, v. 2, n. 5, p. 697-706, 2005.

BROWNING, T. R.; FRICKE, E.; NEGELE, H. Key Concepts in Modeling Product Development Processes. **Systems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 104-128, 2006.

CHANDRA, M; NEELANKAVIL, J. P. Product development and innovation for developing countries - Potential and challenges. **Journal of Management Development**, v. 27, n. 10, p. 1017-1025, 2008.

CHANDRU, V.; MANOHAR, S. Volume modeling for emerging manufacturing technologies. **Sadhana**, v. 22, n. 2, p. 199-216, abr. 1997.

CHANG, M.; SANG, C. P. Reverse engineering of a symmetric object. **Computers & Industrial Engineering**, v. 55, p. 311–320, 2008.

CHEN, J.; DAMANPOUR, F.; REILLY, R. R. Understanding antecedents of new product development speed: A meta-analysis. **Journal of Operations Management**, v. 28, p. 17–33, 2010.

CHEN, L.; LIN, G. C. I. Reverse engineering in the design of turbine blades: a case study in applying the MAMDP. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v. 16, p. 161-167, 2000.

CHEN, Y. H.; NG, C.T. Integrated Reverse Engineering and Rapid Prototyping. **Computers & Industrial Engineering**, v. 33, n. 3-4, p. 481-484, 1997.

CHIKOFFSKY, E. J; CROSS II, J. H. Reverse Engineering and design Recovery: A Taxonomy. **IEEE Software**, v.7, n.1, p. 13-17, jan. 1990.

CHOY, K. L.; LEE, W. B.; LO, V. An intelligent supplier Management tool for benchmarking suppliers in outsource manufacturing. **Expert Systems with applications**, v. 22, p. 213-224, 2002.

CHRISTENSEN, J.; BANDYOPADHYAY, A. Reverse Engineering of clear solids using refractive index matching. **Rapid Prototyping Journal**, v. 6, n. 2, p. 87-96, 2000.

COOPER, R. G., EDGETT, S. J. **Product Development for de Service Sector - Lessons from market leaders**. New York: Basic Books, 1999.

COLLINS, T. R.; ROSSETTI, M. D.; NACHTMANN, H. L.; OLDHAM, J. R. The use of multi-attribute utility theory to determine the overall best-in-class performer in a benchmarking study. **Benchmarking: An International Journal**, v. 13; n. 4, p. 431-46, 2006.

DALTON, G. Reverse engineering using laser metrology. **Sensor Review**, v. 18, n. 2, p. 92-96, 1998.

DAHLSTRAND, A. L. Technology-based entrepreneurship and regional development: the case of Sweden. **European Business Review**, v. 19, n. 5, p. 373-386, 2007.

DIAS, A. B. Engenharia Reversa: uma porta ainda aberta. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-7, fev. 1998.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, out. 1989.

FERREIRA, J. C.; SANTOS, E.; MADUREIRA, H.; CASTRO, J. Integration of VP/RP/RT/RE/RM for rapid product and process development. **Rapid Prototyping Journal**, v. 12, n. 1, p. 18-25, 2006.

FLEURY, A. Capacitação Tecnológica e Processo de Trabalho: Comparação entre o modelo japonês e o brasileiro. **Revista de Administração de Empresas**, p. 23-30, 1990.

FISCHER, A.; PARK, S. Reverse Engineering: Multilevel-of-Detail Models for Design and Manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 15, n. 8, p. 566-572, 1999.

FULLER, D. B. China's national system of innovation and uneven technological trajectory - The case of China's integrated circuit design industry. **Chinese Management Studies**, v. 3 n. 1, p. 58-74, 2009.

GALHARD, A. C; ZACCARELLI, S. B. Inovação e imitação tecnológica como estratégia competitiva. **Revista Brasileira de gestão de negócios**, v.7, n. 17, p. 23-29, 2005.

GAO, J.; CHEN, X.; ZHENG, D.; YILMAZ, O.; GINDY, N. Adaptive restoration of complex geometry parts through reverse engineering application. **Advances in Engineering Software**, v. 37, n. 9, p. 592-600, set. 2006.

GARCIA, M. J.; BOULANGER, P.; HENAO, M. Structural optimization of as-built parts using reverse engineering and evolution strategies. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 35, n. 6, p. 541-550, jun. 2008.

GERDSRI, N.; KOCAOGLU, D. F. Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, p. 1071-1080, 2007.

