

A FEA e a USP respeitam os direitos autorais deste trabalho. Nós acreditamos que a melhor proteção contra o uso ilegítimo deste texto é a publicação online. Além de preservar o conteúdo motiva-nos oferecer à sociedade o conhecimento produzido no âmbito da universidade pública e dar publicidade ao esforço do pesquisador. Entretanto, caso não seja do interesse do autor manter o documento online, pedimos compreensão em relação à iniciativa e o contato pelo e-mail [bibfea@usp.br](mailto:bibfea@usp.br) para que possamos tomar as providências cabíveis (remoção da tese ou dissertação da BDTD).

**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade**  
**Departamento de Administração**

**A Adoção de Uma Nova Tecnologia no Desenvolvimento de Novos  
Produtos e Processos. O Caso da Tecnologia de Realidade Virtual.**

**CARLOS FERNANDES DA SILVA**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Sbragia**

**São Paulo**  
**2003**

T658.575 S586a  
T85932



21600028057



Powered by MidProStar - [www.logproces.com.br](http://www.logproces.com.br)

**Reitor da Universidade de São Paulo**

**Prof. Dr. Adolpho José Melfi**

**Diretora da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade**

**Profª Drª Maria Tereza Leme Fleury**

**Chefe do Departamento de Administração**

**Prof. Dr. Eduardo Pinheiro Godin de Vasconcellos**

**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade**  
**Departamento de Administração**

DEDALUS - Acervo - FEA



20600026057

**A Adoção de Uma Nova Tecnologia no Desenvolvimento de Novos  
Produtos e Processos. O Caso da Tecnologia de Realidade Virtual.**

**CARLOS FERNANDES DA SILVA**

<b>USP - FEA - SBD</b>
DATA DA DEFESA 11 / 02 / 04

Dissertação apresentada à Faculdade de Economia,  
Administração e Contabilidade da Universidade  
De São Paulo, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Administração

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Sbragia**

São Paulo  
2003

85932

85932

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Publicações e Divulgação do SBD/FEA/USP

Silva, Carlos Fernandes da

A adoção de uma nova tecnologia no desenvolvimento de novos produtos e processos : o caso da tecnologia de realidade virtual / Carlos Fernandes da Silva. – São Paulo : FEA/USP, 2003.

xx f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2003  
Bibliografia.

1. Produtos novos 2. Realidade virtual 3. Administração de projetos I. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP II. Título.

CDD – 658.575

## **Dedicatória e Agradecimentos**

Dedico este trabalho em primeiro lugar a meus pais, que com dificuldades me forneceram uma educação baseada nos princípios morais e éticos, o que muito contribuiu para a formação do meu caráter como ser humano e profissional. Dedico-o também à minha esposa Suely e ao meu filho Leonardo por todo o apoio nessa fase crítica, onde o tempo de dedicação à eles foi mínimo.

Quero agradecer a todos que direta ou indiretamente participaram da minha vida durante esses três anos, em especial:

- Ao amigo Sodário Soto, meu primeiro orientador.
- Ao prof. Roberto Sbragia, meu orientador neste trabalho, por sua competência e critério.
- As funcionárias da biblioteca da USP pela presteza do atendimento.
- A BSH Continental, na pessoa do Sr. Harald Stickel pelo apoio profissional.

## Sumário:

Cap. 1. Introdução.....	01
1.1. Contextualização.....	01
1.2. Questão de Pesquisa.....	03
1.3. Objetivos.....	03
1.4. Visão Geral do Documento.....	04
Cap. 2. Referencial Teórico.....	05
2.1. Exigências do Mercado.....	05
2.2. Processo de Inovação nas Empresas .....	07
2.3. Tecnologia.....	10
2.3.1. Tecnologia na Indústria Brasileira.....	10
2.3.2. Seleção e Adoção de tecnologia.....	12
2.4. Vantagem Competitiva.....	16
2.5. Processo Decisório.....	18
2.6. Desenvolvimento de Novos Produtos.....	19
2.6.1. Engenharia Simultânea.....	30
2.6.2. Ferramentas de Simulação no Desenvolvimento de Produtos.....	31
2.6.2.1. CAD.....	32
2.6.2.2. Prototipagem Rápida.....	33
2.6.2.3. CRV.....	34
2.6.2.4. ANSIS.....	34
2.6.2.5. PDM.....	35
2.6.2.6. DFMA.....	35
2.6.2.7. SAP.....	36
2.6.2.8. FTA.....	36
2.6.2.9. DOE.....	36
2.6.2.10. QFD.....	37
2.6.2.11. FMEA.....	37
2.6.2.12. MOLDFLOW.....	38
2.6.2.13. A-SIM.....	39
2.6.2.14. CAM.....	39

2.6.2.15. CAPP.....	39
2.7. Tecnologia de Realidade Virtual.....	40
2.8. Realidade virtual no desenvolvimento de novos produtos.....	42
Cap. 3. Metodologia.....	44
3.1. Natureza / Método.....	44
3.2. Modelo Conceitual.....	48
3.2.1. Descrição das Variáveis.....	49
3.3. Considerações Sobre a Amostra.....	51
3.3.1. As Empresas.....	51
3.3.2. Os Projetos.....	53
3.3.3. Caracterização do Respondente.....	53
3.3.4. As Entrevistas.....	54
3.4. Procedimento de Coleta de Dados.....	55
3.5. Limitações.....	57
Cap. 4. Apresentação e Discussão dos Resultados.....	59
4.1. A empresa “Embraer”.....	59
4.2. A realidade virtual na empresa.....	59
4.3. O Tratamento e a Análise dos Dados.....	60
4.3.1. As características do desenvolvimento de produtos.....	60
4.3.1.1. As forças de mercado.....	60
4.3.1.2. Razões para um novo produto.....	61
4.3.1.3. Interação entre fase do desenvolvimento e área fabril.....	62
4.3.2. A adoção da tecnologia de realidade virtual pela empresa.....	63
4.3.2.1. Critérios para a adoção da tecnologia de realidade virtual.....	63
4.3.2.2. Aplicações da realidade virtual.....	63
4.3.2.3. Valor agregado pela tecnologia de realidade virtual.....	64
4.3.3. Impactos da realidade virtual no desenvolvimento de produtos.....	65
4.3.3.1. Utilização da realidade virtual por área de trabalho.....	65
4.3.3.2. Utilização da realidade virtual nas fases do ciclo de desenvolvimento de produtos.....	67



4.3.3.3.	Impactos da realidade virtual na performance do desenvolvimento de produtos.....	67
4.3.3.3.1.	Impactos da realidade virtual no lead time do projeto.....	68
4.3.3.3.2.	Impactos da realidade virtual no custo de desenvolvimento do projeto.....	68
4.3.3.3.3.	Impactos da realidade virtual no investimento em equipamentos.....	69
4.3.3.3.4.	Impactos da realidade virtual na identificação de riscos potenciais de um projeto.....	70
4.3.3.3.5.	Impactos da realidade virtual na identificação de falhas e soluções para o projeto.....	71
4.3.3.3.6.	Impactos da realidade virtual no atendimento as metas de um projeto .....	74
4.3.3.3.7.	Impactos da realidade virtual no atendimentos as especificações do cliente.....	74
4.3.3.4.	Influência da realidade virtual no gerenciamento do desenvolvimento de produtos.....	77
4.3.4.	Barreiras e facilitadores.....	78
4.3.4.1.	Características pessoais.....	78
4.3.4.1.1.	Familiarização dos usuários com a realidade virtual.....	78
4.3.4.1.2.	Conhecimento e mão-de-obra especializada.....	79
4.3.4.2.	Características organizacionais.....	79
4.3.4.3.	Características técnicas.....	79
Cap. 5.	Conclusão e Recomendações.....	81
5.1.	Síntese do Estudo.....	81
5.2.	Conclusões.....	82
5.2.1.	Uso.....	82
5.2.2.	Impactos.....	82
5.2.2.1.	Lead Time.....	82
5.2.2.2.	Custo de Desenvolvimento.....	83
5.2.2.3.	Investimento e Equipamento.....	83

5.2.2.4. Identificação de Riscos Potencias.....	83
5.2.2.5. Identificação de Falhas e Soluções.....	83
5.2.2.5.1. A influência da realidade virtual como apoio em outras ferramentas.....	84
5.2.2.6. Atendimento a Normas e Certificações.....	84
5.2.2.7. Atendimento a Especificações do Cliente.....	84
5.2.3. Influência da RV no Gerenciamento do Desenvolvimento do Produto.....	84
5.2.4. Condições (Barreiras e Facilitadores).....	85
5.3. Limitações.....	85
5.4. Recomendações.....	85
6. Referências Bibliográficas.....	87
7. Anexo.....	92
7.1. Instrumento de Coleta de Dados.....	92

## **Lista de Figuras:**

Figura 1 – Ciclo de Atendimento às Necessidades do Cliente.....	06
Figura 2 – Performance de uma Mudança Tecnológica.....	13
Figura 3 – Fontes de Tecnologia.....	14
Figura 4 – Ciclo de Vida da Tecnologia.....	15
Figura 5 – Vantagens de um Processo de Desenvolvimento Efetivo.....	18
Figura 6 – Fluxo de desenvolvimento de produtos proposto por ASIMOW.....	22
Figura 7 – Metodologia de projetos apresentada por PRASAD.....	25
Figura 8 – Fluxo Conceitual para Desenvolvimento de Novos Produtos.....	26
Figura 09 – Custo de Alteração de Projeto ao Longo do Ciclo de Desenvolvimento do Produto.....	29
Figura 10- Relação Entre Tipo de Participação e Resultado Obtido na Análise de um Fenômeno.....	41
Figura 11 - Modelo Conceitual do Estudo .....	48

## **Lista de Tabelas:**

Tabela 1 – Experiência profissional dos entrevistados.....	54
Tabela 2 – Força de mercado.....	60
Tabela 3 – Razões para o desenvolvimento de um projeto.....	61
Tabela 4 – Interação entre as fases do projeto e as áreas participantes.....	62
Tabela 5 – Utilização da realidade virtual por área de trabalho.....	66
Tabela 6 – Utilização da realidade virtual por fase do ciclo de desenvolvimento.....	67
Tabela 7 – Influência da realidade virtual no indicador lead time.....	68
Tabela 8 – Influência da realidade virtual no custo de desenvolvimento do projeto.....	69
Tabela 9 – Influência da realidade virtual no investimento em equipamento.....	70
Tabela 10 – Influência da realidade virtual na identificação de riscos potenciais.....	71
Tabela 11 – Influência da realidade virtual na identificação de falhas e soluções.....	72
Tabela 12 – Apoio da realidade virtual na aplicação de outras ferramentas.....	73
Tabela 13 – Influência da realidade virtual no atendimento a metas.....	74
Tabela 14 – Influência da realidade virtual no atendimento as especificações do cliente.....	74
Tabela 15 – Demonstração da influência da realidade virtual na performance de um projeto.....	76
Tabela 16 – Influência na Gestão de Projetos.....	77
Tabela 17 – Demonstração da influência da realidade virtual no gerenciamento e um projeto.....	78
Tabela 18 – Condição de Implantação da Realidade Virtual.....	80

## **Resumo:**

É consenso geral que o nível de competitividade no mercado está cada vez mais acirrado, que os produtos ofertados são a cada dia mais parecidos entre si, que o consumidor está mais consciente de seus direitos e que as empresas buscam alternativas para tornarem-se mais competitivas em todos os aspectos por meio de fusões, acordos, transferência tecnológica e outros. Nesse mercado, verdadeiramente implacável, a competitividade, que antes era vista como parâmetro de produtividade, passou agora a ser considerada em todas as fases do fluxo industrial e comercial de um produto. Também é de conhecimento geral que a incessante evolução tecnológica associada a esse crescimento competitivo tem provocado uma redução no ciclo de vida dos produtos, obrigando as empresas a atualizarem seus respectivos portfólios com maior frequência, e a adotarem estratégias competitivas mais ousadas a cada dia. Novas ferramentas que visam ganhar tempo de desenvolvimento, reduzir custos e investimentos, enfim, incrementar a eficácia de um projeto, estão sendo aplicadas com mais intensidade. É justamente sobre a adoção de uma dessas tecnologias que este trabalho irá tratar. Uma das mais recentes “ferramentas” que está sendo difundida e adotada por empresas de ponta é a tecnologia de realidade virtual, que, integrada ao processo de desenvolvimento de produtos promete, ser uma influência ímpar e poderosa na performance de novos projetos, podendo contribuir de forma intensa nas várias fases do fluxo de desenvolvimento de produtos. O objetivo central deste estudo é apresentar, por meio de um estudo de caso em uma empresa de alta tecnologia e valor agregado do mercado brasileiro e que já adotou esta ferramenta há mais de dois anos, quais foram os impactos da adoção da realidade virtual (RV) na performance do desenvolvimento de novos produtos, quais os potenciais de utilização dessa tecnologia e como ela pode influenciar o processo de gerenciamento de projetos de uma maneira geral.

## **Palavras-chave:**

Desenvolvimento de novos produtos, realidade virtual e gerenciamento de projetos

## **Abstract:**

It is well known that market competitiveness is getting harder and harder, that goods are becoming more similar among themselves and that customers are aware of their rights. Also, industries search alternatives to face this competitiveness, like joint ventures, agreements, know how exchange, etc. For the current demanding marketing, competitiveness, formerly considered as productivity standard, now is taken into consideration in every step of a product industrial and commercial flow. The steady technological evolution associated to the competitiveness growing up have shortened the product life time in the market, leading manufacturers to update portfolios more often as well as to adopt daring strategies. New tooling have been used more intensively to reduce the project time development, to cut off costs and investment expenditures in order to improve the project efficiency. This asset aims to discuss the adoption of one of those technical strategies:

The ultimate “tool” widely spread all over top manufacturers is the virtual reality technology, which, associated to the product development process seems to be a unique and powerfull influence on the new projects performance, also being able to contribute intensively on the various steps of the product development flow. The main purpose of this research is to show through a study case in a brazilian high tech and “valor agregado” company, which has already applied this tool for more than two years, what are the impacts of the virtual reality adoption (VR) in the performance of the new product development, what are the technology usage potentials and how they can influence in the project management process.

## **Key-words:**

New product development; virtual reality; product managment

## Capítulo 1. Introdução

### 1.1. Contextualização

O mercado está cada vez mais competitivo. A globalização, além de implacável, elimina a diferença entre os fabricantes de produtos similares, propicia ofertas de novos fornecedores ao mercado local, o que aumenta ainda mais a necessidade de se ter um diferencial para garantir a sobrevivência.

A velocidade com que as mudanças ocorrem cria novas condições desafiadoras nunca vistas na história do desenvolvimento industrial do país. Surgem novas tecnologias ou adaptam-se as já existentes às novas necessidades, desenvolvem-se constantemente novos processos, geram-se novos métodos e processos de trabalho e utilização do conhecimento adquirido. Tudo isso na busca incessante de melhores resultados.

Empresas se fundem criando poderosos grupos empresariais que transferem e compartilham *know how* existente dentro do grupo, buscando assim, condições de operação mais vantajosas em pontos tais como: tecnologia, produção, administração e custos.

A competitividade, cada vez mais visível e acirrada, amplia seu campo de abrangência, deixando de ser um sinônimo de produtividade e passando a ser considerada em todas as fases do fluxo industrial e comercial. O consumidor final está cada dia mais consciente e protegido por leis específicas que garantem seus direitos, exige produtos de boa qualidade, maior eficiência e baixo custo, além de ter ofertas variadas a sua escolha.

É amplamente conhecido que a constante e a incessante evolução tecnológica, associada à crescente competitividade no desenvolvimento de novos produtos provoca a redução do tempo de vida de um produto no mercado. Para não perder participação no mercado, as empresas precisam remodelar e atualizar seu portfólio de produtos com maior frequência e eficiência. Portanto, adotam estratégias competitivas cada vez mais ousadas.

Em um mercado dinâmico como esse, garantir uma posição de destaque comercial, obter e manter a tão sonhada vantagem competitiva e ser reconhecido

como um centro de alta tecnologia e confiabilidade, exige por parte das empresas criatividade, ousadia e inovação, principalmente no que diz respeito à criação de novos produtos e à interface com seus clientes. Segundo Campos (1992), a garantia da sobrevivência da empresa, está na sua capacidade de tornar-se cada vez mais competitiva.

Atualmente, os esforços direcionados no caminho da busca de novas tecnologias, tanto por parte das universidades, institutos de pesquisa e empresas privadas, têm como foco principal manter ou aumentar o nível da disputa por posições de destaque diante do mercado competitivo. Para acompanhar esse avanço tecnológico faz-se necessário a adoção de novas tecnologias, a utilização de novas metodologias de trabalho, novas ferramentas, novas técnicas e sistemas, que aliados uns aos outros, revelam respostas às necessidades do mercado e direcionam o foco das empresas na busca de seus objetivos.

Uma das mais recentes “ferramentas” que está sendo difundida e adotada por empresas verdadeiramente competitivas nos leva finalmente a uma condição surrealista, que unifica definitivamente a imaginação de poucos anos atrás à realidade dos dias atuais. Trata-se da adoção da tecnologia de realidade virtual (RV) como ferramenta de trabalho, que integrada ao processo de desenvolvimento de novo produtos, promete ser uma influência ímpar e poderosa na performance dos novos projetos, uma vez que possui um vasto campo de aplicações, podendo contribuir de forma intensa em várias etapas do processo de desenvolvimento de novos produtos. Essa contribuição pode ser notada nas várias fases intermediárias do processo, desde a conceituação até o pós-venda, mostrando de forma clara sua vantagem em relação a vários outros processos de simulação. Deve-se entender como desenvolvimento de um novo produto ou processo, as atividades que se iniciam com a pesquisa mercadológica, passando por todas as etapas de desenvolvimento do projeto, a implantação do produto final na linha de produção, chegando até ao pós-vendas. Soma-se a isso todas as implicações de acertos e erros no processo de tomada de decisões, as previsões de usabilidade, manufaturabilidade, manutenção posterior do produto, além do atendimento aos *targets* e requisitos de entrada do projeto.

Como resultado do uso dessa tecnologia espera-se obter uma redução significativa no tempo do ciclo e no custo de desenvolvimento, bem como melhorar



significativamente o grau de aprendizado e conhecimento durante e depois do desenvolvimento de um novo produto, influenciando inclusive nos serviços pós-venda.

No Brasil, algumas empresas de ponta, líderes em seus respectivos segmentos de atuação, já adotaram a realidade virtual como ferramenta adicional de trabalho na busca de resultados que a posicionem melhor em relação ao mercado competitivo. Como regra geral, cada uma dessas empresas utiliza os recursos de realidade virtual em fases do trabalho e de forma mais conveniente, de acordo, com suas propostas, necessidades e estratégias.

## **1.2. Questão de Pesquisa**

Este estudo visa justamente analisar e entender a adoção da tecnologia de realidade virtual como ferramenta de trabalho nas etapas do ciclo de desenvolvimento de novos produtos e processos. O estudo avalia a performance da aplicação da ferramenta em uma empresa brasileira de alta tecnologia, no setor de alta competitividade e com os maiores índices de exigência de qualidade e segurança mundial. Para atender ao exposto acima, pretendemos responder à seguinte questão de pesquisa:

“Quais os impactos potenciais da adoção da tecnologia de realidade virtual (RV) na performance do desenvolvimento de novos produtos e processos? Como a adoção dessa tecnologia pode influenciar o processo de gerenciamento de projeto? Quais os principais facilitadores e barreiras encontrados no seu uso?”

## **1.3. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo identificar o potencial de utilização da realidade virtual e os benefícios da sua adoção nas diversas fases do ciclo de desenvolvimento de produtos. A pesquisa tem com referência a visão de profissionais ligados às várias áreas de uma empresa que participam ativamente do fluxo de desenvolvimento e que já tiveram a possibilidade de conhecer os efeitos e impactos da tecnologia de realidade virtual. Planeja-se captar as opiniões desses profissionais e gerar um mapa de potencialidades futuras que irá conter uma avaliação imparcial das fases do processo de desenvolvimento de produtos nas quais

se pode adotar a tecnologia de realidade virtual como ferramenta de apoio, bem como uma avaliação dos impactos esperados e obtidos, tanto no ciclo de desenvolvimento como no gerenciamento de novos projetos.

Para se criar um panorama geral sobre a influência da adoção de uma nova tecnologia, bem como a influência desta no gerenciamento de um projeto, será analisada a utilização da realidade virtual por vários ângulos: os gestores da implantação e utilização, os usuários da ferramenta (clientes internos) e os patrocinadores do processo de adoção. Assim, este estudo abordará os pontos de vista técnico e gerencial, tendo como resposta final uma avaliação das diversas áreas envolvidas no processo, sobre o potencial da ferramenta, os pré-requisitos para exploração desse potencial e os resultados obtidos.

A contribuição deste trabalho, do ponto de vista teórico, será uma visão ampla dos benefícios potenciais que as empresas podem obter com a adoção da tecnologia de realidade virtual em seus respectivos ciclos de desenvolvimento de novos produtos e processos. E ainda: identificar qual a amplitude do conhecimento que os gestores devem prover/requisitar para o melhor aproveitamento da ferramenta.

Do ponto de vista prático, pretende-se também contribuir com as empresas usuárias, obtendo-se uma visão geral do aproveitamento da realidade virtual em cada etapa do processo de desenvolvimento de produtos, criando assim um mapa de evolução, que tornará viável identificar possibilidades de utilização incremental da tecnologia, bem como gerar uma perspectiva do possível retorno obtido com a utilização dessa ferramenta para as empresas.

#### **1.4. Visão Geral do Documento**

A partir deste capítulo introdutório obtêm-se uma visão geral do contexto em que se insere o assunto pesquisado. O capítulo seguinte, baseado na literatura existente sobre o assunto, traz toda a fundamentação teórica que norteia os vários pontos abordados neste trabalho. O capítulo três esclarece a metodologia utilizada para se levantar informações de campo que permitam responder à questão acima. No quarto capítulo serão apresentados e discutidos os dados obtidos junto aos entrevistados e o capítulo cinco apresenta as conclusões do estudo e recomendações para outros trabalhos.

## Capítulo 2. Referencial Teórico

### 2.1. Exigências de Mercado

Um mercado amplo e dinâmico é aquele onde os consumidores são capazes de evoluir e criar demandas e, onde as empresas são capazes de aproveitar-se dos “insumos” que recebem dos consumidores. Ambos vão de forma interativa, enriquecendo e dinamizando a produção e os mercados.

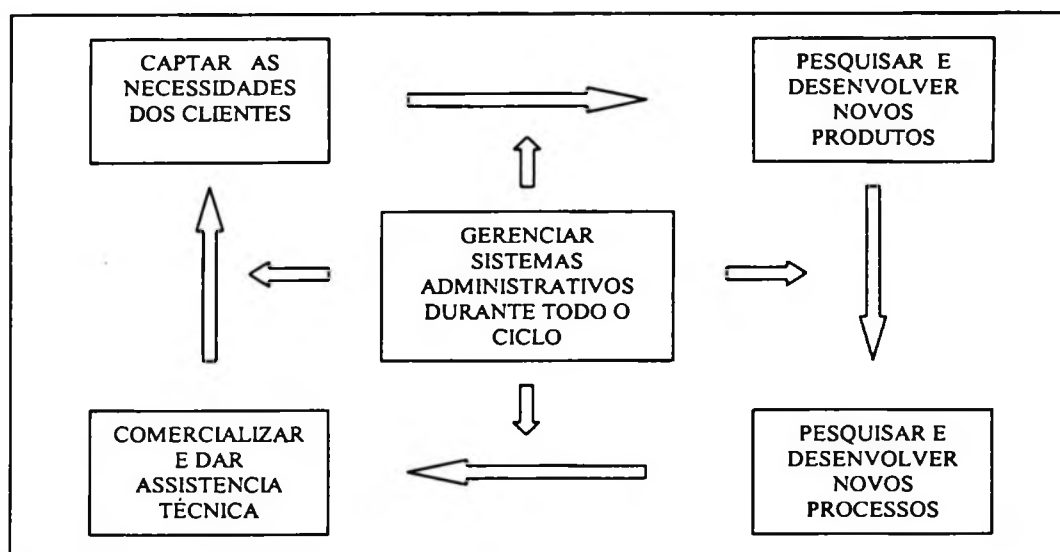
Segundo Coutinho (1994), nesse processo, desenvolve-se concomitantemente à aderência dos consumidores às marcas e aos produtos e são percebidas e aproveitadas novas possibilidades comerciais em outros mercados.

