

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**UM MODELO PARA O GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES NO
PROCESSO DE PLANEJAMENTO TECNOLÓGICO APLICADO A UM
SPINOFF DO SETOR DE BIOTECNOLOGIA**

Luciana Paula Reis

BELO HORIZONTE

2007

LUCIANA PAULA REIS

**UM MODELO PARA O GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES NO
PROCESSO DE PLANEJAMENTO TECNOLÓGICO APLICADO A UM
SPINOFF DO SETOR DE BIOTECNOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Produto e Trabalho

Linha de Pesquisa: Metodologia do Projeto & Gestão do *Design*

Orientador: Professor Eduardo Romeiro Filho – Departamento de Engenharia de Produção – UFMG.

BELO HORIZONTE

2007

DEDICATÓRIA

Meu amado esposo,

Sem a sua presença amiga, fortalecedora e iluminada em minha vida, tenho certeza que a caminhada seria mais difícil. Sou muito feliz ao teu lado e desejo uma vida repleta de alegrias, realizações e muitas bênçãos para nossa família. Eu agradeço a Deus por fazer parte de mim!
Obrigada por tudo, principalmente por existir e participar da concretização deste sonho!

AGRADECIMENTOS

**Ao professor e orientador Eduardo Romeiro
pelo apoio e dedicação.**

**Ao professor e amigo Álvaro Eiras
por ser um exemplo de professor-empresendedor.**

**Aos amigos do Laboratório de Culicídeos
pela amizade, carinho e por tudo que vocês são.**

**Aos amigos do Instituto Inovação,
em especial à todos os integrantes da Ecovec
por sempre estarem abertos para me receber.**

**Ao professor Cheng
pelo exemplo de profissional
que sempre impulsionou o meu crescimento e
pela oportunidade de poder estar sempre perto do NTQI.**

**Aos amigos do NTQI
em especial à Solange Leonel e Leonardo Augusto
pelos aprendizados e discussões.**

**Aos meus pais e irmãos
por sempre acreditarem em mim e
ajudarem a realizar este sonho. AMO VOCÊS!**

**A todos aqueles que, de alguma forma,
contribuíram para elaboração deste trabalho.**

Muito obrigada!

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Considerações Iniciais	2
1. Introdução.....	3
1.1 O Processo de Inovação Tecnológica.....	3
1.2 Problema e Justificativa.....	4
1.3 Objetivo Geral	5
1.4 Delimitação do Objeto de Pesquisa.....	5
1.5 Hipótese.....	7
1.6 Pressupostos	7
1.7 Estrutura da Dissertação	7
Capítulo 2 – Spinoff Acadêmico e o Seu Contexto no Setor de Biotecnologia	9
2. Introdução.....	10
2.1 <i>Spinoffs</i> Acadêmicos.....	10
2.1.1 O Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) dos Spinoff Acadêmicos	15
2.1.2 O Processo de Comunicação entre os Membros da Equipe Empreendedora e o Fluxo da Informação durante o Desenvolvimento de Protótipos	18
2.2 Área de Conhecimento do <i>Spinoff</i> do Setor de Biotecnologia	22
2.2.1 O Mosquito <i>A. Aegypti</i>	27
Capítulo 3 – Ferramentas de Apoio ao Desenvolvimento de Protótipos Durante o PPTec	33
3. Introdução.....	34
3.1 O Desenvolvimento de Protótipo no Contexto do Processo de Planejamento Tecnológico	34
3.2 Sistemas de Gerenciamento de Dados e Informações do Produto no Processo de Projeto	39
3.3 Ferramentas Técnicas aplicadas ao PPTec	45
3.3.1 Uma Ferramenta Estatística Aplicada ao Desenvolvimento do Protótipo	46
3.3.2 Ferramentas que auxiliam o Processo de Prototipagem	52
Capítulo 4 – Metodologia de Pesquisa	58
4. Introdução.....	59
4.1 Metodologia de Pesquisa.....	59

4.2 Estratégia Metodológica	60
4.3 Condução do Estudo Empírico e Aplicação das Estratégias Metodológicas	62
4.3.1 Sistemática das Intervenções pela Pesquisa-Ação.....	63
4.4 Fatores que levaram à escolha da unidade de análise.....	67
4.5 Considerações sobre a Metodologia de Pesquisa	68
Capítulo 5 – Pesquisa de Campo	69
5. Introdução.....	70
5.1 A Empresa	70
5.2 Estratégia de posicionamento	71
5.3 Produtos desenvolvidos pelo <i>Spinoff</i> Acadêmico.....	71
5.3.1 O MI-dengue® e a MosquiTRAP®	72
5.3.2 BG-Trap®.....	76
5.3.3 Características para aceitação dos produtos no setor público e no privado.....	78
5.4 A Evolução das Armadilhas de Oviposição na ENBT	78
5.5 O Processo de Planejamento Tecnológico da ENBT com Base no Desenvolvimento de Protótipos do Produto MiniMosquitrap®.....	86
5.5.1 Planejamento e Análise de Experimento aplicado ao Desenvolvimento de Protótipos.....	92
5.5.2 Ferramentas do Processo de Prototipagem.....	95
5.6 O Processo de Comunicação e o Fluxo de Informação durante o PPTec.....	97
5.6.1 A Gestão da Informação Utilizando um Sistema Integrado	101
Capítulo 6 – Modelo de Gerenciamento da Informação de um Spinoff Academico	104
6. Introdução.....	105
6.1 A integração das ferramentas estatísticas e de prototipagem rápida através de um sistema de gestão da informação: contribuições ao desenvolvimento de protótipos durante a operacionalização do PPTec.....	105
6.1.1 Melhorias no Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico da ENBT.....	106
6.1.2 Modelo de gerenciamento da informação via sistema integrado como subsídio à atividade de desenvolvimento dos protótipos.....	108
6.1.3 Software de Suporte ao Sistema Integrado.....	110

Capítulo 7 – Discussões dos Resultados	117
7. Introdução.....	118
7.1 Contribuições, Resultados e Conclusões.....	118
7.2 Reflexões	122
7.3 Questões em Aberto	123
Bibliografia.....	126
8. Referência Bibliográfica.....	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do Contexto da Pesquisa.....	6
Figura 2: Processo de Geração de <i>Spinoff</i>	12
Figura 3: Estruturas para a Geração de Empresas de Base Tecnológica.....	13
Figura 4: Fatores das Inovações Tecnológicas.....	14
Figura 5: Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico.....	17
Figura 6: Fluxo de informações entre desenvolvedores e executores durante o desenvolvimento de produtos.....	22
Figura 7: Classificação da Biotecnologia por Segmentação de Mercado.....	23
Figura 8: Linha de Pesquisa do Laboratório em Análise.....	24
Figura 9: Número de óbitos das principais doenças transmitidas por vetores no Brasil.....	26
Figura 10: Ciclo de Vida do <i>Aedes Aegypti</i>	28
Figura 11: Processo Projetual.....	36
Figura 12: O Processo Prescritivo.....	37
Figura 13: O Processo Descritivo.....	38
Figura 14: Modelo de Maturidade PLM.....	43
Figura 15: Fases, Processos e Ferramentas do Processo de Planejamento Tecnológico.....	47
Figura 16: Modelo de um processo.....	49
Figura 17: Tipos de Protótipos.....	54
Figura 18: Comparações entre tecnologias tradicionais e tecnologias de prototipagem rápida.....	55
Figura 19: Exemplo de um mapa de georreferenciamento do MI-dengue®.....	74
Figura 20: Produto da Empresa “ECO”.....	75
Figura 21: BG-Silent®, BG-Trap® e Sentinel®.....	78
Figura 22: Armadilha de oviposição - ovitrampa.....	79
Figura 23: Primeira versão da armadilha de captura de insetos adultos.....	80
Figura 24: Cartão Adesivo e o <i>mockup</i> da nova versão de armadilha.....	81
Figura 25: MiniMosquitrap®, MédiaMosquitrap e BigMosquitrap® e seus respectivos componentes.....	83
Figura 26: Encaixe para facilitar o transporte da BigMosquitrap®.....	83
Figura 27: Foto à esquerda comparação “filó”, “sombrit” e “organza”, e foto à direita comparação entre o plástico da armadilha e organza.....	84

Figura 28: Liberador extrusado à esquerda e evolução dos liberadores nacionais (de baixo para cima)	84
Figura 29: Exemplos de mockups de armadilhas	85
Figura 30: As quatro combinações de cor (preto e transparente) externa da armadilha: protótipo real	85
Figura 31: Evolução dos PPTec's.....	86
Figura 32: Fase de Pesquisa Acadêmica	87
Figura 33: Desenvolvimento do <i>Spinoff</i>	88
Figura 34: Exemplo de disposição das armadilhas para teste	93
Figura 35: Estrutura do Laboratório	98
Figura 36: Modelo de Informação Real da ENBT	99
Figura 37: Proposição de Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico	107
Figura 38: Proposição para um Sistema de Gerenciamento Integrado de Informações durante o PPTec.....	110
Figura 39: Página inicial do <i>software de login</i>	113
Figura 40: <i>Menu</i> linhas de pesquisa	113
Figura 41: Linha de Pesquisa <i>Aedes aegypti</i>	114
Figura 42: Protótipo como um elo para a integração dos parceiros de desenvolvimento durante o PPTec.....	119
Figura 44: Estrutura básica do método TRM.	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CAD** – *Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador
- DOE** – *Design of Experiments* ou Planejamento e Análise de Experimentos
- EEUFMG** – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais
- ENBT('s)** – Empresa(s) Nascente(s) de Base Tecnológica
- LI** – Levantamento de Índice
- LIRA** – Levantamento de Índice Rápido
- MI - dengue®** – Monitoramento Inteligente da dengue
- MS** – Ministério da Saúde
- PA** – Pesquisa-Ação
- PDP** – Processo de Desenvolvimento de Produto
- PDM** – Product Data Management ou Gerenciamento dos Dados do Produto
- PLM** – Product Lifecycle Management ou Gerenciamento do Ciclo de Vida dos Produtos
- PNCD** – Programa Nacional de Controle da Dengue
- PPTec** – Processo de Planejamento Tecnológico
- PTec** – Plano Tecnológico
- P&D** – Pesquisa e Desenvolvimento
- TPM** – Tecnologia, Produto e Mercado
- TPpM** – Tecnologia, Produto, produção e Mercado
- TRM** – *Technology Roadmapping*
- TSG** – *Technology Stage-Gate*
- UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais

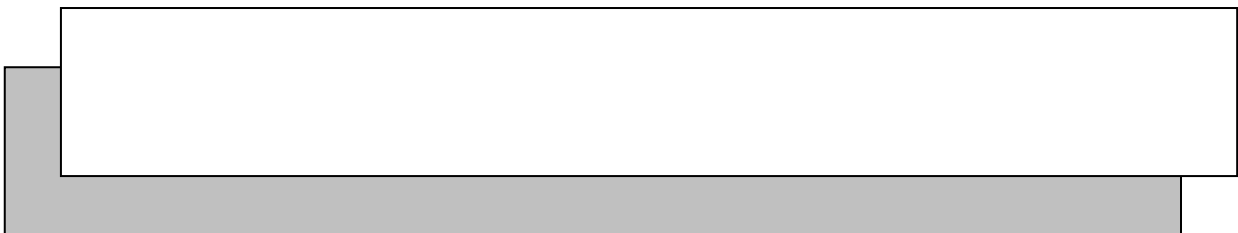
RESUMO

Os spinoffs têm recebido uma significativa importância no contexto de universidades empreendedoras, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de novas tecnologias oriundas do ambiente acadêmico. Entretanto, por se tratarem de Empresas Nascentes de Base Tecnológica (ENBT's), observa-se que são pouco explorados os recursos e ferramentas direcionados ao gerenciamento de informações durante as etapas do Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec). Este PPTec, por meio do desenvolvimento do protótipo, representa a integração entre Tecnologia, Produto, produção e Mercado (TPpM). Diante disso, este estudo está focado na pesquisa de desenvolvimento de uma metodologia de gerenciamento da informação capaz de auxiliar o gerenciamento das várias fases que conduzem ao protótipo comercial de um produto dentro do PPTec. Durante este estudo, foi utilizada a estratégia metodológica de pesquisa-ação no ambiente de um spinoff acadêmico do setor de Biotecnologia. Este spinoff colabora fortemente para a busca de soluções para os problemas de saúde pública, como a Dengue. A metodologia de gerenciamento da informação proposta neste estudo buscou suporte em princípios do PDM (Product Data Management ou Gerenciamento de dados do Produto) e PLM (Product Lifecycle Management ou Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto), uma vez que ambos contribuem para a integração da equipe de desenvolvimento ao possibilitar uma maior visibilidade das informações por todos os envolvidos durante a validação do produto desde as primeiras fases de construção do protótipo. Entende-se que essa integração favorece a agilidade no lançamento do produto, principalmente porque as diversas competências envolvidas na atividade de desenvolvimento do protótipo, passam a perceber no mesmo, um meio para identificar soluções integradas para o projeto. A contribuição maior desta dissertação é demonstrar uma operacionalização do PPTec no caso específico de uma ENBT, por meio de um modelo de gerenciamento integrado de informação. Este modelo subsidiou o desenvolvimento de um software capaz de apoiar a integração do TPpM.

Palavras-chave: Processo de Planejamento Tecnológico, Spinoff Acadêmico, Gerenciamento da Informação.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS



1. Introdução

O presente trabalho contempla o gerenciamento da informação durante o Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) de uma Empresa Nascente de Base Tecnológica (ENBT) do setor de Biotecnologia, originada a partir dos resultados de pesquisa de um grupo de pesquisadores do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. Este capítulo tem como objetivo caracterizar o problema e a justificativa da pesquisa, a proposição, os objetivos estabelecidos e, por fim, a estrutura da dissertação.

1.1 O Processo de Inovação Tecnológica

Com o surgimento da universidade empreendedora e a capitalização do conhecimento (ETZKOWITZ, 1998), enfatiza-se a criação de empresas de base tecnológica dentro do ambiente acadêmico, os chamados *spinoffs*. Estudos vêm sendo realizados (REIS, 2006a e 2006b; LEONEL, 2007) dentro destes empreendimentos com o objetivo de desenvolver metodologias e ferramentas que possam auxiliar a equipe empreendedora a transpor as barreiras existentes no desenvolvimento de produto de base tecnológica.

Para o processo de inovação tecnológica é importante a utilização de metodologia, a exemplo do Processo de Planejamento Tecnológico – PPTec (CHENG *et al*, 2007) que auxilie na integração da Tecnologia, Produto, produção e Mercado TPpM (REIS, 2006a). Esta metodologia pode ser robustecida na associação de ferramentas de gestão da informação como o *Product Data Management* (PDM) e o *Product Lifecycle Management* (PLM), assim como as ferramentas técnicas como o planejamento e análise de experimentos (DOE – *Design of Experiments*) e a prototipagem rápida.

O PDM tem como tarefa básica controlar em um banco de dados relacional, a lista de todos os documentos (desenhos, textos, planilhas etc) associados aos projetos; determinar as condições de acesso às informações segundo critérios hierárquicos e/ou de responsabilidade; permitir a visualização de todos os tipos de documentos em sua interface sem que sejam necessariamente executados todos os programas de origem destes documentos; bem como estabelecer um fluxo de trabalho e de aprovação de documentação (LEE *et al*. 2006; ROMEIRO, 1997). Já o PLM incorpora os atributos do PDM, permitindo que a qualquer momento durante o ciclo de vida do produto possam ser consultadas informações de naturezas diversas, além de integrar as competências dentro das atividades de projeto (SHARMA, 2005).

Durante o estudo do estado da arte, percebe-se uma nítida carência pelo desenvolvimento de um método capaz de realizar o gerenciamento da informação durante as etapas do ciclo de prototipagem, deficiência esta que conduz o processo de projeto da empresa estudada, às falhas no planejamento dos experimentos para a validação das diferentes alternativas de produtos.

1.2 Problema e Justificativa

As ENBT's possuem grande dificuldade em incorporar sua tecnologia em produtos que sejam viáveis técnica e financeiramente. Essa dificuldade está relacionada ao fato delas estarem em processo de formação e o negócio não possuir uma estrutura formal de desenvolvimento de tecnologia e produto. Com base em estudos de Reis (2005), ao transpor as barreiras existentes entre a transição da tecnologia para o produto e posteriormente o lançamento deste no mercado, a equipe de desenvolvimento, por falta de um método, realiza atividades com base no processo de “tentativa e erro”, o que colabora para que as informações se percam ao longo do processo.

Durante o desenvolvimento do protótipo há uma significativa ocorrência de falhas por falta de uma sistematização das trocas de informações entre os vários envolvidos na atividade de projeto, além da ausência de um sistema integrado que possa apoiar o armazenamento e consulta dos dados referentes à tecnologia e produto. Na literatura estudada, não foram observados relatos sobre a utilização de métodos e técnicas de gerenciamento da informação no contexto de ENBT's. Entretanto, em pesquisas de Fernandes (2005) envolvendo ambientes de empresas já consolidadas, o autor afirma que a falta desses requisitos e de um ambiente propício ao processo de comunicação dificulta o desenvolvimento dos protótipos, gerando altos custos de desenvolvimento com os retrabalhos, além de aumentar o tempo de lançamento no mercado.

No contexto do *Spinoff* pesquisado, de modo similar ao que foi observado por Fernandes (*op cit.*) em empresas consolidadas, verifica-se a importância de um modelo capaz de facilitar a troca de informações e a comunicação entre os envolvidos na atividade do PPTec. Se houvesse uma sistematização da informação seria possível atingir a explicitação do conhecimento além de facilitar o acesso de cada um dos envolvidos, contribuindo para a integração de algumas etapas do ciclo de vida do produto¹ abordado pelo PLM.

¹ Este trabalho incorporou as fases do ciclo de vida que compreende desde o projeto até a produção piloto.

Diante desse problema de pesquisa, este trabalho buscará através dos princípios de PDM e PLM, propor um método de gerenciamento de informações durante o PPTec de uma ENBT do setor de biotecnologia, mais especificamente nas etapas de desenvolvimento do protótipo, compreendendo desde o protótipo laboratorial da tecnologia até o protótipo comercial do produto. Entende-se que as tentativas e erros ocorridos durante o PPTec nestes empreendimentos podem representar altos custos, o que interfere diretamente na formação de preços dos produtos que se pretende comercializar no mercado. Isto por sua vez, torna-se uma barreira para a entrada do produto no mercado, pois o preço final do bem acaba sendo superior àquele que o cliente está disposto a pagar. Diante destas considerações, percebeu-se que o gerenciamento de informações nas etapas do processo de elaboração de protótipos pode contribuir para redução do processo de tentativa e erro e até mesmo demonstrar que os modelos de prototipagem podem contribuir para a diminuição dos custos, favorecendo a comercialização dos bens e por consequência, da tecnologia.

1.3 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo para o gerenciamento da informação no processo de planejamento tecnológico de uma ENBT do setor de biotecnologia.

Objetivos Específicos

- Identificar as etapas do processo de planejamento tecnológico da empresa;
- Mapear o fluxo de informação de projeto dentro da empresa durante as várias etapas do desenvolvimento de protótipos;
- Identificar a forma de interação dos membros da equipe e o processo pelo qual se dá a integração das informações entre os envolvidos no desenvolvimento do produto e do protótipo;
- Elaborar um procedimento estruturado para captação e gerenciamento das informações do processo de desenvolvimento de protótipo para a empresa analisada.

1.4 Delimitação do Objeto de Pesquisa

O Processo de Planejamento Tecnológico da empresa em estudo é composto por etapas e pontos de decisão, sendo que para cada etapa há um “protótipo marco” que de acordo com a sua evolução pode ser denominado como protótipo laboratorial da tecnologia, protótipo laboratorial de produto, protótipo funcional e protótipo comercial.

Diante disso, observa-se que esse PPTec necessita de ferramentas, principalmente de gerenciamento da informação, que viabilizem a construção de um protótipo real do produto a ser comercializado ao possibilitar a evolução das etapas. Entende-se que a estruturação dessa metodologia de gerenciamento das informações, pode ser alcançada pela utilização das ferramentas PDM e PLM. As informações geradas ao longo do PPTec são originadas da aplicação da ferramenta estatística Planejamento e Análise de Experimentos, que propicia o teste e validação das características da tecnologia e produto, além das ferramentas de prototipagem rápida que possibilitam a construção de protótipos simulados a serem testados (estas ferramentas serão detalhadas no capítulo 3). Existem também informações do produto originadas pelo projetista² e a Empresa de Produção e as informações de mercado originadas pelo Escritório que servem para alimentar o PPTec da empresa, conforme mostrado na Figura 01.

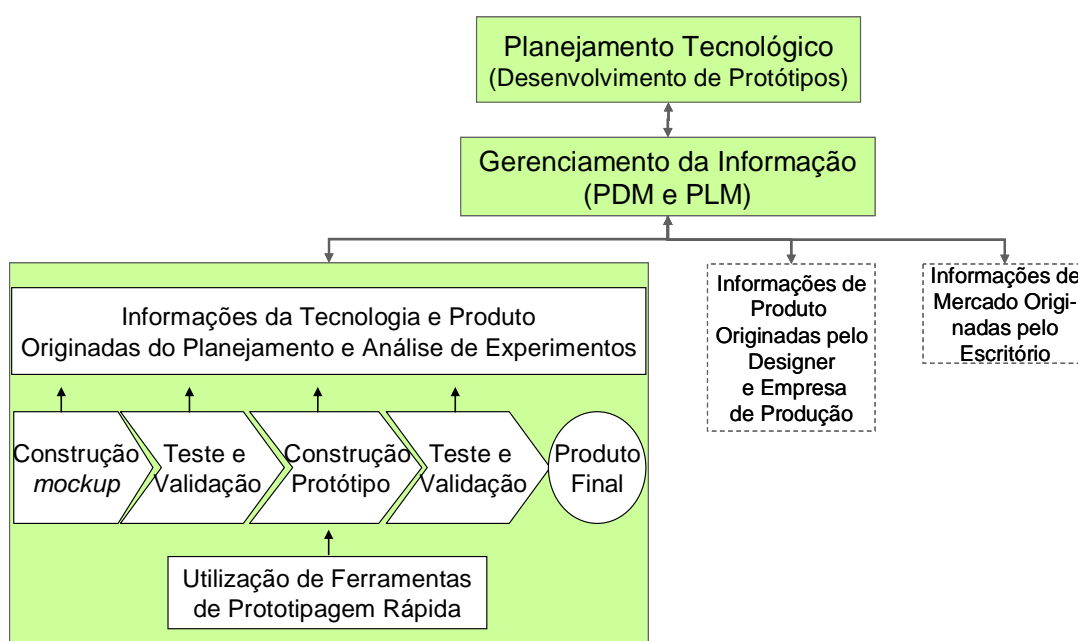


Figura 1: Representação do Contexto da Pesquisa

Com base no escopo inicialmente apresentado, entende-se conveniente buscar responder a um questionamento que oriente a pesquisa. Essa questão busca o aprimoramento do referencial teórico e prático na medida em que os objetivos pré-estabelecidos forem sendo atingidos. Para a delimitação do objeto deste projeto foi traçado o seguinte questionamento:

- Como estruturar uma metodologia de gerenciamento de informações, utilizando princípios de PDM e PLM, capaz de orientar o desenvolvimento de protótipos em um *spinoff* do setor de

² O projetista é um profissional contratado pela empresa para desenvolver o modelo final do produto, incorporando as informações de mercado e as técnicas, para se obter um protótipo comercial.

biotecnologia com o auxílio da ferramenta estatística Planejamento e Análise de Experimentos e as ferramentas de Prototipagem Rápida com a finalidade de reduzir custo, retrabalho e tempo neste desenvolvimento?