GIEBEL, M.; ESSMANN, H.; DU PREEZ, N.; JOCHEM, R. Improved innovation through the integration of Quality Gates into the Enterprise and Product Lifecycle Roadmaps. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 1 (2009) p. 199-205.

GINDY, N.; CERIT, B.; HODGSON, A. Technology roadmapping for the next generation manufacturing enterprise. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17 n. 4, p. 404-416, 2006.

GIUDICI, G.; PALEAR, S. The Provision of Finance to Innovation: A Survey Conducted among Italian Technology-based Small Firms. **Small Business Economics**, v. 14, p. 37-53, 2000.

GRIFFIN, A. Metrics for Measuring Product Development Cycle Time. **Journal of Product Innovation Management**, v. 10, n. 2, p. 112-125, 1993.

GRIFFIN, A.; PAGE, A. L. PDMA Success Measurement Project: Recommended Measures for Product Development Success and Failure. **Journal of Production Management**, v. 13, p. 478-496, 1996.

GRINNELL, M.; RICHEY, J. M. Evolution of Roadmapping at Motorola. **Research Technology Management**, v. 47, n. 2, p. 37-41, mar./abr. 2004.

Global Entrepreneurship Monitor (GEM). Empreendedorismo no Brasil (2008). Disponível em <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/1d7b269b07fee04a03256eae005ec615/5d1cac412448b0428325757b00697dc7/\\$FILE/NT0003EF2A.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/1d7b269b07fee04a03256eae005ec615/5d1cac412448b0428325757b00697dc7/$FILE/NT0003EF2A.pdf)>. Acesso em: 19 de janeiro de 2010.

GROENVELD, P. Roadmapping Integrates Business and Technology. **Research Technology Management**, v. 40, p. 48-55, 1997.

HINTON, M.; FRANCIS, G.; HOLLOWAY, J. Best practice benchmarking in the UK. **Benchmarking: An International Journal**, v. 7, n. 1, p. 52-61, 2000.

HOBDAY, M.; RUSH, H.; BESSANT, J. Approaching the innovation frontier in Korea: the transition phase to leadership. **Research Policy**, v. 33, p. 1433-1457, 2004.

HOFFMAN, K.; PAREJO, M.; BESSANT, J.; PERREN, L. Small firms, R&D, technology and innovation in the UK: a literature review. **Technovation**, v. 18, p. 39-55, 1998.

HONG, P.; ROH, J. Internationalization, product development and performance outcomes: A comparative study of 10 countries. **Research in International Business and Finance**, v. 23, p. 169-180, 2009.

INGLE, K. A. **Reverse Engineering**, Lexington: McGraw-Hill, 1994.

JUGEND, D., SILVA, S. L. e TOLEDO, J. C. Análise do processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno porte: estudo de casos do setor de automação industrial. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, Curitiba/PR, 2005. **Anais...** Curitiba: V CBGDP, 2005.

JUGEND, D.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; MENDES, G. H. S. Critical success factors in the management of product development process in medium and small technology-based companies within the process control automation sector. **Product: Management & Development**, v. 4, n. 2, p. 115-126, 2006.

KAPPEL, T. A. Perspectives on Roadmaps: how organizations talk about the future. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 18, p. 39-50, 2001.

KIM, C.; KIM, H.; HAN, S. H.; KIM, C.; KIM, M. K.; PARK, S. H. Developing a technology roadmap for construction R&D through interdisciplinary research efforts. **Automation in Construction**, v. 18, p. 330-337, 2009.

KIM, S. W.; CHOI, Y. B.; OH, J. T. Reverse engineering: high speed digitization of free-form surfaces by phase-shifting grating projection moiré topography. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 39, n. 3, p. 389-401, 1999.

KIM, L.; NELSON, R. **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente**. Campinas: Unicamp, 2005. Edição do original estadunidense, 2000.

LAI, J. Y.; LU, C. Y. Reverse engineering of composite sculptured surfaces. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 12, n. 3, 1996.

LAHORGUE, M. A.; HANEFELD, A. O. A localização das incubadoras tecnológicas no Brasil: reforço ou quebra da tendência histórica de concentração das infra-estruturas de ciência, tecnologia e inovação? **Ciência, Tecnologia e Innovación**. Girona: Pub. de la UdG, 2005.

LASTRES, H. M. M. A Importância da Informação no Sistema Japonês de Inovação. **Ciência da Informação**, v. 25, n. 3, 1996.