A identificação de novas oportunidades de desenvolvimento de produtos de mercado, o próprio lançamento de novos produtos e o constante aprimoramento dos já existentes, são aspectos muito importante de um processo que não se confina aos limites da produção. O papel da identificação dos consumidores com os produtos e marcas locais é extremamente importante também em outros sentidos, pois além de criar uma espécie de relacionamento implícito entre produtor e consumidor, influencia também no que diz respeito à fidelidade do consumidor perante a marca e o fabricante. Nesse caso, a identificação do cliente com o produto e ou marca, pode também fazer a função de proteção ao fabricante (como barreiras não tarifárias), seja com práticas predatórias aos produtos externos, seja simplesmente dando-lhes, pela inércia das decisões dos consumidores, tempo suficiente para reagirem ao lançamento de novos produtos, ou a mudanças nas condições de produção que alteram de forma significativa os custo e preços dos produtos.

Para Kotler (1998), o processo de adoção de determinado produto por parte do consumidor focaliza o processo mental através do qual o indivíduo passa do estágio de conhecimento de determinada inovação para sua adoção final, passando pelas etapas de conscientização, interesse, avaliação e experimentação. O consumidor necessita criar uma empatia com o produto/fabricante para adotá-lo como padrão de referência perante o mercado.

De acordo com Campos (1992), para se manter competitiva, a empresa deve constantemente aprimorar seu *Know How* e completar de forma cada vez mais ágil o ciclo descrito na figura 1.

Figura 1 – Ciclo de Atendimento as Necessidades do Cliente



Fonte: Campos (1992)

Para competir no mercado, as empresas criam suas estratégias, que devem conter os principais direcionamentos a serem seguidos por todas as áreas da empresa. De acordo com Porter (1980), a estratégia competitiva adotada por cada empresa deve conter os seguintes pontos:

- especialização – grau de concentração de esforços visando o atendimento das metas;
- identificação de marca – fortalecer a marca, utilizá-la como fator que influencia a decisão de compra do cliente;
- política de canal – apoio aos canais de distribuição na venda de seu produto;
- seleção do canal – flexibilidade na utilização dos canais de distribuição;
- qualidade do produto – qualidade do produto em termos de matérias primas, especificações, características e outros;
- liderança tecnológica – capacidade de inovação reconhecida pelo cliente. Deve-se manter, porém, o foco na qualidade;
- integração vertical – lojas de varejo exclusivas, rede de assistência técnica abrangente e outros;

- posição de custo – comprometimento na busca do mais baixo custo na fabricação e na distribuição do produto final;
- atendimento – serviços auxiliares à sua linha de produtos (que podem complementar o item integração vertical): serviço de atendimento ao cliente, rede própria de atendimento para crédito, rede de assistência técnica e outros;
- política de preço – sua posição relativa de preço no mercado;
- alavancagem – o grau de alavancagem financeira e operacional de que a empresa dispõe;
- relacionamento com a matriz – exigências sobre o comportamento de uma unidade, baseadas no relacionamento desta com sua matriz e,
- relacionamento com os governos do país de origem e anfitriões – válido para empresas multinacionais, onde o país de origem pode proporcionar recursos ou outro tipo de assistência. Ou, de acordo com as leis vigentes, pode influenciar suas metas e resultados.

Cada uma das dimensões estratégicas descritas deve ser adequada a cada empresa, porém, outras dimensões podem ser incorporadas ou eliminadas de acordo com a amplitude da estratégia competitiva da empresa. O mercado exige e recebe bem produtos que possuam a chamada qualidade óbvia, que nada mais é do que entender e atender os desejos e necessidades dos clientes. As empresas verdadeiramente competitivas buscam incessantemente recursos e tecnologias que permitam responder a essas exigências de mercado em tempo hábil e com outros valores agregados, tais como: baixo custo e alta qualidade percebida pelo cliente.

## **2.2. O Processo de Inovação nas Empresas**

Em resposta às mudanças incessantes no mundo e buscando acompanhar a evolução do mercado como um todo, existe uma necessidade de evolução constante dentro de todo o processo técnico / gerencial das empresas. Fatores como: recursos, investimentos, postura e recursos humanos, modelam o processo evolutivo de uma empresa.

As condições necessárias para uma rápida inovação são muito diferentes daquelas exigidas para altos níveis de resposta e eficiência na produção.

Conforme Hill & Utterback (1979) “Inovação tem sido definida como um processo envolvendo criação, desenvolvimento, utilização e difusão de um novo produto ou processo”.

O processo de inovação pode sofrer influências internas e externas, conforme indicado abaixo:

- influências externas: necessidades dos usuários, mudanças de preços e *inputs* de mercado, estresse competitivo, legislação e estímulos governamentais, e
- influências internas: alocação e limitação de recursos, tecnologias próprias de produtos e processos, as pessoas, a organização, a comunicação e a estratégia da companhia.

É importante fazer uma distinção entre mudança de processos/produtos e inovação, a qual pode requerer mudanças em várias faces da companhia.

Uma das formas de exigência de inovação é o estímulo dos usuários, ou estímulo de mercado, que cria a inovação sucessiva ou passo a passo, reforçada pela exploração dos potenciais de produtos e processos para novas e diferentes aplicações. A demanda por maior sofisticação, uniformidade, baixos custos de produto dá origem a necessidade de desenvolvimento e melhoria de ambos: processos e produtos. Aumentando assim, a interdependência entre eles como uma linha de negócios.

A disputa competitiva se dá em primeiro lugar na exigência de performance funcional do produto; depois, na variedade de produtos e por último na redução de custo. Já, a inovação é primeiro estimulada pela informação das necessidades dos usuários e, depois, pelos pré-requisitos técnicos dos mesmos. O desenvolvimento da linha de produtos e processos cria oportunidades de expansão e crescimento da capacidade técnica, isso produz estímulo para inovação. Em seguida, a busca constante por redução de custo e expectativa por melhoria de qualidade propiciam as modificações, também de produto e processo.

A abertura de mercado gerou oportunidades para mudanças inovadoras, pois permitiu acesso a novas áreas e tecnologias, como: instrumentos, componentes e equipamentos. A inovação do produto pode requerer adequação da tecnologia, ou combinações de várias tecnologias, gerando assim uma nova forma de utilização. A

inovação não está necessariamente na criação de uma nova tecnologia, mas, muitas vezes na utilização, adaptação, modificação e exploração da existente.

Segundo Porter (1980), mesmo que fatores como estrutura, potencial e decisões de investimento sejam característicos de cada empresa, pode-se criar uma generalização sobre os processos evolutivos importantes, que embora ocorram de maneira variada em cada empresa, são comuns a todas elas. São eles:

- mudança a longo prazo no crescimento;
- mudanças nos segmentos de compradores atendidos;
- aprendizagem dos compradores;
- redução da incerteza;
- difusão de conhecimento patentado;
- acúmulo de experiência;
- expansão (ou retração) na escala;
- alterações nos custos da moeda e dos insumos;
- inovação no produto;
- inovação no marketing;
- inovação no processo;
- mudança estrutural nas indústrias adjacentes;
- mudança na política governamental e,
- entradas e saídas.

Torna-se impossível a uma empresa que deseje se manter atualizada e competitiva no mercado desconsiderar a evolução à sua volta. Um produto de sucesso perde sozinho seu valor após algum tempo de produção. Para substituí-lo, a empresa deve considerar um novo ambiente para o desenvolvimento. É importante salientar que esse ambiente a ser levado em consideração para o desenvolvimento de um novo produto não é o atual, mas sim o de um futuro próximo, pois existe o tempo envolvido no desenvolvimento e implantação do produto. A inovação tecnológica em processos e produtos é ferramenta determinante para uma empresa se manter viva e ativa diante da evolução compulsiva do mercado.

## **2.3. Tecnologia**

Segundo os dicionários, a palavra tecnologia é a aplicação dos conhecimentos científicos à produção em geral. Alguns autores ampliam o sentido deste termo. Para Dussage, Hart e Ramanantsoa (1992): “Tecnologia é um processo que, através de uma fase explícita ou implícita de pesquisa e de desenvolvimento ( a aplicação do conhecimento científico), permite a produção comercial de bens ou serviços”.

Para Mansfield (1971), “Tecnologia é o repertório social de conhecimentos que dizem respeito às artes industriais. Ela é feita de conhecimentos usados pela indústria, agricultura, governo e pelas profissões interessadas nos fenômenos físicos e sociais, conhecimentos relacionados com a aplicação de princípios e teorias básicas para trabalhar nesses campos, e conhecimentos empíricos de artesões e praticantes”.

Adam & Ebert (1992), adotam a seguinte definição: “Tecnologia é o nível de sofisticação científica em plantas, equipamentos e habilidades em um processo de conversão (transformar entradas de mão-de-obra, capital, terreno e gerenciamento em saídas de bens e serviços)”.

Para esta pesquisa, adotou-se como definição de tecnologia, a proposta de Kruglianskas (1996), que define: “Tecnologia é o conjunto de conhecimentos necessários para se conceber, produzir e distribuir bens e serviços de forma competitiva”.

### **2.3.1. Tecnologia na Indústria Brasileira**

De acordo com Coutinho (1994), até o início da década de 50, o desenvolvimento industrial brasileiro era caracterizado por um baixo grau de sofisticação tecnológica e pela importação da mesma. A partir da metade dos anos 50, favorecido pelas leis de proteção do mercado nacional contra as importações, começam a surgir no país, setores produtores de bens de consumo duráveis, já com melhores níveis de evolução e complexidade tecnológica. Porém, ainda defasadas em relação a um “padrão mundial”.

Ao longo dos anos seguintes, com a necessidade de substituir as importações, houve a difusão de tecnologias mais modernas, fruto do trabalho de



poucas empresas líderes em seus segmentos, que foram em busca dessas tecnologias no exterior.

Apesar dessa política de “substituição de importações” ter gerado um crescimento no nível de industrialização nacional, ela não propiciou um crescimento significativo da ciência e desenvolvimento tecnológico do país, já que, na maioria dos casos, conforme citado acima, o crescimento ocorreu baseado na utilização de tecnologia existente, tendo como principal foco o aumento de produtividade e não o desenvolvimento tecnológico.

Conforme cita Womack, Jones e Ross (1992), “apesar da Ford e da GM terem instalado suas primeiras fábricas no Brasil no início dos anos 20, até os anos 50 não se acreditava na vocação industrial do país e nem na possibilidade de se manufaturar um produto complexo como um automóvel no Brasil. Muitos duvidavam, pois, o país não era considerado como um potencial construtor no setor automobilístico”.

Somente no início da segunda metade do século é que houve os primeiros planos para se implantar e incrementar a indústria nacional e, nesse caso, o setor automobilístico era o maior símbolo de industrialização e crescimento econômico que se podia ter. A partir desse momento, pouco a pouco Ford e GM receberam a companhia de outras empresa do setor, tais como: Volkswagen, Vemag, Simca, FNM, Scania, Mercedes e outras, porém, com tecnologia estrangeira.

Essas indústrias de ponta foram responsáveis pelo surgimento de muitas outras indústrias correlatas, que tinham como premissa de trabalho abastecê-las.

Mesmo sendo o Brasil referência tecnológica em alguns segmentos como a exploração de petróleo em águas profundas, produção de cítricos, calçados e outros, pode-se dizer genericamente, que o crescimento tecnológico do país é modesto, fruto provável da proporcionalidade do investimento no país em pesquisa e desenvolvimento.

De acordo com SBRAGIA (2000), “Os indicadores de P&D do Brasil em comparação com outros países da América Latina em temas como: investimentos, quantidade de pesquisadores, artigos publicados ou patentes requeridas são muito positivos, porém se comparados com países chamados “desenvolvidos”, o Brasil tem índices medíocres”.

Quando se compara os valores investidos em desenvolvimento tecnológico entre o Brasil e outros países, fica nítido a desvantagem. Por exemplo: hoje, na virada do século XXI, o Brasil investe cerca de 1% do PIB ao ano em pesquisa e desenvolvimento, enquanto que em outros países, esse investimento em desenvolvimento de tecnologias chega próximo aos 3,0% do PIB ao ano.

### **2.3.2. Seleção e Adoção de Tecnologias**

Em geral, uma tecnologia quando surge tem um uso definido, e na maior parte das vezes, ainda não está totalmente desenvolvida, além de ser cara e frágil e não confiável. Isso cria algumas dificuldades e certa lentidão para sua difusão e adoção. Porém, com o passar do tempo e de um melhor entendimento tanto da tecnologia como de suas potencialidades, surgem novas possibilidades de aplicação que a torna de uso comum, dando-lhe o desenvolvimento e a confiabilidade necessários, além de um custo mais atraente. Isso tem sido comumente observado em tecnologias como:

- internet - nasceu para uso militar e hoje é utilizada como meio de comunicação, propaganda, comercialização e pesquisa entre outros;
- radio - criado para comunicação entre navios e costa, tornou-se um meio de comunicação, informação, entretenimento, veiculação de propagandas, extremamente acessível a todos e,
- realidade virtual - nasceu para o cinema, é amplamente utilizada em *games* e atualmente ganha importância com sua utilização no ciclo de desenvolvimento de produtos e processos, onde tem apresentado ganhos consideráveis em prazos e custos de desenvolvimento.

Convém lembrar que para cada finalidade de uso de um produto, os pré-requisitos são diferentes. Por exemplo: um carro de corridas tem como principal pré-requisito a performance, no entanto, um carro de passeio tem como requisitos o custo, o conforto, a manutenção e a performance em diferentes níveis de exigência. Portanto, pode-se adotar tecnologias diferentes dentro de uma mesma plataforma de produto de acordo com as exigências do projetos variantes.

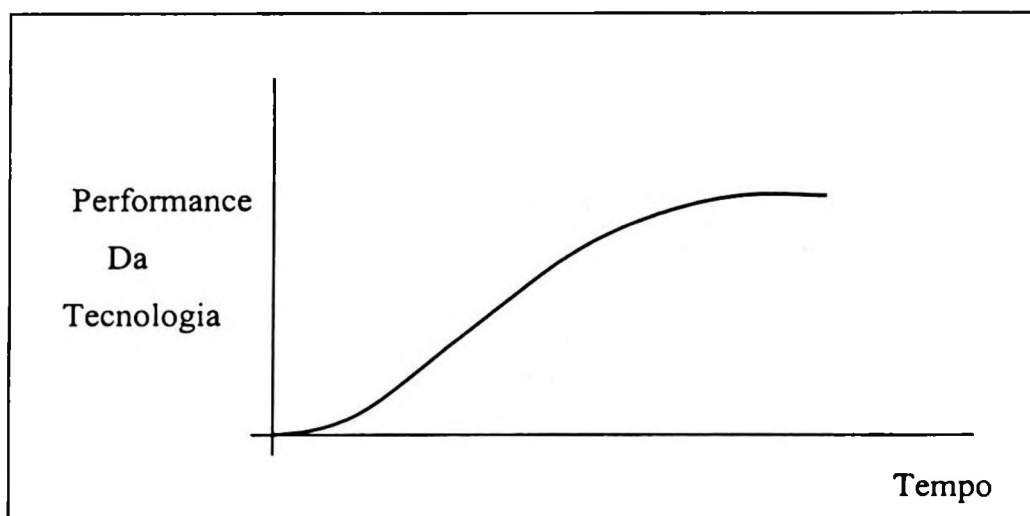
De acordo com Hill & Utterback (1979), o processo de inovação tecnológica possui diversas forças que atuam sobre ele, como: requisitos de mercado

(clientes ou concorrência), auto desenvolvimento (recurso próprio), tecnologia disponível (*technology push*), e sofre também pressão das regulamentações, que impõe cada vez mais metas (consumo de energia, emissão de poluentes, nível de ruído, índices mínimos de performance e outros).

A velocidade da difusão e da adoção de uma nova tecnologia está diretamente ligada ao entendimento, a superação das barreiras (desconfiança, investimento, custo e outros) e as vantagens potenciais geradas ( incremento de produção, qualidade do produto, performance, uniformidade, ganho de escala, atendimento às necessidades do cliente, redução de custos e outros).

Embora o período de maturação de uma tecnologia varie de caso para caso, podemos assumir um padrão genérico de evolução da performance de uma tecnologia conforme figura abaixo:

Figura 2: Performance de um mudança tecnológica

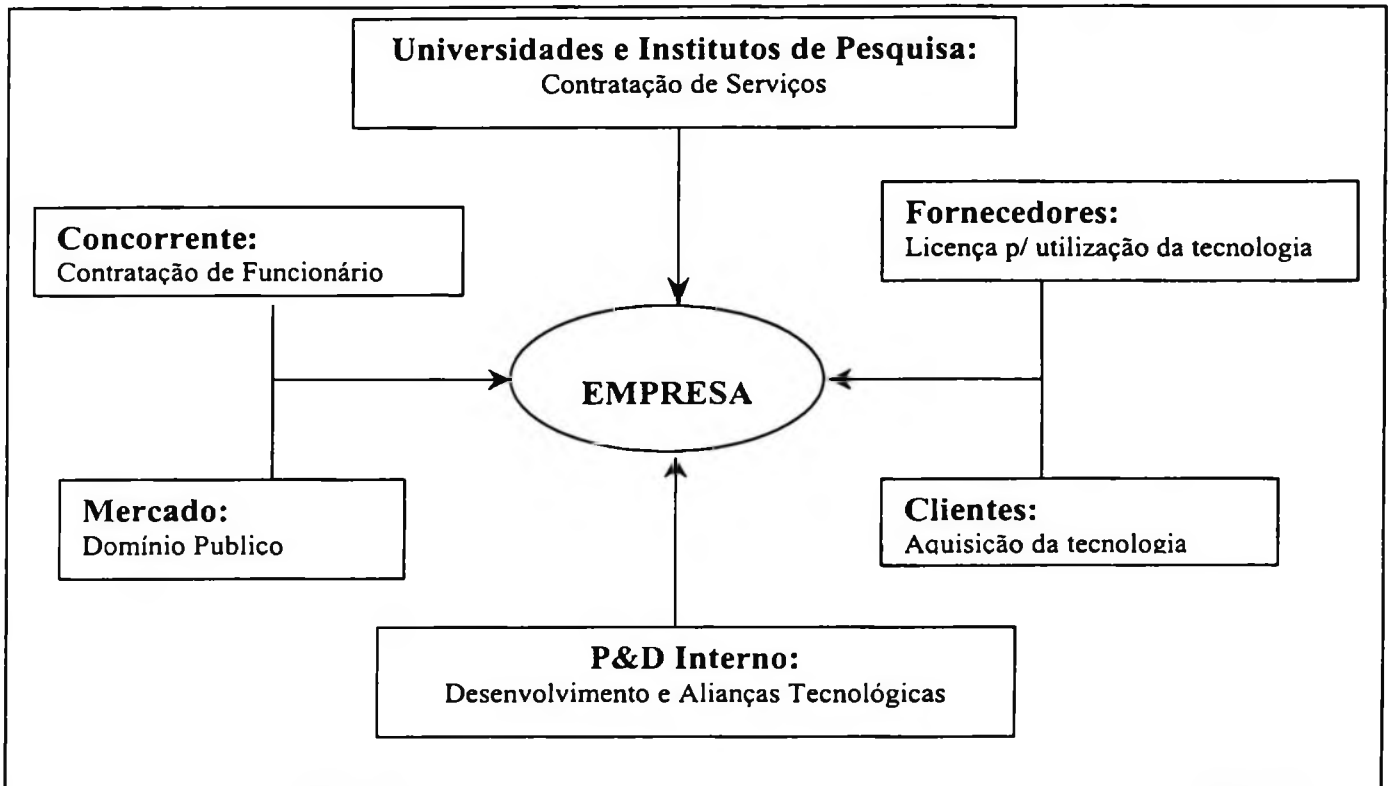


Fonte: Hill & Utterback (1979)

Quando falamos de universidades, institutos de pesquisa ou empresas que possuem seus próprios laboratórios de P&D, a tecnologia pode ser gerada diretamente pelos usuários, pois eles realizam as atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, onde o conhecimento científico é transformado em meios de produção de bens e serviços. No entanto, a situação mais comum, é aquela onde a tecnologia já desenvolvida é adquirida e aplicada à produção.

Geralmente esta aquisição ou transferência tecnológica ocorre por meio de cópia ou de outro processo mais formal de transferência, como: empresas de consultoria industrial, fornecedores de equipamento e outras empresas em geral, dependendo da fonte e do tipo de relacionamento existente, como mostra a figura 4:

Figura 3: Fontes de Tecnologia



Fonte: Esta figura foi elaborada pelo próprio autor deste trabalho, com base na revisão bibliográfica realizada

Segundo Lowe & Silver (1986), existe uma forte correlação entre o método adotado para a busca da tecnologia e a estratégia da empresa. Vale lembrar da importância da diferenciação entre estratégias de curto e longo prazo para a avaliação das possibilidades (contratação externa de P&D, licença e P&D interno).

- contratar - pressupõe uma necessidade a longo prazo, que envolve sigilo, confidencialidade, segurança e custo;
- licenciar - nem sempre tem se mostrado muito eficiente e varia muito de empresa para empresa, e implica ainda sigilo e confidencialidade e,

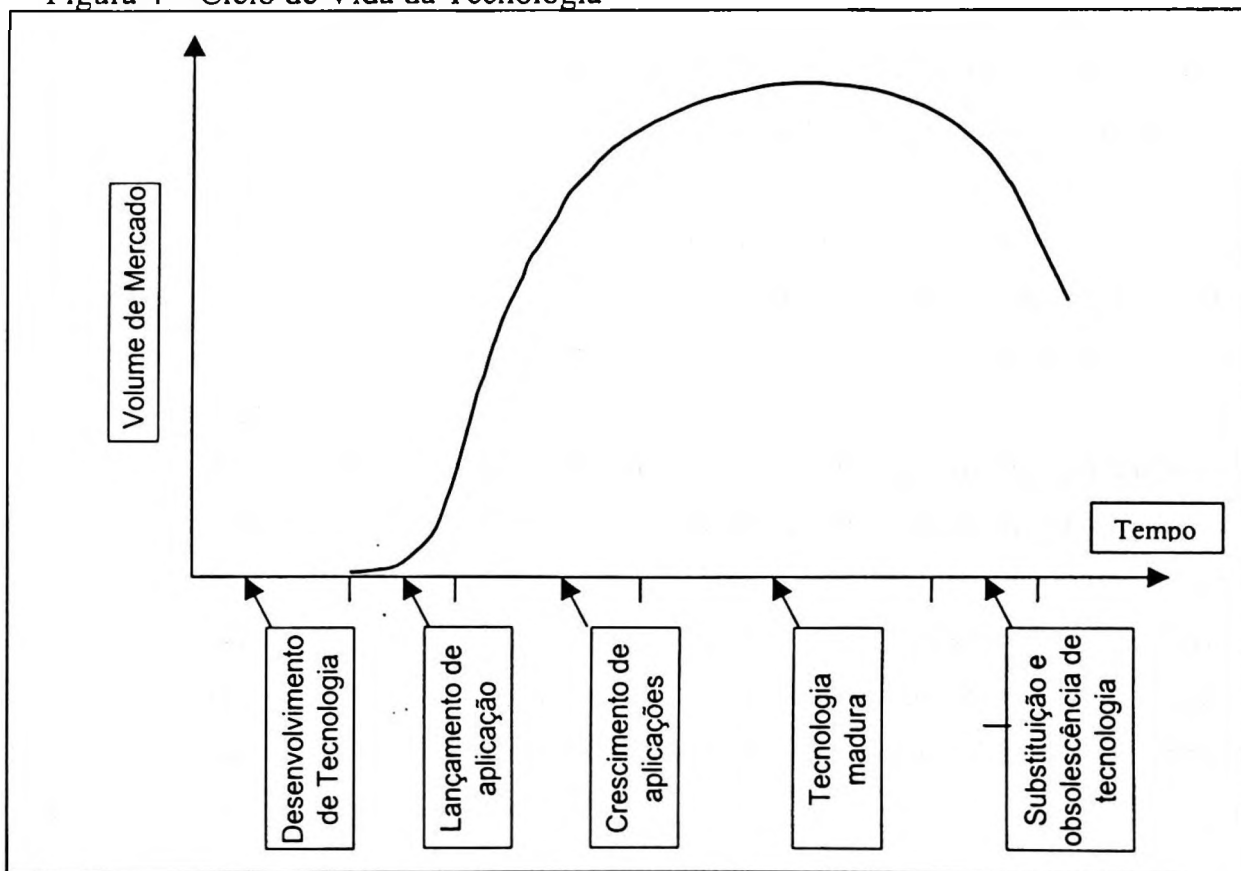
➤ P&D interno - prover recursos próprios de P&D envolve a disponibilidade de capacidade, economias de escala, recursos financeiros regulares e segurança.