Esta questão será retomada ao longo do estudo de campo a fim de respondê-la. Para isto, serão apresentados as reflexões e o caminho percorrido pela pesquisadora, utilizando a estratégia de pesquisa-ação, para se chegar às conclusões.

1.5 Hipótese

- As ferramentas de gerenciamento de informações e dados do produto (PDM e PLM) facilitam o desenvolvimento de protótipos no Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) e a integração dos envolvidos em algumas das etapas do ciclo de vida do produto, sendo auxiliadas pelas ferramentas técnicas como o Planejamento e Análise de Experimentos (DOE) e a Prototipagem Rápida. Estas ferramentas associadas possibilitam a integração da Tecnologia, Produto, produção e Mercado (TPpM) no contexto da Empresa Nascente de Base Tecnológica (ENBT's) pertencente ao setor de Biotecnologia.

1.6 Pressupostos

- A ferramenta PDM possibilita o gerenciamento de informações e dados do produto (LEE *et al.*, 2006; MESIHOVIC *et al.*, 2000; ZANCUL *et al.*, 1998) e o PLM viabiliza a integração das Empresas, via sistemas informatizados, nas várias etapas do ciclo de vida dos produtos (SHARMA, 2005).

- A ferramenta Planejamento e Análise de Experimentos (DOE) pode contribuir na solução de problemas relacionados ao desenvolvimento do protótipo e validação da funcionalidade do produto (DRUMOND, 1999).

- As ferramentas de prototipagem rápida auxiliam na redução de tempo e custo durante a construção do protótipo, além de anteciparem falhas de projeto antes da construção dos moldes e ferramental (SPECK, 2001).

1.7 Estrutura da Dissertação

O trabalho está estruturado em sete capítulos. O presente capítulo apresentou o problema, a proposição, os objetivos, o contexto a ser analisado e uma breve descrição da estrutura do trabalho.

O segundo capítulo é destinado ao levantamento bibliográfico para contextualizar o conceito de *spinoffs* acadêmicos (ENBT), o modelo de PPTec e o processo de integração e comunicação entre a equipe empreendedora. Nesse capítulo é abordado o setor de Biotecnologia, além de esclarecimentos sobre como o Laboratório de Pesquisa do qual originou o *spinoff* se situa dentro deste setor, como uma maneira de informar ao leitor o contexto no qual a pesquisa foi desenvolvida. Isto é importante para facilitar o entendimento sobre o processo de integração Tecnologia, Produto, produção e Mercado, principalmente o processo de desenvolvimento do protótipo.

No terceiro capítulo são abordadas as diferentes ferramentas de desenvolvimento do protótipo que podem ser divididas em: i) ferramentas de gestão de dados técnicos e informações, ii) ferramentas estatísticas e iii) Processos de Prototipagem. Por fim, discute-se como estas ferramentas podem ser combinadas para favorecer o desenvolvimento do protótipo como resultado da atividade projetual.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa, mostrando o processo de levantamento, coleta e análise de dados pelo método de pesquisa-ação.

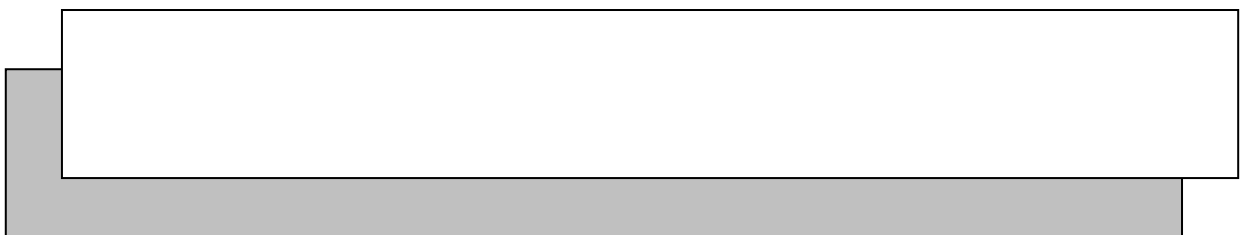
O quinto capítulo trata da pesquisa de campo no *spinoff* acadêmico do setor de Biotecnologia. São apresentadas as tecnologias no contexto macro, o mercado em que estão inseridas, as descrições dos produtos analisados e as falhas no processo de desenvolvimento do protótipo.

No sexto capítulo são discutidos os resultados da pesquisa, abordando o problema, o sistema para a busca de resolução do problema, as variáveis identificadas como importantes para o desenvolvimento da metodologia de gerenciamento da informação, o modelo integrado e o *software* de suporte ao modelo.

No sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões da pesquisa, o confronto do referencial teórico com a prática abordada e as questões em aberto.

CAPÍTULO 2

SPINOFF ACADÊMICO E SEU CONTEXTO NO SETOR DE BIOTECNOLOGIA



2. Introdução

Este capítulo tem como objetivo desenvolver os conceitos que envolvem o *spinoff* acadêmico (também conhecido por Empresa Nascente de Base Tecnológica – ENBT), bem como o Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec). Como este estudo se concentra em um *spinoff* do setor de Biotecnologia da área de Saúde Pública, considerou-se conveniente abordar também neste capítulo algumas características desse setor, apresentar os conceitos utilizados pelo laboratório de pesquisa que deu origem à este *spinoff*, para facilitar uma maior compreensão sobre o PPTec da empresa em questão.

2.1 *Spinoffs* Acadêmicos

A inovação segundo Shumpeter (1949) é a introdução de um produto diferente no mercado. Há que se considerar também as inovações incrementais que são os aprimoramentos técnicos de base contínua, que também são importantes para o processo inovativo nas empresas (SBRAGIA *et al*, 2006).

Para Sbragia (*op cit.*), a inovação é estimulada por diferentes fatores como: 1) pesquisa e desenvolvimento: trabalho criativo sistemático para aumentar o estoque de conhecimento existente; 2) engenharia industrial: mudança nos equipamentos, procedimentos de qualidade e métodos visando à manufatura do novo produto ou aplicação do novo processo; 3) início da produção: modificações de produto e processo, treinamento de pessoal nas novas técnicas; 4) marketing de novos produtos: lançamento de produtos, adaptação para novos mercados e comercialização pioneira; 5) aquisição de tecnologia intangível: patentes, licenças, *know how* e serviços tecnológicos; 6) aquisição de tecnologia tangível: aquisição de máquinas e equipamentos de cunho tecnológico conectado com as inovações de produto e processo introduzidas pela empresa e 7) *design*: procedimentos, especificações técnicas e aspectos operacionais necessários à produção do novo produto ou implementação do novo processo.

Assim, as universidades e centros de pesquisa, após a segunda revolução acadêmica, vêm estimulando iniciativas para a concretização do novo papel das universidades: a chamada universidade empreendedora, capaz de capitalizar o conhecimento propiciando a geração de riqueza e o desenvolvimento social (ETZKOWITZ, 1998). Vale lembrar que elas nasceram segundo a filosofia do ensino e depois foram associadas a elas as funções de pesquisa e extensão como forma de contribuição social. As universidades são detentoras de conhecimentos de naturezas distintas, o que contribui fortemente para as inovações tecnológicas, por meio da pesquisa e desenvolvimento, que poderão originar novos produtos e

negócios inovadores e conseqüentemente, a geração de riquezas, uma vez que essas instituições passaram a incorporar a geração de valor econômico e o desenvolvimento social como parte de sua missão.

O conhecimento científico contribui para o desenvolvimento nacional, uma vez que auxilia na agregação de valor aos produtos brasileiros. As universidades como formadoras de mão-de-obra especializada e de pesquisas acadêmicas possuem um potencial favorável ao processo de criação de novas tecnologias. Os conhecimentos e tecnologias geradas nas universidades, para que de fato possam gerar riqueza, podem realizar a chamada transferência de tecnologia da universidade para empresas ou a universidade empreender estas tecnologias desenvolvidas por meio da abertura de novas empresas de base tecnológica. Quando uma empresa incorpora tecnologias das universidades ela se enquadra dentro de um modelo aberto de inovação (*Open Innovation*), uma vez que elas recebem licenças para uso das tecnologias desenvolvidas pelos laboratórios de pesquisa (CHESBROUGH, 2005).

Para Rogers *et al.* (2001), o processo de transferência tecnológica envolve a transferência de uma inovação tecnológica (idéia, processo e produto criado por um centro de P&D - Pesquisa e Desenvolvimento - como as universidades e laboratórios de pesquisa) para uma organização (ex: empresas privadas, públicas, etc).

As Empresas Nascentes de Base Tecnológica (ENBT) criadas para explorar a propriedade intelectual desenvolvida nas instituições acadêmicas são denominadas por Shane (2004) como *spinoffs* acadêmicos. É importante notar que a definição de *spinoff* acadêmico é usada por diferentes autores. Para Roberts (1991) *spinoff* é definido como empresas fundadas por pessoas que estudam ou trabalham na universidade. Já Ndonzuau *et al.* (2002) definem *spinoffs* acadêmicos como o processo de transformação dos resultados de pesquisas acadêmicas, advindas de laboratórios das universidades, em tecnologia para o desenvolvimento de produtos e negócios.

Ndonzuau *et al.* (2002) sugerem um modelo que possa desdobrar o processo de criação de valor econômico por parte da universidade, o processo de formação de empresas a partir da infra-estrutura disponibilizada pela mesma. Este modelo pode ser dividido em 4 estágios sequenciais presentes no processo de *spinoff* acadêmico: i) a geração de idéias de negócios a partir das pesquisas das universidades, ii) a finalização de novos projetos, iii) o lançamento das empresas oriundas do *spinoff* acadêmico e iv) o estágio final como sendo a criação do valor econômico (Figura 02). Com esse modelo pretende-se estimular o desenvolvimento de pesquisas dentro de universidades que possam ser incorporadas em produtos e negócios para a

geração de emprego e riqueza. Assim sendo, contribui não somente para o conhecimento científico como também para a transferência de tecnologia vital para o desenvolvimento econômico.

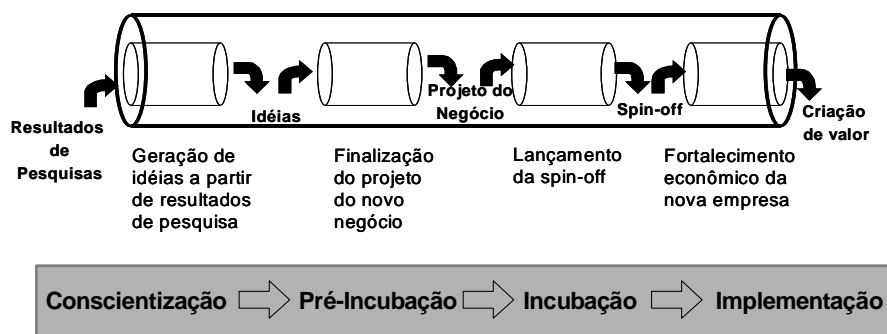


Figura 2: Processo de Geração de *Spinoff*
 Fonte: Ndonzuau, Pirnay e Surlemont (2002)

Para Gasse (2002) este processo de criação de valor no contexto de universidades empreendedoras inicia-se com a conscientização da comunidade acadêmica para inocular o “vírus do empreendedorismo”. Seu objetivo é encorajar os estudantes a realizarem os passos necessários de modo que possam começar a empreender e desenvolver suas chances de sucesso, tornando-os interessados e motivados. Eles devem ser conscientizados sobre a opção de empreender como caminho profissional e sobre como eles podem ser atraídos por este caminho. A pré-incubação inclui todas as atividades antes do *start up*, da idéia ao conceito, através de estudos de viabilidade do plano de negócio. Esta fase se refere ao estágio de sistematização da tecnologia em produto com o objetivo de desenvolver os protótipos e um plano de negócio do empreendimento que incorpore a integração T_{PPM}, e represente o período pelo qual o empreendedor pode desenvolver o seu projeto e aprender as habilidades específicas ao negócio.

Já a incubação é o período de amadurecimento do empreendimento, caracterizada pelas atividades *start up* que dependem do tipo de negócio e as circunstâncias particulares. Esta fase ocorre dentro de dois a cinco anos e envolve o estabelecimento concreto do negócio. A implementação é a sua consolidação no mercado, e o negócio já estabelecido torna-se uma organização auto-sustentável, sendo os empreendedores/empresários responsáveis por prover o espaço e condições financeiras, para emergir uma empresa de sucesso num contexto denominado Parque Tecnológico.

Menzies (2002) define estes estágios (Figura 03) como sendo os chamados Centros de Empreendedorismo Tecnológico responsáveis pela conscientização e pré-incubação,

Incubadoras de Base Tecnológica pela incubação, Parques Tecnológicos e Tecnópolis pela implementação dos empreendimentos.

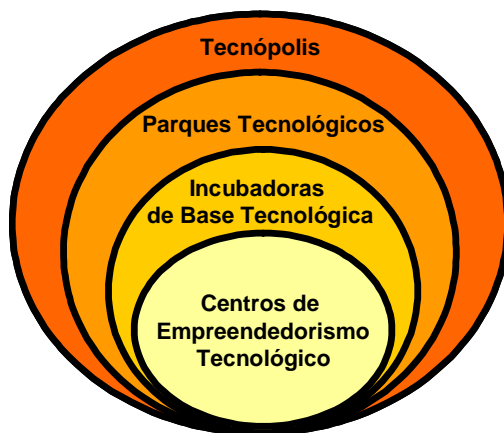


Figura 3: Estruturas para a Geração de Empresas de Base Tecnológica
Fonte: Menzies (2002)

O empreendedorismo tecnológico representa então uma outra forma de aproximação entre os dois universos (universidade x empresa), que consiste na criação de um empreendimento em que os pesquisadores tornam-se integrantes da equipe, fornecendo a tecnologia ou o produto e o conhecimento para futuras pesquisas, dinamizando o empreendedorismo *high tech* (ETZKOWITZ, 1998).

A criação de empreendimentos oriundos do ambiente acadêmico não é algo trivial. Várias dificuldades são encontradas nesse processo, uma vez que muitos pesquisadores-empREENhedores encontram-se distantes do mercado (PAULA, 2005a; VOHORA *et al.*, 2004) e desenvolvem suas tecnologias sem um plano de vinculação a um produto e seu lançamento no mercado. Ademais, os estudos de incorporação de tecnologias em produtos e o envolvimento dos empreendedores com essas questões desde os primeiros passos da ENBT são recentes (DRUMMOND, 2005). A integração entre empreendedores e pesquisadores desde as etapas iniciais é apontada como fundamental para levar as tecnologias dos laboratórios até o mercado com sucesso (MARKAM, 2002), facilitando a associação do trinômio Tecnologia, Produto e Mercado. Dentro deste contexto é válido afirmar que o aspecto produção é um ponto importante quando se vislumbra a comercialização final. Nesse sentido, a função produção é o meio pelo qual podem ser obtidas vantagens competitivas e tecnológicas necessárias ao sucesso do empreendimento, o que conduz ao chamado TPpM – Tecnologia, Produto, produção e Mercado (REIS, 2005; REIS *et al* 2006a).

Schneider (2006) identifica três dimensões fundamentais para o processo de inovação tecnológica que auxilia na evolução da tecnologia a um produto comercial: aspectos

relacionados à i) gestão, ii) cooperação e iii) financiamento (Figura 04). Os dois últimos representam a busca por suporte técnico em parceiros no mercado e universidades e por suporte para o financiamento neste processo de inovação. Já as metodologias de gestão, incluindo a informação, auxiliam na atividade de projeto do produto de forma que as idéias de invenções se transformem em oportunidades de mercado, por meio de um produto de sucesso com diferencial competitivo.

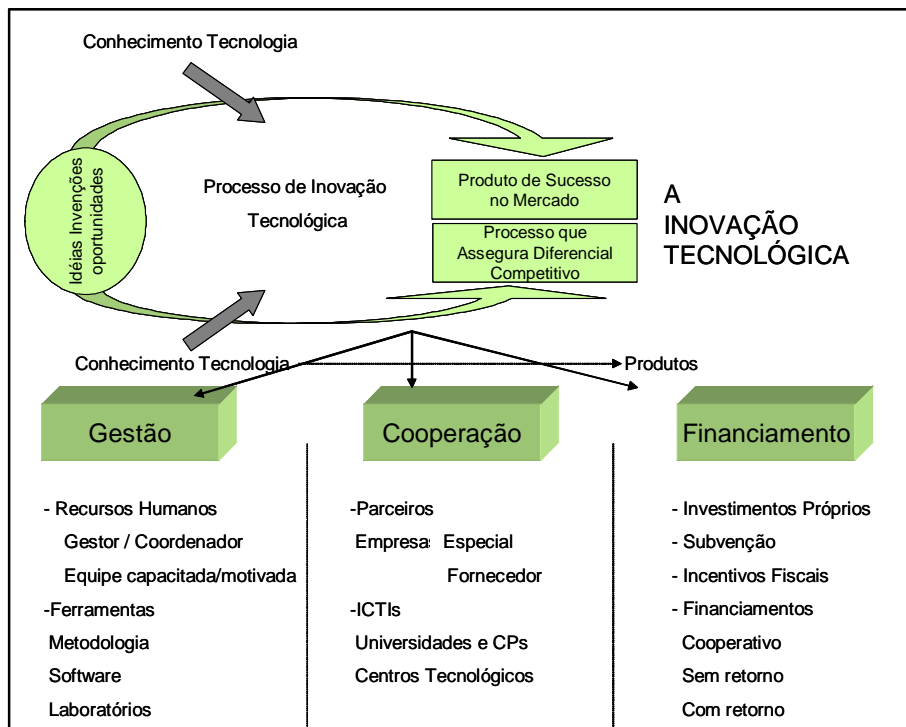


Figura 4: Fatores das Inovações Tecnológicas
 Fonte: Adaptado de Schneider (2006)

Assim, dentro do processo de inovação, é importante o desenvolvimento de ferramentas e metodologias de gestão para auxiliar a incorporação da tecnologia em um produto comercial com foco para o processo de desenvolvimento de protótipos. O processo de desenvolvimento de protótipos está inserido em uma metodologia denominada Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) que pode ser desdobrada em várias etapas. Estas etapas marcam a evolução dos protótipos, que ocorre por meio de um projeto de produto consistente e vinculado às informações da tecnologia, do mercado, da capacidade de produção em escala, além de buscar custos reduzidos para obter um produto comercializável. Este protótipo, que reflete o produto final, precisa, então, levar em consideração os vários estágios do ciclo de vida do produto, o que demonstra a importância de controle e gerenciamento dos dados levantados em cada um desses estágios. Todo esse processo pode ser auxiliado pela

ferramenta PDM (*Product Data Management ou Gerenciamento dos Dados do Produto*) e PLM (*Product Lifecycle Management ou Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto*).

Durante a operacionalização desse PPTec, é necessário, então, identificar e adaptar as ferramentas de desenvolvimento de protótipos de empresas já estabelecidas para a equipe empreendedora na execução de cada etapa, a fim de orientar o desenvolvimento da tecnologia e produto. Para cada PPTec, percebe-se que determinada ferramenta pode ter maior ou menor aplicabilidade, em uma fase específica, em razão tanto do conhecimento da equipe de desenvolvimento quanto da necessidade intrínseca ao próprio projeto. Assim, busca-se identificar quais as ferramentas que podem contribuir na sistematização e formalização do processo de desenvolvimento do protótipo e as ferramentas capazes de facilitar a comunicação e integração dentro da equipe de projeto.

2.1.1 O Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) dos *Spinoff* Acadêmicos

A Gestão de Desenvolvimento de Produtos para as ENBT's pode dispor das metodologias já existentes para grandes empresas, tendo porém que adaptá-las para o novo contexto. Este tópico não tem como objetivo descrever essas adaptações para todas as metodologias e sim descrever o processo de desenvolvimento de produtos da literatura que culmina com o Plano Tecnológico (PTec). Esse PTec é essencial para esses empreendimentos, uma vez que seu caráter tecnológico exige que o Plano de Negócio (PN) incorpore essa questão.

Para o surgimento de novos empreendimentos, a literatura apresenta a necessidade de estruturação de um Plano de Negócio³ que retrate as metas, visões, objetivos do empreendimento, auxiliando assim, na orientação das atividades necessárias. Este plano contempla as áreas de *marketing*, finanças e de gestão organizacional para a gestão do novo empreendimento. Quando se trata de empreendimento de base tecnológica, a tecnologia possui uma grande importância para o sucesso do negócio, assim, Drummond (2005) propõem o PN “estendido” que incorpora mais fortemente as questões tecnológicas e de produtos (PPTec) ao modelo tradicional de PN. Para o autor, a configuração deste plano de negócios depende da estruturação do PPTec.

³ Plano de Negócios: instrumento de planejamento e gestão desejável para empresas que já identificaram uma oportunidade de atuação, mas que ainda não iniciaram suas atividades, ou gostariam de mudar fortemente seu posicionamento no mercado. Este abrange, na maioria das vezes, as áreas de marketing, finanças, organização e gestão da nova empresa (DRUMMOND, 2005; DORNELAS, 2001).

O Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) é uma ferramenta que busca definir a evolução tecnológica dos produtos, desde o protótipo até a escala industrial, assim como os produtos prioritários (e seus derivativos) dentro de uma mesma família de produtos. Cheng *et al* (2005) relatam que o propósito desse planejamento estaria em investigar mais a fundo as diversas possibilidades de exploração industrial da tecnologia. Seu principal resultado esperado é o desenvolvimento das primeiras versões (protótipos) dos produtos, processos ou serviços de valor agregado. Para os autores, o PPTec é o resultado desse processo que consiste em um documento que explicita a caminhada das tecnologias até o mercado.

Os protótipos possibilitariam não apenas verificar se a produção poderia ser estendida a uma escala industrial mais elevada, mas também mostrar para os potenciais consumidores e parceiros o potencial tecnológico das soluções, ou seja, quais problemas práticos essas soluções são capazes de solucionar (CHENG *et al.*, 2007), estimulando a coleta e a análise de informações referentes ao trinômio tecnologia, produto e mercado (TPM) (CHENG *et al.*, 2004), além de incluir a função produção (TPpM) (REIS *et al.*, 2006a), importantes tanto na estruturação do negócio, quanto no desenvolvimento de seus primeiros produtos.

Com base em estudos anteriores sobre o processo de planejamento tecnológico (LEONEL, 2007; REIS *et al.*, 2006a e 2006b; PAULA & CHENG, 2005b; DRUMMOND, 2005; DRUMMOND *et al.*, 2005) foi elaborado um Processo de Planejamento Tecnológico apresentado na Figura 5. Este PPTec incorpora conceitos dos métodos Technology Roadmapping (TRM) (PHAAL *et al.*, 2004), *Technology Stage-Gate* (TSG) (COOPER *et al.*, 2002; MARXT *et al.*, 2004), e o *Stage-Gate* (COOPER, 1993).

Este modelo é dividido em duas fases: pesquisa acadêmica e desenvolvimento do *spinoff* acadêmico propriamente dito. A primeira fase compreende as etapas de revisão bibliográfica, tecnologia embrionária e protótipo laboratorial da tecnologia, enquanto que a segunda fase compreende as etapas de protótipo laboratorial do produto, protótipo funcional e protótipo comercial. A tecnologia embrionária refere-se à definição do conceito da tecnologia enquanto que o protótipo laboratorial da tecnologia consiste na concretização do conhecimento tecnológico. O protótipo laboratorial do produto representa a incorporação da tecnologia em um produto, após priorizada uma aplicação comercial. Até a etapa do protótipo funcional, há uma grande preocupação com o funcionamento, desempenho, *performance* e eficiência da tecnologia. Na etapa do produto comercial, o protótipo já foi validado e já se consegue obter produção em escala para favorecer a comercialização.

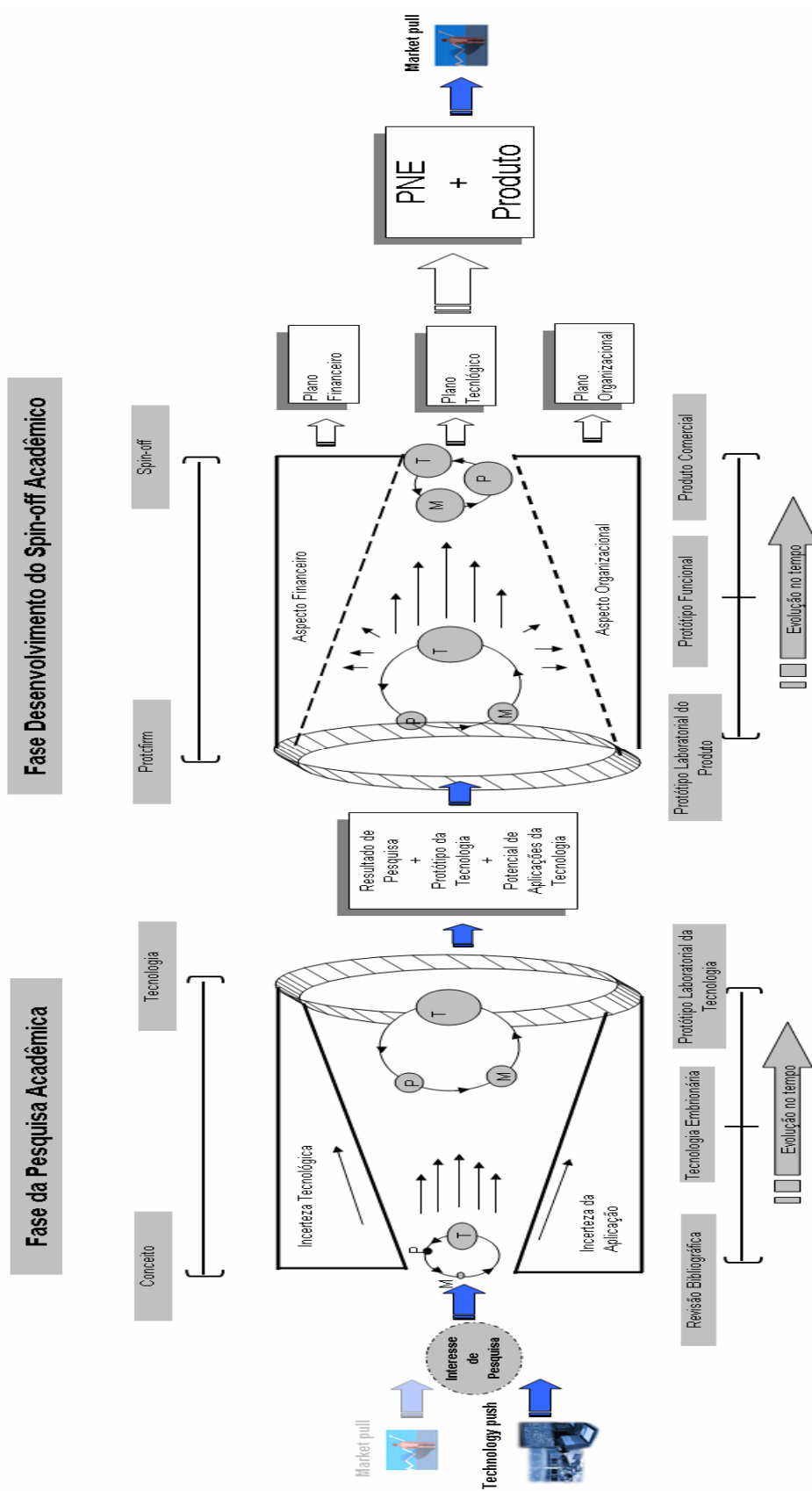


Figura 5: Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico
 Fonte: Cheng *et al.* (2007)

Na primeira fase deste modelo, as incertezas tecnológicas e as incertezas relacionadas à aplicação vão diminuindo à medida que o conhecimento com relação ao mercado e produto aumenta. Na segunda fase, entende-se que, para o desenvolvimento do *spinoff*, os aspectos financeiros e organizacionais (pertencentes ao plano de negócio, por meio do plano financeiro e plano organizacional respectivamente) interagem com o desenvolvimento tecnológico, favorecendo a transposição de uma firma protótipo (*protofirm*) para um *spinoff*.

O desenvolvimento de protótipos, na tentativa de adequar o produto ao mercado, acaba por incorporar a voz do cliente nas suas especificações (LEONEL, 2007). Este desenvolvimento é importante para a ENBT na medida em que orienta o processo de desenvolvimento, favorecendo a inserção do produto no mercado antes dos concorrentes, possibilita o ajuste no projeto devido às mudanças de comportamento dos clientes, perda de tempo e recursos na exploração de uma tecnologia sem potencial comercial ou inviável tecnicamente, dentre outros (SHANE, 2004).

2.1.2 O Processo de Comunicação entre os Membros da Equipe Empreendedora e o Fluxo da Informação durante o Desenvolvimento de Protótipos

Os *spinoffs* acadêmicos, também denominados de ENBT's, são originados dos conhecimentos desenvolvidos nos laboratórios das universidades e centros de pesquisa que levam ao desenvolvimento de tecnologias. Essas tecnologias são originadas das pesquisas científicas e são provenientes dos conhecimentos e do processo de pensamento do grupo de pesquisadores das universidades. O desenvolvimento de um protótipo é um trabalho conjunto entre os vários pesquisadores do laboratório de pesquisa e ao mesmo tempo entre os responsáveis por fornecer *inputs* de mercado. Para entender o fluxo de informação durante a atividade projetual é necessário compreender o processo de comunicação entre os membros da equipe empreendedora.

Percebe-se que na interação entre empreendedores, pesquisadores e demais agentes do processo de empreendedorismo tecnológico, há uma necessidade constante de comunicação para a geração de novos conhecimentos. Para viabilizar a comunicação torna-se importante a explicitação do conhecimento tácito, muitas das vezes não formalizado, para que haja uma efetiva geração de valor (REIS, 2006b). O processo de desenvolvimento de tecnologias e produtos é fortemente baseado no conhecimento tácito dos pesquisadores, o que conduz a um processo não-estruturado e informal de desenvolvimento e às vezes difícil de ser mapeado. O processo de geração de conhecimento, muitas vezes está num plano de verificação empírica,

baseado na tentativa e erro em que o pesquisador vive num mundo de descobertas e acasos, onde se chega a resultados não esperados (LATOURE & WOOLGAR, 1997).

Para efetivamente obter um protótipo que atenda às necessidades de mercado e que sua tecnologia seja viável tecnicamente, é necessário um intercâmbio e difusão da informação, permitindo que os membros da equipe apelem continuamente para os conhecimentos e as habilidades uns dos outros, de modo a aumentar seus próprios conhecimentos e seu próprio grau de habilidade. Esse fluxo de informação deve acontecer não somente dentro do âmbito do laboratório, mas também deste com o mercado, que por meio de agentes externos aos laboratórios passa a ajudar na aproximação da tecnologia desenvolvida com os potenciais clientes. Isto permite que as pesquisas acadêmicas estejam aptas a atender as necessidades do mercado, alcançando, com os seus frutos, não apenas os ganhos científicos, mas também os econômicos (ETZKOWIT, 1998; PAULA, 2005a e REIS, 2005). O desafio, então, é conseguir que esse resultado de laboratório seja incorporado em novas tecnologias, que possam orientar o surgimento de novos empreendimentos acadêmicos de base tecnológica e que os laboratórios sirvam ao setor produtivo para promover o desenvolvimento industrial. Então, para propiciar a troca de informações e conhecimentos entre os envolvidos na atividade projetual, durante o desenvolvimento do protótipo, é importante transformar as competências latentes e pessoais em conhecimentos explícitos.

A fim de possibilitar a troca de informações entre os membros da equipe, é importante saber gerenciar o conhecimento representado tanto pelo conhecimento tácito quanto pelo explícito. Segundo Nonaka & Takeuchi (*apud* FERNIE *et al.*, 2002) é possível converter o conhecimento tácito (inerente ao indivíduo) em explícito e então explorá-lo para ganhos comerciais. Entretanto, deve-se levar em conta a ética profissional em torno de quem detém e controla o conhecimento tácito inerente aos indivíduos e formar críticas em torno da noção de capital intelectual das organizações. As trocas de experiências entre os envolvidos no surgimento da ENBT permitem o enriquecimento do conhecimento individual, o que contribui para o sucesso da empresa com a valorização do processo criativo.

A gestão do conhecimento é um processo pessoal que proporciona um crescimento e um amadurecimento intelectual capaz de impulsionar as atividades empreendedoras. Envolve o pensar, sentir e agir numa dinâmica contínua de aprendizagem. Aprender, segundo Bleger (1991) é uma operação intelectual de acumular informação. Procura-se fazer com que toda a informação seja incorporada e assimilada como instrumento para voltar a aprender e continuar criando e resolvendo os problemas do campo científico ou do tema de que se trate.

Uma efetiva integração multifuncional facilita a interação entre a aprendizagem e a solução de problemas, o que melhora potencialmente o foco orientado ao cliente e reduz a necessidade de mudanças nos projetos (FERNANDES, 2005; SHERMAN *et al.*, 2000). Quando se faz menção à equipe multifuncional para o desenvolvimento de pesquisas, produtos e negócios de base tecnológica, este estudo está se referindo à integração entre os membros da equipe empreendedora, incluindo pesquisadores, empreendedores-mercadológicos, investidores e os facilitadores da criação da nova empresa. Neste sentido, o PPTec tem como fatores de influência a integração entre empreendedor, pesquisador, investidor, coordenador de desenvolvimento de produto, de projeto, comercial, produção, marketing, financeiro, qualidade e distribuição e gestor do negócio, com os conhecimentos adquiridos em projetos passados (REIS, 2005). Reis *et al.* (2006b) descrevem um sistema de atribuição e responsabilidades, para cada um dos membros da equipe empreendedora, por meio de uma matriz de responsabilidades, o que favorece a integração entre os envolvidos, uma vez que cada um sabe qual a sua função e qual papel desempenhar dentro do PPTec.

Para a integração TPPM é necessário que ocorra a gestão do desenvolvimento, e para que este seja viabilizado é preciso definir atribuições e responsabilidades aos diversos componentes da equipe, como uma maneira de facilitar o processo de coordenação e gerenciamento das atividades essenciais ao funcionamento das ENBT's. Entretanto, por se tratar de organizações muito simplificadas, as ENBT's não possuem departamentos de P&D, marketing e manufatura bem delineados. Às vezes estas funções estão nas mãos de poucas pessoas, que nem sempre podem ser caracterizadas como competências multifuncionais. O uso de equipes multifuncionais permite diminuir o ciclo de desenvolvimento (*time-to-market* reduzido) e o custo de desenvolvimento, além de buscar melhorias da qualidade do produto e processo através do conhecimento integrado de múltiplas disciplinas, a fim de garantir a competitividade da empresa por meio de grupos funcionais (ZHAO *et al.*, 2003; SHERMAN, *op cit*) e até mesmo a consolidação de uma empresa iniciante no mercado.

Analisando as estruturas das equipes de alguns *spinoff's*, percebe-se que a formação de seus membros nem sempre obedece à uma classificação multifuncional. Nota-se que em alguns *spinoff's* acadêmicos existem profissionais com as mesmas habilidades e formações acadêmicas, não permitindo que as soluções para determinados problemas tenham uma abordagem multidisciplinar. Observa-se que estas ENBT's, como forma de solucionar esta carência, precisam complementar suas habilidades fazendo parcerias com outros empreendedores, pesquisadores e/ou empresas com competências adicionais.

A existência de arranjos de trabalho multifuncionais em ENBT's pode favorecer a troca de informações entre os membros de equipes de desenvolvimento de novos produtos, tendo uma influência positiva para o aprendizado da equipe, velocidade de lançamento e o sucesso de novos produtos. Em tese, essa organização do trabalho pode facilitar a comunicação e até mesmo a utilização de sistemas integrados. Em estudos de Fernandes (2005), estes sistemas integrados podem prover uma rede de conhecimento entre os vários indivíduos permitindo fluxo de dados, informação e conhecimentos. Para efetivar esta integração, é importante haver especialização dos conhecimentos entre os membros da equipe, a credibilidade sobre os conhecimentos dos membros e a coordenação para conduzir o processo de conhecimento. Conforme Akgün *et al.* (2005), a utilização de uma estrutura integrada em rede auxilia o equilíbrio da carga cognitiva dos membros da equipe, facilita identificar as provas, agrupar as especialidades e informações, reduzir a redundância de esforços, facilitar o compartilhamento e disseminação do conhecimento tácito e diferentes campos do conhecimento e alocação de recursos conforme as especialidades dos membros.

Durante o desenvolvimento do produto, exige-se cada vez mais um maior grau de qualidade, rapidez na evolução tecnológica, na entrega de uma nova versão e na atualização estética do mesmo. O *spinoff* é responsável por desenvolver as tecnologias e incorporá-las a um produto dentro do PPTec, assim como pela comercialização dos produtos. Ele assume o papel fundamental de uma empresa que comanda o processo de desenvolvimento como sendo o detentor da patente do produto, ou seja, detentor da idéia-mãe e da atividade de P&D. Existem casos nos quais os *spinoffs* se associam a outras empresas ora para complementar suas tecnologias ora para a produção em escala do produto, para que elas possam atingir a comercialização em alto volume. Esta divisão de atividades entre empresas exige da equipe um senso de trabalho integrado, muito mais do que quando o projeto é restrito às paredes de uma única empresa (SAURA & DENINI, 1999).

As atividades de projeto, dentro do desenvolvimento de produto, são realizadas em parceria com um projetista e a fabricação dos produtos é executada por uma cadeia de empresas terceirizadas. Para coordenar as atividades de cada elo de empresas é fundamental identificar meios que favoreçam a troca de informações e a integração entre empresas, o que viabilizará desenvolver produtos em menor tempo e custo e com alta qualidade. A Figura 6 apresenta o fluxo de informações de uma cadeia de desenvolvimento de produtos, levando em consideração uma visão recente de desenvolvedores e executores dispersos em diferentes empresas.

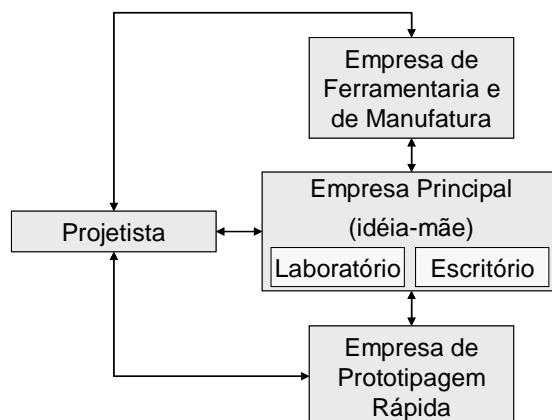


Figura 6: Fluxo de informações entre desenvolvedores e executores durante o desenvolvimento de produtos
 Fonte: Adaptado de Saura & Denini (1999)

Neste contexto, o protótipo é visto como um objeto de comunicação entre a empresa principal (o *spinoff*) e as outras empresas que participam do processo de desenvolvimento do produto e da produção em escala. Dentro do PPTec de uma ENBT, o protótipo é então desenvolvido para testar o produto e buscar uma melhor adequação às especificações do projeto, visando a integração das várias etapas do ciclo de vida do produto, principalmente no que se refere à usabilidade e a produção em escala.

Dentro de qualquer *spinoff* é importante compreender este fluxo de informação e troca de conhecimento entre os envolvidos no Processo de Planejamento Tecnológico, a fim de propiciar o desenvolvimento de uma metodologia que facilite o gerenciamento da informação na atividade de projeto, principalmente na elaboração do protótipo, e que incorpore os aspectos relacionados ao ciclo de vida do produto.

Abaixo, é abordado o setor de Biotecnologia, o contexto da ENBT do referido setor, bem como a linha de pesquisa do laboratório que originou o *spinoff* em estudo. Descrever este setor é uma forma de contextualizar o problema e conhecer a tecnologia em estudo.

2.2 Área de Conhecimento do *Spinoff* do Setor de Biotecnologia

O termo Biotecnologia refere-se a um conjunto de tecnologias habilitadoras, que possuem em comum o uso de células e moléculas biológicas para aplicações na produção de bens e serviços em áreas como saúde humana e animal, agricultura e manejo de meio ambiente (JUDICE *et al.*, 2001).

A chamada ‘Indústria de Biotecnologia’ é a aplicação em escala industrial e empresarial destas tecnologias associadas a outros conhecimentos como fermentação e purificação em

escala de proteínas, para a geração de produtos diversos (farmacêuticos, alimentícios, enzimáticos). A indústria de Biotecnologia possui empresas de base tecnológica, geralmente *spinoffs* universitários (ERNST & YOUNG *apud* JUDICE, 2001; BURRIL & CO, 1999). Para os autores, a Biotecnologia pode ser classificada pela segmentação de mercado apresentada na Figura 07, sendo que cada segmento possui suas características próprias, e para cada necessidade de mercado, são desenvolvidas tecnologias e produtos para satisfazê-las, originando as Empresas Nascentes de Base Tecnológica.

1. Saúde Humana	Diagnósticos; fármacos; fitofármacos; vacinas; soros; biodiversidade
2. Saúde Humana, Animal e Vegetal	Identificação genética; análise de transgênicos
3. Saúde Animal	Veterinária; reprodução animal; <i>pet</i> ; vacinas; probióticos; aquacultura
4. Agronegócio	Melhoramento de plantas; transgênicos; produtos florestais; plantas ornamentais e medicinais; bioinseticidas; biofertilizantes inoculantes; flores
5. Meio Ambiente	Biorremediação; tratamento de resíduos; análises
6. Instrumentais complementares a <i>Biotech</i>	<i>Software</i> ; <i>internet</i> ; bioinformática; <i>e-commerce</i> ; P&D
7. Industriais	Química Fina; enzimas
8. "Em sinergia"	Biomateriais; biomedicina; consultoria em <i>biotech</i>
9. Fornecedores	Equipamentos; insumos; suprimentos

Figura 7: Classificação da Biotecnologia por Segmentação de Mercado
 Fonte: Judice *et al.* (2001)

No Brasil, segundo Judice & Mascarenhas (1999), existem quatro incubadoras de empresas que podem ser denominadas “setoriais em Biotecnologia” e diversas incubadoras multisetoriais que abrigam empresas da Bio-indústria, auxiliando na criação e melhoria de desempenho nos estágios críticos iniciais de um novo empreendimento. Recentemente vêm sendo desenvolvidas aceleradoras de negócios, que oferecem suporte aos pesquisadores acadêmicos para o desenvolvimento do produto comercial e do próprio negócio. Neste contexto, a Empresa em análise, também auxiliada por uma aceleradora de negócios, estuda um ramo da ciência voltada para o controle de vetores, numa interseção entre a ciência da Parasitologia e a Entomologia, a denominada Ecologia Química de Vetores (Figura 08).

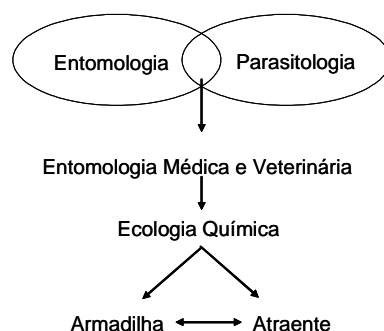


Figura 8: Linha de Pesquisa do Laboratório em Análise

Como a geração de Empresas Nascentes de Base Tecnológica (ENBT) tem a sua origem dentro dos laboratórios das universidades, pode-se dizer que a linha de pesquisa do laboratório define o tipo de tecnologia a ser incorporado num produto comercial. O laboratório da ENBT estudada concentra sua pesquisa na análise do comportamento de vetores de patógenos transmissores de doenças, para auxiliar no desenvolvimento de armadilhas para captura de insetos adultos, possibilitando o controle e monitoramento das enfermidades causadas por estes. Avaliando este contexto, observa-se que a saúde pública está associada ao fato de que os artrópodes⁴ podem causar numerosas doenças ao homem e aos animais domésticos, por sua ação direta ou pela transmissão de agentes patogênicos de vários tipos, ocasionando altos índices de morbidade e mortalidade em várias partes do mundo (MARCONDES, 2001).