LANGERAK, F.; HULTINIK. The Impact of New Product Development Acceleration Approaches on Speed and Profitability: Lessons for Pioneers and Fast Followers. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 52, n. 1, fev. 2005.

LEE, K. B.; WONG, V. New product development proficiency and multi-country product rollout timeliness. **International Marketing Review**, v. 27, n. 1, p. 28-54, 2010.

LEE, K. H.; WOO, H. Use of Reverse Engineering Method for Rapid Product Development. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, n. 1-2, p. 21-24, 1998.

LEE, K. H.; WOO, H. Direct integration of reverse engineering and rapid prototyping. **Computers and Industrial Engineering**, v. 38, n. 1, p. 21-38, 2000.

LEE, K. H.; WOO, H.; SUK, T. Data Reduction Methods for Reverse Engineering. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 17, n. 10, p. 735-743, 2001.

LIN, A. C.; CHEN, C. Point-Data Processing and Error Analysis in Reverse Engineering. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 14, n. 11, p. 824-834, 1998.

LIU, H.; OZER, O. Managing a product family under stochastic technological changes. **International Journal of Production Economics**, v. 122, p. 567-580, 2009.

MACKEY, S. R. Software Migration and Reengineering: A Pilot Project in Reengineering. **Journal Systems Software**, v. 30, p. 137-150, 1995.

MAIRE, J.; BRONET, V.; PILLET, M. A typology of “best practices” for a benchmarking process. **Benchmarking: An International Journal**, v. 12, n. 1, pp. 45-60, 2005.

MAÑÀ, Jorge C. Reassessment of cocitation methods for science indicators: effect of methods improving recall rates. **Scientometrics**, Society of Composers, Inc., New York, NY, v. 37, p. 223-244, 1998.

MARCH-CHORDÀ, I.; GUNASEKARAN, A.; LLORIA-ARAMBURO, B. Product development process in Spanish SMEs: an empirical research. **Technovation**, v. 22, p. 301-312, 2002.

MARKMAN, G. D.; PHAN, P. H.; BALKIN, D. B.; GIANIODIS, P. T. Entrepreneurship and university-based technology transfer. **Journal of Business Venturing**, v. 20, n. 2, p.241-263, 2005.

MAVROMIHALES, M.; MASON, J.; WESTON, W. A case of Reverse Engineering for the manufacture of wide chord fan blades (WCFB) used in Rolls Royce aero engines. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 134, p. 279-286, 2003.

MCCARTHY, R. C. Linking Technological Change to Business Needs. **Research Technology Management**, v. 46, n. 2, p. 47-52, mar./abr. 2003.

MCGRATH, M. e GILMORE, D. Achieving growth, competitive advantage and increased profits. **World Class Design to Manufacture**, v. 2, n. 6, p. 11-16, 1995.

MEDEIROS, J. A. Incubadoras de empresas: lições e experiência internacional. **Revista de Administração**. São Paulo, v. 33, n. 2, p. 5-20, abr./jun. 1998.

MEDEIROS, R. L. Inovações tecnológicas e o processo de desenvolvimento econômico. **Análise**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 51-63, jan./jun. 2007.

MOTAVALLI, S. Review of Reverse Engineering Approaches. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, n. 1-2, p. 25-28, 1998.

MUKOYAMA, T. Innovation, imitation, and growth with cumulative technology. **Journal of Monetary Economics**, v. 50, n. 2, 361-380, 2003.

MUNDIM, A. P. F.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L.; GUERRERO, V.; HORTA, L. C. Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 9, n. 1, p. 1-16.

MURY, L. G. M. **Uma Metodologia Para Adaptação e Melhoria de Produtos a Partir da Engenharia Reversa**. 2000. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

MURY, L. G. M.; FOGLIATTO, F. S. Adaptação de Produtos para Mercados Diferenciados a partir da Engenharia Reversa. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, Florianópolis, 2001. **Anais...** Florianópolis: 3º CBGDP, 2001.

NG, A.W. Reporting intellectual capital flow in technology-based companies: Case studies of Canadian wireless technology companies. **Journal of Intellectual Capital**, v. 7, n. 4, p. 492-510, 2006.

OTTO, K. N.; WOOD, K. L. A Reverse Engineering and Redesign Methodology for Product Evolution. In: PROCEEDINGS OF THE 1996 ASME DESIGN ENGINEERING TECHNICAL CONFERENCES AND DESIGN THEORY AND METHODOLOGY CONFERENCE, Irvine/California, 1996. **Anais...** Irvine/California, 1996.