Observa-se que, tem sido muito comum a utilização simultânea de duas ou mais opções, combinando-se a utilização de recursos próprios de P&D e busca no mercado (compra de licença, colaboração, fusão e outras).

Conforme Beltz (1987), existe uma relação entre a inovação tecnológica e a taxa de expansão do mercado, que pode ser representada pela figura 4. Este gráfico foi criado a partir de uma visão genérica da inovação tecnológica & mercado, e nesse caso, acredita-se que ele possa ser adotado também para as condições brasileiras.

Após o lançamento e adoção de uma tecnologia, ocorre um rápido crescimento de suas aplicações, caracterizado pela criatividade e busca de novas possibilidades de utilização da inovação tecnológica. Essa fase é substituída pela etapa de maturidade da tecnologia, onde existe uma estagnação da taxa de crescimento de sua utilização, até que uma nova tecnologia venha ocupar seu espaço.

Figura 4 – Ciclo de Vida da Tecnologia



Fonte: Beltz (1987)

Um contraponto deve ser lembrado: uma tecnologia mesmo madura e comprovadamente eficiente em determinada utilização, tipo de indústria ou país, não pode ter seu sucesso generalizado para as demais possibilidades de aplicação.

Womack, Jones e Ross (1992), mostram que o conceito de produção em massa criado por Henry Ford e amplamente aprovado pelos americanos não obteve sucesso com o próprio Ford na sua fábrica em Trafford Park, na Inglaterra, onde nem o legendário modelo T (concebido com a idéia de ser o carro “mundial”) conseguiu se firmar. Barreiras como: a cultura, o medo do desconhecido (zona de conforto / medo da mudança), a mão de obra especializada, o sindicalismo, a comunicação, a regulamentação, os impostos e outros, podem contribuir ou causar um insucesso como o mencionado acima.

## **2.4. Vantagem Competitiva**

As indústrias sabem, pelo menos em teoria, como fazer para garantir sua estabilidade no mercado. A bibliografia disponível aborda constantemente esse tema e traz como receita padrão pontos como: redução do ciclo de vida dos produtos e conseqüente minimização de prazos de lançamento de novos produtos, atendimento as expectativas dos consumidores, competitividade em preço / qualidade e outros.

Mudanças tecnológicas criam possibilidades de incrementar diferenciação demandada pelos consumidores mais sofisticados e exigentes. Novas tecnologias e entendimento aprofundado das já existentes geram o conhecimento necessário para aplicação particular em novas formas de utilização, originando assim, inovação e vantagem competitiva.

Para Clarck & Fujimoto (1991), a vantagem competitiva surge para aquelas companhias que podem trazer a tecnologia para um produto no momento oportuno, em que o mercado consumidor anseia pela inovação. Já para Clark & Wheelwright (1993), o desenvolvimento de novos produtos e processos tem se tornado, cada dia mais, uma fonte de sobrevivência e geração de vantagem competitiva, o que reforça a necessidade de uma elaboração detalhada nessa fase, que representa um fator crítico de sucesso em uma empresa de ponta.

Krishnan & Ulrich (2001), por sua vez, definem desenvolvimento de produto como: a transformação da oportunidade de mercado em um produto

disponível para venda. Dessa forma, evidencia-se a identificação de uma janela de oportunidade como o início do ciclo de desenvolvimento de produtos, onde o conhecimento do mercado é parte fundamental para se buscar a vantagem competitiva.

A estratégia correta, os recursos adequados e um processo otimizado são, segundo Cooper e Scott (1999), condicionantes da eficácia no processo de desenvolvimento de novos produtos. Clark & Wheelwright (1993), complementam que, quem lançar primeiro seu produto no mercado, além de gerar uma certa vantagem competitiva, tem também direito a um benefício adicional, aqui denominado “preço premium”, o que lhe assegura uma posição mais confortável perante o mercado.

Nos últimos anos, o ciclo de vida de um produto vem sendo reduzido significativamente, portanto, lançar o produto antes que o concorrente o faça, traz vantagens de mercado. Mas a dúvida é: como fazê-lo, uma vez que praticamente todos os concorrentes têm acesso à mesma tecnologia de projeto e desenvolvimento; mas existem etapas desse trabalho que não podem ser eliminadas, além de exigir um grande tempo de execução.

A redução do ciclo de vida dos produtos, promove o aumento de importância da questão tecnológica na formulação das estratégias nas empresas, e gera a necessidade de maior velocidade no desenvolvimento dos novos produtos a serem lançados, o que por sua vez, pede uma maior interação com as necessidades do consumidor. Esse exige qualidade, robustez, preço, estética e outros. Tudo em paralelo ao surgimento de novas tecnologias, novos processos, adequações fabris, interatividade fornecedor & cliente, e outras variáveis. O que demonstra o grau de dificuldade e a importância crescente da área de desenvolvimento de novos produtos, principalmente porque um novo projeto é invariavelmente cercado de dúvidas e incertezas. Essas são características intrínsecas ao desenvolvimento de um novo produto, pois, trata-se da conversão de uma idéia em um produto físico, com pré-requisitos de funcionabilidade, segurança e performance.

No mundo atual, lidamos com um grande volume de informações vindas de várias fontes. Muitas dessas informações são conflitantes e outras difíceis de serem entendidas ou traduzidas em linguagem correlacionada ao fato estudado. Segundo

Drucker (1993) vive-se, desde o final da década de 70, a quarta onda de *entrepreneurship*, a onda da informação. Apesar dessa onda ser extremamente abrangente, quando focamos a área de tecnologia, percebe-se a importância e relação entre o domínio da informação e a obtenção de resultados no desenvolvimento tecnológico. O final desse caminho leva à obtenção de vantagens mercadológicas, aqui denominadas “vantagens competitivas”.

## **2.5. Processo Decisório**

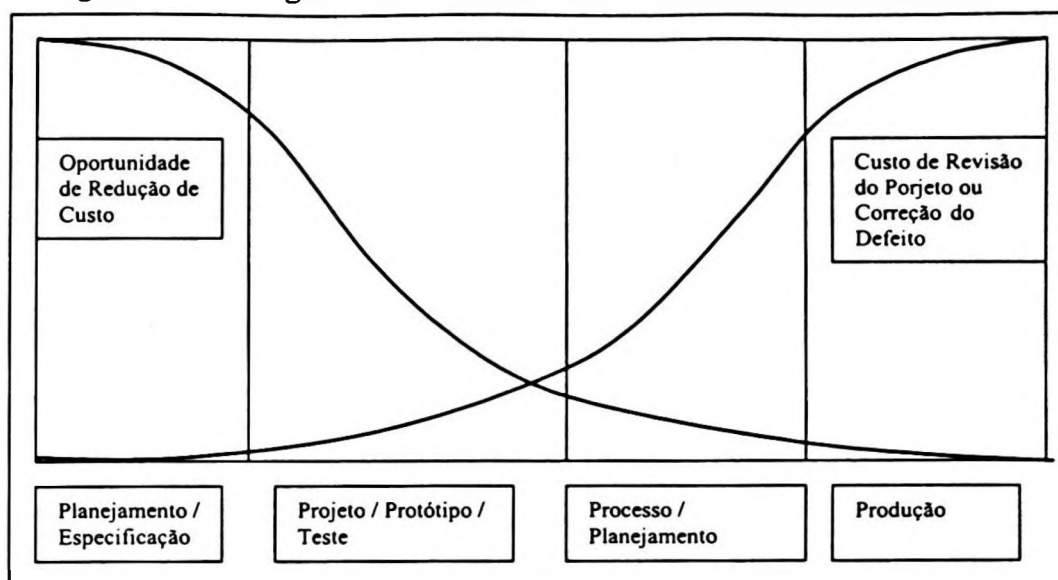
Essas dúvidas e incertezas, citadas no item 2.4. (Vantagem Competitiva) requerem muito tempo e investimento para serem esclarecidas. Porém, como citado anteriormente, tempo é algo que não está disponível.

As incertezas levam à necessidade de tomadas de decisões que vão nortear o novo projeto, e que mais uma vez são difíceis de serem tomadas, tendo como referência o baixo grau de conhecimento das respostas que serão obtidas do produto final. Tomar decisões apressadas ou erradas, encurtar essas etapas que tomam tempo, ou simplesmente deixar de considerar todos os riscos envolvidos, pode causar atrasos no lançamento, comprometer a vida útil do produto, incidir em um alto índice de falhas de campo e outras conseqüências indesejáveis.

Essas conseqüências, além de trazer prejuízos econômicos calculáveis, (já que atrasos, retrabalhos e custo de garantia de um produto influenciam no preço de venda), trazem também agregado outro tipo de prejuízo: o desgaste da imagem do fabricante junto ao consumidor. Esse é um custo não mensurável no projeto. Durante o fluxo de desenvolvimento de produtos, muitas decisões são tomadas. No entanto, é importante lembrar que o custo dessa decisão está diretamente ligado ao momento em que a decisão é tomada, conforme figura 5.



Figura 5 – Vantagens de um Processo de Desenvolvimento Efetivo



Fonte: Adachi, Shih e Enkawa (1994)

Drucker (1996) diz: “A incerteza – na economia, na sociedade, na política – ficou tão grande que tornou inútil, senão contraproducente, o tipo de planejamento ainda praticado pela maioria das empresas: previsão baseada em probabilidades”. É necessário, ao se tomar uma decisão, fazer uma avaliação mais detalhada dos fatores envolvidos, ou resultantes da atividade em questão. Deve-se levar em consideração as mudanças que poderão surgir fruto da decisão tomada.

Segundo Browne (1992), no contexto das organizações, uma decisão pode ser descrita como uma resposta para uma questão, ou uma escolha entre duas alternativas. Porém, no caso de um novo projeto, as decisões têm de ser tomadas com base em dados previstos ou supostos. Muitas vezes, esses dados somente serão confirmados tempos depois, e podem representar perdas ou ganhos de somas substanciais, bem como a sobrevivência ou não da empresa.

## 2.6. Desenvolvimento de Novos Produtos

Clark & Wheelwright (1993), dividem os projetos em três tipos de acordo com a complexidade ou grau de inovação do projeto:

- *breakthroughs* (projetos com inovações radicais);
- plataforma (um novo produto dentro de uma família de produtos) e,

➤ projetos derivados (variação de produto existente com baixo nível de inovação).

Existe uma categoria não citada, comumente denominada como projetos de melhoria que, na verdade são reprojeto parciais de parte de um produto, visando obter benefícios em sistemas ou sub-conjuntos do produto final, por exemplo, o sistema de freio de um automóvel.

As empresas, para nortear as atividades de seus respectivos ciclos de desenvolvimento de produtos, criam procedimentos de trabalho denominados *framework*, que na verdade funcionam como roteiros básicos de atividades padronizadas que devem ser seguidas pela equipe de projeto, visando cobrir todas as possíveis lacunas de um novo projeto de produto. O *framework* de desenvolvimento de novos produtos também teve sua evolução conceitual com o passar dos anos, principalmente em função das necessidades colocadas como metas para os novos produtos, descritas no item 2.4. (Vantagem Competitiva).

No passado, havia uma seqüência de atividades inerentes ao desenvolvimento de um novo produto, e cada área envolvida fazia sua parte no processo, iniciando sua atividade após a sua antecessora ter terminado, o que caracterizada um fluxo seqüencial de atividades. Em um conceito bem mais moderno, surgiu a engenharia simultânea, onde as áreas envolvidas trabalham em paralelo e em conjunto nas atividades pertinentes ao desenvolvimento de produtos.

Segundo Kruglianskas (1992), reduzir o prazo de desenvolvimento de produtos tornou-se tão importante quanto reduzir os custos dos projetos, e é justamente nesse ponto, que reside a base conceitual da engenharia simultânea, podendo ser definida como um desenvolvimento paralelo do produto e processo, visando uma redução de prazos e custos envolvidos em um desenvolvimento de produto.

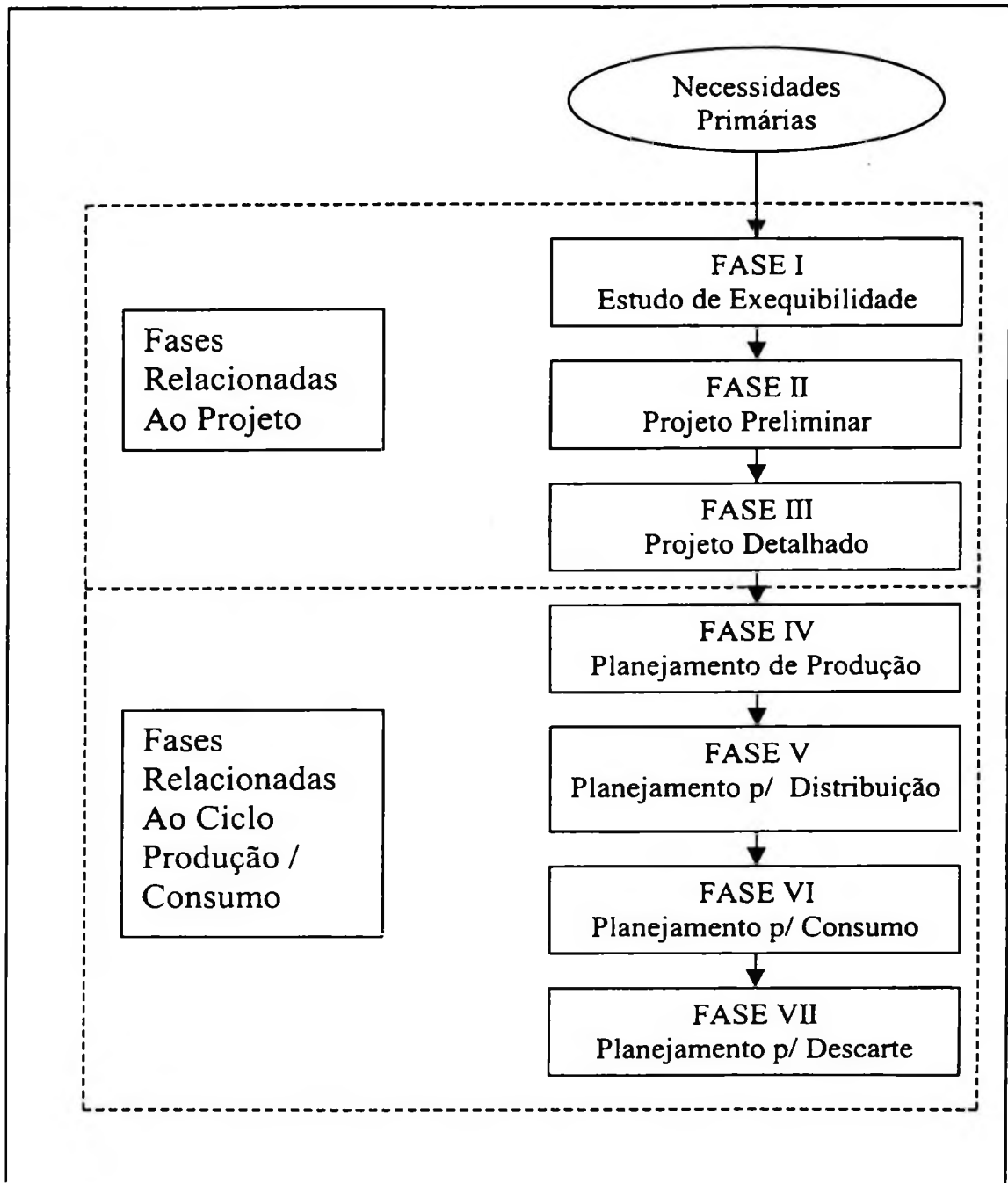
Tratando-se de criação de novos produtos, cada empresa tem seu fluxo próprio de desenvolvimento, adequado à sua realidade. A literatura traz inúmeras referências sobre o assunto e, demonstra que o ciclo de desenvolvimento de produtos também sofreu alguma evolução com o passar do tempo. No entanto, existem pontos comuns em praticamente todos os projetos; menores prazos, menores custos, metas de eficiência e satisfação do consumidor final, representam o objeto de desejo de todo gerente de produtos.

Na literatura são apresentadas algumas abordagens diferentes quanto às fases de desenvolvimento de novos produtos. No entanto, todas de alguma maneira, citam os mesmos pontos chave. Na proposta apresentada por Asimow (1969), mostra-se um fluxo seqüencial de desenvolvimento, onde uma etapa não começa antes que sua antecessora termine. Isso era um procedimento comum antes da disseminação da engenharia simultânea. Esse fluxo, divide as atividades em duas fases macro:

- fases relacionadas ao projeto, que englobam todas as atividades de concepção, desenvolvimento e projeto do produto e,
- fases relacionadas ao ciclo de produção e consumo, que trata especificamente das atividades ligadas a implantação e posterior produção, distribuição do bem, além do pós-venda.

Essa proposta, já incorporava, no final dos anos 70, uma fase denominada “planejamento para descarte”, ou seja, já contemplava as condições de envelhecimento do produto e considerava que o descarte do bem deveria acontecer juntamente com sua obsolescência técnica. O fluxo proposto por Asimow está mostrado na figura 6.

Figura 6 - Fluxo de Desenvolvimento de Produto Proposto Por ASIMOW



Fonte: ASIMOW (1969)

O PMBOK (2000), apresenta um fluxo adotado pelo sistema de defesa americano em 1993, com as seguintes fases:

- definição das necessidades do projeto;
- conceituação do projeto;
- demonstração e validação;
- desenvolvimento dos processos de fabricação e,
- produção e desdobramentos.

Wheelwright & Clark (1992), definiram as fases típicas do desenvolvimento de produtos como sendo:

- desenvolvimento de conceito;
- planejamento de produto;
- engenharia de produto e processo e,
- produção piloto e inicialização de produção comercial.

Júnior (1995), em sua dissertação de mestrado, abordando o sistema de engenharia da Embraer, listou como as fases do fluxo de desenvolvimento de produtos da empresa os seguintes pontos:

- estudos iniciais;
- aprovação do projeto e especificações técnicas preliminares;
- concepção;
- detalhamento;
- liberação;
- produção de protótipos;
- certificação e ensaios;
- seriação e,
- pós-série.

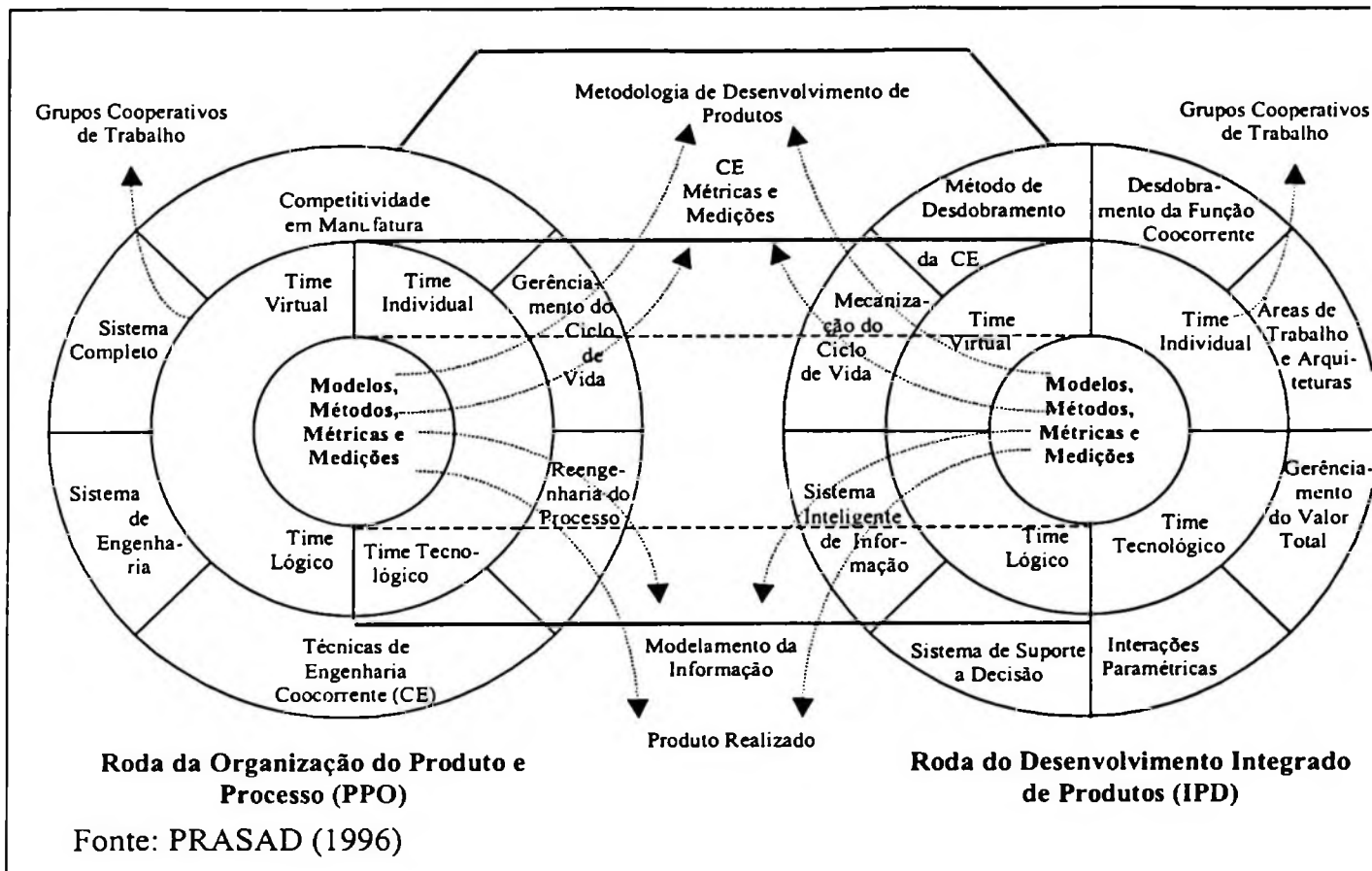
Já em uma versão bem mais elaborada, PRASAD (1996) criou uma metodologia representada por dois círculos, que significam a integração do produto com a organização do processo de desenvolvimento. O sincronismo dos dois

círculos simbolizam os interesses do consumidor e coexistência da engenharia concorrente na indústria. O sentido de cada um dos círculos está descrito abaixo:

1. roda da organização do produto e processo: norteia o gerenciamento do produto dentro da empresa, abordando os seguintes pontos:
  - competitividade em manufatura;
  - gerenciamento do ciclo de vida do produto;
  - reengenharia de processos;
  - técnicas de engenharia coocorrente;
  - sistema de otimização de engenharia e,
  - sistema completo.
2. roda do desenvolvimento integrado de produto: representa a aplicação de práticas e métodos de engenharia coocorrente, e aborda os seguintes pontos:
  - desdobramento da função coocorrente;
  - arquitetura e áreas de trabalho;
  - gerenciamento do valor total;
  - interações paramétricas;
  - sistemas de suporte a decisão;
  - sistemas inteligentes de informação;
  - mecanização do ciclo de vida do produto e,
  - desdobramento da engenharia coocorrente.

A metodologia de desenvolvimento de produtos idealizada por Prasad está demonstrada na figura 7.