Analisando a linha de pesquisa do laboratório estudado neste trabalho faz-se necessário alguns esclarecimentos quanto às expressões parasitologia e entomologia. A Parasitologia é o ramo das Ciências Biológicas que estuda a relação ecológica entre os vetores hospedeiros e agentes etiológicos, conhecida como parasitismo. O parasitismo é a associação entre seres vivos em que existe unilateralidade de benefícios, sendo um dos associados prejudicados pela associação (NEVES, 2005). Já a Entomologia é a ciência que estuda o comportamento, a biologia e classificação dos insetos em geral. Entre as duas ciências há uma interseção, entomologia médica e veterinária, que se refere ao estudo dos insetos vetores de agentes patogênicos. Dentre os vários ramos de pesquisa desta interseção tem-se a Ecologia Química de Insetos, que refere-se à comunicação entre os seres por meio de sinais químicos (VILELA & DELLA-LÚCIA, 2001).

⁴ Classificação dos animais que possuem o corpo revestido de esqueleto quitinoso dividido em cabeça, tórax e abdome (MARCONDES, 2001).

A ecologia química foca a comunicação entre os seres vivos, que possibilita o acasalamento, localização de presas, defesa, seleção de plantas hospedeiras e na organização das atividades sociais (NORLUND, 1984). Esta comunicação é um processo de troca de informações entre os animais, com vantagens mutuamente adaptativas, sendo que as substâncias químicas envolvidas neste processo de comunicação entre os organismos são denominadas de semioquímicos, que significa “sinais químicos” que permitem a interação entre os seres vivos.

Os semioquímicos abrangem substâncias intraespecíficas (dentro da mesma espécie de ser vivo) denominadas feromônios e interespecíficas (entre diferentes espécies de seres vivos) denominadas infoquímicos. Dentre os diferentes infoquímicos, destacam-se os cairomônios e os apneumônios (VILELA & DELLA-LÚCIA, 2001), sendo estes utilizados em armadilhas⁵ para controle dos vetores.

O termo cairomônio deriva do grego “kairo”, que significa oportunista, e foi proposto por Brown *et al.* (1970) para designar substâncias químicas, interespecíficas que desencadeiam uma reação fisiológica ou comportamental beneficiando a espécie receptora, enquanto que o termo apneumônio serve para designar substâncias químicas emitidas por material inerte e que evocam uma reação comportamental ou fisiológica adaptativamente favorável ao receptor, e não ao organismo da outra espécie que possa ser encontrado em ou sobre o material inerte.

Dentro da Entomologia Médica e Veterinária, existem vários vetores de agentes patogênicos que causam doenças maléficas ao homem e animais. Conforme observado na Figura 9⁶, as três primeiras doenças (esquistossomose, leishmaniose visceral e dengue) são responsáveis por grande parte do número de óbitos, representando aproximadamente 85% dos casos.

⁵ Armadilhas: são os instrumentos de captura dos mosquitos nas suas diferentes fases do ciclo de vida.

⁶ A Figura 10 mostra várias doenças causadas por agentes patogênicos. Dentre os vetores desses agentes, tem-se os seguintes hospedeiros invertebrados: *Biomphalaria glabrata*, *Lutzomyia longipalpis*, *Aedes aegypti*, *Anopheles darlingi* e *Triatoma infestans*, que transmitem os agentes etiológicos *Schistosoma mansoni*; *Leishmania chagasi*; vírus da dengue (arbovírus) e o vírus da febre amarela (flavivírus sp.); *Plasmodium* sp. e *Trypanosoma cruzi* respectivamente. Estes agentes, por sua vez, transmitem as doenças denominadas esquistossomose, leishmaniose visceral, dengue e febre amarela, malária e por fim a Doença de Chagas.

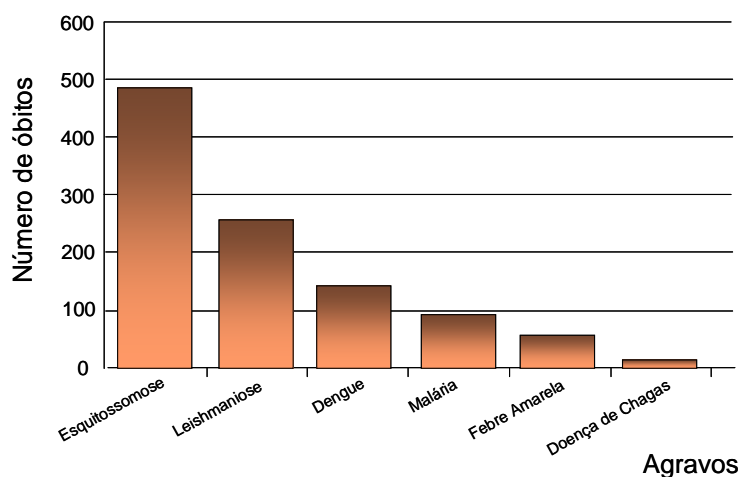


Figura 9: Número de óbitos das principais doenças transmitidas por vetores no Brasil
 Fonte: Documentos da empresa

Devido às modificações climáticas, as condições ambientais e o ciclo de vida de cada um desses parasitas, tais aspectos fazem com que as populações dos vetores de agentes patogênicos aumentem, diminuam ou migrem para as diferentes regiões do país podendo ocasionar o aparecimento dessas doenças (MARCONDES, 2001).

O *spinoff* em análise trabalha com os vetores dos agentes etiológicos das doenças leishmaniose, dengue, malária, filariose linfática⁷, além das moscas que podem sugar sangue, parasitarem tecidos e/ou funcionarem como veículos para disseminação de ovos de helmintos.

Devido à relevância da dengue no Brasil, conforme visto na Figura 9, o *spinoff* concentrou-se no desenvolvimento de armadilhas de controle e monitoramento do mosquito *A. aegypti*, inseto da Família *Culicidae*, que utiliza atraentes⁸ com base nos estudos de ecologia química. O mosquito, como qualquer outro ser vivo, passa por fases de transformação em todo o seu ciclo de vida, e, portanto, para cada uma dessas fases, existem armadilhas e meios de controle para o combate de sua proliferação. Diante de tais fatos, observa-se a relevância do estudo ora proposto, uma vez que o desenvolvimento de armadilhas eficientes pode favorecer o controle e monitoramento, através de *software* específico, das doenças relacionadas ao respectivo vetor. Para tanto, o desenvolvimento do produto armadilha deve contemplar todas as informações necessárias ao controle do vetor, o que será obtido através do estudo e testes de protótipos a partir da atividade projetual.

⁷ As doenças dengue, malária e filariose linfática são transmitidas por vetores pertencentes à família Culicídeos (Mosquitos), já o vetor da leishmaniose à família dos flebotomíneos.

⁸ Atraentes: para o contexto em estudo, são semioquímicos (substâncias intraespecíficas ou interespecíficas) capazes de atrair o mosquito para a oviposição ou repasto sanguíneos.

Abaixo se encontra uma breve explicação sobre as fases do mosquito *A. aegypti*, seu comportamento e as principais medidas de controle utilizadas.

2.2.1 O Mosquito *A. aegypti*

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 1987) a dengue manifesta-se como uma enfermidade infecciosa aguda caracterizada por um amplo espectro clínico que varia desde formação de infecção assintomática ou febre indiferenciada, até as graves formas de hemorragia e/ ou choque. Os casos típicos de dengue podem ser agrupados em duas categorias principais: (a) dengue clássica e (b) dengue hemorrágica.

Os primeiros casos de dengue no Brasil foram relatados em Niterói, Rio de Janeiro em 1923, baseados em critérios clínicos da Organização Panamericana de Saúde (OPAS, 1992). Atualmente, a dengue tornou-se endemo-epidêmico na maioria dos estados do Brasil (MS, 1991,1992). No Brasil, a doença apresenta um padrão sazonal, com maior incidência de casos nos primeiros cinco meses do ano, que correspondem ao período mais quente e úmido, típico dos climas tropicais (NOBRE *et al.*, 1994).

Seus criadouros preferenciais são os utensílios artificiais utilizados pelo homem como pneus, latas, vidros, cacos de garrafa, pratos de vasos, xaxins e vasos de cemitério, além de caixas de água, tonéis, latões e cisternas destampadas ou mal tampadas, ou mesmo os lagos artificiais, piscinas e aquários abandonados. A proliferação do *Aedes aegypti* ocorre nestes recipientes quando a água acumulada nos mesmos se encontrar limpa e pobre em matéria orgânica em decomposição e em saís, acumulada em locais sombreados e de fundo ou paredes escuras (CONSOLI & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994).

Devido ao seu hábito alimentar diurno, esta espécie dotou-se de certa habilidade em escapar de ser morto pela vítima durante o repasto⁹ sangüíneo, retornando a atacá-la novamente ou procurando outra vítima. Este comportamento tem grande importância epidemiológica, pois uma fêmea infectada pode ter várias alimentações sanguíneas curtas em diferentes hospedeiros, disseminando assim o vírus da dengue ou da febre amarela (EIRAS, 2000). É por ocasião dessas picadas hematofágicas do vetor infectado (ciclo do vírus da dengue *A. aegypti* – homem - *A. aegypti*) que as fêmeas atuam como veiculadoras de organismos patogênicos, que determinam várias enfermidades. No mosquito vetor infectado, o vírus, após a multiplicação, concentra-se em glândulas salivares. A partir deste momento, o vetor transmite

⁹ Repasto: refere-se a alimentação sangüínea da fêmea para maturação dos ovos.

os vírus para quantas pessoas forem picadas e a fonte de infecção é o homem que tem a susceptibilidade de se infectar por ele (MARCONDES, 2001)

O mosquito transmissor do vírus da dengue é um inseto holometábolo¹⁰ que passa por quatro estágios biológicos distintos: ovo, larva (com quatro instares), pupa e adulto (Figura 10).

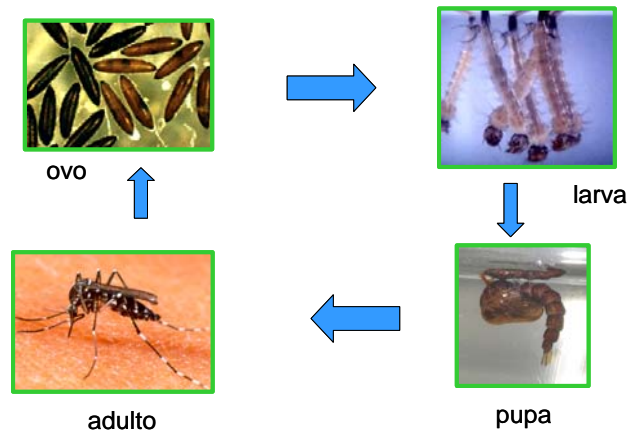


Figura 10: Ciclo de Vida do Aedes Aegypti
Fonte: Marcondes, 2001

As fases de ovo, larva e pupa desenvolvem-se em águas doces dormentes. Estas espécies têm criadouros em ocios de árvores, entre as folhas de plantas, desenvolvendo-se em valas de drenagem e de esgoto a céu aberto, em recipientes artificiais lançados na natureza, como latas, garrafas, pneus abandonados e enfim, qualquer lugar que acumule água (MARCONDES, *op cit.*).

Para o autor, o número de ovos por fêmea é regido por fatores endógenos situando entre 10 a 200 ovos por fêmea. O horário de oviposição¹¹ em criadouros está no período de duas horas após o pôr-do-sol ou após o nascer-do-sol. As fêmeas, depois de fecundadas, têm necessidade de alimento sangüíneo para que ocorra a maturação dos ovos. Numerosos fatores de ordem endógena e exógena têm grande influência no período de desenvolvimento embrionário de ovos em diferentes espécies de mosquitos, como os fatores de temperatura ambiente, luminosidade e a nutrição, os quais exercem importante papel no crescimento de imaturos.

A dengue é uma situação alarmante devido à rápida dispersão de Aedes aegypti, seu vetor principal, em todo o território dos países americanos, especialmente no Brasil. No ano de 2004 e 2005 foram registrados aproximadamente 118 e 248 mil casos de dengue no Brasil, e

¹⁰ Denominação para os insetos com metamorfose completa.

¹¹ Oviposição: ato do mosquito fêmea depositar os ovos em um criadouro qualquer.

foram confirmados 8 e 45 casos de óbitos, respectivamente (disponível em: <www.saude.gov.br>. Acesso em 22 de janeiro de 2007). Apenas na cidade de Belo Horizonte, foram constados 646 casos de dengue clássico¹² e nenhum caso de dengue febre hemorrágica¹³ (disponível em: <www.pbh.gov.br>. Acesso em 22 de janeiro de 2007).

Segundo Marcondes (2001), em áreas endêmicas a doença é praticamente inevitável, pois ainda não foram obtidas vacinas contra os quatro sorotipos da dengue necessários para imunizar a população e não existe qualquer evidência técnica de que a erradicação do mosquito seja possível, em curto prazo (FUNASA, 2002). Por enquanto, a única maneira de prevenir a ocorrência desta arbovirose é pelo controle da proliferação de *A. aegypti*. Isto se dará com o saneamento do meio ambiente, eliminando os focos de procriação do vetor e com proteção individual contra picadas.

2.2.2 Métodos de monitoramento e controle do mosquito *A. aegypti*

O monitoramento do mosquito consiste basicamente na pesquisa regular para detecção de focos de *A. aegypti*, sendo desenvolvida através das atividades de levantamento de índice; pesquisa em pontos estratégicos; pesquisa em armadilhas; pesquisa vetorial especial; serviços complementares (FUNASA, 2001). Para a realização de pesquisas entomológicas, as prefeituras têm utilizado, por exemplo, um método de monitoramento larval (Larvitrapas), correspondendo à Pesquisa Larvária por meio do LI (Levantamento de Índice) ou LIRA (Levantamento de Índice Rápido). Segundo as informações da FUNASA, todos os depósitos que contêm água são inspecionados, com ou sem a ajuda de fonte luminosa (lanterna e/ou espelho) para detectar focos de larvas e pupas do mosquito. A pesquisa larvária permite conhecer o grau de infestação, dispersão e densidade por *A. aegypti* nas localidades e este método tem uma periodicidade bimensal nas localidades infestadas ou quadrimensais naquelas não infestadas.

¹² Dengue clássico: a primeira manifestação é a febre alta (39° a 40°C), prostração, náuseas, vômitos, coceiras cutâneas, dor abdominal generalizada. Manifestações hemorrágicas têm sido relatadas mais freqüentemente entre adultos, ao fim do período febril. A doença tem duração de 5 a 7 dias, mas o período de convalescença pode ser acompanhado de grande debilidade física, e prolongar-se por várias semanas (MS, 2005).

¹³ Febre hemorrágica da dengue: os sintomas iniciais são semelhantes aos do DC, porém há um agravamento do quadro no terceiro ou quarto dias de evolução, com aparecimento de manifestações hemorrágicas e colapso circulatório. Nos casos graves de dengue hemorrágica, o choque geralmente ocorre entre o 3° e 7° dias de doença, geralmente precedido por dor abdominal. É de curta duração e pode levar a óbito em 12 a 24 horas. Caracteriza-se por pulso rápido e fraco, com diminuição da pressão de pulso e arterial, extremidades frias, pele pegajosa e agitação. Alguns pacientes podem ainda apresentar manifestações neurológicas, como convulsões e irritabilidade (MS, 2005).

Conforme mencionado, o monitoramento larval utiliza armadilhas denominadas de larvitampas que, segundo relatório da FUNASA (2001), são depósitos geralmente feitos de barro ou de pneus usados, dispostos em locais considerados porta de entrada do vetor adulto, tais como portos fluviais ou marítimos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários e terminais de carga, etc. Durante a inspeção, que é rigorosamente semanal, deve ser priorizada inicialmente a captura de mosquitos adultos e, em seguida, faz-se a busca de ovos, larvas e pupas em número máximo de dez. A finalidade básica é a detecção precoce de infestações do mosquito e qualquer armadilha que resulte positiva para *A. aegypti* deve ser limpada para que possa ser reutilizada, ou eliminada, sendo então substituída por outra.

Outro método bastante utilizado para o monitoramento do vetor, nas pesquisas entomológicas, são as armadilhas ovitampas (FUNASA, 2001). As ovitampas são depósitos de plástico preto com capacidade de 500 ml, com água e uma paleta de madeira (com superfície rugosa), onde serão depositados os ovos do mosquito. A inspeção das ovitampas é semanal, quando então as paletas serão encaminhadas para exames em laboratório e substituídas por outras. Assim, a presença, distribuição e variação da densidade na população de *A. aegypti* em uma área pode ser determinada pela existência dos seus ovos nas paletas dessas armadilhas. Estes índices podem expressar a porcentagem de casos positivos e o número de ovos por paleta. As armadilhas de oviposição fornecem um método mais sensível e econômico para detectar a presença de *A. aegypti*, em situações onde a densidade populacional é baixa e geralmente não é detectada pelo método da pesquisa larvária e são especialmente úteis na detecção precoce de novas infestações em áreas onde o mosquito foi eliminado (ROQUE, 2002). Estas armadilhas são extensivamente utilizadas em aeroportos e portos internacionais e rotineiramente usadas em países desenvolvidos.

As armadilhas de oviposição são muito utilizadas no monitoramento do mosquito *A. aegypti* e a sua eficiência é potencializada quando infusões de matérias orgânicas adicionadas à água são utilizadas como atraentes e estimulantes. Os atraentes de oviposição são responsáveis pela resposta a longa distância e são constituídos por estímulos visuais (cor), físicos (temperatura, umidade) e químicos (odores) que auxiliam as fêmeas grávidas na localização dos sítios de oviposição, enquanto que, os estimulantes são responsáveis pela resposta a curta distância ou até mesmo resposta por contato (ROQUE, *op cit.*). Pensando nos atraentes químicos, foi estimulado o desenvolvimento do atraente, utilizando infusões de diferentes matérias orgânicas como o capim colônia. Existem estudos em andamento para aumentar o nível de eficiência destas armadilhas para que elas sirvam não somente como monitoramento como

também para o controle, o que reduziria os custos adicionais com outras medidas de controle representando uma atenuação nos riscos da doença dengue.

Conforme se pôde observar pelos tipos de pesquisas entomológicas, o combate ao *A. aegypti* pode ser feito nas fases de ovos, larva e adulto, porém esse combate difere muito se o mosquito apresenta hábitos urbanos ou silvestres (EIRAS, 2000). O combate às larvas é feito através da utilização de quatro métodos básicos de controle: i) químico, ii) físico, iii) biológico, iv) integrado v) comportamental (ROQUE, 2002; NEVES, 2005). Segundo os autores, o controle químico consiste na utilização de produtos químicos nos criadouros com o objetivo de matar as larvas, impedindo desta forma a continuação do ciclo.

O método de *controle físico* consiste em modificar ou remover os criadouros de larvas visando interromper o ciclo biológico do *Aedes*. Este trabalho é feito durante as campanhas de combate ao vetor, pelos agentes de saúde juntamente com as prefeituras e a população, que é estimulada a remover da sua residência todo tipo de material que possa ser utilizado como criadouro pelo mosquito.

O *controle biológico* consiste em utilizar organismos capazes de parasitar, predação ou mesmo competir com as formas imaturas dos mosquitos. Já o *controle integrado* consiste em associar dois ou mais métodos de controle simultaneamente ou seqüencialmente, visando reduzir os custos e aumentar os resultados. Um dos aspectos que constitui medida de controle integrado é a orientação da população para proceder à destruição em suas casas, de todos os possíveis criadouros, bem como a aplicação de inseticida.

O *controle comportamental* consiste em atrair e capturar os adultos em armadilhas, reduzindo a população de insetos a níveis toleráveis. Os atraentes utilizados são voláteis provenientes de infusões de matéria orgânica (gramíneas) que atraem fêmeas grávidas dos mosquitos para a oviposição (EIRAS & MAFRA-NETO 2001). Outros atraentes que foram desenvolvidos e apresentam grande potencial para capturar mosquitos adultos, são originados dos voláteis do odor humano que atraem fêmeas para o repasto sanguíneo (EIRAS & JEPSON 1991; 1994).

Os métodos de combate aos insetos adultos são o aspirador, que não representa uma alternativa usada intensivamente nas rotinas, e os métodos de aplicação de produtos químicos ou biológicos, através do tratamento focal, tratamento perifocal e da aspersão aeroespacial de inseticidas. Esta aspersão, popularmente conhecida como “fumacê”, é um inseticida na forma líquida que a prefeitura asperge sobre as casas da cidade para matar os insetos adultos, enquanto estão em atividade, geralmente pela manhã e tarde (EIRAS, 2000). O fumacê era

aplicado somente quando havia alta infestação do mosquito da dengue em determinada região urbana e podia ser considerado um recurso extremo (porque era utilizado em um momento de alta infestação do mosquito), quando as ações preventivas de combate a dengue falharam ou não foram adotadas (OPAS, 1992). Atualmente, questiona-se a eficiência da aplicação do fumacê e vários municípios brasileiros não utilizam este método de controle. Algumas vezes, os mosquitos e larvas desenvolvem resistência aos produtos o que acaba inviabilizando o método de controle. Neste sentido, as restrições de aplicações dos métodos de controle do inseto adulto, motivaram a criação de uma armadilha para a captura do vetor adulto. Esta armadilha é a ferramenta utilizada para coletar dados durante a prestação do serviço às prefeituras, representando o produto da empresa em análise neste estudo.