OTTO, K. N.; WOOD, K. L. **Product design: Techniques in reverse engineering and new product development**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998a.

OTTO, K. N.; WOOD, K. L. Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology. **Research in Engineering Design**, v. 10, n. 4, p. 226-243, 1998b.

PAGE, D.; KOSCHAN, A.; SUN, Y.; ABIDI, M. Laser-based imaging for reverse engineering. **Sensor Review**, v. 23, n. 3, p. 223–229, 2003.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. **T-Plan: fast start to Technology Roadmapping**. Cambridge University, Inst. of Manufacturing, UK, 2001a.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. **Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives**. Cambridge University, Institute of Manufacturing, UK, 2001b.

PHAAL, R., FARRUKH, C.J.P., PROBERT, D. R. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 71, p. 5–26, 2004a.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Customizing Roadmapping. **Research Technology Management**, v. 47, n. 2, p. 26-37, 2004b.

PAHL, G.; BEITZ, W; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. **Engineering Design: A Systematic Approach**. London: Design Council; 3 edition, 2007.

PHAN, P. H.; SIEGEL, D. S.; WRIGHT, M. Science parks and incubators: observations, synthesis and future research. **Journal of Business Venturing**, v. 20, n. 2, p. 165-182, 2005.

PINHO, M.; CÔRTEZ, M. R.; FERNANDES, A. C. A fragilidade das empresas de base tecnológica em economias periféricas: uma interpretação baseada na experiência brasileira. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 135-162, 2002.

PROBERT, D.; RADNOR, M. Frontier Experiences From Industry-Academia Consortia. **Research Technology Management**, v. 46, n. 2; p. 27-30 mar./abr. 2003.

ROSENTHAL, S. R. **Effective Product Design and Development – How to cut lead time and increase customer satisfaction**. New York: Irwin Professional Publishing, 1992.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

RUGABER, S.; STIREWALT, K. Model-Driven Reverse Engineering. **IEEE Software**, v. 21, n. 4, p. 45-53, 2004.

SANTOS, I. C.; LUZ, M. S. Implantação da política para take-off tecnológico e algumas considerações sobre o desenvolvimento nacional. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 3, n. 4, p. 115-139, nov. 2007.

SHERMAN, J. D.; SOUNDER, W. E.; JENSSEN, S. A. Differential Effects of the Primary Forms of Cross Functional Integration on Product Development Cycle Time. **Journal of Product Innovation Management**, v. 17, p. 257-267, 2000.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches. **Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOKOVIC, M.; KOPAC, J. RE (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 175, p. 398-403, 2006.

SON, S.; PARK, H.; LEE, K. H. Automated laser scanning system for reverse engineering and inspection. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 42, n. 8, p. 889-897, 2002.

SUH, J. H.; PARK, S. C. Service-oriented Technology Roadmap (SoTRM) using patent map for R&D strategy of service industry. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 6754-6772, 2009.

THOMPSON, W. B.; Owen, J.C.; de St. Germain, H.J.; Stark, S.R.; Jr. Henderson, T.C. Feature-based reverse engineering of mechanical parts. **IEE Transactions on Robotics and Automation**, v. 15, n. 1, p. 57-66, 1999.

TROTT, P.; HOECHT, A. Product counterfeiting, non-consensual acquisition of technology and new product development - An innovation perspective. **European Journal of Innovation Management**, v. 10, n. 1, p. 126-143, 2007.

TSAI, Y.; HUANG, C.; LIN, K.; LAI, J.; UENG, W. Development of automatic surface reconstruction technique in reverse engineering. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 42, p. 152-167, 2009.

ULLAH, F.; TAYLOR, P. Are UK technology-based small firms still finance constrained? **The International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 3, n. 2, 2007.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

VALLE, S.; VÁZQUEZ-BUSTEL, D. Concurrent engineering performance: Incremental versus radical innovation. **International Journal of Production Economics**, v. 119, p. 136-148, 2009.

VINCENT, G. **Managing new product development**. New York: Van Nostrand Reinold, 1989.

WHEELRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality**. New York : The Free Press, 1992.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. Accelerating the Design-build-test Cycle for Effective Product Development. **International Marketing Review**, v. 11 n. 1, p. 32-46, 1994.