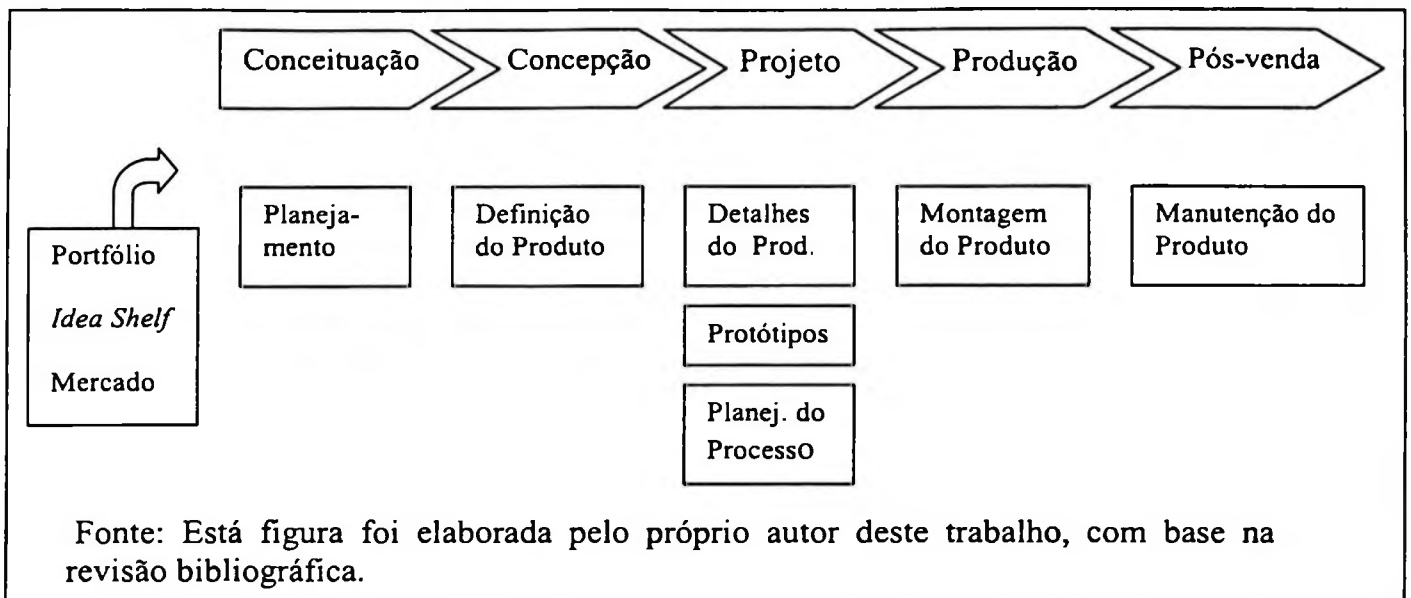
Figura 7: Metodologia de projetos apresentada por PRASAD



Conforme mostrado acima, a literatura possui diversas propostas de fluxo de desenvolvimento de produtos, e as empresas em geral, adaptam os fluxos de desenvolvimento às suas características próprias, criando dessa maneira fluxos exclusivos para si mesmas. Analisando-se com critério esses fluxos, tanto os acadêmicos como os das empresas, observa-se que todos possuem características básicas similares, mudando apenas nas denominações de cada fase macro e nas características específicas que deram origem ao fluxo.

Para efeito desse trabalho, vamos gerar um fluxo de desenvolvimento de produtos teórico, baseado na literatura consultada e que não está vinculado a nenhum segmento específico de mercado. Esse fluxo será utilizado como base para o estudo de campo que se pretende realizar e seus contornos serão expostos no capítulo 3, (Metodologia).

Figura 8: Fluxo conceitual para de desenvolvimento de novos produtos



Esse fluxo é composto por cinco fases macro, que abrigam todas as etapas do processo de desenvolvimento, desde o nascimento da idéia até a obsolescência do produto, como está mostrado a seguir:

1. Antes de se iniciar o fluxo propriamente dito, tem-se constantemente a análise e acompanhamento do portfólio de produtos, *idea-shelf*, análise da concorrência e do mercado, que geram *inputs* para a criação de um novo produto;
2. FASE 1 – Conceituação: compilação das diretrizes básicas que modelam o produto; aqui se dá corpo à idéia, dando a partida para o nascimento de um novo bem de consumo. Faz parte dessa fase, as seguintes atividades:
  - identificação das necessidades do cliente;
  - estabelecimento de metas, como: custo industrial, preço de venda, prazo de lançamento, performance funcional, necessidade de certificações oficiais e outros;
  - confecção de *mock up's* estéticos;
  - pesquisa mercadológica;
  - análise da concorrência e,
  - aplicação de ferramentas, como: QFD e simulação econômica.



3. FASE 2 – Concepção: transformação dos dados gerados na fase de conceituação em características de produto, visando produzir um produto que seja a resposta a uma necessidade identificada. Nessa fase, temos as seguintes atividades:

- consenso do conceito funcional;
- aprovação do conceito estético;
- definição dos *features* do produto;
- revisão do planejamento econômico;
- revisão do cronograma;
- planejamento dos critérios de qualidade (objetivos e planejamento de ensaios);
- construção de protótipos (funcionais) preliminares;
- ensaios de desenvolvimento;
- requisitos sistêmicos;
- análise de riscos e,
- aplicação de ferramentas, tais como: QFD, FTA, análise de valores e outros.

4. FASE 3 – Projeto: transformação de desejos, idéias e características de projeto em informações capazes de serem executadas, dar forma, estrutura, funcionalidade conforme a concepção, além de planejar e prover a fábrica dos recursos necessários para a execução. Nessa fase, as seguintes atividades são:

- geração de desenhos;
- validação dos cálculos;
- preparação de protótipos funcionais;
- especificações técnicas;
- definição de processos produtivos;
- construção de ferramentas e equipamentos;
- revisões e ajustes no projeto;
- definição da cadeia de fornecedores;
- aprovação dos itens individualmente;
- corrida piloto;
- ensaios funcionais (dentro e fora da empresa);
- homologação por órgãos certificadores;
- planejamento de produção, manutenção e qualidade;

- revisão do planejamento econômico e,
- aplicação de ferramentas tais como: DFMA, FEMEA, CAD, CAM, CAPP, DOE e outros.

5. FASE 4 – Produção: materialização do produto conforme requisitos de projeto e qualidade. Nessa etapa, fazem parte as seguintes atividades:

- planejamento de produção;
- curva de aprendizado;
- atendimento a metas de produtividade;
- redução de perdas e *scrap*;
- identificação e eliminação de gargalos de produção;
- revisão do planejamento econômico e,
- disponibilização do produto para a venda.

6. FASE 5 – Pós-vendas: preparação da infra-estrutura externa à companhia que permita a distribuição e o acompanhamento da eficiência do produto em campo. Dentro dessa fase, temos as seguintes atividades:

- treinamento da rede autorizada;
- canais de distribuição;
- propaganda;
- treinamento dos usuários;
- identificação prematura de problemas em campo e,
- acompanhamento dos índices de falha em campo.

Acredita-se que, com a aplicação de algumas ferramentas específicas, as chamadas “ferramentas de simulação”, que são utilizadas para melhorar o conhecimento ou aquisição de informações em diversas etapas na criação de novos produtos, pode-se obter algumas vantagens no fluxo de desenvolvimento de um novo produto, que se traduzirá em lucros e vantagens competitivas no final do projeto. Algumas das principais vantagens esperadas com o uso dessas ferramentas são:

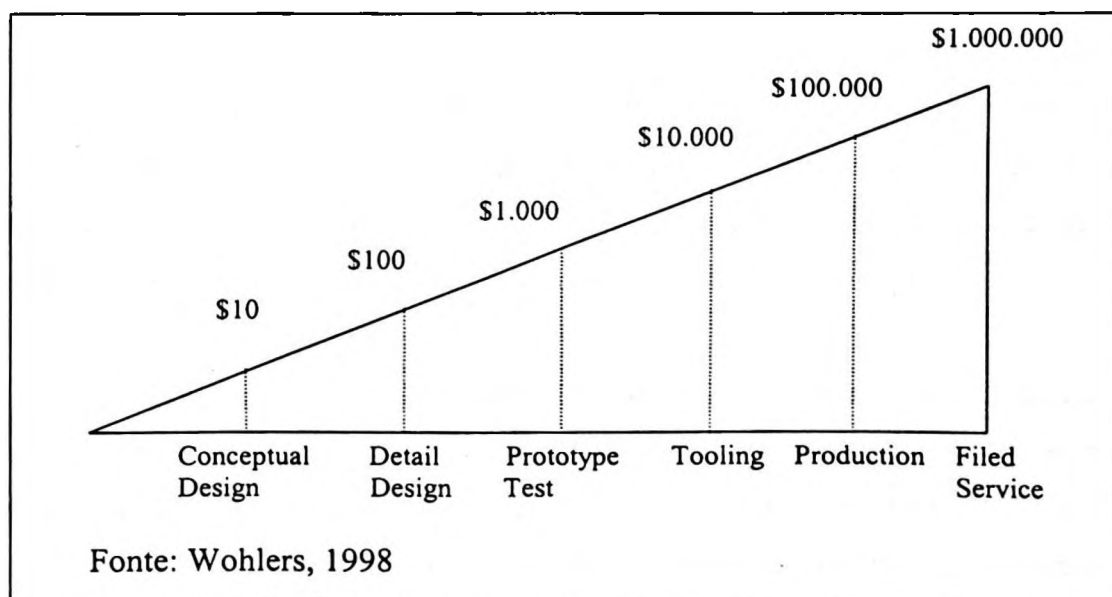
- melhora da definição do foco do trabalho, mostrando com mais clareza os pontos a serem atacados;

- redução do risco de erros e conseqüente correções no projeto;
- contribuição no processo de tomada de decisões (tanto técnicas quanto gerenciais), minimizando os riscos e ganhando tempo. E ainda: melhoras no processo de avaliação de resultados e análise de desempenho;
- Melhora no acompanhamento físico/financeiro durante a evolução do projeto, identificando desvios e antevendo necessidade de reação ao longo do projeto e,
- Redução nos prazos de identificação de falhas no projeto.

É amplamente conhecido e divulgado pela literatura que o custo e o prazo de correções de falhas na fase inicial do desenvolvimento do produto é bem inferior ao de identificação e correção em uma etapa avançada do desenvolvimento. Em função disso, a utilização dessas “ferramentas de simulação” tem se mostrado de grande valia para as empresas.

De acordo com Wohlers (1998), o custo das mudanças no projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto, aumenta aproximadamente em progressão geométrica de razão dez, quando de uma fase do projeto passa-se para a seguinte, conforme mostra a figura 9. Vale lembrar que os custos de alteração de projeto independem da fonte geradora da mudança. Ou seja, independente se as mudanças são originadas para correções de falhas ou para realinhamento do projeto.

Figura 9 – Custo de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto



Normalmente as empresas adotam alguns métodos que facilitam essa busca pela competitividade e melhoram seu posicionamento diante do mercado. Abaixo será analisado alguns desses métodos.

### **2.6.1. Engenharia Simultânea**

Termos como exigências do mercado consumidor, competitividade por prazos, custos, qualidade ou vantagens na redução dos prazos para desenvolvimento de novos produtos. Tudo isso aliado às novas tecnologias e crescente complexidade dos produtos, já foram abordados em capítulos anteriores deste trabalho. Neste tópico será visto uma das formas de trabalho adotada por algumas empresas que buscam manter ou incrementar sua competitividade no processo de desenvolvimento de produtos e processos: a engenharia simultânea.

Como o próprio nome sugere, trata-se da realização de diferentes atividades ligadas ao ciclo de desenvolvimento de produtos em paralelo ou simultaneamente. Essas atividades em uma forma antiga eram realizadas de maneira seqüencial, ou seja, uma determinada atividade somente era iniciada após o término da atividade precedente, sem que houvesse uma interdependência entre elas. Em 1988 foi publicado um trabalho conduzido pelo DARPA (Defense Advanced Research Project Agency), sobre as maneiras de se aumentar o grau de simultaneidade entre as atividades de desenvolvimento de produtos e assim, o termo “engenharia simultânea” foi concebido.

De acordo com Winner et al., (1988) apud Prasad (1996), “Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes”.

Hartley (1992) apud Prasad (1996), definiu engenharia simultânea como sendo: “Uma metodologia de desenvolvimento de produtos, na qual vários requisitos (*X-abilities*) são considerados parte do processo de desenvolvimento de produtos (manufatura, serviço, qualidade, entre outros). Esses requisitos não servem somente

para se atingir as funcionalidades básicas do produto, mas para definir um produto que atenda todas as necessidades dos clientes”.

Existem ainda várias outras definições de engenharia simultânea, mas, genericamente todas correlacionam sinergia, trabalho em equipes multifuncionais e atividades do ciclo de desenvolvimento feitas em paralelo, pelos vários departamentos envolvidos, e tem como finalidade o crescimento competitivo por meio de:

- aumento da qualidade do produto, mantendo-se o foco no consumidor;
- diminuição dos prazos do ciclo de desenvolvimento de produtos e processos e,
- redução dos custos de desenvolvimento.

Alguns autores correlacionam à engenharia simultânea a utilização de recursos computacionais tais como: CAD, CAE, CAM, CAPP e PDM, que serão discutidos neste capítulo. No entanto, mesmo sendo indiscutível a contribuição desses recursos para o desenvolvimento de produtos, a engenharia simultânea pode essencialmente ser aplicada sem a utilização dos mesmos. Por outro lado, a engenharia simultânea, pode e deve estar apoiada consistentemente na utilização de ferramentas tais como QFD, FMEA, Taguchi, e outras. Essas ferramentas também serão descritas neste trabalho.

### **2.6.2. Ferramentas de Simulação no Desenvolvimento de Produtos e Processos**

Como forma de gerar subsídios para auxiliar no processo decisório, orientar/direcionar projeto, reduzir tempo em etapas críticas, minimizar riscos e falhas, utiliza-se as chamadas “ferramentas de simulação”, que têm como objetivo gerar bases confiáveis para o processo decisório ou o norteamento do projeto, melhorando as respostas às pressões do mercado por produtos com melhores relações prazo/custo/qualidade. Nessa fase, pode-se criar um modelo para fazer a simulação.

Law & Kelton (1982), dizem que o sucesso de um estudo de simulação envolve mais do que criar um programa no computador e repetir algumas vezes o sistema projetado. Envolve também profundo conhecimento de estatística para se trabalhar os dados, ou utilizar ferramentas padronizadas, já disponíveis no mercado, portanto com suporte técnico disponível.

Ainda seguindo a definição de Law & Kelton (1982), “simulação é o conjunto de técnicas utilizadas para recriar ou imitar as operações de um serviço real”. A criação de modelos de simulação custa caro e despendem muito tempo, porém, após estarem definidos, geram respostas muito rápidas e precisas.

A seguir, para melhor compreender este item, serão apresentadas várias ferramentas utilizadas comumente no ciclo de desenvolvimento de produtos e processos e que podem ser encaixadas dentro deste grupo.

### **2.6.2.1. CAD - Computer Aided Design**

Conforme Kerry (1997), apesar da sigla CAD incluir o termo “Design”, o computador realmente não é responsável pelo projeto, mas sim, serve como ferramenta para a confecção do desenho de engenharia. Sua principal função é permitir o modelamento e o detalhamento dos componentes do projeto, bem como facilitar a visualização dos mesmos e a montagem entre eles.

O sistema CAD propõe-se também a gerar e manipular as informações, possibilitando a interação com outras ferramentas e outras áreas, tais como o CAM e o CAE. Levando em consideração os dados gerados por um sistema CAD, temos basicamente dois tipos de respostas:

- arquivos 2D – é basicamente um substituto mais rápido e com maior versatilidade para a antiga prancheta, porém, com grandes limitações. Comumente é utilizado para projetos de esquemas elétricos, hidráulicos, circuitos e placas eletrônicas, ou onde, não haja a necessidade de se ter uma configuração ou visualização tridimensional e,
- arquivos 3D – esse tipo de utilização gera arquivos tridimensionais, levando-se em consideração os aspectos volumétricos do mesmo, bem como as condições internas do componente a ser projetado. O modelamento 3D, permite ainda a manipulação de uma grande quantidade de informações no desenvolvimento do projeto, bem como a transferência de informações para etapas seguintes do fluxo de desenvolvimento do produto. O que possibilita uma visualização real do componente por todos os lados (inclusive interno), bem como de sua montagem/utilização no produto final, permitindo assim cálculos como: matéria prima, peso, volume e gerando informações para utilização de outras

ferramentas. Com ela, obtém-se confiabilidade no projeto e minimiza-se a possibilidade de erros. No final do projeto o resultado pode ser traduzido em menores prazos e menos desperdícios.

### **2.6.2.2. Prototipagem Rápida**

De acordo com Wohlers (1998), está tecnologia foi disponibilizada no meio dos anos 80, e permite gerar peças físicas (prototipadas), a partir do modelo eletrônico 3D gerado em um computador. O que tornou possível após o desenvolvimento tecnológico de equipamentos que, baseado em de um “modelo sólido 3D” gerado em qualquer sistema CAD, criar secções transversais do componente a ser prototipado e por um processo de adesão e união gradativa de materiais faz surgir do nada a peça física final, com características dimensionais e físicas exatamente iguais as dimensionadas pela equipe de desenvolvimento do produto.

Essa técnica possibilita o manuseio da peça física antes da construção de um ferramental final (caro e demorado), permitindo também a montagem prática durante a fase de projeto dos diversos conjuntos que compõe o produto final. Ela nos ajuda na definição de conjuntos, avalia condições de montagem, auxilia na definição da melhor condição de processos e ferramentas e outros.

Existem diversos sistemas de prototipagem rápida, que trabalham com métodos diferentes e com diversos materiais. Em função disso, peças prototipadas têm resistência estrutural diferente em cada um dos processos. Pelo processo de prototipagem rápida pode-se também construir ferramentas protótipo, responsáveis pela produção de pequenos lotes de peças (em processo produtivo normal), que nesse caso possuem características estruturais reais, permitindo assim, além das vantagens citadas acima, também o início antecipado dos testes funcionais/estruturais dos produtos em condições reais de produção. Com isso, obtém-se redução do prazo no processo de desenvolvimento e melhora-se o índice de acertos no projeto.

Abaixo exemplos de processos de prototipagem rápida:

- SLA – stereolithography apparatus ou estereolitografia: consiste na fotopolimerização por camadas de uma resina líquida, através da aplicação de um feixe de laser;

85932

- SLS – selective laser sintering: esta técnica foi desenvolvida pela Universidade do Texas - EUA e baseia-se na construção da peça pela deposição de pó camada por camada;
- LOM – laminated object manufacture: a peça prototipada é formada por camadas de papel laminado com adesivo sensível ao calor, que por meio de um laser, forma o contorno da peça e promove o corte do papel e,
- FDM – fused deposition modeling: Gera peças por meio de extrusão e deposição do material extrudado camada a camada sobre uma plataforma que se move, dando o formato da peça.

### **2.6.2.3. CRV – Centro de Realidade Virtual**

A realidade virtual está iniciando sua participação no processo de desenvolvimento de novos produtos. Ela permite a visualização em escala real, com interatividade entre o produto e o engenheiro, antes de existir um modelo físico.

De acordo com Porto et al (2002) esse ambiente permite a prototipagem de mais modelos baseados em computador nas etapas iniciais do processo de desenvolvimento de produtos, reduzindo a necessidade de se construir um grande número de protótipos físicos, influenciando assim o custo e o tempo de desenvolvimento, e ainda permite a expansão do “espaço de soluções” disponíveis na fase de projeto, pois torna possível a verificação rápida de projetos. Essa ferramenta, será abordada e analisada mais adiante, em um tópico específico.

### **2.6.2.4. ANSIS**

A análise de elementos finitos permite uma avaliação estrutural de um componente ou conjunto deles, sem que haja necessidade de peças físicas (feita sobre um modelo matemático). Dessa forma, o projeto pode ser otimizado sem investimentos desnecessários, evitando falhas futuras. Ela auxilia no processo de tomada de decisões, na especificação do projeto do produto, da ferramenta e da máquina, bem como reduz sensivelmente o tempo de testes práticos, pois, indica automaticamente os pontos frágeis do sistema.



### **2.6.2.5. PDM - Product Data Management**

Esta é uma tecnologia de software que visa gerenciar e acompanhar todas as informações, alterações e processos relativos não só do desenvolvimento de um produto, mais também do ciclo de vida do mesmo, desde a sua concepção até sua retirada de produção. Esse conceito explora os benefícios da engenharia simultânea, apoiando-se justamente na melhor e mais rápida distribuição sistemática de informações (via computador) entre todos os envolvidos na liberação ou modificação de um produto. Basicamente, por meio do PDM, cria-se um “*workflow*” da atividade, que carrega dentro de si um único pacote contendo ou adicionando as informações referentes aos documentos de modificação do produto, os desenhos, os ensaios necessários, certificação de aprovação dos componentes, alterações da estrutura do produto (BOM) e os comentários acompanhados das assinaturas eletrônicas aprovando ou rejeitando a proposta.

### **2.6.2.6. DFMA - Design for Manufacturing and Assembly**

Esta ferramenta tem como base um estudo detalhado da forma do componente, bem como seu manuseio e montabilidade. Parte da premissa de se estudar a forma geométrica do componente visando aperfeiçoar a fabricação dos mesmos e facilitar sua respectiva montagem nos conjuntos dos quais fazem parte, otimizando prazos, custos e minimizando possibilidades de erros.

O DFMA pode ser utilizado durante a fase de desenvolvimento do produto, buscando otimização e adaptação aos meios de manufaturabilidade e controle disponíveis. De acordo com os princípios do DFMA, ao fazer um projeto, deve-se:

- projetar o produto para uma quantidade mínima de componentes necessários;
- projetar componentes multifuncionais;
- utilizar componentes e processos padronizados;
- desenvolver uma abordagem de projeto modular;
- utilizar um conceito de montagem empilhada ou unidirecional;
- facilitar alinhamento e inserção de todos os componentes;
- eliminar parafusos, molas, roldanas ou elementos de fixação;
- eliminar ajustes;

- padronizar materiais, acabamentos e componentes;
- ter sempre em mente a possibilidade futura de automação e,
- utilizar e promover o trabalho em equipe.

#### **2.6.2.7. SAP**

Permite um acompanhamento passo a passo da evolução do sistema de projeto, passando pela estrutura, hierarquia do projeto, orçamentos, análise de evolução e tendência, recursos necessários, controle de materiais e outras ferramentas que dão visão global do projeto e valor agregado. Identifica pontos de alteração e permite avaliação de situações de contorno.

#### **2.6.2.8. FTA - Fault Tree Analysis**

Esta ferramenta visa melhorar a confiabilidade do produto e processo por meio de uma análise sistemática das possíveis falhas de cada componente do sistema, bem como de suas conseqüências. A árvore de falhas é utilizada para se traduzir o potencial de falha dos componentes em um índice de falha do produto final, avaliando cada sistema do produto independente dos outros sistemas, através de uma metodologia específica. Dessa maneira, pode-se antecipar o potencial de falhas e prever seu comportamento em campo, podendo ainda utilizar as informações resultantes da aplicação da metodologia tanto para justificar ações corretivas como para estimar a probabilidade da falha ocorrer. E mais: ajuda a tomar decisões sobre conceitos, fornecedores, investimentos e prever treinamentos.

#### **2.6.2.9. DOE - Design of Experiments**

Muitas vezes, durante a fase de desenvolvimento de um produto ou processo, depara-se com a necessidade de informações consistentes para se orientar um processo decisório, quer seja quanto as soluções técnicas para o produto, decisão entre diferentes processos de manufatura, conceitos, melhor entendimento sobre as reações do produto a exposição de alguns fatores e outros. Nesse ponto, se faz necessário alguns experimentos que em princípio vão gerar os dados necessários para a orientação do melhor caminho a seguir.

O DOE é justamente uma ferramenta utilizada para orientação do planejamento de ensaios, definir quais os dados, em que condições e quantidade devem ser coletados, buscando-se basicamente maior precisão nas respostas, menor prazo de reação e conseqüentemente menor custo, evitando redirecionamento e correções futuras.

#### **2.6.2.10. QFD - Quality Function Deployment**

É uma ferramenta que relaciona os desejos dos consumidores às características do produto final. Ela transforma a voz do cliente em especificação de produto, por meio da análise metodológica dos dados obtidos em pesquisa de marketing e pode ser aplicada durante todo o processo de desenvolvimento do produto, auxiliando o grupo de projeto a incorporar ao produto as necessidades e os desejos do consumidor. Permite também a classificação dos produtos concorrentes na mesma base criando uma fotografia entre os vários modelos concorrentes nos mesmos quesitos. No caso de necessidade de redução de custo, pode também orientar sobre os pontos menos valorizados pelo consumidor.

De acordo com OHFUJI, MICHITERU e AKAO (1997), as principais vantagens ou benefícios da aplicação correta de uma matriz de QFD são:

- manutenção do foco no consumidor;
- consideração da concorrência na elaboração da matriz do QFD;
- registro das informações;
- interpretações convergentes das especificações;
- redução do tempo de lançamento e reparos após o lançamento do produto;
- organização das informações por meio da matriz de QFD, melhorando o foco para a discussão do time de projeto;
- maior comprometimento dos membros da equipe com as decisões tomadas e,
- os membros da equipe desenvolvem uma compreensão comum sobre as decisões, suas razões e implicações.