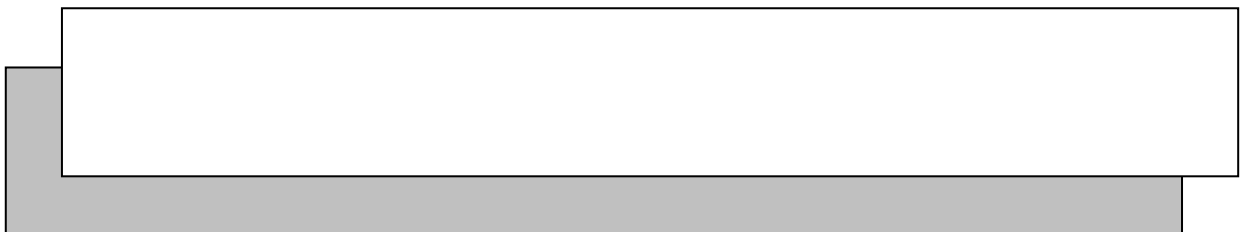
Vale lembrar também, que todas estas políticas de monitoramento e controle são gerenciadas pelo PNCD (Programa Nacional de Controle da Dengue). Segundo o relatório da FUNASA (2002), o PNCD procura incorporar as lições das experiências nacionais e internacionais de controle da dengue, enfatizando a necessidade de mudança nas políticas, principalmente o que se refere a elaboração de programas permanentes; o fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica para ampliar a capacidade de predição e de detecção precoce de surtos da doença; a integração das ações de controle da dengue na atenção básica, com a mobilização do Programa de Agentes Comunitários de Saúde, Programa de Saúde da Família dentre outros. Os objetivos do PNCD são reduzir a infestação pelo *A. aegypti*; reduzir a incidência da dengue; reduzir a letalidade por febre hemorrágica de dengue.

O PNCD é implantado por intermédio de 10 componentes: vigilância epidemiológica, combate ao vetor, assistência aos pacientes, integração com atenção básica, ações de saneamento ambiental, ações integradas de educação em saúde, comunicação e mobilização social, capacitação de recursos humanos, legislação, sustentação político-social e é o responsável pelo acompanhamento e avaliação das políticas de controle e monitoramento. Sua atuação é, portanto, importante para o *spinoff* em análise, uma vez que o PNCD é o órgão que regulamenta os produtos que influenciam a doença.

Então, neste capítulo foram descritos os conceitos relacionados ao *spinoff* e também o contexto de pesquisa a qual a empresa em estudo pertence. Para tanto, foram apresentados tanto a área de conhecimento do laboratório, o panorama sobre a doença dengue quanto os métodos de controle e monitoramento para o vetor transmissor do agente patogênico. No próximo capítulo são discutidas as ferramentas que auxiliam o desenvolvimento de protótipos de armadilhas de oviposição durante o PPTec da empresa.

CAPÍTULO 3

FERRAMENTAS DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DE PROTOTIPOS DURANTE O PPTEC



3. Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar as ferramentas que podem auxiliar no desenvolvimento dos protótipos durante o PPTec das ENBT's. Serão apresentadas as ferramentas de gestão da informação como o PDM (Gerenciamento de Dados e Informações do Produto) e PLM (Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto) e as ferramentas técnicas como o planejamento e análise de experimentos e as de prototipagem para fornecer suporte à operacionalização do PPTec de um *spinoff* acadêmico.

3.1 O Desenvolvimento de Protótipo no Contexto do Processo de Planejamento Tecnológico

Empresas Nascentes de Base Tecnológica (ENBT's) originadas de ambientes acadêmicos desenvolvem produtos a partir das tecnologias geradas nos laboratórios das universidades e centros de pesquisa. Tem-se que o Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec) é uma forma de orientar o desenvolvimento da tecnologia e do produto até a sua comercialização (CHENG *et al.*, 2007). O desenvolvimento do produto incorpora as aplicações mercadológicas com a tecnologia desenvolvida, passando pelo projeto do produto, desenvolvimento do protótipo, fabricação e comercialização do mesmo (COOPER *et al.*, 2002; AJAMIAN & KOEN 2002; MARXT *et al.*, 2004). Esta concepção de interligar o desenvolvimento da tecnologia ao desenvolvimento do produto (COOPER, 1993) propõe uma nova metodologia, denominada *Technology Stage-Gate* (TSG), que envolve o gerenciamento das atividades iniciais do desenvolvimento de tecnologias, sem que haja perda no processo criativo necessário nas etapas iniciais do projeto.

Em referência ao que foi apresentado no capítulo anterior podemos dividir o PPTec em duas fases: primeiramente o desenvolvimento da tecnologia e posteriormente o desenvolvimento do *spinoff*. A primeira fase está associada ao projeto da tecnologia que envolve as etapas de pesquisa, tecnologia embrionária e o protótipo laboratorial da tecnologia. Concluída esta fase, inicia-se a fase de projeto do produto, com o protótipo laboratorial do produto, protótipo funcional até o protótipo comercial. O projeto do produto consiste basicamente na transformação de idéias e informações em representações bi e tridimensionais e que incorporam as informações da tecnologia, produção e mercado. Durante este processo de transformação é importante que as decisões tomadas e as evoluções nas representações sejam organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação e arquivamento dos dados (ROMEIRO, 1997).

O processo de desenvolvimento dos protótipos pode ser analisado tanto no processo de transformação da idéia em um protótipo quanto ao processo de evolução dos protótipos ao longo da integração tecnologia, produto, produção e mercado, que representa a interpretação mais adequada do termo para esta pesquisa. Neste sentido, o estudo busca identificar meios que favoreçam o fluxo de informação durante as etapas do PPTec que vai desde a pesquisa científica, tecnologia embrionária, protótipo laboratorial da tecnologia, protótipo funcional e protótipo comercial do produto. Quando a equipe conseguir passar de um tipo de protótipo para outro na seqüência, significa que passa a existir uma maturidade com relação ao PPTec, uma vez que o protótipo se aproxima mais do produto comercial e daí para a efetiva comercialização em escala. Neste sentido, o desenvolvimento de protótipos é o resultado da atividade projetual (construção protótipo – teste) na busca por protótipos que possuam características que atendam a eficiência tecnológica e as necessidades do mercado.

Para Munari (1975)¹⁴ o processo projetual possui os seguintes pontos principais:

- i) *Enunciado do problema*: O problema a ser abordado deve estar bem definido, de acordo com a análise das necessidades, seja esta análise realizada pela empresa ou pelo próprio projetista, sob pena de todo o processo de concepção ser alterado por uma definição equivocada da questão a ser atendida.
- ii) *Identificação dos aspectos e funções*: O problema deve ser analisado a partir de dois componentes principais: o físico e o psicológico. O componente físico (viabilidade técnica e econômica) se refere à forma do produto, enquanto o psicológico (aspectos culturais, históricos e geográficos) aborda a relação entre o produto e seu usuário.
- iii) *Limites para o projeto*: Durabilidade prevista para o produto, utilização de componentes já existentes, limites legais (proibições de determinados produtos ou substâncias, por exemplo), exigências e características do mercado.
- iv) *Disponibilidade técnica*: Deve-se ter pleno conhecimento dos processos e materiais a serem utilizados, visando a obtenção do melhor resultado com o menor custo.
- v) *Criatividade*: Elemento central do processo de concepção, pois deve levar a uma síntese das necessidades e dos elementos identificados sem, contudo atuar fora dos limites previamente impostos, levando a uma “solução ótima” para o produto, que atenda as necessidades levantadas e dentro dos limites existentes, apresentando um produto com variável grau de inovação.

¹⁴ Ver figura 11

vi) *Modelos*: Da síntese criativa nascem os modelos, de tamanho natural ou em escala, em níveis crescentes de detalhamento e sofisticação, até atingirem a forma do produto final, com a construção de um ou mais protótipos, o que representa o foco do estudo.

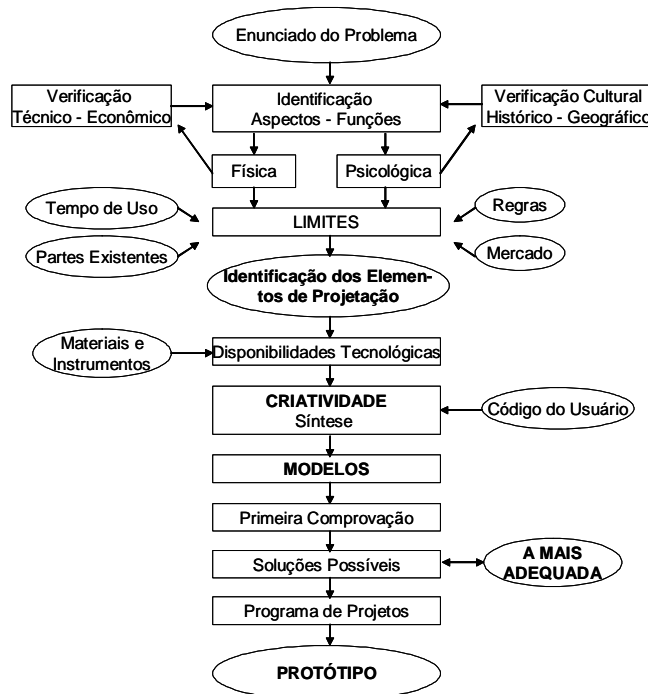


Figura 11: Processo Projetual
Fonte: Munari (1975)

Este processo metodológico da atividade projetual apresenta estreita semelhança com outros métodos de solução de problemas como a identificação das necessidades, levantamento das informações, concepção, geração de alternativas, determinação da solução e detalhamento. As formas de aplicação destas metodologias, entretanto, apresentam diferenças importantes, o que torna cada uma delas apropriadas a um determinado tipo de problema (ou produto). Pode-se dizer que o nível de sofisticação e detalhamento do processo metodológico adotado obedece às características do produto a ser desenvolvido. Para agilizar o processo projetual até mesmo dos produtos mais complexos, há uma necessidade de interação e integração entre os membros da equipe empreendedora, para o fluxo eficiente de informações (REIS, 2006b). O conhecimento deve estar disponível em tempo hábil e destinada à pessoa certa, para que o processo tenha andamento eficiente.

Segundo Pfaelzer & Krizack (1998), existem duas metodologias de desenvolvimento de produtos, o Processo Prescritivo e o Processo Descritivo. O Processo Prescritivo (Figura 12) é caracterizado como um processo quase sempre linear, de múltiplas etapas, começando pela formulação do problema, passando pela geração de idéias até a produção do protótipo. Esta é

uma metodologia empregada para minimizar os riscos de se gastar muito recurso na produção de modelos e protótipos, o que pode significar uma grande quantia de capital quando nos referimos a produtos complexos. No Processo Prescritivo, os recursos e o tempo gasto na formulação e idealização do problema antes da construção do protótipo podem reduzir o número de modelos necessários para concluir um projeto bem sucedido.

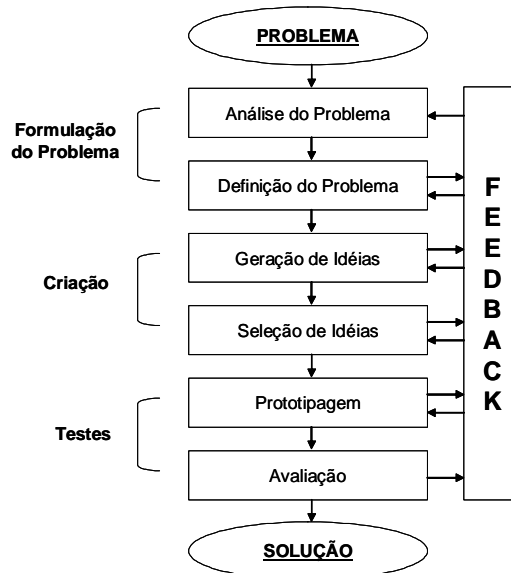


Figura 12: O Processo Prescritivo
 Fonte: Pfaelzer e Krizack (1998)

O Processo Descritivo (Figura 13) é conhecido como a primeira metodologia de projeto utilizada para desenvolvimento de produtos, voltando ao tempo em que os projetistas aprendiam na prática, ao invés de se especializarem em Escolas Técnicas ou Universidades. Ele é caracterizado pela produção rápida de um protótipo. O projeto é refinado através de um processo iterativo: protótipo/ avaliação. O projetista soluciona os problemas através da geração e avaliação das várias fases de protótipo.

O Processo Descritivo exige etapas descentralizadas de projeto, que devem ser executadas paralelamente, o que diminui consideravelmente o tempo de finalização do projeto. Mas este método não serve para produtos cujos custos de protótipos e modelos podem ser proibitivos. Outro problema enfrentado no Processo Descritivo é que ele depende de pessoas com elevado nível técnico e grande experiência em projeto, além de conhecimento acerca do produto. Assim, neste processo, as numerosas fases de prototipagem são necessárias para refinar o projeto, mas este método pode ser eficaz quando protótipos são construídos rapidamente a baixo custo, principalmente com o surgimento das novas tecnologias de prototipagem como a prototipagem rápida. Este processo também pode representar uma solução metodológica para

situações de alta tecnologia, em que muitas das vezes avaliar o problema e propor idéias adequadas antes de desenvolver o protótipo pode ser inviável pelo desconhecimento de muitas informações referentes ao produto. Nesse sentido torna-se necessário construir o protótipo para avaliar os resultados, sem que para isso haja a necessidade de uma reflexão aprofundada acerca da alternativa.

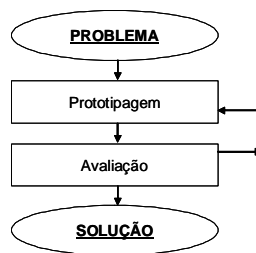


Figura 13: O Processo Descritivo
Fonte: Pfaelzer e Krizack (1998)

O projeto do produto, em específico aquele com foco no protótipo, representa, então, uma etapa importante no processo de desenvolvimento, uma vez que pode ser responsável por 70% dos custos relacionados ao produto (LEE *et al.*, 2006). Para otimizar este processo percebe-se a relevância da adoção de métodos como PDM (*Product Data Management*), que podem trazer benefícios nas etapas de compartilhamento de informações e favorecer as atividades que envolvem os princípios da prototipagem rápida e engenharia simultânea. Estas metodologias de projeto da tecnologia e do produto, podem ser vistas tanto no referencial de desenvolvimento de um protótipo isoladamente, quanto nas diferentes fases de desenvolvimento do protótipo dentro do PPTec, que compreende os vários tipos de protótipos (funcional e comercial por exemplo).

Então, durante a construção desses protótipos, existem duas categorias de ferramentas: i) ferramentas de gestão da informação que viabilizam o armazenamento e troca de dados entre os envolvidos na atividade de projeto como o PDM/PLM e as ii) ferramentas técnicas, que geram informações sobre a viabilidade técnica da tecnologia e produto, sendo subdivididas em ferramentas estatísticas e a de prototipagem. A ferramenta estatística planejamento e análise de experimentos auxilia no desenvolvimento das especificações e validação das diferentes soluções de produto, enquanto que as ferramentas de prototipagem favorecem a construção do protótipo propriamente dito. Esta última categoria é subdividida em prototipagem virtual (prototipagem fortemente associada às ferramentas CAD/CAE/CAM - Projeto, Engenharia e Manufatura Integrados por Computador, respectivamente - para o desenvolvimento de dados técnicos) e a prototipagem real, que representa a construção do

protótipo físico, podendo ser produzido por meio da tecnologia de prototipagem rápida (esteriolitográficos e sinterizados) ou por meio da construção de moldes e/ou ferramental.

3.2 Sistemas de Gerenciamento de Dados e Informações do Produto no Processo de Projeto

As ferramentas de armazenamento e gerenciamento de dados e informações, como o PDM, se fazem necessárias no contexto de ENBT's, principalmente porque existe no processo de projeto uma grande complexidade, seja pelo seu alto grau de inovação para um novo produto/processo seja por melhorias dos mesmos. Associado a isto se encontra a importância de estabelecer uma base de dados única para consulta e pesquisa nas diversas fases de evolução da tecnologia. A estrutura que caracteriza as ENBT's é na maioria das vezes pautada em conhecimentos empíricos relativos ao desenvolvimento de um produto comercial, o que demonstra um saber associado à experiência de cada pesquisador, mas que não são tratados de forma integrada entre os mesmos. Neste caso, um sistema integrado de dados pode facilitar o acesso às informações de todos os pesquisadores-orientados e pesquisador-orientador, evitando que as informações fiquem descentralizadas entre os envolvidos, proporcionando uma continuidade integrada das atividades relacionadas à pesquisa e desenvolvimento da tecnologia a ser incorporada em um produto comercial. Assim, os resultados dos experimentos realizados por cada pesquisador podem ser compartilhados, permitindo que as pessoas possam gerar novos conhecimentos, utilizando como base as informações já adquiridas por outros membros da equipe.

Além disso, observa-se a necessidade de arranjos capazes de reunir competências multidisciplinares, uma vez que as tarefas de processo de desenvolvimento de projeto têm um alto índice de complexidade de coordenação, o que em tese poderia ser facilitado com o uso de sistemas PDM para apoio às atividades das equipes (LEE *et al.*, 2006). As mudanças de mercado exigem que o processo seja dinâmico e tenha respostas rápidas às necessidades impostas. Dessa maneira, torna-se importante avaliar e gerenciar as incertezas e possíveis divergências que possam existir nas etapas que compõem o projeto.

Lee *et al.* (*op cit.*) propõem a diminuição dos problemas relacionados ao projeto de produto, através do uso de inteligência artificial como uma maneira de contribuir para que as divergências encontradas no processo possam ser resolvidas. Essas informações depois de analisadas podem ser armazenadas em uma base de dados. De acordo com os autores, a cada nova situação que surge durante o processo novas informações relacionadas ao caso (ou

problema) podem ser acrescentadas, facilitando o modelamento e padronização de uma base de dados, que servirá de auxílio e consulta aos diversos atores envolvidos no desenvolvimento de produtos.

Percebe-se que estas informações são importantes principalmente no que tange ao desenvolvimento de protótipos. O protótipo é uma forma pela qual a equipe de desenvolvimento pode se comunicar, utilizando uma linguagem comum e identificando as falhas de projeto, além de facilitar a verificação da qualidade do produto desenvolvido. O desenvolvimento de produtos necessita de diferentes tipos de informações, o que pode ser facilitado se forem disponibilizados aos diversos usuários os dados necessários à simulação dos conceitos e construção dos protótipos. Nesse sentido o PDM pode contribuir de forma eficaz, pois um produto pode ter muitas variações, o que demonstra a necessidade de gerenciamento das informações em cada etapa do seu ciclo de vida, desde o conceito até sua disposição final. Este alinhamento permite a busca por aspectos que conciliam conceitos, simulações, desenhos de engenharia, especificações do produto e processo, planos de processos, entre outras, necessárias para ao planejamento da atividade projetual de forma a viabilizar o produto comercial e a realização da produção em escala piloto e industrial.

O sistema PDM deve ser capaz de se integrar a outros sistemas tanto para receber como para fornecer informações. Apesar dos sistemas PDM terem surgido na década de 80, com o objetivo de gerenciar a grande quantidade de informações de projeto criadas pelos sistemas de apoio à engenharia, tais como o CAD, é na atualidade que se observa uma aplicabilidade mais abrangente de seu conceito. Seu conceito se expandiu, de modo que vários autores (LEE *et al.*, 2006; MESIHOVIC *et al.*, 2000; ZANCUL, GUERRERO, ROZENFELD & OLIVEIRA 1998) definem PDM como uma ferramenta para o gerenciamento de todas as informações de desenvolvimento do produto e do processo. Neste sentido, o PDM favorece a criação de uma metodologia capaz de articular os diferentes interesses e conhecimentos dos pesquisadores em torno do protótipo, o qual representa uma linguagem comum para o estabelecimento de uma solução que atenda as diferentes percepções dos envolvidos nas atividades do PPTec. Em pesquisas de Zancul *et al.* (*op cit.*) e CIMdata (1996), são relatadas que as principais funções do PDM são aquelas ligadas diretamente à solução do problema que estes sistemas se propõem a resolver:

- a) *vault*: local onde os documentos são armazenados com segurança e controle de acesso;
- b) gerenciamento do fluxo de trabalho ou *workflow*: automatiza os processos através da circulação, roteamento e controle de tarefas;

- c) gerenciamento da estrutura de produto/processo: gerencia a configuração das partes do produto/processo e seus relacionamentos;
- d) identificação e classificação de itens: são mecanismos de identificação e classificação de itens necessários para permitir buscas e recuperação de informações;
- i) gerenciamento de projetos: esta funcionalidade, ainda pouco desenvolvida nos sistemas PDM, gerencia as atividades, prazos e recursos no processo de desenvolvimento de produtos.

É interessante destacar que tais ferramentas, apesar das facilidades, ainda apresentam problemas relacionados ao processo de integração. As características desses sistemas principalmente quando associadas aos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planing*) devem ser definidas levando-se em consideração os requisitos específicos de cada organização. Entretanto, vários estudos comprovam que a estrutura de produto é o principal elemento dessa integração. Zancul *et al.* (*op.cit*) afirmam que é na estrutura de produto que estão concentradas as informações e os relacionamentos de itens de um produto, sendo de fundamental importância para o processo de desenvolvimento de produtos e para a manufatura. Seguindo as afirmações dos próprios autores, um exemplo de integração é a transferência de uma estrutura de produto funcional de um sistema PDM, utilizado pela engenharia, para uma estrutura de montagem em um sistema ERP, utilizado pela manufatura.

“Uma integração desse tipo deve levar em consideração questões como a definição do sistema que será o “dono” da informação ao longo do ciclo de vida, a definição da forma de acesso às informações e o estabelecimento de procedimentos de controle de modificações de engenharia. A especificação de uma abordagem de integração muitas vezes é condicionada não só pelas necessidades da empresa, mas também pelas soluções técnicas disponíveis para viabilizar a conexão entre os sistemas. Dessa forma, é necessário que haja um compromisso entre os requisitos conceituais e as soluções técnicas disponíveis para garantir uma implementação eficiente.” (ZANCUL *et al.*, 1998)

Através de estudos realizados por Romeiro (1997) e Fernandes (2005) foram observados que a adoção de equipamentos ou *softwares* de apoio à atividade projetual sem a preparação adequada para sua implementação, ao invés de representar um ganho para a empresa, pode significar simplesmente a aceleração de procedimentos já existentes. Ainda segundo os autores foi possível perceber que o potencial representado pelas ferramentas CAx

(CAE/CAD/CAM/CAPP)¹⁵ vai muito além de formas pontuais de aceleração de processos anteriores, como a geração automática de desenhos. Ao contrário, pode-se dizer que os reais benefícios para a empresa estão associados à melhoria dos resultados do projeto em termos de qualidade, como redução de erros de verificação e compatibilidade, eliminação de algumas etapas, como a redução do número de protótipos através de protótipos virtuais, melhoria da integração entre equipes dos diversos setores envolvidos e outros. Essas atividades, cruciais para o sucesso do projeto do produto, dependem de uma apurada interação entre os sistemas PDM e CAx existentes, os membros da equipe de projeto e entre as outras equipes envolvidas nos processos ligados à produção.