WILDE, N., CASEY, C.; VANDEVILLE, J.; TRIO, G.; HOTZ, D. Reverse engineering of software threads: A design recovery technique for large multi-process systems. **The Journal of Systems and Software**, v. 43, p. 11-17, 1998.

WIND, J.; MAHAJAN, V. Issues and opportunities in new product development: an introduction to the special issue. **Journal of Marketing Research**, v. 34, p. 1-12, fev. 1997.

YAO, A.W.L. Applications of 3D scanning and reverse engineering techniques for quality control of quick response products. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 26, n. 11-12, nov. 2005.

YAU, H. T. Reverse engineering of engine intake ports by digitization and surface approximation. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 37, n. 6, p. 855-871, 1997.

YAU, H. T.; CHEN, J. S. Reverse engineering of complex geometry using rational B-splines. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 13, n. 8, p. 548-555, 1997.

YAXIONG, L.; DICHEN, L.; BINGHENG, L.; SANHU, H.; LI, G. The customized mandible substitute based on rapid prototyping. **Rapid Prototyping Journal**, v. 9, n. 3, p. 167-174, 2003.

YEH, T.; PAI, F.; YANG, C. Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries. **Quality & Quantity**, v. 44, n. 1, 2010.

YINGJIE, Z.; LILING, G. Using the philosophy of mobile agent technology for e-service in the field of reverse engineering applications. **Rapid Prototyping Journal**, v. 10, n. 3, p. 158-165, 2004.

YIN, R. **Applications of case study research**. Newbury Park, CA: Sage Publishing, 1993.

YIN, R. **Estudo de caso. Planejamento e métodos**. 2ª edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2001.

YOON, G.; HEOL, Y.; CHO, M.; SEO, T. Reverse Engineering for Rapid Prototyping of 3D Compound Surfaces using Edge Detection and Delaunay Triangulation Method. **Metals and Materials International**, v. 11, n. 4, p. 263-271, 2005.


YUAN, X.; ZHENRONG, X.; HAIBIN, W. Research on integrated reverse engineering technology for forming sheet metal with a free form surface. **Journal of Material Processing Technology**, v. 112, p. 153-156, 2001.

ZHANG, Y. Research into the engineering application of reverse engineering technology. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 139, p. 472-475, 2003.

ZHU, G.; ZHOU, T.; ZHOU, J. A New Algorithm for Feature Matching in Reverse Engineering. **Tsinghua Science and Technology**, v. 14, p. 43-46, jun. 2009.

ZHU, J.; LIANG, X.; XU, Q. The Cause of Secondary Innovation Dilemma in Chinese Enterprises and Solutions. In: PROCEEDINGS OF THE 2005 IEEE INTERNATIONAL ENGINEERING CONFERENCE, 2005, Vol. 1, 2005, p. 297-301.

Apêndice A

	<p>PROTOCOLO DE PESQUISA</p> <p><i>Análise da Utilização do Technology Roadmapping como meio de Seleção de Produto de Referência para a Engenharia Reversa</i></p> <p>Pesquisa de Campo – Dissertação de Mestrado</p>
<p>Método de pesquisa: Estudo de caso</p> <p>Técnicas de coleta de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise documental: análise dos documentos da empresa como meio de coleta de informações e base de comparação com o que foi obtido nas entrevistas. ▪ Entrevistas semi-estruturadas: realizadas durante as visitas a empresa desenvolvedora do objeto de estudo. Total de visitas: 3, com duração de 60 minutos cada. As questões (abaixo) são relativas ao <i>Technology Roadmap</i> desenvolvido para a seleção do produto de referência e ao processo de Engenharia Reversa realizada no produto de referência. ▪ Observação. <p>Respondentes/informantes: Diretor Executivo da Empresa A</p> <p>Objetivo geral do trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar o uso do TRM como meio de seleção do produto de referência para a aplicação da Engenharia Reversa. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar o impacto da utilização conjunta dessas duas técnicas nos fatores Tempo de desenvolvimento e Tecnologia; ▪ Sistematizar a utilização do TRM como meio de seleção de produto(s) de referência para aplicação da ER. 	
<p>Technology Roadmapping (TRM)</p>	
<p>1. Etapa inicial</p>	<p>1.1. Quais foram às necessidades que levaram a construção de um <i>roadmap</i>?</p> <p>1.2. Qual foi o tipo de <i>roadmap</i> utilizado?</p>
<p>2. Mercado</p>	<p>2.1. Como foram identificadas as dimensões de desempenho do produto em desenvolvimento?</p> <p>2.2. Como foram identificados os direcionadores de mercado e negócios?</p> <p>2.3. Como foi feita a análise dos competidores?</p> <p>2.4. Como foi organizada a segmentação do mercado?</p> <p>2.5. Foi feita alguma análise da posição estratégica da empresa em termos de ameaças, pontos fortes e fracos?</p> <p>2.6. Quais são os <i>gaps</i> de conhecimento nesse tópico?</p> <p>2.7. Quais foram às atividades realizadas para preencher esses <i>gaps</i>?</p> <p>2.8. Quais são as áreas que necessitam de trabalhos futuros?</p>
<p>3. Produto</p>	<p>3.1. As concepções das características do produto levaram em conta as dimensões de desempenho?</p> <p>3.2. Como foram priorizadas as possíveis concepções do produto?</p> <p>3.3. Foram consideradas estratégias de produto alternativas para satisfazer os direcionadores de mercado e negocio? Quais?</p> <p>3.4. Criou-se uma curva de experiência?</p> <p>3.5. Foi feito um plano de evolução do produto?</p> <p>3.6. Quais são os <i>gaps</i> de conhecimento nesse tópico?</p>