#### **2.6.2.11. FMEA - Failure Models and Effects Analysis**

Visa identificar, antecipar e conseqüentemente evitar falhas potenciais do projeto do produto ou do processo, antes que se inicie a etapa produtiva do mesmo.

Tendo em vista suas possibilidades de aplicação, o FMEA é normalmente dividido em duas modalidades, como segue:

- FMEA de produto: são consideradas as falhas que poderão ocorrer com os componentes em seus respectivos campos de atuação dentro de um subconjunto ou de um produto. O objetivo é evitar falhas decorrentes do projeto e,
- FMEA de processo: consideradas falhas no planejamento e execução do processo de manufatura. Tem como objetivo evitar as falhas do processo e por consequência garantir a qualidade do produto.

O FMEA é aplicado à partir da criação de um grupo multidisciplinar que por meio de uma análise aprofundada do projeto do produto ou do processo, identificam as funções básicas dos componentes ou das operações, prevendo assim os tipos de falhas que podem ocorrer, seus efeitos e as possíveis causas dessas falhas. Em seguida, adotando-se índices de severidade, ocorrência e detecção, é feita uma avaliação de riscos potenciais de cada falha e definida a necessidade e a prioridade das ações corretivas.

O FMEA tem como principais objetivos:

- melhorar o conhecimento dos problemas do produto e do processo;
- estender o conhecimento de forma sistemática para novos projetos;
- prover um método de melhoria contínua da qualidade do produto;
- reduzir custos de qualidade baseado na prevenção da ocorrência de falhas e,
- instituir na companhia uma cultura de trabalho em equipe, prevenção de falhas e preocupação com a satisfação do consumidor.

#### **2.6.2.12. MOLDFLOW**

Essa ferramenta é utilizada para antecipar as condições de trabalho em um molde de injeção de plástico. Ela auxilia no detalhamento do componente do produto, na especificação do molde de injeção bem como na análise dos tempos gastos no processo de injeção, antecipando informações como tempo de injeção e especificação de máquina ( itens preponderantes na análise de custo do componente).

### **2.6.2.13. A-SIM**

Software de simulação de seqüência de operações, onde são levados em conta o tempo de cada operação, operações predecessoras e sucessoras, e outras. Extrai-se daqui, caminhos críticos, levantamentos estatísticos e visualização do processo fabril futuro.

### **2.6.2.14. CAM - Computer Aided Manufacturing**

CAM é um processo informatizado de apoio para preparação da manufatura baseado nas tecnologias utilizadas no chão de fábrica. Essa ferramenta vai além da simples automação industrial, contribuindo também no processo de tomada de decisão e plano operacional da manufatura. Houve, por algum tempo uma junção desse termo com outra sigla onde comumente encontrávamos CAD/CAM. O CAM era entendido como programação de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado), tendo como entrada de dados as informações de um desenho feito via CAD. Atualmente, o termo CAM já está difundido e corretamente conhecido, juntando-se ao conceito de usinagem CNC outras possibilidades de automação, tais como: (CLP – Controle Lógico Programável, DNC – Controle Numérico Direto).

### **2.6.2.15. CAPP - Computer Aided Process Planning**

A função básica do planejamento do processo é selecionar e definir os passos a serem seguidos na execução de uma atividade (por exemplo, a manufaturabilidade de um componente de um produto), de maneira rápida, eficiente e econômica, atendendo as especificações do projeto e as necessidades da produção.

As vantagens da adoção de um planejamento de processos assistido por computadores são a padronização das informações e a eliminação de possíveis inconsistências de planos gerados por processistas diferentes. A Qualidade da informação enviada ao chão de fábrica, a repetibilidade e o domínio do processo são melhor garantidos dessa maneira, obtendo-se assim:

- redução do tempo de planejamento;
- agilidade nas revisões das operações;

- padronização dos processos e da documentação e dos termos utilizados;
- criação de uma base única de processos e,
- aumento da qualidade dos processos.

## 2.7. Tecnologia de Realidade Virtual

Na busca pela vantagem competitiva, recentemente a tecnologia de realidade virtual foi desenvolvida e adaptada para ser utilizada no processo de desenvolvimento de novos produtos. Empresas de alta tecnologia e capital intenso já estão utilizando-a como ferramenta incremental em seus processos de desenvolvimento.

A tecnologia de realidade virtual (RV), foi inicialmente citada por Ivan Sutherland em 1965, em um trabalho denominado “*The Ultimate Display*”. Nos anos 70, ela ficou apenas no desejo por falta de equipamento adequado para sua efetividade. Somente nos anos 90, surgiram computadores aptos a torná-la disponível como recurso para utilização nas indústrias.

Conforme Araújo apud Netto (2002), o termo realidade virtual é creditado a Jaron Lanier, que o utilizou para diferenciar as simulações tradicionais feitas por computador de simulações envolvendo usuários em ambiente compartilhado. A partir daí, o termo tem sido definido por vários autores de acordo com suas próprias experiências, o que tem gerado diversas definições na literatura. De acordo com Burdea, Jacobson e Krueger apud Netto (2002), a melhor definição para realidade virtual é: “uma técnica avançada de interface que permite ao usuário realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais”.

Independente da definição, a utilização da realidade virtual, nos permite muito mais do que ver um objeto tridimensional. Sua principal característica é justamente a de permitir a interação entre o ser humano e o objeto gerado por um programa de computador em tempo real e, onde está interação, ocorre com seis graus de liberdade, o que possibilita ao usuário movimentar o objeto virtual em todas as direções. E ainda: por meio dessa interação, o usuário visualiza, manipula, explora e sente o objeto virtual como se fosse real. A grande vantagem da interação

sobre outros métodos é o aprendizado e a compreensão dos fenômenos à sua volta, conforme mostrado na figura 10.

A imersão e a interação possibilitadas pela tecnologia de realidade virtual, criam justamente a possibilidade de se entender detalhadamente todas as facetas do fenômeno que está sendo analisado, gerando dessa maneira um grau de aprendizado até então desconhecido na fase de desenvolvimento do produto.

Figura 10 – Relação Entre Tipo de Participação e Resultado Obtido na Análise de um Fenômeno

<b>Ação</b>		<b>Reação</b>
Ouvir	→	Esquecer
Ver	→	Lembrar
Interagir	→	Entender/Compreender

Fonte: Esta figura foi elaborada pelo próprio autor deste trabalho, com base na revisão bibliográfica .

De acordo com o demonstrado na figura 10, quando o usuário ouve uma informação, a tendência natural é que ele a esqueça em pouco tempo. Se a informação for obtida por meio de visualização, provavelmente restará uma lembrança após algum tempo, mas, somente quando se pode manipular um objeto é que se obtém uma perfeita compreensão sobre ele. O aprendizado gerado pela interação com o objeto de estudo é o mais perfeito e profundo possível. A vantagem que a realidade virtual oferece é justamente a possibilidade de se interagir e, portanto, entender, compreender e aprender em profundidade com um sistema que ainda é inexistente, ou existe apenas na tela das *workstation* dos projetistas.

Este aprendizado baseado no entendimento e compreensão antecipada de um fenômeno pode trazer diversas vantagens a quem o utiliza, independente do objetivo.

## **2.8. Realidade Virtual no Desenvolvimento de Produtos**

Na área industrial algumas empresas já estão adotando a tecnologia de realidade virtual em seus processos fabris. Está tem se mostrado bastante útil em diversas áreas, tais como: automação de projetos, treinamento, planejamento e manutenção, concepção de produtos, marketing e vendas. Cada vez mais surgem novas possibilidades de utilização da realidade virtual no segmento industrial.

No fluxo de desenvolvimento de produtos a utilização dessa tecnologia está presente em várias etapas do processo. Mas é na geração de protótipos virtuais que seu uso oferece maiores vantagens. Isso acontece porque com a utilização de protótipos virtuais pode-se obter redução do tempo de lançamento do novo produto, redução de investimento (já que os protótipos virtuais podem substituir alguns do protótipos físicos) e ganhos de qualidade, mas podem ser utilizados para algumas simulações, permitindo a visualização de peças e montagens complexas .

Com a adoção dessa tecnologia no fluxo de desenvolvimento de produtos, muitas atividades do processo de desenvolvimento podem ser influenciadas, agilizadas e melhoradas. Pontos como a interface com o usuário na fase de concepção, ergonomia funcional, manufaturabilidade, manutenção, treinamento, detalhamento do projeto e ensaios. E mais: customização, configuração de variantes, identificação e correção de falhas, podem ganhar uma nova dimensão, que terá influência em pontos críticos do projeto tais como: prazos, custos, índices de qualidade. Toda essa tecnologia pode ainda ser utilizada como argumento promocional de marketing.

Sabe-se que em outros países, diversas empresas já adotaram a realidade virtual em seus respectivos processos de desenvolvimento de produtos, porem no Brasil esta técnica está começando a despertar interesse. Tem-se uma visão inicial que a aplicação dessa tecnologia no fluxo de desenvolvimento poderá auxiliar o processo nos seguintes aspectos:

- visualização de protótipos;
- treinamento;
- avaliação de fatores ergométricos;
- simulação de montagens;
- simulação dinâmica de estruturas;



- análise de tensões;
- análise térmica;
- simulação de processo produtivo;
- revisão de projeto;
- estudo de técnicas de engenharia;
- planejamento;
- aprovação do projeto ou de fases dele e,
- auxílio na aplicação de ferramentas: FMEA, FTA, QFD.

Com as aplicações descritas, cria-se uma expectativa de resultados, onde os principais ganhos esperados são:

- redução de tempo de projeto: tempo necessário para se transformar uma idéia em um produto e disponibiliza-lo para venda. Este é o ponto crítico de marketing para enfrentar a concorrência, e pode ser favorecido pela adoção de protótipos virtuais, pela revisão de projetos, pelas análises funcionais, pela aplicação das ferramentas de produto, processo e qualidade, visando identificar falhas potenciais no projeto e outros.
- diminuição de custos: investimento em desenvolvimento, possíveis correções de ferramental e equipamentos. Os protótipos virtuais podem eventualmente substituir protótipos físicos, a revisão de projeto pode identificar falhas no início do processo de construção do ferramental, onde seu reparo custa relativamente barato, o melhor entendimento dos componentes e sistemas permite uma melhor especificação de ferramental e equipamento produtivo e outros.
- melhoria de qualidade: identificação prematura de riscos e falhas. A realidade virtual facilita a etapa de revisão de projeto, bem como auxilia na aplicação de ferramentas de qualidade, que visam avaliar sistematicamente o projeto.

No capítulo seguinte: metodologia, descreve-se justamente como será feita a investigação em um estudo de caso onde serão verificados os impactos da adoção da RV na performance do desenvolvimento de novos produtos em uma empresa que já adotou esta tecnologia.

## Capítulo 3. Metodologia

O objetivo deste capítulo é esclarecer os caminhos adotados para responder a questão exposta no capítulo 1. É consenso geral que a adoção e utilização de tecnologias de última geração trazem inúmeras vantagens para as empresas que a adotam, e nesse caso, a adoção da tecnologia de realidade virtual encaixa-se nesse contexto. O objetivo é estudar e entender as fases do processo de desenvolvimento de novos produtos onde pode ser adotada a tecnologia de realidade virtual (RV) como ferramenta de apoio, além de identificar quais os ganhos potenciais (técnicos e gerenciais), que levaram as empresas a investir na tecnologia de RV. Pretende-se compreender os principais facilitadores e barreiras encontradas no seu uso.

### 3.1. Natureza e Método

De acordo com a natureza e com o método adotado, as pesquisas podem ser classificadas de diversas formas. Inicialmente avalia-se a classificação da pesquisa quanto à sua natureza, que de acordo com Selltitz et al (1974) neste item, podem ser classificadas de três formas:

- Exploratória: busca a descoberta de novas idéias, relações e *insights*, de forma a propiciar a formulação mais precisa de um problema, o estabelecimento de prioridades para pesquisas posteriores, o aumento da familiaridade do pesquisador com o problema e/ou estabelecer conceitos, como por exemplo: determinar possíveis causas de uma ocorrência. A pesquisa deve ser planejada de forma flexível, permitindo a consideração de diversos aspectos de um determinado fenômeno.
- Descritiva: busca determinar a frequência de uma ocorrência, a relação entre variáveis ou a descrição das características de uma determinada situação. Por exemplo: um estudo da tendência de consumo de determinado item por classe sócio-econômica. A pesquisa deve ser planejada de forma a reduzir o viés do pesquisador e ampliar a exatidão das informações obtidas.

- Causal: busca determinar uma relação causa e efeito em determinada ocorrência. Por exemplo: a influência das características da embalagem na venda de um produto. A pesquisa deve ser planejada, procurando reduzir o viés do pesquisador, ampliar a exatidão das informações adquiridas e permitir inferências a respeito das causas.

A escolha da natureza da pesquisa está relacionada com os objetivos pretendidos e com o contexto básico onde a pesquisa está inserida. No caso deste estudo, onde o objetivo é a familiarização, a compreensão e a análise de um fenômeno, a natureza da pesquisa foi, em princípio, exploratória. Quanto ao método utilizado, foi adotado o de estudo de caso, que é, de acordo com Yin (2001), “uma estratégia de pesquisa”. Ainda segundo Yin (2001), mesmo sendo o estudo de caso uma forma distintiva de investigação empírica, para alguns autores, os estudos de caso vêm sendo encarados como uma forma menos desejável de investigação do que experimentos ou levantamentos. Yin (2001) afirma que os “estudos de caso são uma investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Neste trabalho, a escolha do método de estudo de caso se deu justamente porque a pesquisa estava baseada em uma situação real, onde se analisou os resultados da aplicação de determinada tecnologia em um processo de trabalho, identificando-se os impactos da adoção dessa tecnologia no referido processo, gerando assim, contribuições e conhecimentos para a prática e para a literatura.

Dentro da metodologia de estudo de caso há duas opções de trabalho: o estudo de caso individual ou o estudo de casos múltiplos. Consideram-se que as evidências obtidas com casos múltiplos sejam mais fortes do que as obtidas com os casos individuais. Portanto, suas conclusões parecem melhor amparadas técnica e estatisticamente; conseqüentemente com maior grau de confiabilidade. Esta pesquisa foi realizada por meio de estudo de caso individual em uma das maiores empresas nacionais, sendo ela, a maior representante do setor aeronáutico no Brasil, e a quarta maior no mundo. Está entre as pioneiras no país a adotar a tecnologia de realidade virtual como uma de suas ferramentas de trabalho no ciclo de desenvolvimento de produtos e processos. Por se tratar de uma tecnologia versátil,

as outras empresas que já a adotaram, a utilizam da forma que melhor se adapta às suas necessidades, estratégias competitiva e objetivos.

Com relação ao tipo de pesquisa, há basicamente dois tipos distintos:

- Qualitativa: onde o conhecimento está associado à expressão conceitual e não numérica dos fatos observados. Nesse caso, adotam-se questões mais abertas, amostragem pequena e a análise é subjetiva e interpretativa.
- Quantitativa: o conhecimento está vinculado a medidas numéricas e mensuráveis do fenômeno analisado. Utilizam-se normalmente questões fechadas, com grandes amostras. Não há grandes pré-requisitos para os entrevistadores, em geral, é realizada por meio de questionários e a análise dos dados é estatística.

Dá junção das pesquisas qualitativa e quantitativa origina-se uma derivação denominada pesquisa semiquantitativa, que é um misto dos dois tipos apresentados, onde faz-se uma pesquisa qualitativa utilizando-se uma forma de atribuição de valores para se quantificar os dados coletados para análise posterior.

Levando-se em consideração que o objetivo deste estudo busca entender os impactos da adoção da tecnologia de RV no ciclo de desenvolvimento de um projeto, porém, como não foi possível o acesso a dados sigilosos da empresa pesquisada e nem aos registros de dados numéricos quantificáveis e confiáveis para realizar uma pesquisa quantitativa, optou-se pela realização de uma pesquisa qualitativa e semiquantitativa, objetivando então avaliar a influência da RV nas várias fases do processo de desenvolvimento de produtos, bem como os impactos identificados no desempenho e gerenciamento do projeto após a adoção da tecnologia, identificando também as barreiras e facilitadores encontrados no seu uso.

Para a pesquisa semiquantitativa foi utilizado como referencial uma escala de avaliação do tipo Likert, onde traduziu-se as expectativas, sensações, conhecimento, domínio, dificuldades dos usuários em dados mensuráveis, para entendermos e quantificarmos as respostas das ferramentas no contexto de sua utilização.

### **3.2. Modelo Conceitual**

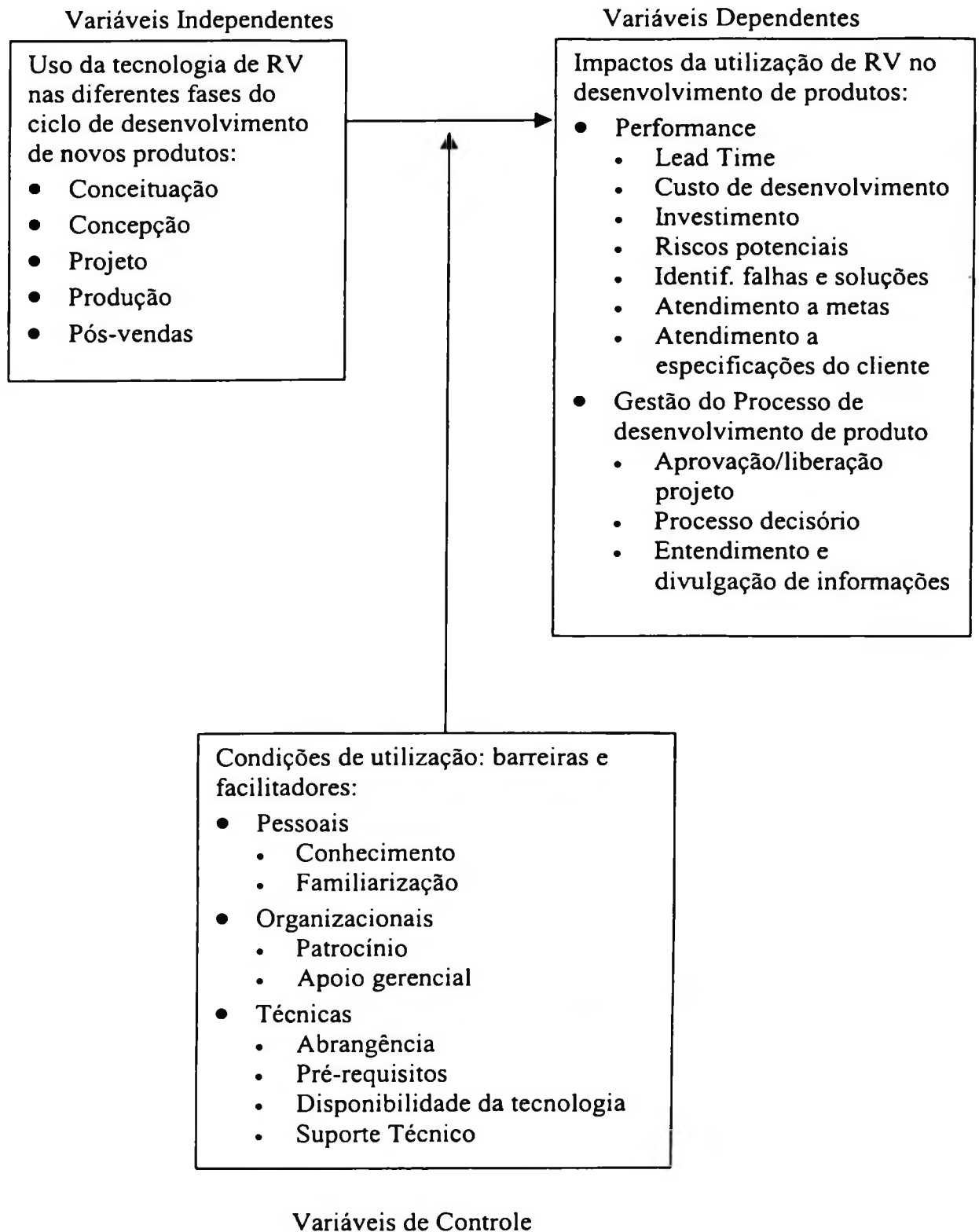
Para viabilizar um estudo que permita identificar e analisar a suposta influência da tecnologia de realidade virtual na performance do ciclo de

desenvolvimento de novos produtos e processos, de forma a levantar as diversas variáveis com potencial relevância para o processo, foi adotado um modelo conceitual representativo das dimensões que envolvem o problema.

É consenso geral que o fluxo de desenvolvimento de produtos, apesar de amplamente estudado e referenciado por vários autores, é adaptado por cada empresa de acordo com suas características, diretrizes, conceitos e tipo de produtos, porém, para efeito deste estudo, estamos adotando um fluxo derivado do levantamento bibliográfico dos diversos autores mencionados, independente do sistema adotado pela empresa pesquisada.

Tal modelo é constituído por três tipos de variáveis: as variáveis independentes traduzidas pelo uso da realidade virtual nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento de produtos, as variáveis dependentes, aqui representadas pelas métricas que caracterizam tanto a performance de um projeto bem como a gestão do mesmo, onde pretende-se identificar e mensurar os impactos causados pela tecnologia de RV, e as variáveis de controle, representadas pelas barreiras e facilitadores que podem ser encontrados quando da adoção da RV como ferramenta de apoio ao desenvolvimento de produtos.

Figura 11 – Modelo Conceitual do Estudo



### 3.2.1. Descrição das Variáveis

- **Variáveis Independentes** – Consideradas condicionantes para o desempenho do projeto. Nesse caso, trata-se do uso da realidade virtual nas fases do ciclo de desenvolvimento de produtos, nas quais vamos identificar as possíveis aplicações da RV.
  - **Conceituação:** definição das necessidades de um projeto, necessidades do cliente e estabelecimentos de *targets*. Dessa fase faz parte a execução de *mockup's*, realização de levantamentos mercadológicos e pesquisas de mercado com clientes típicos.
  - **Concepção:** transformação da conceituação em características de projeto e *design*. Nessa fase se define o que e como fazer, quais os parâmetros funcionais, quais os requisitos sistêmicos, baseado na utilização de algumas metodologias tais como: análise econômica, análise de viabilidade técnica, análise de valores, análise de riscos, e ferramentas como: QFD, FTA, protótipos visuais e outros.
  - **Projeto:** transformação de idéias e características de projeto em informações estruturadas e capazes de serem executadas. Dar forma, estrutura, funcionalidade conforme a concepção. Nessa etapa geram-se os desenhos, cálculos, protótipos funcionais, especificações técnicas, definição de processos, construção de ferramentas e equipamentos, revisões e ajustes no projeto; realizam-se ensaios, planejamento de produção, manutenção e qualidade. Esta fase é apoiada pela adoção de metodologias e ferramentas tais como: DFMA, FEMEA, CAD, CAM, CAPP, DOE.
  - **Produção:** materialização do produto conforme requisitos de projeto e qualidade, atendendo metas de volume produzido e produtividade fabril, além da disponibilização para distribuição física do produto.
  - **Pós-vendas:** distribuição, propaganda, treinamento de usuários e de assistência técnica.
  
- **Variáveis Dependentes** – Relacionadas aos resultados obtidos no projeto. Caracterizam a performance obtida no desenvolvimento do novo produto, sobre as quais se analisa a influência obtida a partir do uso da tecnologia de RV.

- *Lead Time* : estabelecimento de metas de prazo para desenvolvimento e implantação do novo produto. Também pode ser traduzido por *Time to Market*, tempo necessário para disponibilizar um novo produto ou solução para o mercado.
- Custo e Investimento: na fase inicial do projeto, são estabelecidos objetivos de custo final do produto bem como investimento necessário para se desenvolver e implantar o novo produto em produção.
- Riscos Potenciais: visão realista dos possíveis problemas e dificuldades que terão de ser enfrentados durante o desenvolvimento do produto, bem como a implicação do não cumprimento de algumas das metas estabelecidas.
- Identificação de falhas e soluções: indica a antecipação de possíveis falhas durante a fase de projeto, antes que elas existam verdadeiramente, bem como a definição de soluções para cada uma dessas falhas preexistentes.
- Atendimento a Metas: metas colocadas para o projeto. Podem ser de custo, prazo, índices de qualidade, índices funcionais; enfim, itens de controle do projeto.
- Atendimento ao Cliente: transformar as expectativas do cliente em características de produto. Induzir o cliente a acreditar que aquele é o produto que melhor se adapta as suas necessidades.
- Aprovação e Liberação do Projeto: todos os projetos necessitam que, em alguns pontos de verificação sejam aprovados pela da alta gerencia. Normalmente esses pontos de checagem são denominados *milestones*.
- Processo Decisório: durante a evolução do projeto, existem diversas ocasiões onde são necessárias tomadas de decisão, que podem em algumas situações alterar o direcionamento dos trabalhos. O perfeito entendimento do problema é o que direciona o processo decisório.
- Entendimento e Divulgação de Informações: sem uma visão ampla e clara de um problema e de todas as variáveis que o cercam, não se pode direcionar o trabalho de maneira correta. O perfeito entendimento das



informações envolvidas aumenta a probabilidade de acerto no processo decisório.