O protótipo deve incorporar, além das informações da produção, fabricação e engenharia propostas nas ferramentas CAD, CAM e CAE, informações sobre o uso do produto na tentativa de construir uma solução que seja viável para todo o sistema de projeto, produção e consumo do produto (ótimo global), o que não necessariamente representaria uma solução ótima sob a perspectiva individual de cada um. Associadas a essas ferramentas CAx surgiram outros conceitos para gerenciamento de informações, mas não apenas associadas ao desenvolvimento do produto, mas a todo seu ciclo de vida desde o conceito até sua disposição final no ambiente, o que chamamos de *Product Lifecycle Management (PLM)* (SHARMA, 2005; SUDARSAN *et al.*, 2005). O PLM pode ser integrado a outras ferramentas como os Sistemas CAD, para elaboração de protótipos digitais, utilizando técnicas de projetos automatizadas. Estas técnicas podem reduzir uma enorme quantidade de tarefas repetitivas realizadas pelos projetistas durante os estágios de desenvolvimento do produto (BALAJI, 2003).

Para Sharma (2005), PLM é um conceito que visa integrar os vários processos e as fases envolvidas durante um ciclo de vida de um produto típico com as pessoas que participam dos processos do desenvolvimento de produto: conceito, projeto, protótipo, planejamento, desenvolvimento, manufatura, mercado, venda, uso-serviço e reciclagem. No modelo de maturidade do PLM descrito pelo autor (Figura 14), são apresentados os arranjos estruturais de trabalho necessários para se alcançar uma estrutura favorável à adoção do PLM. Para o estudo em questão, o PLM propicia a busca, desde a etapa de projeto, de um protótipo que atenda às necessidades das etapas do ciclo de vida que envolvem o projeto, a produção e

¹⁵ CAE – *Computer Aided Engineering* ou Engenharia Auxiliada por Computador; CAD – *Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador; CAM – *Computer Aided Manufacturing* ou Manufatura Auxiliada por Computador e CAPP – *Computer Aided Process Planning* ou Planejamento do Processo Auxiliado por Computador.

consumo. Esta pesquisa não pretende discutir o potencial da aplicabilidade do PLM para as questões relacionadas a reciclagem e disposição final do produto.

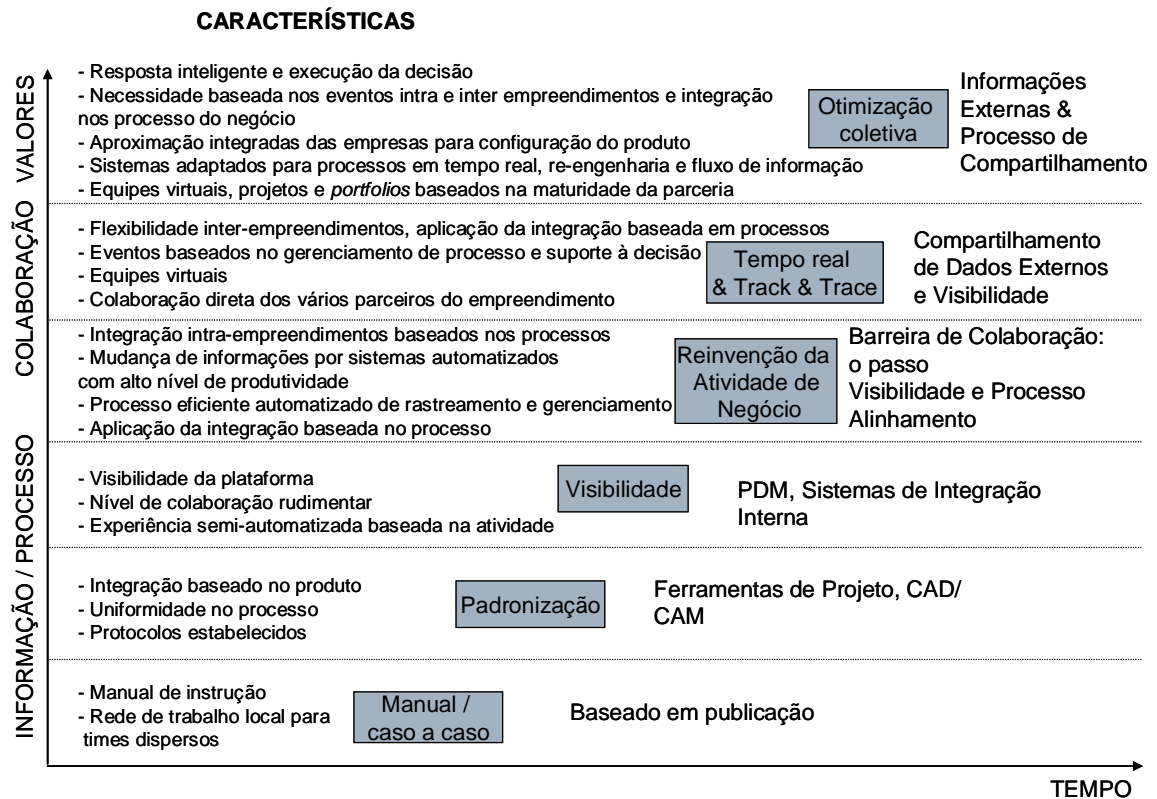


Figura 14: Modelo de Maturidade PLM
 Fonte: Adaptado de Sharma (2005)

A importância do PLM está na forma como são gerenciadas as informações de produtos das empresas e todo seu ciclo de vida. Principalmente, porque demonstram que o mesmo pode contribuir para inovações, agilidade no processo de colocação do produto no mercado e redução de erros (SUDARSAN *et al.*, 2005). Os sistemas PLM estão ganhando a aceitação e credibilidade para controlar toda a informação sobre produtos em organizações, durante o ciclo de vida dos produtos.

A globalização das economias, bem como o estímulo que induziu ao aumento da concorrência em nível global contribuiu para que muitas empresas passassem a adotar o conceito de PLM e ao mesmo tempo desenvolvessem tais conceitos para que fossem incorporados a sistemas ou modelos para gerenciamento do ciclo de vida de produtos. Os princípios de PLM contribuem, ainda, para dinamizar o desenvolvimento de produto e impulsionar a inovação no processo produtivo. Para Sudarsan *et al.* (2005), trata-se de uma aproximação estratégica do negócio para a criação, a gerência e o uso eficaz do capital intelectual incorporado, do conceito inicial de um produto a sua disposição final.

Entretanto, a otimização da utilização do PLM está vinculada à integração que se pode obter entre PDM, CAD, CAE, CAM, CAPP e Extensões de arquivos do tipo *.doc*, *.xls*, e outros. Segundo CIMdata (2005), PLM é composto de elementos múltiplos: tecnologias de base e padrões (por exemplo: visualização, colaboração, e aplicativos de integração da empresa), ferramentas de geração de informação, CAD/CAE e publicações técnicas, funções de núcleo (valores dos dados, gerência do conceito e de documentação, fluxo de trabalho - *workflow*, e gerência do programa), e aplicações funcionais como gerência da configuração, e soluções do negócio construídas em outros elementos.

Em estudos de Sharma (2005), percebe-se que a colaboração em nível mais elevado poderia ser vista como uma estrutura para conectar pessoas, processos e informações, uma vez que tais elementos se interrelacionam com a colaboração, com a inovação, desenvolvimento e a gerência do produto. Ainda, segundo o autor, essa integração não pode acontecer dentro de uma estrutura de PLM sem que pessoas, processos e dados estejam todos centrados no produto e no gerenciamento do ciclo de vida de produto, que envolve a interação entre os mesmos.

Observa-se assim, que o PLM é um conceito de tecnologia muito mais abrangente e não somente uma solução tecnológica pontual. CIMdata (2005), por exemplo afirma que “PLM não é apenas uma tecnologia, mas é uma aproximação em que as metodologias são tão ou mais importantes do que os dados. É fundamental notar que PLM é tão interessado em ‘como um negócio trabalha’ quanto em ‘o que está sendo criado’”. São propostos três conceitos centrais e fundamentais do PLM:

- a) Acesso e uso universais, seguros e controlados para a informação da definição de produto;
- b) Manutenção da integridade dessa definição de produto e informação relacionada durante todo a vida do produto ou da planta;
- c) Controle e manutenção dos processos do negócio usados para criar, controlar, disseminar, compartilhar e usar a informação.

O processo para integração de indivíduos, equipes e empresas tem recebido generosas contribuições para facilitar a colaboração durante o desenvolvimento das várias etapas necessárias ao alcance do produto. As diversas soluções tecnológicas que têm auxiliado as empresas no gerenciamento de dados e informações do produto parecem muito mais próximas da realidade das grandes e médias organizações do que para as pequenas empresas e empresas nascentes de base tecnológica. É importante destacar que os chamados *spinoffs* acadêmicos

têm ganhado notoriedade pela relevância dos conhecimentos gerados em seu pequeno espaço de trabalho, principalmente pelo escopo de sua equipe empreendedora (REIS, 2006b). Entretanto, conceitos como PDM/ PLM não fazem parte da vivência prática desses modelos empreendedores de base tecnológica. Faz-se necessário, assim, o estudo de métodos voltados para os princípios e conceitos de gerenciamento de informações e dados do produto (PDM) adaptáveis aos modelos de EBT's, que possam contribuir paralelamente ao desenvolvimento e ao gerenciamento das diversas etapas de construção do conhecimento que leva a tecnologia ao produto. Esta iniciativa pode viabilizar um caminho sustentável para as equipes empreendedoras, na medida em que facilita a busca por informações relacionadas tanto a um teste específico quanto a um simples procedimento realizado, em um dado momento, por um dos componentes da equipe.

Associados a estes modelos de gerenciamento de informações e dados do produto/ processo podem ser incorporados princípios como do PLM, rompendo as barreiras destas pequenas estruturas para direcionar o gerenciamento dos dados de seus produtos não somente em nível meso (intra-empresa), mas passando a existir em nível macro (empresa-ambiente) em todo o ciclo de vida do produto até seu retorno para reciclagem, re-uso ou descarte.

Por esta razão, torna-se relevante a criação de mecanismos internos ao modelo de negócio para a formalização e padronização dos procedimentos existentes em cada atividade. Isto viabiliza um melhor entendimento entre os envolvidos nas diferentes fases de desenvolvimento, pois cada indivíduo saberá, em princípio, o caminho a ser percorrido em cada atividade sem que tenha que criar formas de trabalho alternativas e desconhecidas pelos demais integrantes da equipe (FERNANDES 2005).

3.3 Ferramentas Técnicas aplicadas ao PPTec

Para a operacionalização do PPTec são necessárias ferramentas que auxiliam no desenvolvimento dos vários níveis de protótipos e geração de informações sobre a viabilidade da tecnologia e do produto. Aqui serão detalhadas as ferramentas estatísticas, mais especificamente o Planejamento e Análise de Experimentos, que dispõe de meios para a busca de informações no mercado, testes e validação do produto e as ferramentas de prototipagem, como a prototipagem rápida que auxilia na construção de protótipos de forma mais precisa, rápida podendo ter um menor custo quando comparada com os métodos tradicionais.

3.3.1 Uma Ferramenta Estatística Aplicada ao Desenvolvimento do Protótipo

Durante a evolução dos diferentes estágios de protótipos no PPTec, diversas informações são geradas, analisadas e aperfeiçoadas, razão pela qual esta pesquisa destacou a relevância dos aspectos que envolvem o gerenciamento de dados necessários aos diferentes contextos identificados. Os dados e informações sobre o desenvolvimento dos diferentes protótipos possuem diversas origens como informações advindas do mercado, das percepções e avaliações das pessoas envolvidas na atividade e do próprio processo de desenvolvimento com o auxílio, por exemplo, das ferramentas estatísticas. Entende-se que estas ferramentas auxiliam na identificação de oportunidades de mercado, refino das especificações e validação das características funcionais do produto como também na avaliação de sua aceitação pelo cliente.

O tratamento estatístico das informações, principalmente em fases iniciais que envolvem a avaliação e testes de conceitos de produtos, se não forem adequadamente registradas, seguindo um protocolo rigoroso de armazenamento para consulta e cadastro, pode comprometer os resultados da pesquisa. O risco de falhas de comunicação durante o desenvolvimento e testes de conceito do projeto do produto/ processo, pode fazer com que os resultados obtidos através desse tratamento inviabilizem comercialmente um produto com características visíveis de sucesso. Diante de tais aspectos, percebe-se que as ferramentas para o desenvolvimento de protótipo, assim como aquelas de base quantitativa, necessitam de uma arquitetura informatizada, através de um sistema integrado (como exemplo, um banco de dados) e um sistema de gestão com protocolos de controle, para aperfeiçoar os recursos e informações necessárias aos diversos membros da equipe empreendedora. Paralelamente a isto, percebe-se a necessidade em identificar as ferramentas importantes ao processo de desenvolvimento, capazes de influenciar na validação e inovação das diversas etapas inerentes ao modelamento do produto.

Schneider (2006) identificou várias ferramentas técnicas que auxiliam a cada uma das fases do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) no contexto da inovação, seguindo o modelo de Cooper (1993), ao aplicar a metodologia do *Stage-Gate System*. Drumond *et al.* (1999) apresentam métodos que objetivam capacitar as empresas a compreender melhor o mercado e a gerenciar o desenvolvimento de produtos para suprir as necessidades dos clientes. A autora aborda o método gerencial de desenvolvimento de novos produtos, o desdobramento da função qualidade, métodos estatísticos para pesquisa de mercado, planejamento e análise de experimentos (também conhecido como DOE) e análise de

confiabilidade. Adaptando as etapas do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) dos autores citados acima para o contexto do PPTec das ENBT's, chegou-se à seguinte Figura 15.

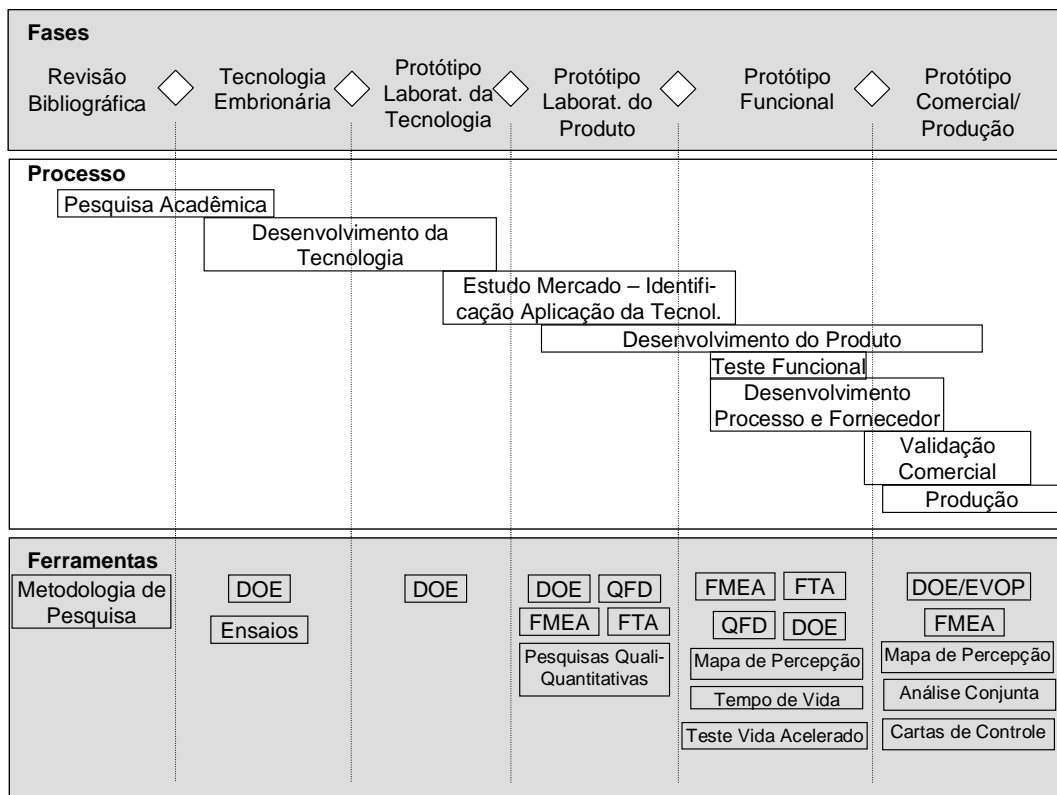


Figura 15: Fases, Processos e Ferramentas do Processo de Planejamento Tecnológico
 Fonte: Adaptado do contexto do PDP de Schneider (2006) e Drummond *et al.* (1999)

Para cada fase do PPTec existem as ferramentas, inclusive estatísticas, indicadas para auxiliar na execução das atividades. A aplicação das ferramentas estatísticas serve para solucionar problemas específicos tais como: pesquisar as características do mercado como as ferramentas de pesquisas quali-quantitativas; conhecer as relações de causa e efeito para ajustar os parâmetros do produto a partir de técnicas de planejamento e análise de experimentos e realização de ensaios (OLIVEIRA & DRUMMOND, 2000); identificar falhas no produto e processo por meio do FMEA (Failure Mode Effect Analyse conhecida como Análise dos Modos e Efeitos de Falha) e FTA (Fault Tree Analyse conhecida como Análise da Árvore de Falhas); avaliar a confiabilidade e tempo de vida útil do produto com as ferramentas tempo de vida e teste de vida acelerado; auxiliar na compreensão da preferência do produto no mercado, utilizando a técnica de mapa de preferência e análise conjunta, para orientar a definição do conceito do produto (POLIGNANO & DRUMMOND, 2001); ou auxiliar na garantia da qualidade de produtos e processos de fabricação, onde existe um grande número de atributos e variáveis, utilizando o QFD (Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função

Qualidade, CHENG e DEL REY, 2007); ajustar parâmetros do processo de fabricação como DOE/EVOP - Planejamento e Análise de Experimentos e Operação Evolutiva - e estabelecer um controle estatístico e integrado do processo para monitorar a qualidade de fabricação em escala do produto com as cartas de controle.

Mediante as várias ferramentas existentes para auxiliar as atividades de cada uma das fases do PPTec, a identificação da mais apropriada depende do tipo de tecnologia e produto, da complexidade e do grau de inovação. Diante disso, procurou-se analisar quais as técnicas que poderiam orientar as atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos, tomando por base o repertório de conhecimento da equipe, como também as ferramentas que atendessem os requisitos técnicos do PPTec. Observa-se que para a validação das diferentes soluções do problema até obter o produto comercial e melhoria na qualidade do produto, a equipe necessita identificar uma ferramenta capaz de conduzir o planejamento, a realização e avaliação dos resultados dos testes.

Avaliando os estudos de Schneider sobre inovação tecnológica, nota-se que pelo fato do Planejamento e Análise de Experimentos se fazer presente em todas as etapas do processo de desenvolvimento de produto, seria razoável dizer que esta ferramenta pode ser capaz de gerar informações mais alinhadas ao tipo de tecnologia analisada nesta pesquisa. Além disso, observando-se a prática e o domínio apresentado pelos pesquisadores do laboratório estudado quanto a utilização da ferramenta Planejamento e Análise de Experimentos, entende-se que esta é mais adequada para o desenvolvimento dos protótipos. Esta ferramenta, também, pode ser associada a outras para viabilizar a construção de um produto que atenda às exigências do mercado, dessa forma, não se pretende afirmar que a solução para o problema estaria restrita ao uso exclusivo do DOE, mas diante do contexto e das percepções da pesquisadora esta técnica demonstrou-se mais alinhada ao processo.

3.3.1.1 Planejamento e Análise de Experimentos

Experimento Planejado é um teste, ou série de testes, no qual são feitas mudanças propositalmente nas variáveis de entrada de um processo de modo a observar e identificar mudanças correspondentes na resposta de saída (Figura 16). A ferramenta DOE (*Design of Experiments*), segundo Montgomery (1997), é uma técnica estatística para planejar, conduzir e analisar os resultados de um experimento, a fim de validar uma determinada proposição para a solução de um problema. Já o experimento é um procedimento no qual alterações intencionais são feitas nas variáveis de entrada de um processo ou sistema, de modo que

possam ser avaliadas as possíveis alterações sofridas pela variável resposta, como também as razões destas alterações.

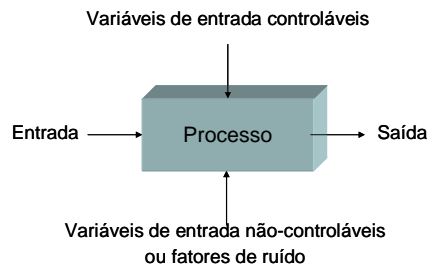


Figura 16: Modelo de um processo
Fonte: Montgomery (2004)

O planejamento experimental estatístico é uma ferramenta de engenharia importante para melhorar um processo de fabricação ou um produto existente ou até mesmo para desenvolver novos produtos, e pode ser aplicado tanto para avaliação de materiais alternativos no produto quanto para a determinação dos parâmetros-chave do planejamento do produto que têm impacto sobre o desempenho.

Werkema (1996) apresenta algumas terminologias básicas de um planejamento e análise de experimentos, resumidas em:

- i) Experimento: é um procedimento no qual alterações propositais são feitas nas variáveis de entrada de um processo ou sistema, de modo que se possam avaliar as possíveis alterações sofridas pela variável resposta, como também as razões destas alterações;
- ii) Unidade Experimental: é a unidade básica para a qual será feita a medida da resposta;
- iii) Fatores: são as variáveis cuja influência sobre a variável resposta está sendo estudada no experimento, assim são as causas de um efeito;
- iv) Níveis de um fator: são as diferentes condições dos fatores estudadas no experimento;
- v) Tratamentos: são as combinações específicas dos níveis de diferentes fatores;
- vi) Ensaio: é a aplicação de um tratamento a uma unidade experimental;
- vii) Réplicas: são repetições do experimento feitas sob as mesmas condições experimentais;

- viii) Variável Resposta: é o resultado de interesse registrado após a realização de um ensaio, ou seja, é o efeito.

Estes conceitos são importantes à medida que o pesquisador necessita inserir informações em um sistema integrado que viabilize o gerenciamento das informações ao longo do PPTec. Para que o pesquisador-empendedor possa realizar o planejamento, execução e análise dos experimentos ele necessita identificar a variável resposta a ser tratada, assim como definir os elementos que influenciarão no resultado e na execução de um tratamento estatístico mais confiável.