	3.7. Quais foram às atividades realizadas para preencher esses <i>gaps</i> ?
	3.8. Quais são as áreas que necessitam de trabalhos futuros?
4. Tecnologia	4.1. Como foram identificadas as soluções tecnológicas do produto?
	4.2. Como foram priorizadas as possíveis soluções tecnológicas?
	4.3. Foi realizada alguma análise de custos?
	4.4. Quais são os <i>gaps</i> de conhecimento nesse tópico?
	4.5. Quais foram às atividades realizadas para preencher esses <i>gaps</i> ?
	4.7. Quais são as áreas que necessitam de trabalhos futuros?
5. Mapeamento	5.1. Qual foi o formato do <i>roadmap</i> adotado?
	5.3. As partes de Tecnologia, Mercado e Produto foram ligadas em um mesmo mapa ou dispostas em mapas separados?
	5.3. De que forma foi montada a linha do tempo?
	5.4. Quais foram os eventos mais importantes (marcos) na parte de negócios e mercado? Quando aconteceram?
	5.5. Quando foi lançado o produto? Ele possui mais de uma versão?
	5.6. De que modo, dentro da linha do tempo, ocorreu a evolução individual das características de produto?
	5.7. Para as características do produto, quais foram às respostas tecnológicas (por área)?
	5.8. A empresa utilizou-se de outros recursos como, por exemplo, a terceirização de serviços?
	5.9. Foi criado um mapa de risco?
6. Resultados	6.1. Os resultados obtidos no <i>roadmap</i> foram satisfatórios?
	6.2. Foi possível a identificação das tecnologias chave?
	6.3. Foi possível identificar produtos concorrentes que serviram de referência para a empresa?
Engenharia Reversa (ER)	
1. Etapa inicial	1.1. Quais foram às necessidades que levaram a aplicação da ER?
2. Seleção do produto de referência	2.1. Como foi feita a seleção do(s) produto(s) de referência?
	2.2. Qual/quais foi/foram o(s) produto(s) selecionado(s)?
3. Análise das necessidades do cliente	3.1. Como foi realizado o levantamento das necessidades dos clientes?
	3.2. Quais foram os métodos utilizados (questionários, <i>focus groups</i> , entrevistas dirigidas)?
	3.3. Como foram organizadas essas informações?
	3.4. Como as informações foram analisadas?
4. Análise de oportunidades do mercado	4.1. Foi feita alguma análise dos custos de desenvolvimento vs. receitas futuras esperadas?
	4.2. Foram consideradas as variações financeiras ao longo do tempo?
	4.3. Foi realizada alguma análise de risco?
	4.4. Quais foram às atitudes tomadas com relação aos riscos encontrados?
5. Desmontagem do produto de referência	5.1. O(s) produto(s) de referência foi/foram desmontado(s)?
	5.2. Foi criada alguma espécie de listagem dos materiais constituintes do(s) produto(s) de referência (BOM, por exemplo)?
	5.3. Foram realizadas outras espécies de registros (Fotos, desenhos CAD)? Quais?