- **Variáveis de Controle:** permitem estratificar o processo de análise do impacto das variáveis independentes sobre o comportamento das variáveis dependentes. Nesse caso, trata-se das barreiras e dos facilitadores no processo de utilização de RV como ferramenta de trabalho no ciclo de desenvolvimento de produtos.
- **Conhecimento:** disponibilidade de informações sobre a tecnologia, conhecimento de potencialidade e limitações, consultoria e suporte a utilização da tecnologia e outros.
- **Familiarização:** acesso a outros usuários, disponibilidade de mão de obra qualificada e outros.
- **Pré-requisitos:** necessidades para que se possa utilizar a realidade virtual. Por exemplo: equipamento específico, modelação 3D, geração do modelo virtual, treinamento específico, suporte técnico, disponibilidade de manutenção e outros.
- **Abrangência:** campo de atuação da tecnologia de realidade virtual. Etapas do fluxo de desenvolvimento que ela pode ser aplicada.
- **Disponibilidade da Tecnologia:** se a tecnologia está perfeitamente adequada para o uso ou se há a necessidade de adequação para melhorar o aproveitamento da mesma.
- **Suporte Técnico:** infra-estrutura técnica de apoio por parte do fornecedor de equipamento e da tecnologia, ou profissionais internos devidamente treinados para este apoio.

### **3.3. Considerações Sobre a Amostra**

#### **3.3.1. A Empresa**

No Brasil, no setor aeronáutico, existem algumas empresas operando em vários segmentos do setor, porém, como principal representante, há a Embraer – maior fabricante aeronáutico brasileiro e quarto maior do mundo –, que vem se destacando nacional e mundialmente por seus resultados dos últimos anos,

justamente em um segmento de mercado de alta tecnologia, competitividade e altos níveis de exigência.

A Embraer tem surpreendido a concorrência e ganhou respeitabilidade internacional com seus produtos vencedores e de grande aceitação pelo mercado consumidor. Na tentativa de recuperar a fatia de mercado, tal fato provocou reações técnicas na concorrência, embaraços políticos e diplomáticos.

Pioneira na adoção da tecnologia de realidade virtual como ferramenta de desenvolvimento de novos produtos no Brasil, tem instalado em seu parque industrial, na cidade de São José dos Campos, interior de São Paulo, um centro de realidade virtual. Conta com uma equipe especialmente treinada para criar o ambiente virtual e dar apoio aos clientes internos que buscam respostas com essa tecnologia.

Dentre as diversas formas de utilização da tecnologia, a Embraer opta por criar os chamados “*Virtual Prototyping*”, que são na verdade protótipos virtuais de suas aeronaves. Esses protótipos, gerados e modificados se necessário em tempo extremamente rápido quando comparados à forma tradicional, substituem os *mockups* e os primeiros protótipos físicos de um novo produto em desenvolvimento ou reestruturação e, são utilizados por todas as áreas envolvidas no processo de desenvolvimento do produto ou variante. Por meio deles, pode-se obter um ambiente de interação com o produto que até esse momento somente existe nas *workstation* dos projetistas e engenheiros.

Essa forma de trabalho interativa, contribui de maneira acentuada para o entendimento de todos os conceitos funcionais envolvidos no produto e é explorada também pelas áreas comerciais e pós-vendas.

### **3.3.2. Os Projetos**

Como consideração inicial, vale lembrar que a unidade de análise deste estudo é “projeto”, onde se avaliou vários projetos de desenvolvimento de novos produtos dentro, de uma única empresa, com o objetivo de entendermos os possíveis impactos da adoção da tecnologia de realidade virtual, utilizada como ferramenta no processo de desenvolvimento desses produtos. Não foi feita uma análise em um projeto específico, mas sim, uma análise de maneira global da influência e do

potencial de utilização da RV no processo de desenvolvimento de novos produtos. O estudo foi realizado com o objetivo de entender não só um problema focado, mas também todo o contexto e o ambiente que os cerca, revelando assim as variáveis relevantes e gerando uma fotografia que permita um maior entendimento do fenômeno.

Como forma de ampliar o grau de entendimento sobre a tecnologia de realidade virtual e para que se possa extrair uma maior quantidade de conhecimento da pesquisa, foi programada uma primeira entrevista com a SGI (*Silicon Grafics*), empresa que comercializa o equipamento, o *software* e conseqüentemente a tecnologia de realidade virtual no Brasil, mas, essa entrevista não fez parte do levantamento de dados oficial deste trabalho.

No caso, a SGI, única empresa do país que disponibiliza em escala comercial os equipamento de realidade virtual, é justamente a empresa que forneceu o equipamento, tanto para a Embraer, como para outras empresas que já estão adotando a mesma tecnologia, como a Petrobrás e a General Motors do Brasil. Nesta empresa, identificamos a proposta teórica da potencialidade da tecnologia de RV, os pré-requisitos indicados para a utilização da tecnologia e uma visão dos possíveis ganhos a serem buscados.

### **3.3.3. Caracterização do Respondente**

Para atender aos propósitos deste estudo, foram realizadas 16 entrevistas, com profissionais com formação superior em engenharia e com vivência prática no processo de desenvolvimento de produtos ou com a realidade virtual. Os entrevistados foram divididos da seguinte maneira:

- Um gerente da área de desenvolvimento tecnológico da empresa. Com ele foi realizada uma entrevista semiestruturada, onde buscou-se levantar as informações institucionais, gerenciais e metodológicas referentes a adoção da tecnologia de realidade virtual;
- Dois profissionais ligados diretamente ao CRV – Centro de Realidade Virtual da empresa. Nesse caso, também realizou-se uma entrevista semiestruturada e apoiada pelo questionário, onde buscou-se informações sobre o tipo de recursos de RV disponíveis, suas características de implantação: barreiras e facilitadores, e

- Treze respondentes, usuários do sistema de realidade virtual, todos ligados diretamente ao processo de desenvolvimento de produtos da empresa, atuando nas áreas de: ensaios de vôo, aerodinâmica, engenharia de produtos, projeto de interiores e projeto de estruturas. O levantamento das informações com esse grupo foi realizado por meio de um questionário, antes disso, foi realizado um *workshop*, onde foi feita uma explanação sobre todos os pontos abordados no questionário, de forma a reduzir possíveis dúvidas que pudessem surgir durante o preenchimento do mesmo e alinhando o foco da pesquisa.

Para nortear e complementar o levantamento de dados, houve uma busca secundária de informações em material impresso e na internet.

### 3.3.4. As Entrevistas

Utilizou-se como critério de seleção dos entrevistados o fato de todos eles terem trabalhado no processo de desenvolvimento de produtos e já terem participado de pelo menos um projeto que utilizou o CRV da empresa. Vale lembrar que as respostas obtidas nesta pesquisa representam a opinião pessoal de cada um dos entrevistados sobre as influências percebidas durante o projeto de que participaram com o apoio da tecnologia de realidade virtual e, também de suas expectativas sobre potencial de utilização futura da tecnologia de realidade virtual no fluxo de desenvolvimento de produtos.

Tabela 1 – Experiência dos entrevistados ligados ao processo de desenvolvimento

	Experiência		
	Baixa	Média	Alta
Tempo de atuação na empresa	Menos de 3 anos 7 respondentes 54%	De 3 a 10 anos 3 respondentes 23%	Mais de 10 anos 3 respondentes 23%
Quantidade de projetos que participou (com utilização de RV)	1 projeto 5 respondentes 39%	De 1 a 3 projetos 6 respondentes 46%	Mais de 3 projetos 2 respondentes 15%

Dos respondentes, mais da metade, ou seja, 54% deles têm menos de três anos de experiência na área de desenvolvimento de produtos da empresa. Porém, ficou evidente também que 46% do total, teve participação entre um e três projetos com utilização de realidade virtual, o que nos dá uma certa confiabilidade nas respostas obtidas e compensa o baixo tempo de experiência dos profissionais.

### **3.4. Procedimento de Coleta de Dados**

Foram realizados dois estudos distintos na empresa selecionada para podermos identificar os panoramas abaixo:

- Foi feita uma comparação entre o potencial de recursos ofertado pela tecnologia de realidade virtual de modo global e o aproveitamento real da ferramenta em questão na empresa estudada. Juntamente, realizou-se uma análise dos pré-requisitos necessários para extração de máximos resultados da RV, comparando-os com os recursos disponíveis e utilizados na aplicação prática da tecnologia na empresa.

A contribuição dessa primeira fase foi o melhor conhecimento e entendimento das vantagens potências da utilização da referida tecnologia, bem como o tipo de recurso que deve ser provido e requerido aos vários níveis de “usuários” de RV dentro da empresa que a utiliza. Em contrapartida, obteve-se também uma visão do potencial incremental de exploração ainda disponível nas condições de utilização da ferramenta de RV na empresa aqui estudada.

- Foi realizado um levantamento dos projetos de novos produtos onde a empresa estudada utilizou a tecnologia de RV como ferramenta de trabalho; e das fases do projeto analisado, onde a tecnologia de RV foi realmente aplicada.

O estudo foi aprofundado na identificação das vantagens adquiridas em cada uma dessas fases do projeto, sempre procurando estabelecer uma relação de grau de utilização em cada fase, cruzando-as com índices de performance do projeto. Nessa fase, buscou-se identificar os ganhos “técnicos e gerenciais” (prazos, atendimento a metas, qualidade, manutenção do foco, verba investida

em cada fase do projeto e outros), obtidos com a utilização da realidade virtual, em relação aos métodos até então utilizados.

Para viabilizar os dois estudos propostos procedeu-se uma coleta de dados por meio de duas fontes de evidências distintas, porém, complementares, como segue:

- entrevistas – Essa será a mais importante fonte de informação desta pesquisa, já que se trata de um estudo de caso com o objetivo de avaliar a influência de uma forma de trabalho. Foi adotado um tipo de entrevista que vamos classificar de “semi-estruturada não diretiva”. De acordo com a literatura, a entrevista semi-estruturada permite uma maior entendimento do fenômeno estudado. Conforme Richardson (1985), a entrevista não diretiva dá liberdade ao entrevistado de colocar em pauta outros temas relacionados ao assunto central, melhorando dessa maneira a flexibilidade da entrevista e da troca de informações. Por se tratar de uma pesquisa de tipo mista (quantitativa e semiquantitativa), onde buscou-se avaliar também dados inicialmente com difícil mensuração, optou-se por entrevistas individuais, apoiadas por questionários que contém uma escala do tipo Likert para criar uma condição de mensuração dos dados.
- questionários – Os questionários, principalmente quando adotado em um sistema de respostas padronizado, são considerados ferramentas de grande ajuda, pois além de poderem ser estendidos a um maior número de respondentes, propiciam uma atmosfera de segurança, uma vez que já fornecem critérios de resposta prontos e permitem uma padronização, melhorando a condição de mensuração. O questionário utilizado neste estudo encontra-se anexo no item sete deste estudo.

Inicialmente, baseado no conhecimento adquirido em contatos preliminares com a empresa em questão, com o fornecedor do equipamento e da tecnologia, bem como em literatura existente, foram agendadas, junto à Embraer, entrevistas com representantes das principais áreas envolvidas, tanto no gerenciamento do sistema de realidade virtual como no desenvolvimento e implantação de novos produtos e processos. Foram abordados pontos relevantes à performance do desenvolvimento de produtos e a influência da adoção da tecnologia de realidade virtual nesse processo, tais como:

- estrutura organizacional da empresa;

- postura e conhecimento gerencial (gerente do projeto);
- *framework* de desenvolvimento de produtos;
- formação e capacitação da equipe de realidade virtual;
- levantamento dos pontos onde se pode aplicar RV;
- seleção dos objetivos a serem estudados com a ajuda da RV;
- conhecimento da real necessidade de informações para a aplicação da RV;
- disponibilidade de informações para utilização da RV;
- avaliação dos resultados individuais de cada uma fases do processo de desenvolvimento do produto, com a aplicação da tecnologia de RV;
- atendimento de metas – original e realizado (cronograma, análise econômica );
- perspectiva de futuro;
- necessidades de adequação fabril para receber o novo projeto e,
- possibilidades de utilização da RV em ferramentas de produto, processo e qualidade.

Conforme dito anteriormente, com os dados coletados em entrevistas e questionários (com ajuda uma escala de Likert), procedeu-se a uma análise cruzando a percepção dos entrevistados com a proposta da tecnologia, com o objetivo de se estabelecer linhas que demonstrassem claramente a influência potencial na performance do desenvolvimento de produtos obtida com a adoção da tecnologia de realidade virtual.

### **3.5. Limitações**

Por se tratar justamente de uma inovação no processo de desenvolvimento de novos produtos, onde segundo levantamento feito, somente a Embraer utiliza essa tecnologia abrangendo praticamente todas as etapas do fluxo de desenvolvimento de produtos, o estudo fica limitado a percepção dos envolvidos em apenas uma empresa. Isso conduz a um direcionamento das conclusões do estudo para esse setor específico do mercado, que possui características próprias de tamanho, concorrência, exigências, custos e outros.

A falta de possibilidade de se estender a pesquisa para outros setores pode criar um vício que é o direcionamento das conclusões para um setor específico,

porém, isso não reduz a confiabilidade do resultado final no segmento estudado, já que a experiência profissional dos respondentes demonstra a credibilidade e a validade das respostas

Outro ponto importante é a seleção da amostra e o método para pesquisa. Como foi utilizada uma amostragem “intencional não probabilística”, utilizando-se o método de “estudo de caso”, a generalização dos resultados não pôde ser assumida para outros setores e nem como comportamento padrão para a adoção da tecnologia de realidade virtual em desenvolvimento de produtos.



## **Capítulo 4. Apresentação e Discussão de Resultados**

### **4.1. A Empresa “Embraer”**

A empresa selecionada para se fazer este estudo de caso foi a Embraer, que é a empresa brasileira com maior conhecimento e experiência na utilização de realidade virtual no processo de desenvolvimento de produtos.

A Embraer foi criada em 1969, como estatal de capital misto, porém em 1994, foi privatizada, tendo passado cerca de 60% de seu capital para as empresas privadas. Atualmente, conta com unidades operacionais no Brasil (cinco unidades), Estados Unidos (duas unidades), Europa, Austrália, China e Singapura. Com cerca de 12.500 funcionários, sendo que cerca de 2000 deles estão envolvidos com o desenvolvimento de produtos, e tendo um investimento médio anual de US\$200.000.000 nesse processo, sendo que, cerca de 60% são investidos em desenvolvimento de produtos e 40% em processos. A empresa é reconhecida como a quarta maior fabricante de aeronaves comerciais do mundo, isso graças à excelência de seus produtos e a tecnologia de ponta do segmento aeronáutico.

Desde sua criação e início das suas atividades, a Embraer já produziu e entregou cerca de 5.500 aviões, que estão voando em mais de 20 países ao redor do mundo. Nos últimos anos, a empresa tem se tornado um símbolo de referência para o Brasil, em função do sucesso obtido com seus produtos desde a família EMB145 e da imagem inovadora que a empresa possui perante o mercado. De acordo com a classificação de projetos citada no item 2.6. “Desenvolvimento de novos produtos”, a empresa criou nesses cinco anos novas plataformas de produtos, sendo quatro delas no segmento comercial e uma no segmento de defesa. Criou também dezessete novos projetos de variantes, sendo sete aeronaves comerciais, três executivas e sete para uso militar e de defesa.

### **4.2. A Realidade Virtual na Empresa**

A Embraer foi a primeira empresa brasileira a adotar a tecnologia de RV para desenvolver produtos (no Brasil). De seus mais de vinte grandes projetos, hoje têm sete deles ( três projetos de plataformas, dois de novas variantes e dois projetos de

melhorias ) realizados com o apoio dessa tecnologia no CRV – Centro de Realidade Virtual da empresa, que está à disposição de todo o pessoal técnico desde fevereiro de 2000. O CRV da Embraer é composto por um sistema de imersão do tipo *power wall*, com uma tela de aproximadamente 15m<sup>2</sup>, HMD (capacete com visualização tridimensional), luvas monitoradas e óculos para visualização estereoscópica. Foram gastos cerca de US\$ 2.000.000 para se implantar e manter o centro de realidade virtual e ainda não se tem uma visão completa de todas as possibilidades da utilização dessa tecnologia e dos retornos já obtidos.

### 4.3. O Tratamento e a Análise dos Dados

#### 4.3.1. As Características do desenvolvimento de produtos

Em uma primeira análise, observou-se na visão do gerente de desenvolvimento tecnológico entrevistado, quais foram os principais direcionadores do desenvolvimento de novos produtos, bem como qual a importância de cada área nesse processo

##### 4.3.1.1. Forças de mercado

Atribuiu-se valores variando de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante) para se indicar o grau de importância atribuído a cada uma das forças de mercado citadas, que orientam as diretrizes de um novo projeto de produto, conforme tabela abaixo:

Tabela 2 – Forças de Mercado

Forças de Mercado	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Competitividade por preço					X
Competitividade por qualidade					X
Inovações tecnológicas			X		
Confiabilidade no produto					X
Atualização estética		X			
Facilidade de uso / complexidade			X		
Custo de manutenção					X
Elevado nível de sofisticação				X	
Competitividade por prazo (janela de oportunidade)					X
Órgão regulamentador (legislação)					X

De acordo com os valores apurados, identificou-se que as principais forças de mercado que devem ser levadas em consideração para direcionamento de um projeto no segmento aeronáutico são: preço, qualidade, confiabilidade, custo de manutenção, prazo e regulamentações (exigências legais). O nível de sofisticação do produto também foi indicado como fator de elevado grau de importância.

#### 4.3.1.2. Razões para um novo produto

Ainda na visão do gerente de desenvolvimento tecnológico foi verificado quais as principais razões para se iniciar um projeto de produto, diferenciando-se os projetos em plataforma, variante e melhoria, de acordo com sua amplitude ou complexidade conforme descrito no item 2.6 “Desenvolvimento de Novos Produtos”. Foram atribuídos níveis de importância para cada uma das razões citadas para análise, onde o nível de importância variou de 1 (pouco importante) até 5 (muito importante).

Tabela 3 – Razões para desenvolvimento de um projeto

Razões para desenvolvimento de novo projeto	Plataforma					Variante					Melhoria				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Novos mercados					x					x			x		
Reação a concorrência		x							x					x	
Novas tecnologias disponíveis	x							x							x
Exigência dos clientes					x				x						x
Percepção de oportunidade					x			x				x			
Diretriz da empresa		x					x							x	
Redução de custo	x								x						x

Neste caso, tem-se as razões pontuadas em função de diferentes amplitude e ou complexidade do projeto, no entanto observa-se que itens como “exigência do cliente e novos mercados” são bem pontuados em todos os casos. Isso pode ser atribuído ao fato de que o tipo de produto fabricado pela empresa em questão é feito sobre encomenda para um cliente específico.

#### 4.3.1.3. Interação entre fase do desenvolvimento e área fabril

Neste item foi verificado qual o grau de interação entre as áreas participantes do projeto com as respectivas fases do ciclo de desenvolvimento, também na visão do gerente de desenvolvimento tecnológico, para o segmento aeronáutico. Foram atribuídos valores entre 1 (baixa interação) até 5 (alta interação).

Tabela 4 – Interação entre fases do projeto e áreas participantes

Áreas ligadas ao ciclo de desenvolvimento	Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos				
	Conceituação	Concepção	Projeto	Produção	Pós-vendas
Marketing	5	3	1	1	0
Design	5	5	2	1	0
Eng. Produto	4	5	5	1	1
Eng. Processo	3	5	5	3	1
Qualidade	5	5	5	5	4
Produção	4	4	4	5	1
Suprimentos	2	5	4	5	1
Logística	2	2	2	5	3
Controladoria	4	5	3	5	1
Vendas	2	1	1	5	1
Pós-vendas	4	3	4	5	5

A partir da tabela 4, tem-se uma visão de qual a importância de cada área de trabalho ao longo do ciclo de desenvolvimento de produtos, ou em qual das fases determinada área tem maior influência e responsabilidade. Na etapa de conceituação, as áreas de marketing, design e qualidade têm importância máxima. Na fase seguinte, as áreas de design, produto, processo, qualidade, suprimentos e controladoria assumem maior responsabilidade. Na etapa seguinte denominada projeto, a maior responsabilidade está dedicada para as áreas de produto, processo e qualidade. Na fase produção, a responsabilidade das áreas de qualidade, produção, suprimentos, logística, controladoria, vendas e pós-vendas assumem valores máximos. Já na fase final a responsabilidade maior é exclusiva da área denominada pós-venda. Este levantamento será importante mais à frente, pois, estes dados serão cruzados com outras informações.

### **4.3.2. A adoção da tecnologia de RV pela empresa**

Para entender-se quais razões levaram a empresa a optar pela adoção da tecnologia de realidade virtual no ciclo de desenvolvimento de produtos, leva-se em conta as respostas fornecidas pelo gerente de desenvolvimento tecnológico e pelos dois representantes do centro de realidade virtual.

#### **4.3.2.1. Critérios para adoção da tecnologia de RV**

De acordo com as respostas fornecidas pelos respondentes em entrevista semi-estruturada, os principais critérios que propiciaram a adoção da tecnologia de realidade virtual como ferramenta de desenvolvimento de produtos foram:

- necessidade de se reduzir o tempo do ciclo de desenvolvimento de produtos;
- necessidade de se integrar vários entes de projeto simultaneamente. Integração de parceiros de risco e,
- potencial de redução de gastos em correções de produto e processo em etapas mais avançadas do ciclo de desenvolvimento.

Ficou claro que a empresa buscava a obtenção de vantagem competitiva em seu processo de desenvolvimento de produtos, tendo como premissa a adoção de uma tecnologia com potencial de redução de investimento e prazo de desenvolvimento. A tecnologia de realidade virtual surgiu como uma alternativa com potencial de atender a essas expectativas.

#### **4.3.2.2. Aplicações da realidade virtual**

A realidade virtual, até o momento das entrevistas, já havia sido utilizada em sete projetos diferentes, sendo: três projetos do tipo plataforma, dois projetos do tipo variante e dois projetos de melhoria. Nesses projetos, foi utilizada RV para as seguintes atividades:

- revisões de projeto;
- visualização de dados de engenharia;
- análise de ergonomia;

- análise de interferências e condições de montagem (FMEA);
- simulação de manutenção;
- simulação de ensaios de aquaplanagem;
- colaboração remota (reuniões a longa distância) e,
- marketing (apresentação de produtos para clientes e divulgação tecnológica).

Nas aplicações citadas acima, foi utilizado um protótipo virtual para se permitir o entendimento da situação em análise. O protótipo virtual permitiu que os engenheiros envolvidos na análise tivessem um maior grau de entendimento e aprendizado do problema sem que houvesse investimento em dinheiro e tempo, gerando assim maior velocidade nas respostas.

#### **4.3.2.3. Valor agregado pela tecnologia de RV**

De acordo com as entrevistas semi-estruturadas, ficou claro que houve ganhos para a empresa, de maneira direta e indireta, como segue:

- ganhos indiretos:
  - favoreceu a venda de novas aeronaves;
  - melhorou a condição de divulgação dos produtos da empresa e,
  - reforçou a imagem de uma empresa de alta tecnologia perante o mercado, com a exposição positiva na mídia.
- ganhos diretos:
  - facilitou o trabalho de *design review*, com identificação rápida e precisa de conflitos no projeto e conseqüente busca de soluções;
  - reduziu a necessidade de retrabalhos;
  - melhorou a qualidade final do produto com a facilidade de disseminação de informações entre os integrantes do projeto;
  - substituiu testes demorados e modelos (protótipos) onerosos para a empresa e,
  - facilitou o processo de tomada de decisões em função do melhor entendimento da situação em análise.