Quanto aos passos necessários para a aplicação de um planejamento experimental, Montgomery (2004) aponta os seguintes:

1. Reconhecimento e relato do problema e seus objetivos.
2. Escolha dos fatores e dos níveis – determinar os fatores variáveis, os intervalos sobre os quais os fatores variarão e os níveis sobre os quais cada rodada será feita.
3. Seleção da variável resposta.
4. Escolha do planejamento experimental (também conhecido como delineamento experimental).
5. Realização do experimento.
6. Análise dos dados para a qual são utilizados vários métodos estatísticos.
7. Conclusões e recomendações.

Esses passos, quando bem alinhados, favorecerão a busca de um resultado mais consistente, garantindo a eficiência técnica de um determinado produto. Em razão das etapas 4 e 6 possuírem um maior grau de complexidade¹⁶, elas são detalhadas adiante.

Durante o delineamento experimental (etapa 4), são levados em consideração alguns princípios básicos da experimentação, que visam atenuar a ocorrência de fatores não-desejáveis que possam infiltrar durante a condução do experimento. Esses princípios são: i) repetição de unidades experimentais para diminuir o erro experimental; ii) causalização das unidades experimentais como forma de aleatorizar as unidades e evitar as tendências nos tratamentos; iii) uniformidade dos animais experimentais; iv) uniformidade na aplicação dos tratamentos, além da v) uniformidade do meio, facilitando uma comparação justa entre as

¹⁶ Grau de complexidade se refere ao fato de que o planejamento do delineamento experimental e a identificação do tipo de análise para o experimento requerem certo domínio por parte dos pesquisadores do laboratório.

médias, já que os tratamentos estiveram sob as mesmas condições (SAMPAIO, 1998). Além disso, são definidos os números de tratamentos a serem analisados e definição do local para a realização dos testes. Os tipos de delineamento do planejamento experimental podem ser classificados, de acordo com Werkema (1996), segundo critérios de número de fatores a serem estudados (um único fator ou vários fatores, por exemplo), da estrutura do planejamento experimental (delineamento em blocos, fatoriais, interações de fatores experimentais, quadrado latino, parcelas subdivididas hierárquicos ou para superfície de resposta, por exemplo), do tipo de informação que o experimento pode oferecer (estimativa dos efeitos, estimativa da variância ou mapeamento empírico da resposta, por exemplo). Esta classificação é importante para definir o tipo de análise estatística a ser dimensionada.

Para o passo 6, segundo Montgomery (2004), os métodos estatísticos são utilizados para analisar os dados, de modo que os resultados e conclusões sejam mais objetivos baseados em análises matemáticas. A distribuição normal é uma análise bastante utilizada, tendo como parâmetros a média μ e a variância σ^2 . Para identificar uma forma de análise dos dados, geralmente utiliza-se o teste de normalidade dos dados, sendo que se a distribuição for normal emprega-se os testes paramétricos e do contrário os não-paramétricos.

Os testes paramétricos têm o objetivo de testar hipóteses apropriadas sobre os efeitos dos tratamentos, sendo que os componentes de erro associados ao experimento são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, com uma distribuição normal com média (μ) zero e variância (σ^2) constante. Estes testes podem utilizar testes como a Anova para mais de dois tratamentos e o Teste “T” quando o experimento possui apenas dois tratamentos. De modo geral, estes testes são utilizados em experimentos realizados sob condições controladas o que garantirá a normalidade dos erros sendo, portanto, bastante aplicada nos testes laboratoriais e de regime semi-campo (por exemplo, gaiolão¹⁷) para o contexto do *spinoff* analisado. Não é objetivo deste trabalho, explicar detalhadamente cada um desses testes, mas apenas mostrar a sua existência. É importante salientar que este tipo de teste é mais confiável do que os não-paramétricos, uma vez que estes são baseados em medianas enquanto que aqueles (paramétricos) são baseados nas médias. Assim, ao realizar a leitura das variáveis respostas busca-se ao máximo aproximar os valores de uma distribuição normal por meio de transformação de variáveis e, caso isto não seja possível, a análise dos dados deverá ser feita por testes não-paramétricos.

¹⁷ Gaiolão é um regime de semi-campo, sendo um ambiente artificialmente reproduzido para simular um contexto real. Já o regime de campo é o ambiente natural.

Para Sampaio, 1998, os testes não-paramétricos ocorrem quando o resultado da experimentação descrito, através de parâmetros (média e desvio padrão), não está associado ao tipo de distribuição normal. Estes testes podem ser utilizados em situações em que a resposta medida é de caráter qualitativo ou em respostas quantitativas que não seguem distribuição normal, ainda que submetidas às transformações. Estes testes ocorrem muito em experimentos realizados em regime de campo, em que o experimento está submetido a uma grande quantidade de variáveis não controláveis. Os testes não-paramétricos, descomprometidos com a distribuição da resposta estudada, analisam as posições relativas dos resultados quando observados em conjunto. Uma ordenação do resultado mais baixo ao mais alto é feita, e esta ordenação, identificados os tratamentos, vai ser utilizada na análise. Com este procedimento, a subjetividade do pesquisador em atribuir ou definir graus de avaliação, bem como a enorme variação de respostas não distribuídas normalmente são controladas por um procedimento que relativiza e restringe a amplitude dessas variáveis. Pode-se perceber que a ordenação em si uniformiza matematicamente diferenças que na realidade são muito distintas. A perda deste detalhamento faz com que os métodos não-paramétricos sejam teoricamente menos eficientes que aqueles paramétricos. Os testes mais freqüentemente utilizados na experimentação são: teste de Wilcoxon para diferenças entre pares ordenadas, teste de Kruskalwallis (mais de dois tratamentos), teste Friedman e teste de Mann & Whitney (apenas dois tratamentos) (SAMPAIO, 1998). Para os testes não-paramétricos podem ser utilizados também o modelo binomial e os modelos lineares generalizados para a análise dos dados. Esta pesquisa também não discorrerá sobre tais testes, pois não compreendem o foco do trabalho.

Todas essas argumentações complementam as informações necessárias ao modelamento de um sistema integrado para apoiar as decisões da equipe na consolidação do desenvolvimento dos protótipos, principalmente ao criar uma estrutura padronizada para o armazenamento das informações geradas durante os procedimentos experimentais.

3.3.2 Ferramentas que auxiliam o Processo de Prototipagem

A construção de protótipos pela prototipagem é uma maneira de avaliar a usabilidade, a estética, o custo, interfaces entre os componentes, resistência dos materiais dentre outras. O surgimento de novas tecnologias para o processo de prototipagem possibilita a construção de protótipos de forma mais rápida, econômica e com qualidade, de maneira tal que os mesmos

podem ser modificados várias vezes, mas de forma otimizada, até que se consiga obter uma solução que melhor compreenda a interface com o usuário (ROMEIRO, 2006).

Speck (2001), afirma que a prototipagem é um conjunto de técnicas, e não simplesmente uma ferramenta, que possibilita a construção de protótipos para uma maior interação entre os desenvolvedores e o projeto, desde as etapas iniciais de desenvolvimento. As maquetes, modelos e protótipos em geral oferecem a possibilidade de observar precocemente problemas, detectar possíveis erros no modelo e muitos aspectos sobre a natureza final do produto, avaliando idéias e pesando alternativas antes do comprometimento com o produto final. Além disso, possibilita reduzir custos e melhorar a qualidade do produto, uma vez que não é possível, somente com o uso de diretrizes de projetos, ter um produto adequado da primeira vez. Para Speck (*op cit*), o protótipo serve também como validação do produto, e eles não têm que ser necessariamente um exemplar completo do elemento a fabricar, podendo-se utilizar para validação somente determinadas propriedades tais como: dimensional, características mecânicas, físicas, etc.

Clark & Wheelwright (1993), definem uma seqüência de ciclos de teste de protótipos em que a prototipagem tem um papel importante nos ciclos de design-fabricação-teste. De acordo com os autores, o objetivo da prototipagem é demonstrar para a organização que o projeto tem a qualidade demandada pelo cliente e também alto nível de manufaturabilidade. Adicionalmente, a prototipagem inicial indica o quão próximo o desenvolvimento avançou na direção de seu objetivo e o que é necessário para atingi-lo. Segundo os autores, a prototipagem pode cumprir 4 importantes papéis: *feedback* e aprendizagem; comunicação e compartilhamento de informações; avaliação externa e estabelecimento de uma agenda de acompanhamento, monitoramento e desenvolvimento.

Os autores nos mostram que há três características da ambiência do projeto que determinam a orientação predominante a ser adotada na prototipagem: 1) alcançar melhorias tecnológicas significativas, 2) buscar uma solução sistêmica balanceada para satisfazer o cliente e 3) alcançar a manufaturabilidade na competição e na escolha do cliente.

Dentro do processo de prototipagem, os protótipos são divididos em três classificações: i) protótipo virtual, utilizando as ferramentas CAx para o desenvolvimento de dados técnicos como simulação de esforços do material, interfaces entre componentes e cálculo estrutural utilizando *softwares*, ii) protótipo físico simulado utilizando as ferramentas de prototipagem rápida como os modelos esteriolitográfico e sinterizado e iii) protótipo real representando o

produto final obtido por meio da construção de moldes e/ou ferramental. Através da Figura 17 é possível visualizar as funções desempenhadas por cada evolução de protótipo.

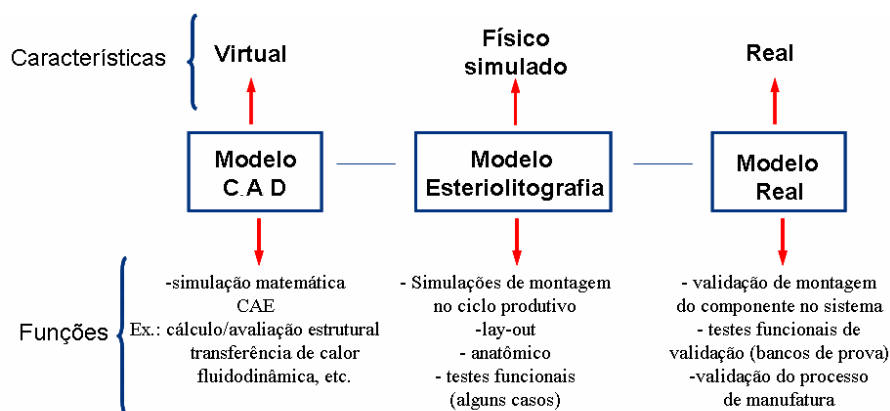


Figura 17: Tipos de Protótipos
Fonte: Clark & Wheelwright (1993)

Esta forma de representação num modelo sólido simulado ou real é a materialização do conhecimento da engenharia, permitindo a análise e visualização do produto, uma vez que em Sistemas CAD 3D, nem todos os objetos têm formas definidas e que podem ser mostradas facilmente com linhas. Além disso, ele é um meio de comunicação, podendo ser entendido até mesmo por pessoas não técnicas, tal como pessoas do marketing e do departamento de vendas, ou mesmo pelos consumidores finais.

Para a fabricação do protótipo físico existem vários processos de prototipagem, sendo que eles apresentam diferentes relações de custo benefício. Abaixo será destacado o processo de prototipagem rápida e posteriormente a construção de moldes e ferramental para a fabricação do protótipo.

3.3.2.1 Protótipo físico simulado – Prototipagem Rápida

Para a construção do protótipo físico simulado existem ferramentas apropriadas e que permitem alta *performance* na execução. Abaixo destaca-se a prototipagem rápida como uma bastante explorada.

A Prototipagem Rápida ou Fabricação de Formas Livres, como também é conhecida, tem demonstrado, ao ser aplicada em várias fases do desenvolvimento de um produto, inúmeras vantagens e um enorme potencial, como rapidez de lançamento do produto no mercado e redução de custos (GHANY & MOUSTAFA, 2006). Podendo ser utilizada para a compreensão de projeto conceitual, para propósitos de marketing durante uma escolha interna do departamento, ou ainda para um teste de público, para uma análise funcional ou de encaixe

de peças, ou simplesmente para melhor auxiliar a visualização do produto por parte dos engenheiros das companhias envolvidas no desenvolvimento do mesmo (SAURA & DEDINE, 1999).

Este método por deposição de material se baseia nas diferentes técnicas pelas quais o produto (protótipo) pode ser fabricado e é utilizada para proporcionar o envolvimento entre as empresas, contribuindo em diferentes estágios do processo de desenvolvimento de determinado produto (GHANY & MOUSTAFA, *op cit*). Por ser uma fabricação baseada em camadas, o sistema de prototipagem rápida é capaz de produzir peças de geometria complexa e formas que são impraticáveis ou impossíveis, ou mesmo dispendiosas para se construir com sistemas tradicionais.

As máquinas de prototipagem rápida produzem peças em plásticos, madeira, cerâmica ou metais e sem o uso destas tecnologias, seria necessário construir um protótipo físico convencional utilizando-se de uma grande quantidade de ferramentas manuais, pessoal especializado, e máquinas-ferramenta de alto custo. O método convencional oneraria em termos de tempo e muitas vezes na qualidade relativa à verossimilhança ao produto real. Os custos decorrentes do uso dos modelos tradicionais se devem principalmente ao método de desenvolvimento seqüencial, o que não permite a previsão de problemas antes da execução das atividades. Diferentemente do que se observa nos modelos preconizados pelas tecnologias de prototipagem rápida, conforme visto na Figura 18 abaixo:

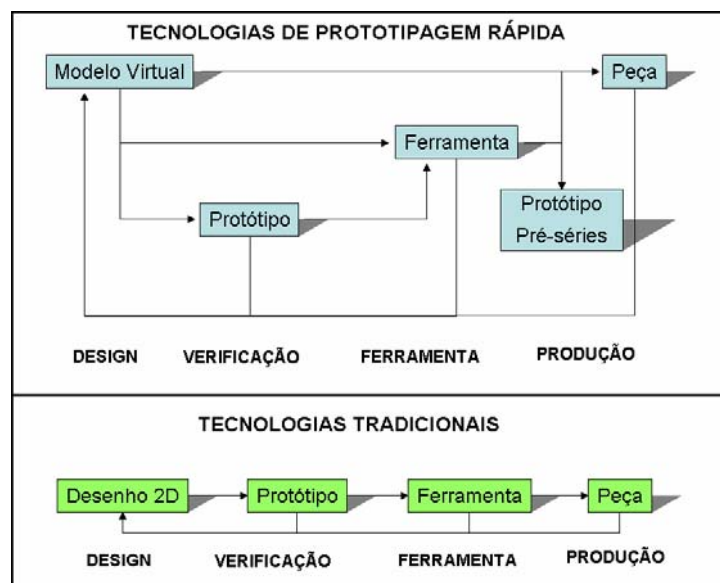


Figura 18: Comparações entre tecnologias tradicionais e tecnologias de prototipagem rápida
Fonte: Speck (2001)

Pode-se dizer que a prototipagem rápida por deposição de material representa uma família de máquinas altamente inovadoras que permitem, com tecnologias e materiais diferentes, obter um protótipo de um modelo ou de um molde, de maneira precisa e rápida a partir do modelo sólido gerado no Sistema CAD 3D no formato STL¹⁸ (RAHMATI & DICKENS, 2007). As máquinas de prototipagem rápida permitem obter peças físicas acabadas, de modo automático, de qualquer forma e em dimensões finais, com complexidade e detalhes que não permitiriam sua obtenção em máquinas convencionais, ou tornariam sua execução demorada ou complexa em centros de usinagem numericamente comandados (SPECK, 2001; SAURA & DEDINI *op cit.*).

Dentro da prototipagem rápida existem algumas técnicas como: i) Solidificação por Camadas Líquidas por “Laser”, que representa um processo de Esteriolitografia e a ii) Sintetização por pó através “Laser” ou Sinterização Seletiva à Laser.

O processo de esteriolitografia consiste na construção de protótipos que se utiliza de máquinas de prototipagem rápida. Estas máquinas constroem a peça camada por camada, de acordo com o desenho fornecido em CAD, através de raios UV (Ultra-Violetas) que vão solidificando a resina fotosensível sobre uma plataforma, que desce a cada camada desenhada, até formar a peça por completo com maior velocidade e menor custo na obtenção de protótipos se comparado aos processos tradicionais. Além disso, em certos casos estas técnicas permitem a obtenção de matrizes capazes de produzir uma quantidade limitada de peças, ideal para o emprego na produção de lotes pilotos. Tal tecnologia possibilita que as empresas consigam uma resposta mais rápida ao mercado, bem como uma significativa redução nos custos, sem que tais aspectos interfiram nos requisitos de qualidade necessários aos projetos e produtos e às exigências do mercado (RAHMATI & DICKENS, *op cit.*). Além desses pontos, pode-se alcançar uma diminuição das incertezas e riscos relacionados ao projeto do produto. É o caso do ferramental, por exemplo, cujo risco de perda por falhas no projeto diminui drasticamente e também, do produto que, uma vez tornado físico pode ser melhor avaliado antes da decisão de dar continuidade ao seu desenvolvimento (SPECK, *op cit.*).

O processo de sinterização, por sua vez, utiliza um processo térmico baseado em termoplásticos, elastômeros, metais, e compostos (Pó) para transpor diretamente do arquivo CAD para uma peça funcional plástica ou um inserto metálico, em uma fração do tempo requerido por métodos tradicionais. Este processo traz benefícios como peças com alta

¹⁸ STL é um linguagem para protótipos esteriolitográficos.

resistência mecânica, velocidade de construção, insertos metálicos para moldes e peças pequenas com detalhes precisos. (SPECK, *op cit.*).

No estudo de Rahmati & Dickens (2007), observa-se que o sistema de prototipagem rápida utilizando o processo de esteriolitografia, pode ser aplicado não somente à construção do protótipo do produto como também dos moldes necessários à construção do mesmo. Após construído o protótipo simulado e validado o projeto, segue a última fase que é a construção do protótipo real. A utilização do procedimento de esteriolitografia para a construção desses moldes e ferramental contribui para identificar possíveis falhas que possam existir no projeto dos moldes, evidenciando os erros e facilitando as correções ainda na fase projetual. Nota-se que a utilização da prototipagem rápida conduz à validação dos projetos relacionados ao protótipo e aos moldes e/ou matrizes que venham a ser gerados a partir dos mesmos, destacando possíveis inconsistências estruturais e erros de forma.

A esteriolitografia auxilia na construção de moldes por meio do processo de manufatura por camadas que são usadas como ferramentas para os moldes de injeção e de fundição. As características dos moldes podem ser divididas entre características físicas e mecânicas. As características físicas incluem o acabamento superficial, precisão das dimensões, enquanto que as características mecânicas são representadas pela flexibilidade, pontos de tensão do molde, resistência às forças de compressão e de impacto. Neste sentido, a prototipagem rápida permite identificar os pontos de resistência para a fabricação do ferramental e moldes para posteriormente, atingir a produção em escala do produto, de modo que o ferramental suporte as pressões durante o teste de injeção. Assim, são identificados os pontos que devem ser reforçados nos moldes e ferramental, aplicando a tecnologia de esteriolitografia para antecipar as falhas potenciais (CHOCKALINGAM *et al.*, 2005; ZHOU & LI, 2005).

Após a construção e validação dos moldes e ferramental, é possível a fabricação em escala do produto possibilitando a inserção deste no mercado em maior escala e em tempo de lançamento mais curto do que o previsto utilizando os métodos tradicionais.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE PESQUISA



4. Introdução

Este capítulo se dedica à estruturação dos procedimentos metodológicos para ajudar a pesquisadora no encadeamento de evidências e na análise dos dados mais relevantes à elucidação dos fenômenos complexos. Além disso, favorece a elaboração de um modelo conceitual para gerenciamento integrado da informação capaz de subsidiar a atividade de projeto, principalmente no desenvolvimento do protótipo, em uma ENBT. Entende-se que através do conhecimento científico, ponto imprescindível à investigação dos fenômenos e problemas relacionados às atividades e ambiente dos envolvidos, a autora pôde criar um caminho adequado às suas estratégias.

4.1 Metodologia de Pesquisa

Durante o desenvolvimento da pesquisa percebe-se que existe uma série de obstáculos, que somados podem dificultar as atividades do pesquisador e, por vezes, a visualização de soluções para se alcançar os resultados esperados. Para que esta caminhada seja mais interativa faz-se necessário que o pesquisador, utilizando sua capacidade investigativa, utilize instrumentos científicos para orientá-lo na estruturação do raciocínio que o conduzirá na elucidação dos fenômenos pesquisados. A interpretação que ele tem do mundo depende da maneira como faz uso dos pressupostos explícitos e implícitos relacionados à natureza epistemológica e humana, pois são eles que influenciarão na forma de interação entre o pesquisador e o fenômeno estudado, bem como na maneira de interpretá-lo (BURREL & MORGAN, 1979).

Para a elaboração de um modelo capaz de cumprir às necessidades identificadas na pesquisa, bem como o contexto em que se apresentavam os problemas, foi importante a consideração das variáveis (como exemplo, a proximidade com os parceiros do mercado; acesso da pesquisadora às atividades de P&D; capacidade interna da equipe em saber gerenciar o desenvolvimento, alinhando os estudos de cada pesquisador dentro do laboratório em prol de um produto comercial; atuação dos parceiros UFMG/*Spinoff* no PPTec e outros) que interferem no processo de desenvolvimento de produtos advindos de tecnologias produzidas em laboratórios de universidades. O produto da empresa pesquisada constitui um processo de prestação de serviço, onde o pacote de produtos é composto por uma armadilha e um sistema integrado de envio, análise e disposição dos dados, fornecidos por meio da vistoria realizada por agentes do governo nas respectivas armadilhas. Como as armadilhas são produzidas pelo laboratório e são consideradas instrumentos essenciais para a prestação dos serviços de

monitoramento, este estudo procurou, por meio da estratégia pesquisa-ação, realizar um diagnóstico ao mesmo tempo em que se desdobrava as atividades e passos do processo de planejamento tecnológico que envolve o desenvolvimento dessas armadilhas.

O motivo da escolha da unidade de análise foi determinado em função da importância que a armadilha desenvolvida pelo laboratório de pesquisa pode exercer sobre o sistema de prestação de serviço da ENBT. Ou seja, a informação gerada pela armadilha é inserida no mapa de georreferenciamento do sistema MI-Dengue®, possibilitando que o cliente visualize a situação endêmica da região analisada em um tempo mais hábil (8,57 vezes mais rápido) se comparado aos sistemas convencionais, permitindo uma tomada de decisão mais acertada. Para melhorar a eficiência do serviço, o laboratório busca aprimorar a armadilha de captura de vetores transmissores da dengue. Nesse sentido, ele estaria também contribuindo para desenvolver o índice de predição de risco para doença, informação exigida pelo PNCD (Programa Nacional de Controle à Dengue) para preconizar o produto MI-dengue®, essencial à intensificação da comercialização. Para intermediar a intervenção da pesquisadora, associando a realidade prática e o referencial teórico, foi necessário identificar uma estratégia de pesquisa mais alinhada ao problema e contexto apresentados, de forma a conduzir as atividades do estudo.