	5.4. Foi realizada alguma análise dos componentes constituintes do produto de referência (funcionamento, processo de manufatura, propriedades físicas)?
	5.5. Identificou-se algum/alguns componente(s) desnecessário(s) ou de baixa funcionalidade?
6. Análise funcional	6.1. Os dados obtidos na desmontagem do produto de referência forneceram uma lista de funções?
	6.2. Essa lista de funções foi confrontada com as necessidades dos clientes?
	6.3. Foi realizada uma priorização dos fatores mais importantes?
	6.4. Foi criada alguma listagem ou representação das funções e sub-funções que o produto em desenvolvimento deve realizar?
7. Formação das especificações técnicas	7.1. Foi feito algum levantamento dos requisitos do produto em desenvolvimento?
	7.2. Como esses requisitos foram convertidos para requisitos de engenharia?
	7.4. Cada função que o produto em desenvolvimento deve realizar possui sua especificação técnica?
	7.4. Foi utilizado algum método ou técnica para priorizar as funções (QFD, por exemplo)? Quais?
8. Geração dos conceitos	8.1. Todas as funções do produto em desenvolvimento possuem sua solução?
	8.2. Existe mais de uma solução para cada função?
	8.3. Foram levadas em consideração as interfaces do produto em desenvolvimento com o ambiente?
	8.4. Foi utilizada alguma técnica para a geração dos conceitos (<i>brainstorming</i> , por exemplo)?
9. Análise morfológica	9.1. Realizou-se alguma espécie de análise morfológica, com o objetivo de identificar componentes realizando funções desnecessárias ou repetidas?
	9.2. Foi utilizado algum método (matriz morfológica, por exemplo)?
10. Incorporação dos conceitos	10.1. Como os conceitos foram incorporados no produto em desenvolvimento?
	10.2. Algum/alguns conceito(s) sofreu/sofreram alguma espécie de simplificação?
	10.3. Foi utilizada alguma técnica para realizar essa(s) simplificação/simplificações (DFM, por exemplo)?
	10.4. Foi feita alguma análise de como o produto irá funcionar (modelos virtuais e protótipos físicos, por exemplo)?
11. Resultados	11.1. Os resultados (produto final) obtidos foram satisfatórios?
	11.2. A ER foi um passo importante na adaptação e desenvolvimento do novo produto?
	11.3. A ER ajudou na diminuição do tempo de desenvolvimento do novo produto?

Apêndice B

Ano	Autores	Método base de ER (utilizado ou citado)	Necessidades que levam a aplicação da ER	Seleção do produto referência	Comentários
1996	LAI, J. Y.; LU, C. Y.	Não menciona (N/M)	N/M	N/M	A ER foi utilizada para melhorar a geometria de superfícies.
	OTTO, K. N.; WOOD, K. L.	Proposto.	Evolução.	<i>Benchmarking</i>	-
1997	YAU, H. T.	N/M	N/M	N/M	-
	YAU; H. T., CHEN; J. S.	N/M	Suavização de regiões complexas em modelagem 3D.	Não aplicável (N/A)	-
	CHEN, Y. H.; NG, C. T.	Método genérico.	Recuperação de dados técnicos, digitalização de uma parte física.	N/A	-
	CHANDRU, V.; MANOHAR, S.	Método genérico.	N/M	N/M	Usa a ER para estimar erros no protótipo.
1998	OTTO, K. N.; WOOD, K. L.	Método de Otto e Wood (1998b).	Evolução.	<i>Benchmarking</i>	-
	DIAS, A. B.	N/M	Recuperação de dados técnicos, reparos, modernização.	N/M	-
	LIN, A. C.; CHEN, C.	Método genérico.	Criação de modelos CAD para peças que não possuem esse tipo de registro.	N/A	-
	DALTON, G.	N/M	N/M	N/M	-
	MOTAVALLI, S.	Método genérico.	N/M	N/M	-
	BRADLEY, C.	Método genérico.	N/M	N/M	-
	LEE, K. H.; WOO, H.	Método genérico.	Recuperação de dados técnicos.	N/M	-
1999	KIM S. W.; CHOI, Y. B.; OH, J. T.	N/M	N/M	N/M	-