O resultado da associação entre os itens acima foi evidenciado no tempo de desenvolvimento do projeto ERJ170 em comparação com o projeto EMB145. No ERJ170 foi utilizada a tecnologia de realidade virtual como ferramenta de apoio ao desenvolvimento do produto e este foi realizado em 38 meses. Comparando-se com o projeto EMB145, que não teve o apoio da realidade virtual e foi realizado em 60 meses, tem-se um ganho na redução de tempo de desenvolvimento da ordem de 37%. Na verdade, não se pode afirmar que esse seja um ganho de tempo padronizado para todos os projetos, mas há uma diferença de complexidade entre os dois projetos citados. De acordo com a experiência dos entrevistados, o projeto ERJ170 é mais complexo do que o EMB145, contudo não existem parâmetros que possam indicar níveis de complexidade para esta comparação.

#### **4.3.3. Utilização e Impactos da RV no desenvolvimento de produtos**

Considerando-se agora os questionários respondidos pelos treze representantes das áreas ligadas diretamente ao processo de desenvolvimento de produtos, levantou-se um panorama dos impactos da utilização passada, no caso os sete projetos já desenvolvidos com o apoio da realidade virtual, bem como a expectativa desses profissionais sobre a utilização futura dessa tecnologia.

##### **4.3.3.1. Utilização da RV por área de trabalho**

Verificou-se qual foi o nível de utilização da realidade virtual em cada uma das áreas envolvidas no processo de desenvolvimento de produtos dos sete projetos já realizados e qual o potencial de utilização futura em cada uma das áreas, de acordo com a experiência dos respondentes:

Tabela 5 – Utilização da realidade virtual por área de trabalho

Área	Utilização passada	Potencial de utiliz. Futura
Marketing	Alto	Alto
Design	Médio	Alto
Eng. Produto	Alto	Alto
Eng. Processo	Médio	Alto
Qualidade	Médio	Médio
Produção	Médio	Médio
Suprimentos	Baixo	Baixo
Logística	Baixo	Baixo
Vendas	Médio	Baixo
Controladoria	Baixo	Baixo
Pós-vendas	Médio	Médio

Evidencia-se assim que, nos projetos passados, as áreas de marketing e engenharia de produtos foram os maiores usuários da realidade virtual, mas, é de opinião dos entrevistados que além dessas duas áreas, os representantes de processos e *design* (definição estética) possuem grande potencial de utilização da tecnologia.

#### 4.3.3.2. Utilização da RV nas fases do ciclo de desenvolvimento de produto

Dividindo-se o projeto por fases, verificou-se qual o nível de utilização da realidade virtual nos sete projetos já realizados e também qual a expectativa de utilização futura da tecnologia em cada uma das fases do ciclo de desenvolvimento de produtos.



Tabela 6 – Utilização da realidade virtual por fase do ciclo de desenvolvimento

<b>Fase</b>	<b>Utilização passada</b>	<b>Potencial de utiliz. Futura</b>
Conceituação	Médio	Alto
Concepção	Alto	Alto
Projeto	Alto	Alto
Produção	Baixo	Baixo
Pós-venda	Baixo	Médio

Assim, revela-se que nos projetos passados, a realidade virtual foi amplamente utilizada nas fases de concepção e projeto, contudo, dita-se no seu potencial de utilização também na fase de conceituação, além das outras duas citadas.

Se cruzarmos os dados da tabela 4 (item 4.3.1.3) que demonstra os dados de potencial de utilização da RV em cada fase do projeto com os dados da tabela 6, que nos mostra o grau de interação entre as fases do ciclo de desenvolvimento do produto e as áreas participantes do grupo de projeto, temos como resultado, o grau de importância da RV por área de trabalho. Nesse caso temos que, em escala descendente do mais importante para o menos importante, as áreas que podem tirar proveito da tecnologia de RV são a qualidade, a engenharia de produtos e processos, o design, a controladoria, o marketing e o pós-vendas.

#### **4.3.3.3. Impactos da RV na performance do desenvolvimento de produtos**

De acordo com o modelo conceitual da pesquisa, demonstrado na figura 11, foi verificado qual o impacto da utilização da realidade virtual em cada um dos indicadores da performance de um projeto, sempre avaliando esse indicador em cada uma das fases do ciclo de desenvolvimento do mesmo.

#### 4.3.3.3.1. Impactos da RV no *lead time* do projeto

Nesse item, verificou-se a influência da realidade virtual no tempo gasto em cada uma das fases do projeto, adotando-se como referência valores variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva.

Tabela 7 – Influência da realidade virtual no indicador *lead time*

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: <i>Lead Time</i>					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Concepção			23%	46%	15%	15%
Projeto				54%	31%	15%
Produção	31%	15%	23%	31%		
Pós-venda	38%		46%	15%		

De acordo com a percepção dos respondentes, obteve-se uma influência média da realidade virtual no tempo de desenvolvimento do produto, nas fases de concepção, projeto e pós vendas. Isso se deu em função da agilidade conseguida com a RV nas revisões de projeto e nas análises do tipo FMEA realizadas.

#### 4.3.3.3.2. Impactos da RV no custo de desenvolvimento do projeto

Para a verificação da influência da realidade virtual no custo de desenvolvimento de um produto, também foram adotados valores que variam de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva (redução no custo do projeto). Dessa maneira, obteve-se os dados abaixo:

Tabela 8 – Influência da realidade virtual no indicador custo de desenvolvimento do produto

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Custo de desenvolvimento do produto					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação			38%	23%	15%	23%
Concepção		15%				85%
Projeto			8%	15%	23%	54%
Produção	8%	31%	31%	23%	8%	
Pós-venda	54%	31%			15%	

Na visão dos envolvidos com o desenvolvimento de produtos, houve uma grande influência da utilização da realidade virtual nos custos de desenvolvimento de produto na fase de concepção e projeto, isso aconteceu em função do baixo custo do protótipo virtual se comparado ao protótipo físico. Também foi evidenciado que na fase de pós-venda, apesar da tecnologia ter sido utilizada para treinamento, a influência no indicador custo de desenvolvimento foi praticamente inexistente.

#### 4.3.3.3.3. Impactos da RV na de necessidade de investimento em equipamentos

Neste item, procurou-se identificar se a utilização da tecnologia de realidade virtual influenciou de alguma maneira no investimento necessário em equipamento para se produzir o produto. Para tanto foi adotado o mesmo critério de pontuação variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva (menor necessidade de investimentos em equipamentos).

Tabela 9 – Influência no investimento em equipamento

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Investimento em equipamento					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação	38%	23%		15%	15%	
Concepção		8%		15%	23%	54%
Projeto	8%			38%	15%	38%
Produção	15%	15%	54%	15%		
Pós-venda	54%	46%				

Na visão dos entrevistados, existe uma alta influência da realidade virtual na redução do investimento em equipamento nas fases de concepção e projeto e uma influência praticamente nula nesse indicador na fase de pós-venda, mesmo tendo sido a tecnologia utilizada nessa fase. Isso ocorreu graças a possibilidade de identificação prematura dos problemas, o que evitou a correção de equipamentos em fase de construção e com isso custos adicionais. Na fase de pós-venda, não existe investimento em equipamento,

#### 4.3.3.3.4. Impactos da RV na identificação de riscos potenciais do projeto

Avaliou-se nesse ponto a influência da realidade virtual na identificação de riscos potenciais do projeto. Foi explicado que riscos potenciais não são erros ou falhas de projeto e sim características do projeto que podem ao longo da vida do produto trazer algum problema funcional inesperado. Nesse ponto, para identificação desse indicador, também foi adotado o mesmo critério de pontuação variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva (facilidade de identificação dos riscos).

Tabela 10 – Influência na identificação de riscos potenciais

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Identificação de riscos potenciais					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação		8%	15%	15%	15%	<b>46%</b>
Concepção				23%		<b>77%</b>
Projeto	8%			15%	15%	<b>62%</b>
Produção	8%	31%		<b>46%</b>	15%	
Pós-venda	<b>38%</b>	<b>38%</b>		23%		

Os entrevistados indicaram uma influência alta da realidade virtual na identificação de riscos potenciais no produto nas fases de conceituação, concepção e projeto e, uma influência média na fase de produção, sendo a realidade virtual vista por eles como uma grande aliada nesse indicador.

#### 4.3.3.3.5. Impactos da RV na identificação de falhas e soluções para o projeto

O objetivo desse indicador é o de identificar falhas no projeto e procurar as melhores soluções para os problemas identificados. O mesmo critério de pontuação foi adotado para se avaliar a influência da realidade virtual nesse indicador, variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva (facilidade na identificação das falhas).

Tabela 11 – Influência na identificação de falhas e soluções

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Identificação de falhas e soluções					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação	31%	15	15%	23%	15%	
Concepção		8%	15%	15%	15%	<b>46%</b>
Projeto					<b>54%</b>	46%
Produção	15%		<b>46%</b>	15%	23%	
Pós-venda	<b>54%</b>	23%		15%	8%	

Foi indicado pelos entrevistados que a realidade virtual possui uma forte influência na identificação de falhas e soluções na fase de concepção, contudo, foi unânime a visão de que na fase de projeto a influência é muito grande. Na fase de produção a realidade virtual é vista como algo de baixa influência e no pós-venda com tendo influência praticamente nula.

Existe uma gama enorme de ferramentas que são comumente utilizadas para se facilitar a identificação dessas falhas e se avaliar possíveis soluções para elas. Também foi questionado a possibilidade de se utilizar a realidade virtual como apoio na aplicação dessas ferramentas. Para tanto, dividiu-se o questionamento em: potencial de utilização futura da realidade virtual nessas ferramentas (variando entre baixo, médio e alto potencial) e nível de utilização nos projetos já realizados (variando de 0 = não utilizado até 5 = alto nível de utilização). Os resultados estão contidos na tabela 12.

Tabela 12 – Apoio da realidade virtual na aplicação de outras ferramentas

Ferramentas de produto, processo e qualidade	Potencial de uso futuro (expectativa)			Nível de utilização (projetos já realizados)					
	Baixo	Médio	Alto	0	1	2	3	4	5
QFD	54%	23%	23%	100%					
DFMA	31%	7%	62%	100%					
FMEA (produto)			100%	15%			46%		38%
FMEA (processo)		46%	54%	15%			46%	38%	
FTA		100%		100%					
CAPP	62%	38%		100%					
Análise Tensão e Deformação (estrut.)			100%	8%	23%	69%			
Análise Aerodinâmica (pressão, velocidade, temperatura)			100%				69%		31%
Análise Termodinâmica (temperatura, ruído ext. e int.)			100%			69%	31%		

De acordo com o exposto acima, a realidade virtual já é utilizada como apoio na execução de FMEA de produto e processo e para algumas análises tanto estruturais, aerodinâmicas como termodinâmicas, mas existe um potencial muito grande de utilização dessa tecnologia na aplicação das mesmas ferramentas como também na aplicação de DFMA e FTA.

#### 4.3.3.3.6. Impactos da RV no atendimento a metas do projeto

Para se identificar se houve influência da realidade virtual no atendimento às metas do projeto e, nesse ponto, fala-se de: parâmetros funcionais, normas técnicas, certificações, índices internos, itens de controle do projeto e outros), novamente foi adotado o critério de pontuação variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva.

Tabela 13 – Influência no atendimento a metas

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Atendimento das metas					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação	31%	8%	15%	31%	15%	
Concepção	8%	15%	15%	31%	31%	
Projeto	15%	15%	15%	15%	15%	28%
Produção	31%		54%	15%		
Pós-venda	54%	31%	15%			

De acordo com a visão dos entrevistados, houve uma média influência da realidade virtual no indicador atendimento das metas na fase de concepção. Na fase de projeto, houve uma indicação de alta influência, mas com baixo número de repetição dos respondentes. Nota-se que na fase produção foi indicado uma influência baixa e no pós-venda uma influência inexistente.

#### 4.3.3.3.7. Impactos da RV no atendimento das especificações do cliente

O último indicador avaliado para se entender a influência da realidade virtual na performance de um projeto é a influência dela no atendimento as especificações do cliente. Mas uma vez adotou-se o



mesmo critério de pontuação, variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva.

Tabela 14 – Influência no atendimento as especificações do cliente

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Atendimento das especificações do cliente					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação	15%	15%	15%		38%	15%
Concepção			15%	8%	54%	23%
Projeto			15%	8%	54%	23%
Produção		54%	15%	15%		15%
Pós-venda	31%	38%		8%	23%	

De acordo com a percepção e experiência dos entrevistados, existe uma influência alta da realidade virtual no atendimento das especificações do cliente nas fases de conceituação, concepção e projeto. Na fase de produção e pós-venda essa influência é baixa. O resultado é coerente, pois as especificações do cliente são consideradas nas fases iniciais do desenvolvimento.

Resumindo-se o levantamento da influência da tecnologia de realidade virtual na performance do desenvolvimento de um produto, de acordo com a fase do projeto, podemos dizer que na visão dos entrevistados temos:

- Lead time: uma influência média (redução média do tempo gasto) nas fases de concepção, projeto e pós-venda. Não foi evidenciado um consenso nas fases de conceituação e produção do ciclo de desenvolvimento do projeto.
- Custo de desenvolvimento: foi evidenciado uma influência alta (grande redução no custo de desenvolvimento) nas fases de concepção e projeto. Nas fases de conceituação e produção foi indicado uma redução média no mesmo custo.
- Investimento em equipamentos: foi indicado um alto potencial de redução do investimento em equipamento nas fases de concepção e projeto, e um médio potencial de redução do mesmo investimento na fase de produção.

- Identificação de riscos: evidenciou-se uma alta influência (grande potencial de identificação dos riscos) nas fases de conceituação, concepção e projeto. Na fase de produção foi identificado um médio potencial de identificação de riscos.
- Identificação de falhas e soluções: de acordo com os entrevistados, existe alto nível de influência (grande potencial de identificação de falhas e correções de projeto) nas fases de concepção e projeto, e médio potencial de identificação de falhas de projeto na fase de produção.
- Atendimento a metas (normas e certificações): neste item não foi evidenciado grande influência da tecnologia de realidade virtual.
- Atendimento as especificações do cliente: identificado alto nível de influência ( grande potencial de melhorar o atendimento as exigências do cliente) nas fases de conceituação, concepção e projeto, além de médio potencial de auxiliar nas fases de produção e pós-venda.

Os dados descritos fazem parte da tabela 15:

Tabela 15 – Demonstração da influencia da realidade virtual na performance de um projeto

Fases do Projeto	Influência na RV na performance de um projeto						
	Lead Time	Custo de desenvolvimento	Investimento Equipamento	Identif. Riscos	Identif. Falhas e Soluções	Atender normas, certific.	Atender especif. Cliente
Conceituação	Não conclusivo	Médio	Baixo	Alto	Não conclusivo	Não conclusivo	Alto
Concepção	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto
Projeto	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto	Não conclusivo	Alto
Produção	Não conclusivo	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Pós-vendas	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio

#### 4.3.3.4. Influencia da RV no gerenciamento do desenvolvimento de produtos

O outro parâmetro para se conhecer os impactos da utilização da realidade virtual no processo de desenvolvimento de produtos é identificar a influência dessa tecnologia na gestão do projeto. Para isso, de acordo com o que foi mostrado na figura 11, foi questionado aos entrevistados a influência da realidade virtual nos indicadores de gerenciamento de projeto, e, para quantificar esta influência, utilizamos o critério de pontuação variando de 0 = sem influência até 5 = alta influência positiva.

Tabela 16 – Influência na gestão do projeto

Fases da gestão do processo de desenvolvimento de produtos	Indicador: Gestão do projeto					
	0	1	2	3	4	5
Aprovação do projeto ou de fases do projeto		8%		31%	46%	15%
Tomada de decisão – Seleção do melhor caminho			8%	31%	31%	31%
Melhor entendimento e divulgação de informações			8%	23%	15%	54%
Índices de acerto entre valores estimados e realizados: prazo, custo, investimento, qualidade e outros.		46%		8%	46%	

Os respondentes visualizam que a realidade virtual é de grande aliada no gerenciamento do projeto nas fases de aprovação do mesmo, na melhor divulgação e entendimento das informações e no processo decisório. Nesse último item, houve uma dissipação da pontuação atribuída, porém, todos apontaram influência de média para alta, o que nos induz a aceitar a influência como positiva.

A influência da realidade virtual no gerenciamento de um projeto está resumida na tabela a seguir, onde está demonstrado que existe um alto nível

de influência positiva nos itens aprovação de projeto, processo decisório e entendimento e divulgação de informações.

Tabela 17 – Demonstração da influência da realidade virtual no gerenciamento de um projeto

Gerenciamento do desenvolvimento de produto	Nível de influencia
Aprovação do projeto ou de fases dele	Alto
Tomada de decisão (selecionar o melhor caminho)	Alto
Entendimento e divulgação de informações	Alto
Índice de acerto entre valores estimados e realizados	Médio

#### **4.3.4. Barreiras e Facilitadores**

Para se identificar as barreiras e facilitadores encontrados para a adoção da tecnologia de realidade virtual no processo de desenvolvimento de produtos, utilizou-se as entrevistas semi-estruturadas e os questionários apenas com o gerente de desenvolvimento tecnológico e os dois representantes do centro de realidade virtual da empresa.

##### **4.3.4.1. Características Pessoais**

###### **4.3.4.1.1. Familiarização dos usuários com a RV**

Procurou-se identificar neste item como foi a aceitação da nova tecnologia e suas aplicações por parte dos usuários finais. Obteve-se duas reações distintas, como segue:

- por parte do corpo de engenharia, houve reação positiva, encarando a nova tecnologia como um próximo passo e disposição para se explorar sua aplicação.
- um grupo em especial (pilotos de teste) encarou a nova tecnologia com resistência, afirmando que ainda confiam nos sistemas tradicionais.

Em suma, existe a necessidade de se incrementar a familiarização do potencial de utilização da realidade virtual em todas as áreas para dela tirar o melhor proveito, eliminando assim algumas barreiras existentes.

#### **4.3.4.1.2. Conhecimento e Mão-de-obra especializada**

Para iniciar-se o processo de implantação da tecnologia de realidade virtual foi optado pelo aproveitamento e treinamento de mão-de-obra interna, já que é bastante difícil conseguir pessoal com essa especialidade no mercado, principalmente por se tratar de uma tecnologia ainda pouco difundida no mercado brasileiro. Portanto, existe uma barreira na adoção da tecnologia, que é justamente a falta de mão-de-obra qualificada no mercado.

#### **4.3.4.2. Características Organizacionais**

Neste item, objetivou-se entender como foi o apoio da alta administração para a adoção da realidade virtual.

- Patrocínio: alto nível de apoio financeiro e geração de recursos.
- Apoio gerencial: houve total apoio gerencial e era sabido da necessidade de prazo para se obter resultados, mas em função das altas somas investidas, exigia-se respostas rápidas, mesmo tendo-se consciência das dificuldades envolvidas.

#### **4.3.4.3. Características Técnicas**

Por se tratar de uma nova tecnologia para o mercado brasileiro e uma nova aplicação dessa tecnologia, foi necessário buscar informação fora do país, contudo já existia representante do equipamento aqui no Brasil. As principais características apontadas foram:

- abrangência da tecnologia: ainda era desconhecido o potencial de utilização, portanto, trabalhava-se sobre expectativas de utilização.
- pré-requisitos: quanto ao equipamento, já havia representante da SGI no Brasil que fornece todo o equipamento necessário. Quanto à mão-de-obra especializada, era difícil de se obter no mercado, mas haviam na empresa alguns profissionais interessados no assunto e com potencial para aprender e disseminar a tecnologia.

- Disponibilidade da tecnologia: está já estava disponível, mas foram necessário ajustes às necessidades da empresa, pois a tecnologia está em constante evolução e mutação.

Em resumo, segue uma avaliação sobre as condições de implantação da tecnologia de realidade virtual .

Tabela 18 – Condições de implantação da realidade virtual

<b>Características de implantação</b>	<b>Nível</b>
Disponibilidade de RV no mercado	Aceitável
Necessidade de adaptação para o uso	Aceitável
Disponibilidade de mão-de-obra	Aceitável
Apoio da alta administração	Alto
Nível de resultados ( 0 a 6 meses)	Aceitável
Nível de resultados ( 6 a 12 meses)	Aceitável
Nível de resultados (após 12 meses)	Excedeu as expectativas

Nos itens: disponibilidade de RV no mercado, necessidade de adaptação para o uso, disponibilidade de mão-de-obra, mesmo tendo sido apontados como níveis aceitáveis, havia nítida carência de disponibilidade de recursos. O apoio da alta administração da empresa foi o que viabilizou a adoção da tecnologia e permitiu que as barreiras e dificuldades fossem vencidas. A conscientização da alta administração quanto ao prazo necessário para se colocar todo o processo em andamento foi fundamental para que ao final de doze meses as expectativas fossem alcançadas.

## **Capítulo 5. Conclusões e Recomendações**

### **5.1. Síntese do Estudo**

É sabido que o nível de competitividade no mercado aumenta dia a dia, e que as diferenças conceituais entre os produtos disponíveis nesse mercado são cada vez menores. O consumidor está mais exigente e consciente de seus direitos e as empresas buscam incessantemente alternativas para tornarem-se mais competitivas. Essa corrida pela vantagem competitiva tem feito com que a competitividade ganhe novas dimensões e obriga as empresas a ampliarem seu foco sobre o tema. Custo, qualidade, confiabilidade, renovação e atualização de portfólio, assistência pós-vendas e outros pontos, passaram a fazer parte da estratégia competitiva das empresas, e, nessa busca pela excelência, a adoção de novas tecnologias que auxiliem na competitividade tem que ser consideradas como estratégicas. Este estudo apresenta justamente os impactos da adoção da tecnologia de realidade virtual, que aplicada no ciclo de desenvolvimento de novos produtos, promete influenciar de forma altamente positiva a performance e o gerenciamento do projeto.

O trabalho pretende trazer para a Universidade e para o mercado, de modo geral, uma radiografia atualizada do universo que interliga a tecnologia de realidade virtual ao fluxo de desenvolvimento de novos produtos e processos, mostrando os impactos da adoção dessa tecnologia em projetos já executados, e, também uma expectativa do potencial de utilização futura da ferramenta na empresa estudada.

Este trabalho foi baseado em um estudo de caso em uma empresa brasileira de alta tecnologia e valor agregado no setor aeronáutico, que já adotou esta tecnologia a mais de dois anos e executou cerca de sete projetos com o auxílio da ferramenta. Para a execução da pesquisa, foram realizadas dezesseis entrevistas entre profissionais ligados ao CRV – Centro de Realidade Virtual e profissionais ligados ao processo de desenvolvimento de produtos, com participação em projetos realizados com apoio da realidade virtual. Os dados coletados foram baseados nas opiniões desses entrevistados. Existem casos comprovados de adoção dessa

tecnologia em outros setores da indústria nacional e, principalmente internacional, no entanto, os mesmos não foram avaliados neste estudo.

Existe a expectativa clara de que os resultados aqui apresentados possam servir de base para despertar o interesse de outros segmentos que procurem ferramentas incrementais para seus respectivos processos de desenvolvimento de produtos e que desejem consolidar suas posições e vantagens competitivas.

## **5.2. Conclusões**

### **5.2.1. Uso**

De acordo com as fases do ciclo de desenvolvimento adotado para este estudo, descrito no item 2.6. Desenvolvimento de Novos Produtos e demonstrado na figura 11, com os dados da pesquisa analisados no capítulo 4, evidenciamos que a adoção da tecnologia de realidade virtual gera impactos altamente positivos nas fases de conceituação, concepção e projeto, dentro do ciclo de desenvolvimento de produtos, além de impactos medianamente positivos nas fases de produção e pós-vendas. Quanto ao gerenciamento de projetos, seus efeitos positivos também foram notados nas etapas decisórias e de divulgação e entendimento das informações. O detalhamento desses efeitos estão descrito nos itens 5.2.2. e 5.2.3. abaixo.

### **5.2.2. Impactos**

#### **5.2.2.1. Lead Time**

O tempo necessário para desenvolvimento do projeto sofre uma média influência da RV somente nas fases intermediárias do fluxo de desenvolvimento. O que é plenamente coerente, pois a RV somente pode ser aplicada após a confecção da modelagem 3D, ou seja, após boa parte do projeto já ter sido executado. Na melhor condição, o ganho se verifica na avaliação ou revisão do projeto e no tempo de confecção de protótipos, quando substituímos alguns protótipos físicos por protótipos virtuais.