Ano	Autores	Método base de ER (utilizado ou citado)	Necessidades que levam a aplicação da ER	Seleção do produto referência	Comentários
1999	FISCHER, A.; PARK, S.	N/M	Reprojeto e melhorias de produto.	N/A	A ER foi utilizada para detalhar com melhor aproximação toda a superfície de determinados produtos.
	THOMPSON, W. B.; OWEN, J. C.; St GERMAIN, H. J.	N/M	N/M	N/M	-
2000	LEE, K. H.; WOO, H.	N/M	Criação de modelos CAD.	N/A	Aplicou-se a ER em modelos de prototipagem.
	CHRISTENSEN, J.; BANDYOPADHYAY, A.	Método genérico.	N/A	N/A	-
	CHEN, L.; LIN, G. C. I.	Método genérico.	N/M	N/M	A ER foi utilizada para reconstruir os modelos matemáticos geométricos de lâminas de turbinas.
2001	LEE, K. H., WOO, H., SUK, T.	N/M	N/M	N/M	-
	MURY, L. G. M; FOGLIATTO, F. S.	Método de Otto e Wood (1998a).	Desenvolvimento e/ou adaptação de produtos.	<i>Benchmarking.</i>	-
2002	SON, S.; PARK, H.; LEE, K. H.	N/M	N/M	N/M	-
2003	MAVROMIHALES, M.; MASON, J.; WESTON, W.	Método genérico.	N/M	N/M	A ER foi utilizada para melhorar a geometria dos modelos.
	PAGE, D.; KOSCHAN, A.; SUN, Y.; ABIDI, M.	Método genérico.	N/M	N/M	Possui exemplos, mas não apresenta justificativa da utilização da ER.
	ZHANG, Y.	Método genérico.	Criação de modelos CAD para peças que não possuem esse tipo de registro e inspeção	N/A	-

Ano	Autores	Método base de ER (utilizado ou citado)	Necessidades que levam a aplicação da ER	Seleção do produto referência	Comentários
2003	YAXIONG, L.; DICHEN, L.; BINGHENG, L.; SANHU, H.; LI, G.	Definição geral.	N/A	N/A	Aplicação da ER na área medica
2004	YINGJIE, Z. e LILING, G.	N/M	N/M	N/M	-
2005	YOON, G., HEOL, Y., CHO, M. e SEO, T.	Método genérico.	N/M	N/M	-
	YAO, A.W.L.	Método genérico.	N/M	N/M	-
	BRADLEY, C.; CURRI, B.	Método genérico.	Reparo, criação de modelos CAD, recuperação de dados técnicos, criação de superfícies.	N/M	-
2006	GAO, J., CHEN, X., ZHENG, D., YILMAZ, O.; GINDY, N.	Método genérico.	Criação de modelos CAD.	N/A	Utiliza a ER na restauração da geometria de uma parte digitalizada.
	FERREIRA, J. C.; SANTOS, E. MADUREIRA, H.; CASTRO, J.	N/M	N/M	N/M	-
	SOKOVIC M.; KOPAC, J.	Método genérico.	Falta de dados técnicos, criação de protótipos, reprojeto.	N/A	-
2007	CHANG, M.; SANG, C. P.	Método genérico.	N/M	N/M	Possui um exemplo, mas não apresenta justificativa da utilização da ER.
2008	GARCIA, M. J.; BOULANGER, P.; HENAO, M.	Método genérico.	Otimização estrutural.	N/A	-
2009	BAGCI, E.	Método genérico	Reprojeto, recuperação de produto/partes quebrados.	N/M	Possui exemplos de aplicação da ER para recuperação de produto/partes quebrados.

Ano	Autores	Método base de ER (utilizado ou citado)	Necessidades que levam a aplicação da ER	Seleção do produto referência	Comentários
2009	TSAI, Y.; HUANG, C.; LIN, K.; LAI, J.; UENG, W.	N/M	N/M	N/M	-
	ZHU, G.; ZHOU, T.; ZHOU, J.	Método genérico.	N/M	N/M	Possui um exemplo mas não apresenta justificativa da utilização da ER.
	PARK, S. C.; CHANG, M.	Método genérico.	Criação de modelos CAD de peças que não possuem o mesmo.	N/A	Possui exemplos mas não apresenta justificativa da utilização da ER.
	RAJNA, T.; HEROLD, F.; BAYLARD, C.	Método genérico.	Obtenção de modelos CAD.	N/A	A ER foi aplicada para obter modelos CAD para testes de colisão e deformação.
	BARBERO, B. R.	Proposto.	Geração de modelos CAD e recuperação de dados técnicos.	N/A	-
2010	PANCHETTI, M.; PERNOT, J.; VÉRON, P.	N/M	Criação de modelos CAD de peças que não possuem o mesmo.	N/A	-