### **5.2.2.2. Custo de Desenvolvimento**

Os custos de desenvolvimento são bastante afetados pela RV, pois, nas fases intermediárias do fluxo de desenvolvimento está previsto a construção dos primeiros protótipos, que são extremamente caros. A substituição desses pelos virtuais gera uma economia substancial para o projeto.

### **5.2.2.3. Investimento e Equipamento**

Podemos ter algum ganho em investimento na fase final do projeto, onde se compra os equipamentos, pois, com a melhor condição de revisão do projeto permitido pela RV, tem-se maior chance de identificar falhas e corrigi-las antes do equipamento estar pronto. Se as eventuais falhas forem descobertas muito tarde, é necessário corrigir os equipamentos e isso traz custo adicionais.

### **5.2.2.4. Identificação de Riscos Potências**

A tecnologia de realidade virtual pode ter uma enorme contribuição na identificação de riscos potenciais nas fases iniciais do fluxo de desenvolvimento, pois permite um melhor e mais profundo entendimento e aprofundamento de todo os integrantes do grupo de projeto de maneira interativa com os detalhes do produto. Em um sistema convencional (3D), somente o projetista tem um certo grau de interação com o produto, mas nada comparado as possibilidades da RV.

### **5.2.2.5. Identificação de Falhas e Soluções**

Mesmo que o problema não tenha sido identificado logo na fase inicial do projeto, (enquanto podia ser considerado um risco e não uma falha), ainda é muito mais vantajoso para a empresa e para todos os envolvidos se pudermos identificá-lo antes que outros sistemas ou componentes também estejam comprometidos. A análise aprofundada e coletiva permitida pela RV pode ajudar intensamente na fase intermediária do projeto.

### **5.2.2.5.1. A influência da RV Como Apoio em Outras Ferramentas**

Durante um projeto, aplicam-se ferramentas para se tentar identificar pontos críticos, falhas, dificuldades, conter situações de risco, etc. Convém lembrar que se fizermos a aplicação dessas ferramentas na fase de projeto, justamente para antecipar possíveis problemas, contamos sempre com a dificuldade dos envolvidos em enxergar o sistema em análise, pois apenas algumas pessoas têm condição de visualizar uma peça que ainda não existe. Nesse caso, se fizermos por exemplo, a aplicação de um FMEA com o auxílio da realidade virtual, onde se possa criar os componentes envolvidos em um ambiente virtual, com certeza trará inúmeros benefícios para o grupo de trabalho bem como melhores resultados para a aplicação da ferramenta.

### **5.2.2.6. Atendimento a Normas e Certificações**

A Realidade virtual pode ajudar a simular algumas condições de teste, visto que, não faz correções nem melhorias. A influência nesse item, se considerada como moderada está coerente, pois ajuda a simular a condição de teste, mas os resultados dependem do produto e não da RV.

### **5.2.2.7. Atendimento a Especificações do Cliente**

Por meio da RV, podemos simular as condições de acesso, manuseio, ruído, periculosidade, manutenção, limpeza e outros. Tendo isso em vista, existe realmente uma forte relação entre a tecnologia de RV e o atendimento as especificações dos clientes.

## **5.2.3. Influência da RV no Gerenciamento do Desenvolvimento do Produto**

A tecnologia de realidade virtual tem grande influência no aspecto gerencial do desenvolvimento de um produto, tendo em vista que sua principal característica é justamente a de permitir a interação entre os usuários e o objeto que ainda não existe. É perfeitamente compreensivo que haja dificuldade em imaginar um conjunto de

peças montadas, ou se movimentando sem que elas existam; ou ainda, imaginar as condições de manuseio ou montabilidade das mesmas. Por meio da RV, isso pode ser feito com facilidade, aumentando significativamente o nível de entendimento e divulgação das informações e, facilitando uma tomada de decisão, uma mudança de rota no projeto ou até sua aprovação.

#### **5.2.4. Condições (Barreiras e Facilitadores)**

Ficou evidente a carência de mão-de-obra treinada no mercado. Isso é uma barreira que foi vencida com facilidade pela empresa estudada, em função do apoio da alta administração e pela coincidência de haver profissionais simpatizantes da tecnologia que se propuseram a aprender e disseminá-la em tempo recorde. A familiarização dos usuários com a tecnologia também caracteriza uma barreira, causada pelo medo do desconhecido.

A postura de apoio incondicional da alta administração foi o principal e fundamental facilitador da adoção da tecnologia de realidade virtual pela empresa.

### **5.3. Limitações**

O sigilo mantido pela empresa quanto a dados quantificáveis dos projetos realizados com o apoio da realidade virtual impediu uma abordagem mais detalhada dos efeitos da aplicação da tecnologia. O fato de haver apenas uma empresa no Brasil utilizando a RV como ferramenta de desenvolvimento de produtos em todas as fases do ciclo de desenvolvimento limitou a extensão deste estudo ao setor aeronáutico brasileiro.

### **5.4. Recomendações**

A tecnologia de realidade virtual como ferramenta de desenvolvimento de produtos é promissora e tem grande tendência a ter seu custo reduzido e sua utilização ser estendida para diversos setores da indústria. Já existem empresas de consultoria propondo a prestação de serviço às empresas que desejem adotar a RV, sem arcar com o ônus do investimento em recursos técnicos. Fica como recomendação a realização de estudos similares em outros segmentos da indústria,

que podem ocorrer tanto em empresas que possuam equipamento próprio, ou em conjunto com empresas que prestem consultoria nesse ramo. Os resultados e expectativas apontam para uma redução de prazos, investimentos e melhoria de performance no processo de desenvolvimento de produtos com a adoção dessa tecnologia.

## 6. Referências Bibliográficas

- ADACHI, T.; SHIH, L. C.; ENKAWA, T. *Strategy for Supporting Organization and Structuring of Development Teams in Concurrent Engineering*. International Journal of Human Factors in Manufacturing. New York. v. 4. pp.101-120. 1994.
- ADAM Jr., E. E.; EBERT, R. J. *Production and Operations Management – Concepts, models and behavior*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1992.
- AFFONSO, Luís Carlos; CAMPELLO, Antonio da Cunha. *Gestão Integrada de Multi-Projetos em Uma Empresa Aeronáutica*. XX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo. 1998.
- ASIMOW, Morris; *Introdução ao Projeto: Fundamentos do Projeto de Engenharia*; Editora Mestre JOU – São Paulo; 1969
- BALQIES, Sadoun; *Applied System Simulation: A review study*; Information Sciences 124 – USA; 2000.
- BELTZ, Frederick. *Managing Technology: competing through new ventures, innovation and corporate research*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall. 1987.
- BERNARDES, Roberto. *Embraer: Elos Entre Estado e Mercado*. Editora Hucitec. Fapesp. São Paulo. 2000.
- BOTELHO, Mauricio; *Embraer: The Global Leader in Regional Jets*; Havard Business School – USA; 2000.
- BROWNE, Mairead. *Organizational Decision Making and Information*. Ablex Publishing Corporation Norwood. New Jersey. 1992.
- CAMPOS, V. Falcone. *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Editora Bloch. Rio de Janeiro. 1992.
- CLARK, Kim B.; FUJIMOTO Takahiro; *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*; Harvard Business School Press; Boston, Massachusetts; 1991.
- CLARCK, K. B. ; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing New Product and Process Development: Text and Cases*. New York. Free Press. 1993.

- COOPER, R. G. *Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch*. Reading, MA: Addison-Wesley. 1993.
- COOPER, R. G. ; SCOTT, J. E. *Product development for service sector*. New York. Perseus Books. 1999.
- COUTINHO, Luciano G. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira: gestão empresarial*. Unicamp. S. Paulo. 1994.
- DERRA, Skip. *Virtual Reality: Development Tool or Research Toy?*. R&D Magazine. vol.40. pp: 46-53. maio 1998.
- DUSSAUGE, P., HART,S. e RAMANANTSOA, B.: *Strategic Technology Management*, John Wiley & Sons, Inglaterra, 1992.
- DRUCKER, Peter F. *Administrando em Tempos de Grandes Mudanças*. Livraria Pioneira Editora. S.Paulo. 1996.
- DRUCKER, Peter F. *As Novas Realidades: no governo e na política, na economia e nas empresas, na sociedade e na visão do mundo*. Livraria Pioneira Editora. S. Paulo. 1993.
- HILL, Christopher T.; UTTERBACK, James M.; *Technological Innovation for a Dynamic Economy*; Center for Policy Alternatives, MIT.; New York; Pergamon Press; 1979.
- JUNIOR, Jorge M. *A Utilização da Engenharia Simultanea no Aprimoramento Contínuo e Competitivo das Organizações: Estudo de Caso do Modelo Usado no Avião EMB145 da Embraer*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 1995.
- KERRY, H.T. *Planejamento de Processo Automático Para Peças Paramétricas*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1997.
- KIRNER, Claudio. *Realidade Virtual: Dispositivos e Aplicações*.
- [www.realidadevirtual.com.br/publicações/apostila\\_rv\\_disp\\_aplicações/apostila\\_rv\\_outubro/2002](http://www.realidadevirtual.com.br/publicações/apostila_rv_disp_aplicações/apostila_rv_outubro/2002).

- KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. *Princípios de Marketing*. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro. 1999.
- KRISHNAN, V. & ULRICH, Karl T.; *Product Development Decisions: A Review of The Literature*; *Management Science*; v.47; numero 1; Janeiro 2001.
- KRUGLIANSKAS, Isak. *Engenharia Simultânea: organização e implantação em Empresas brasileiras*. XVII Simpósio Nacional de Inovação Tecnológica. São Paulo. 1992
- KRUGLIANSKAS, Isak. *Tornando a Pequena e Média Empresa Competitiva*. São Paulo: IEGE. 1996.
- LAW, Averill M. ; KELTON, W. David. *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw- Hill Book Company. New York. 1982.
- LOWE, J. e SILVER, M., *R&D Strategies and Variable Demand*; *R&D Management*, Vol. 16, 1986, pp 325-333.
- MANSFIELD, E. et al. *Research and Innovation in the Modern Corporation*. New York: W. Norton. 1971.
- MARTINS, Gilberto de Andrade. *Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações*. Editora Atlas. São Paulo. 1994.
- NETTO, Antonio Delfim; *A Decolagem de Um Sonho*; [www.ibpinetsp.com.br/livros/ozires/prefacio/](http://www.ibpinetsp.com.br/livros/ozires/prefacio/); julho/2003
- NETTO, Antonio Valerio & Oliveira, Maria Cristina Ferreira; *Realidade Virtual Aplicada ao Desenvolvimento de Produto*; 4º SBC Symposium on Virtual Reality; Florianópolis – SC; 2001.
- NETTO, A. Valerio. *Realidade Virtual: Economiza Tempo e Dinheiro na Cadeia Automobilística*. *Revista Engenharia Automotiva e Aeroespacial*. ano 2. num. 9. pp.32-37. Editora Market Press. São Paulo. 2002.
- NETTO, A. Valerio; MACHADO, Liliane S.; OLIVEIRA, Maria Cristina. *Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações*. Notas Didáticas: Universidade de São Paulo – Instituto de Ciências Matemática e de Computação. São Carlos. Maio/2002.

- OHFUJI, T.; MICHITERU, O. ; AKAO, Y.; Método de Desdobramento da Qualidade: Elaboração e Exercício da Matriz da Qualidade. Belo Horizonte. MG. Escola de Engenharia da UFMG. 1997.
- PORTER, Michael E. *Competitive Strategy: techniques for analyzing insdustries And competitors*. New York. Free Press. 1980.
- PORTO, Arthur J. Vieira; SOUZA, Mariella C. Florenzano; RAVELLI, Carlos Alberto; BATOCCHIO Antonio. Manufatura Virtual: Conceituação e Desafios. Gestão e Produção. Revista do Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos – Volume 9, N.3 – Dezembro 2002.
- PRASAD, B. *Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated product and process development*. New Jersey, Prentice Hall. 1996.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A Guide to the Project Management Body of Knowlwdge – A (PMBOK ® Guide)*. ISBN 1880410222. Project Management Institute. 2000.
- RICHADSON, R.J. Métodos e Técnicas. Ed. Atlas. São Paulo. 1985
- SBRAGIA, Roberto. P&D na América Latina: as Virtudes do Brasil (e as descobertas de suas falhas) no contexto da região; INOVA – Bolhetim do Núcleo de Política e Gestão Tecnológica da Universidade de São Paulo; ano X; numero 34; abril/maio/junho de 2000.
- SHERMAN, William R. & CRAIG, Alan B.; *Undertanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*; Morgan Kaufmann Publishers – USA; 2003.
- TOLEDO F. Faria ; LEAL Charles. Realidade Virtual na Industria Aeronáutica: Caso Embraer. [www.Embraer.com.br](http://www.Embraer.com.br). agosto 2002.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola de Engenharia de São Carlos. Serviço De Biblioteca. Diretrizes para elaboração de dissertações e teses na EESC-USP. 2º Edição. São Carlos. 1996.
- VINCE, John; *Essential Virtual Reality Fast: How to understand the techniques and potential of virtual reality*; Springer – UK; 1998.
- WOHLERS, T. Rapid Prototyping & Tooling. Worldwide Progress Report. Colorado. USA (1998).



- WOMACK, James P. & JONES, Daniel T. & ROSS Daniel; A Maquina Que Mudou O Mundo; Editora Campos; Rio de Janeiro; 1992.
- YIN, Robert K. Estudo de Caso: Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2ª Edição. Porto Alegre. Bookman, 2001.
- YU, Abraham ; NASCIMENTO, Paulo Tromboni. Sistemas de Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Embraer versus Natura, Ciclos de Seminários de Pesquisa. FEA – USP. 2001.

## **7. Anexos**

### **7.1. Instrumento de Coleta de Dados**

Empresa:

Dados do respondente:

Nome: .....

Área de atuação:.....

Tempo de empresa:.....

Cargo:.....

Projetos que participou:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Experiências com RV:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## A. Caracterização da empresa

- A.1. Ramo de atuação:  
.....
- A.2. Quantidade total de funcionários:  
.....
- A.3. Quantidade média de funcionários envolvidos com NPD:  
.....
- A.4. Quantidade média de projetos já executados: Plataforma: .....  
Variantes: .....
- A.5. Investimento médio anual em NPD:  
.....  
.....
- A.6. Considerando-se as forças de mercado listadas abaixo, atribua graus de importância a cada uma delas, variando de: 1 = pouco importante até 5 = muito importante. Caso existam outras forças de mercado não citadas, por gentileza incluir e pontuar segundo o mesmo critério.

Forças de Mercado	Grau de importância				
	1	2	3	4	5
Competitividade por preço					
Competitividade por qualidade					
Inovações tecnológicas					
Confiabilidade no produto					
Atualização estética					
Facilidade de uso / complexidade					
Custo de manutenção					
Elevado nível de sofisticação					
Competitividade por prazo (janela de oportunidade)					
Orgão regulamentador					

- A.7. Considerando-se uma divisão de projetos de acordo com sua amplitude, em: plataforma (projeto de grande porte ou de uma família de produtos), variante (produto derivado de outro existente) e melhoria (projeto de um sistema parcial dentro de um produto, buscando um incremento ou ajuste), temos:

A.7.1. Quais as razões que levam ao desenvolvimento de um novo projeto?  
 Atribua graus de importância a cada uma delas, variando de: 1 = pouco importante até 5 = muito importante. Caso existam outras razões não citadas, por gentileza, incluir e pontuar segundo o mesmo critério.

Razões para desenvolvimento de novo projeto	Plataforma	Variante	Melhoria
Novos mercados			
Reação a concorrência			
Novas tecnologias disponíveis			
Exigência dos clientes			
Percepção de oportunidade			
Diretriz da empresa			
Redução de custo			

A.7.2. Como é formado o grupo de projeto para cada um dos tipos citados?  
 Qual a importância de cada área nos tipos de projeto? (0 = não atua, 1 = pouca importância, 3 = média importância e 5 = alta importância )

	Plataforma	Variante	Melhoria
Líder Projeto			
Marketing			
Design			
Produto			
Processo			
Qualidade			
Produção			
Suprimentos			
Logística			
Controladoria			
Vendas			
Pós-vendas			

A.8. Estabeleça o grau de interação entre fases do ciclo de desenvolvimento de produtos com as áreas participantes de cada uma das fases atribuindo valores que variam entre 1 = baixa interação até 5 = alta interação.

Áreas ligadas ao ciclo de desenvolvimento	Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos				
	Conceituação	Concepção	Projeto	Produção	Pós-vendas
Marketing					
Design					
Produto					
Processo					
Qualidade					
Produção					
Suprimentos					
Logística					
Controladoria					
Vendas					
Pós-vendas					

## **B. Impactos da Realidade Virtual no Desenvolvimento de Novos Produtos**

B.1. Quais foram os principais critérios que levaram a empresa a adotar a tecnologia de realidade virtual com ferramenta de apoio ao desenvolvimento de produtos?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

B.2. De que forma a adoção da tecnologia de RV agregou valor para a empresa?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

B.3. Para quais aplicações foi utilizada a tecnologia de RV em sua empresa?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

B.4. Nas suas atividades, com qual frequência você utiliza o CRV da empresa?

.....  
.....  
.....  
.....

B.5. Você considera que sua frequência de utilização do CRV já tenha atingido o melhor índice de aproveitamento ou existe potencial de melhora nas suas atividades se a frequência de utilização for aumentada? Nesse caso, com qual frequência você acredita que poderia utilizar o CRV da empresa?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

B.6. Se você acredita que um aumento na frequência de utilização do CRV pode influenciar de maneira positiva suas atividades, por qual razão você ainda não aumentou sua frequência de utilização?

.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**B.7. As atividades que você já realizou no CRV atenderam suas expectativas?  
Justifique?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**B.8. Na sua visão, o CRV ideal é aquele que:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**B.9. Aproximadamente quantos projetos de cada tipo abaixo já foram executados com o apoio da tecnologia de RV?**

**Plataforma:**

.....

**Variante:**

.....

**Melhoria:**

.....

B.10. Com a adoção da RV, foi percebido alguma alteração no esforço de engenharia?

Tipos de Projeto	Reduziu 10% a 25%	Reduziu 0% a 10%	Manteve a quantidade	Aumentou 0% a 10%	Aumentou 10% a 25%	Não sei
Plataforma						
Variante						
Melhoria						

B.11. Quais áreas participantes de um projeto de produtos têm potencial de utilização ou já utilizou a tecnologia de RV. Pontue da seguinte maneira: Potencial de utilização (baixo, médio ou alto), de acordo com expectativa de uso futuro e utilização variando entre 0 = nunca utilizou até 5 = alto nível de utilização baseando-se em experiências já realizadas.

Áreas participantes do projeto	Potencial de uso futuro (expectativa)			Nível de utilização (experiências passadas)					
	Baixo	Médio	Alto	0	1	2	3	4	5
Marketing									
Design									
Produto									
Processo									
Qualidade									
Produção									
Suprimentos									
Logística									
Controladoria									
Vendas									
Pós-vendas									

B.12. Quais das fases do ciclo de desenvolvimento de produtos tem potencial de utilização ou já utilizou a tecnologia de RV? Pontue da seguinte maneira: Potencial de utilização (baixo, médio ou alto), de acordo com expectativa de uso futuro e utilização variando entre 0 = nunca utilizou até 5 = alto nível de utilização baseando-se em experiências já realizadas.

Fases do ciclo de desenvolvimento de produtos	Potencial de uso futuro (expectativa)			Nível de utilização (experiências passadas)					
	Baixo	Médio	Alto	0	1	2	3	4	5
Conceituação									
Concepção									
Projeto									
Produção									
Pós-vendas									



B.13. Como pode ser caracterizado o efeito da aplicação da RV em cada uma das fases do ciclo de desenvolvimento de produtos, tendo como referência os efeitos citados? Pontue variando de 0 = para sem influência até 5 = para grande efeito positivo. Caso tenha sido notado algum efeito diferente dos citados, por gentileza, acrescentar e pontuar segundo o mesmo critério.

B.13.1. Efeito: Lead time

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Lead Time					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.2. Efeito: Custo de desenvolvimento do projeto

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Custo de desenvolvimento					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.3. Efeito: Investimento em equipamentos

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Investimento					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.4. Efeito: Identificação de riscos potenciais

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Identificação de riscos potenciais					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.5. Efeito: Identificação de falhas e soluções

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Identificação de falhas e soluções					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.6. Efeito: Atendimento de metas (parâmetros funcionais, normas técnicas, certificações, índices internos, controle de projeto, etc).

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Atendimento de metas					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.13.7. Efeito: Atendimento as especificações do cliente

Fases do ciclo de desenvolv. de produtos	Atendimento as especificações do cliente					
	0	1	2	3	4	5
Conceituação						
Concepção						
Projeto						
Produção						
Pós-vendas						

B.14. Considerando-se a gestão do desenvolvimento de produtos, como a tecnologia de realidade virtual pode influenciar o processo gerencial de um desenvolvimento? Pontue variando de 0 = para sem influência até 5 = para grande influência positiva. Caso tenha conhecimento de algum ponto diferente dos citados, por gentileza, acrescentar e pontuar segundo o mesmo critério.

Fases do gerenciamento do processo de desenvolvimento	Nível de influência					
	0	1	2	3	4	5
Aprovação do projeto ou de fases do projeto						
Tomada de decisões sobre melhores caminhos a seguir						
Melhor entendimento e						

divulgação de informações						
Fases do gerenciamento do processo de desenvolvimento	<b>Nível de influência</b>					
	0	1	2	3	4	5
Melhores índices de acerto entre valores estimados e realizados: prazo, investimento, custo, qualidade, etc.						

B.15. Com relação a aplicação de ferramentas usuais de produto, processo e qualidade, existe potencial de apoio da RV? Esse potencial já foi utilizado? . Pontue da seguinte maneira: Potencial de utilização (baixo, médio ou alto), de acordo com expectativa de uso futuro e utilização variando entre 0 = nunca utilizou até 5 = alto nível de utilização baseando-se em experiências já realizadas. Caso a empresa utiliza ferramentas diferentes das indicadas na tabela abaixo, por gentileza, acrescentar e pontuar seguindo o mesmo critério.

Ferramentas de produto, processo e qualidade	Potencial de uso futuro (expectativa)			Nível de utilização (experiências passadas)					
	Baixo	Médio	Alto	0	1	2	3	4	5
QFD									
DFMA									
FMEA produto									
FMEA processo									
FTA									
CAPP									
Análise de Tensões / Deformação (estrut.)									
Análise Aerodinâmica (pressão, velocidade, temperatura, etc.)									
Análise Termodinâmica (temp. e ruído int. e ext.)									

85932

## C. Barreiras e Facilitadores

C.1. Com relação as características pessoais dos envolvidos, como foi a reação ao desafio de se adotar RV?

.....

.....

.....

.....

.....

C.2. Havia mão de obra qualificada para trabalhar com RV disponível no mercado ou foi necessário preparar estas pessoas?

.....

.....

.....

.....

.....

C.3. podemos caracterizar o apoio da alta administração para a adoção da tecnologia de RV.

	Apoio da alta administração		
	Baixo	Médio	Alto
Expectativa inicial de resultados			
Apoio financeiro			
Geração de recursos			
Aceitação de prazos			
Aceitação de possíveis maus resultados			

C.4. Como podemos caracterizar a condição técnicas inicial de utilização da tecnologia de RV?

	Condição de utilização da RV		
	Inaceitável	Aceitável	Excedente
Disponibilidade da RV no mercado			
Necessidade de adaptação para uso			
Nível de resultados ( 0 a 6 meses)			
Nível de resultados ( 6 a 12 meses)			
Nível de resultados ( após 12 meses)			

## D. Sugestões

D.1. Você acredita na tecnologia de RV como uma tendência futura para outras empresas com sistemas de trabalho similares ao de sua empresa?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

D.2. Como você enxerga a extensão do uso dessa tecnologia para outras áreas dentro da empresa?

.....  
.....  
.....  
.....

D.3. Como você enxerga a extensão do uso dessa tecnologia para outras empresas dentro do mesmo segmento?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

D.4. Como você enxerga a extensão do uso desta tecnologia para outras empresas de outros segmentos? Quais?

.....  
.....  
.....  
.....

D.5. Como você vê a penetração da tecnologia de RV no ciclo de desenvolvimento de produtos e processo?

- (    ) Intensa
- (    ) Rápida
- (    ) Insignificante
- (    ) Inviável

D.6. Sugestões adicionais:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....