4.2 Estratégia Metodológica

As características e contexto sob os quais o problema se apresenta exigem da pesquisadora habilidades para a interpretação e entendimento dos mesmos. Para Chamlers (1982) o que os observadores vêem, as expectativas subjetivas que eles vivenciam ao verem um objeto ou cena, não é determinado apenas pelas imagens sobre suas retinas, mas depende também da experiência, expectativas e estado geral interior do observador. Diante disso, pode-se dizer que certas habilidades e percepções são necessárias ao pesquisador, e também são determinantes para se definir as causas e razões capazes de conduzir ao entendimento do problema.

Sabendo-se que a Pesquisa-Ação (PA) é orientada para o futuro, sendo colaborativa, observa-se que existe uma interdependência entre pesquisador e objeto pesquisado, de forma que a cada momento incentiva o desenvolvimento da capacidade do sistema a facilitar, manter e regular o processo cíclico de diagnosticar, planejar, atuar, avaliar a ação e especificar o aprendizado; gerando teorias baseadas nestas ações. Além disso, a PA reconhece que muitas das relações entre as pessoas, objetos e eventos são função da situação (SUSMAN &

EVERED, 1978). Diante disso, a pesquisadora utilizou a PA como estratégia de pesquisa para atingir um objetivo prático, de forma que fosse possível contribuir para o melhor equacionamento do problema central da pesquisa. A PA possibilita obter informações que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos, aumentando o conhecimento de determinadas situações (THIOLLENT, 1997). Isto contribui para que em cada momento do estudo a autora entenda os diferentes contextos sob os quais os problemas se apresentam para então, utilizar os procedimentos metodológicos adequados ao cenário.

O tratamento diversificado que cada uma das etapas da pesquisa exige contribui para a articulação entre os diferentes artifícios garantidos pela PA, permitindo manter a fidelidade e realidade dos fatos e favorecer a busca por informações e dados de natureza qualitativa. Através dessas informações é possível a sustentação do modelo proposto para solução de problemas relacionados a esta pesquisa. As informações coletadas foram discutidas, analisadas e interpretadas pelos funcionários da empresa envolvidos juntamente com a pesquisadora. Esse processo foi conduzido através de seminários, debates e reuniões entre os integrantes da empresa pesquisada (pesquisador-orientador, pesquisadores-orientados, integrantes do escritório) e a pesquisadora.

Durante o envolvimento com as atividades, cumpre à pesquisadora saber ouvir, interpretar as mudanças, avaliar as alterações nos comportamentos dos envolvidos, além de compreender as contradições que possam surgir em cada um destes pontos. Assim, conforme estudos de Macke (1999), entender os interesses entre as diferentes áreas de conhecimento requer métodos de pesquisa apropriados, capazes de administrar de forma global as diferentes variáveis sem, entretanto, separar as variáveis técnicas das humanas.

O modelo proposto busca adequar à realidade do trabalho das pessoas envolvidas no PPTec, de tal forma que a engenharia de produção se torne presente ao relacionar o homem e a atividade. “A Engenharia de Produção se distingue da engenharia em geral por incorporar mais de uma dimensão: a do ser social” (LIMA, 1994). Esta característica contribui para demonstrar que a escolha da estratégia de PA é adequada à realidade apresentada, uma vez que envolve a análise das atividades e decisões dos atores participantes da pesquisa, destacando o papel e interferência destes para a resolução de problemas tipicamente da engenharia de produção.

4.3 Condução do Estudo Empírico e Aplicação das Estratégias Metodológicas

Para realizar o estudo, primeiramente a pesquisadora buscou uma delimitação teórico-conceitual, por meio da literatura existente sobre *spinoffs* acadêmicos, onde foi verificada a falta de ferramentas capazes de propiciar o gerenciamento da informação durante a realização das atividades do PPTec da ENBT. Identificado o problema teórico, e com base em um *spinoff*, buscou-se realizar um diagnóstico da empresa sob a ótica da pesquisa e desenvolvimento (P&D) dentro do laboratório de pesquisa da universidade.

Diante dos fatos apresentados, foi necessário escolher uma estratégia de pesquisa que permitisse o desenvolvimento de um protocolo de ações importantes para a condução da pesquisa. Segundo a proposta de Susman & Evered (1978), as etapas genéricas da PA são: diagnóstico (identificar ou definir o problema), planejamento da ação (identificar as alternativa de ação para resolver o problema), execução da ação (selecionar uma direção para a ação), avaliação (estudar as conseqüências da ação) e especificar o aprendizado (identificar as descobertas). Assim, o rigor metodológico contribui para aumentar a confiabilidade do estudo, bem como orientar a pesquisadora na condução dos trabalhos de campo. O diagnóstico propicia à pesquisadora a antecipação a eventuais problemas, uma vez que as informações são registradas e documentadas ao longo do trabalho pelo diário de campo e/ou relatórios e atas de reuniões, permitindo uma reflexão sobre os fatos depois deles acontecerem. Isto facilita enxergar o problema de diferentes maneiras e identificar alternativas de ação para contorná-los.

Obedecendo ao protocolo definido nesse estudo procurou-se obter acesso aos entrevistados e à organização; estabelecer uma agenda clara das atividades para diagnóstico e coleta de dados dentro de um prazo pré-determinado. Além disso, as questões levantadas durante os estudos procuram retratar o conjunto de interesses elaborados a partir do projeto inicial. E para a realização do diagnóstico mencionado, foi utilizada a observação direta, para que os dados pudessem ser coletados e tratados em tempo real com mais objetividade e consistência, uma vez que o evento foi estudado em seu contexto.

Para realização de qualquer pesquisa é necessária a disciplina e persistência na busca por dados, mas o que contribui sobremaneira para a melhoria do processo de busca, coleta, e balanceamento das melhores informações que subsidiam a pesquisa é a utilização de fontes de evidências. Assim nesse estudo foram utilizadas cinco fontes básicas: entrevistas, observação direta das atividades laboratório/escritório, observação participante, documentação e artefatos físicos.

Através dessas fontes de evidências, conforme propostas apresentadas por Yin (2001) é possível coletar dados importantes para o escopo do trabalho, mas segundo o próprio autor, deve-se atentar para que os dados levantados em cada uma dessas fontes não sejam tratados isoladamente, sob pena dos resultados não apresentarem um grau satisfatório de dependência com o fenômeno ora estudado. É necessário que cada uma dessas fontes de evidências sejam adequadamente aplicadas, o que requer procedimentos metodológicos adequados a cada situação. Assim para que a pesquisadora possa encontrar um caminho mais claro e sólido no contexto estudado, procurou utilizar várias fontes de evidências, criar de um banco de dados estruturado para esta pesquisa, além de proceder a manutenção do encadeamento de evidências. A adoção desses princípios se faz necessário à medida que se pretende obter uma pesquisa de qualidade.

4.3.1 Sistemática das Intervenções pela Pesquisa-Ação

No final do ano de 2005, o pesquisador-orientador do laboratório de pesquisa da UFMG e também sócio do *spinoff* em análise, identificou a necessidade de se ter um gestor de projetos. Este gestor tem o papel de mapear os projetos existentes, bem como as fontes financiadoras de cada um e os integrantes a fim de facilitar seus acompanhamentos.

Caracterizando o sistema de conteúdo-problema, pela PA, observa-se que a necessidade dessa pesquisa foi em decorrência do ambiente em que o laboratório se encontrava, pois os projetos não eram cadastrados, não havia um acompanhamento freqüente e nem eram registradas as informações relevantes ao sucesso dos mesmos (que são restrições para a solução do problema). Vale ressaltar que estes projetos são alinhados ao desenvolvimento de algum produto específico para um dos vetores de estudo do pesquisador que estão divididos entre os vetores da dengue, leishmaniose, filariose, malária e doenças causadas por “mosca”, e, portanto, eles devem estar bem alinhados para favorecer o produto final. Sabendo-se que cada pesquisador tem o relatório do seu projeto final, referente à sua pesquisa em específico, e que estas informações são compartilhadas de forma superficial entre os membros do laboratório, é conveniente dizer que isto dificulta uma continuidade dos trabalhos relacionados àquela linha de pesquisa, principalmente porque é necessário resgatar as informações dispersas entre os pesquisadores.

Dado o fato de que a maior parte das informações são centralizadas no pesquisador-orientador, por consequência, percebe-se uma dificuldade de gestão, o que caracteriza o problema identificado na pesquisa. O problema está representado pela significativa ocorrência

de falhas por falta de uma sistematização das trocas de informações que interferem no processo de comunicação entre os vários envolvidos na atividade de projeto. A ausência de um sistema integrado que sirva para o armazenamento e consulta dos experimentos e testes, acarreta altos custos de desenvolvimento de protótipos com os retrabalhos, além de aumentar o tempo de lançamento no mercado.

Para a busca de informações, foram analisadas as documentações como artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, escritos pelos pesquisadores, relatório do PNCD (Programa Nacional de Controle da Dengue), relatórios de projetos (Projeto da Unesco, CNPq, Finep, Fapemig) já realizados e os em andamento, como fonte de consulta para busca de nomes, referências e detalhes sobre os eventos já ocorridos no laboratório. Foram utilizadas entrevistas com os pesquisadores do laboratório e com os membros do escritório (comercial, suporte ao processamento do sistema MI-dengue® responsável pela logística), e com o projetista, para obter informações sobre as percepções pessoais e inferências que cada profissional considera importante para a realização do seu trabalho. Além disso, foram analisados os artefatos físicos (como exemplo, os protótipos) desenvolvidos anteriormente que influenciam na percepção do problema.

Como explicitado pela PA, foi identificado que o pesquisador-orientador, escritório e o projetista são os clientes do sistema integrado (objetivo da pesquisa), dado que utilizarão as informação nele contidas para a tomada de decisão. Os pesquisadores-orientados, por sua vez, podem ser classificados como usuários diretos, responsáveis por inserir as informações dos experimentos no *software*. Além de cliente, o pesquisador-orientador é o possuidor do problema de gerenciamento das informações, sendo também a pessoa que tem o poder de decidir sobre as alterações na sistemática de organização do trabalho no laboratório.

Após relacionar o problema prático ao referencial teórico, foi elaborada uma estrutura de pesquisa contendo apresentação dos conceitos que envolvem a pesquisa, definição dos pressupostos, objetivos, descrição do projeto da pesquisa, do aparato e dos procedimentos de coleta de dados para que então fosse possível analisar e divulgar as informações, os dados coletados, as discussões das descobertas e conclusões. Esse esquema compõe o relatório inicial da pesquisa e com a evolução da mesma novas informações passavam a enriquecer e justificar a relevância do estudo proposto.

Diariamente a autora esteve em contato com o grupo de pesquisa, pois cumpria um regime de trabalho parcial, como bolsista do CNPQ (20 horas semanais) no laboratório e escritório. Embora os trabalhos contassem com este tempo de dedicação, a pesquisadora estabeleceu

uma sistemática formal para as reuniões e seminários com os diversos envolvidos. Utilizando uma frequência primeiramente semanal (seis primeiros meses - fevereiro a julho de 2006 - 1ª etapa), depois quinzenalmente (seis meses subsequentes - agosto a janeiro de 2007 - 2ª etapa) e por fim, conforme a necessidade da pesquisa (fevereiro a junho de 2007 – 3ª etapa), a autora reunia a equipe para discutir o andamento das atividades, tanto no laboratório quanto no escritório da empresa, como uma maneira de obter informações valiosas e percepções dos membros da equipe em relação aos problemas que se evidenciavam durante os trabalhos.

Por se tratar de uma empresa nascente, a equipe é relativamente pequena se comparada com a estrutura de empresas já consolidadas e, portanto, o contato era direto com todos os envolvidos. Ao se envolver com as atividades, foi-se percebendo a necessidade de sistematizar um modelo de gerenciamento das informações durante as etapas do PPTec. Para tanto a autora recorreu aos princípios da pesquisa-ação por entender que a mesma é capaz de contribuir para o enriquecimento da pesquisa em relação aos comportamentos e razões interpessoais, além dos pontos definidos pela observação direta.

Depois de identificado um problema teórico e associado ao prático, a pesquisadora mapeou o fluxo de informação da empresa e estudou uma maneira, utilizando o referencial teórico, de resolvê-lo. Foram utilizados princípios de PDM e PLM (ferramentas de gestão) que subsidiaram a construção de um sistema integrado de informações. Este sistema propõe armazenar as informações geradas ao longo dos projetos do laboratório, incluindo os protocolos experimentais. Esses protocolos são realizados através da ferramenta estatística de Planejamento e Análise de Experimentos (DOE) utilizada largamente pela equipe durante a realização dos testes da tecnologia, dos *mockups* e protótipos. Além disso, o sistema busca armazenar as informações do projeto geradas pelo projetista como o desenho em CAD e o arquivo para a prototipagem rápida.

Para o planejamento das ações, proposto na PA, foi elaborado um modelo que procurou incorporar as informações levantadas durante o processo de desenvolvimento de protótipos (do protótipo laboratorial da tecnologia ao protótipo comercial do produto) com base tanto no histórico do P&D não-formalizado, observações, entrevistas como nas experiências vivenciadas pela pesquisadora, juntamente com os pesquisadores mais antigos do laboratório. Isto, em tese, facilitou na estruturação das informações, explicitação do conhecimento tácito dos envolvidos, uma vez que antes o conhecimento ficava disperso na mente dos diversos pesquisadores.

A PA se mostrou, mais uma vez, adequada, pois a pesquisa na literatura e a interação com os envolvidos influenciaram a prática e a construção do modelo de gerenciamento para sistematizar o fluxo de informação da empresa. Depois de elaborado o modelo, foram realizadas apresentações para a equipe com o objetivo de adaptá-lo de forma a atender as reais necessidades da equipe.

A adoção da técnica de PA representa uma maneira de interagir com os envolvidos, incentivando na mudança de comportamento. De acordo com Thiollent (1996), “a metodologia lida com a avaliação de técnicas de pesquisa e com geração ou experimentação de novos métodos que remetem aos modos efetivos de captar, processar informações e resolver diversas categorias de problemas teóricos e práticos da investigação”.

A pesquisa-ação permite, segundo Susman & Evered (1978), orientar e criar um melhor futuro para as pessoas envolvidas na pesquisa, pois contribui para o desenvolvimento da teoria por meio das ações tomadas, permitindo avaliar suas conseqüências para os integrantes do problema e para a organização.

A pesquisadora procurou manter contato com os envolvidos, recorrendo à reuniões como uma forma de propor alternativas adequadas à realidade da equipe, além de alcançar um ponto de equilíbrio entre teoria e campo. Além disso, a autora procurou desenvolver todo o trabalho em consenso com as pessoas, uma vez que o sistema integrado será manipulado por eles durante a inserção dos dados dos experimentos e nos processos de busca e troca de conhecimentos no *software* desenvolvido. Essas adaptações têm como objetivo facilitar as diferentes interações com os envolvidos, bem como tornar o sistema uma ferramenta de gestão da informação durante o desenvolvimento dos produtos que incorporam as tecnologias do laboratório de pesquisa. Este *software* foi elaborado para atender o problema imediato da linha de pesquisa do *A. aegypti*, mas entende-se que ele apresenta características que viabilizam a extensão para as outras linhas do laboratório, contribuindo para a criação de uma base de dados única para toda a empresa e seus produtos.

Depois de validado o modelo que deu origem ao *software* e apresentada algumas funções do programa (este fornece suporte ao modelo integrado de gerenciamento das informações e dados do produto), a equipe percebeu a importância do estudo e propôs algumas adaptações no sistema informatizado de forma a adequar cada vez mais à realidade do laboratório. A pesquisadora procurou induzir o processo de melhoria do modelo de gerenciamento da informação, motivando a participação dos envolvidos neste processo. Para isto, também buscou apoio na estratégia de pesquisa-ação, através do procedimento de resolução-problema,

ao incluir os envolvidos na atividade do PPTec, fazendo com que os mesmos entendessem as restrições e aprendessem a minimizá-las pelo uso consciente do modelo de gestão da informação apresentado.

4.4 Fatores que levaram à escolha da unidade de análise

A pesquisadora faz parte do laboratório de desenvolvimento de tecnologia e produtos da empresa, coordenando as atividades de P&D, principalmente a evolução dos diferentes protótipos de produtos. A proximidade da pesquisadora com a unidade de análise facilitou o levantamento de diversas informações. Além disso, sua interação com os membros da equipe da ENBT para a elaboração de métodos e procedimentos sistematizados capazes de favorecer o controle e mapeamento das atividades desenvolvidas por cada membro do laboratório (quanto ao planejamento e análise de experimentos), favoreceu o gerenciamento das pesquisas do laboratório e o enriquecimento do PPTec, quando observa-se estes fatos do ponto de vista da função do gerente de projetos. O estágio de desenvolvimento da tecnologia e produtos foram fatores que facilitaram a abrangência do estudo proporcionando compreender a integração do TPpM durante a realização do PPTec, uma vez que o *spinoff* está entrando em uma fase de amadurecimento.

O processo de desenvolvimento de protótipos de tecnologia e produtos contido no PPTec é baseado em ferramentas estatísticas como o planejamento e análise de experimentos, sendo uma ferramenta que possibilita avaliar as diferentes alternativas de produto e identificar a solução mais eficiente em termos de captura de mosquito. Durante este processo pode ocorrer a realização de testes redundantes ou decisões precipitadas que são tomadas pelo fato dos envolvidos não possuírem de forma objetiva e rápida as informações necessárias para a tomada de decisão. Isto acaba por levar a falhas e erros de desenvolvimento, além de aumentar o custo e tempo de lançamento do produto no mercado, ou até mesmo lançar um produto que não esteja totalmente validado, o que pode prejudicar a imagem da empresa. A escolha desta unidade de análise permitiu estudar e compreender como as ferramentas estatísticas, de prototipagem e as de gestão da informação do produto durante o desenvolvimento dos protótipos, podem auxiliar nas atividades do PPTec, facilitando na comunicação e integração de conhecimentos entre os membros do *spinoff* acadêmico.

4.5 Considerações sobre a Metodologia de Pesquisa

Durante o estudo percebe-se que é importante compreender como acontecem as interações e trocas de informações entre os diversos atores relacionados ao fenômeno da pesquisa, uma vez que não há procedimentos formalizados para isto, principalmente quando são tratados contextos de ENBT's. A forma como essas relações são estabelecidas, pode ou não favorecer o sistema de desenvolvimento de produtos, com a finalidade de lançar novas tecnologias e produtos mais rapidamente ao mercado e com menor custo de desenvolvimento. Diante deste cenário, cabe à pesquisadora o papel de articular, propor e interpretar o meio, identificando diferentes alternativas para contornar os problemas vivenciados pelos vários envolvidos no fenômeno.

A revisão de literatura sobre PDM, PLM, DOE e prototipagem rápida possibilitou avaliar o cenário do laboratório de P&D da empresa, a partir do qual a pesquisadora, por meio das observações, coleta de dados técnicos, relatórios e interpretações dos dados, foi capaz de desenvolver um modelo para gerenciamento de informações nas diversas etapas de desenvolvimento do protótipo e do produto. Este modelo de referência, destinado à gestão do conhecimento explícito, mas não formalizado, possibilita a estruturação de um ambiente favorável à utilização de um sistema integrado de informação, para facilitar o armazenamento e a troca de dados durante os vários estágios de prototipagem. O desenvolvimento e a estruturação deste modelo contribuem para subsidiar a atividade de projeto, principalmente na elaboração de protótipos da ENBT do setor de Biotecnologia.

CAPÍTULO 5

PESQUISA DE CAMPO



5. Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar a pesquisa de campo e o contexto do problema assim como a ENBT e seus respectivos produtos, o PPTec, a importância das ferramentas de gestão e as ferramentas técnicas que podem auxiliar no desenvolvimento dos vários tipos de protótipos para o caso específico desta Empresa conforme apresentado no capítulo 3. Serão discutidos, ainda, o ambiente onde a pesquisa foi realizada, o processo de comunicação, o fluxo de informação na empresa, bem como as fases que compõem o PPTec e por fim a análise dos resultados.

5.1 A Empresa

As empresas do setor de biotecnologia vêm ganhando grande importância para o desenvolvimento do país, uma vez que propõem soluções de alta relevância em termos de saúde pública, como a descoberta do mapeamento genético, que possibilita a identificação de doenças, e até mesmo o desenvolvimento de produtos relacionados ao controle de transmissores de doenças. A Empresa em análise é um *spinoff* acadêmico do setor de Biotecnologia, especificamente relacionada com a área de Saúde Pública que busca soluções tecnológicas para a prestação de serviço em monitoramento e controle de vetores causadores de doenças, em especial a dengue, tendo a armadilha de captura desses vetores a principal ferramenta para realização do serviço.

Ela é especializada no monitoramento e controle de pragas urbanas, combatendo principalmente a dengue em diversos municípios brasileiros, através do Monitoramento Inteligente (MI - Dengue®). A linha de pesquisa do laboratório, pertencente à UFMG, que a originou se encontra na ecologia química de vetores. Por meio de estudos nesta área do conhecimento é possível desenvolver mecanismos de controle e monitoramento de vetores transmissores de doenças.

A empresa surgiu do contato de um pesquisador da UFMG com um dos atuais sócios de uma Aceleradora de Empresas¹⁹, o que viabilizou o empreendimento, pois o pesquisador detinha o conhecimento da tecnologia e a Aceleradora a articulação para auxiliar na incorporação da tecnologia em um produto. Desde então, a empresa começou a definir suas estratégias e a avançar os primeiros passos, convidando duas bolsistas que foram financiadas pela FINEP

¹⁹ Aceleradora de Empresas é a denominação para uma Empresa que auxilia a geração de *spinoffs* acadêmicos, com Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial e o acompanhamento do desenvolvimento da tecnologia e posteriormente sua incorporação num produto comercial. Esta aceleradora torna-se sócia no *spinoff* gerado conhecido como empresas Aceleradas.

(Financiadora em Estudos e Projetos): uma doutoranda do Departamento de Parasitologia da UFMG e uma graduada em administração. Desde então, o *spinoff* acadêmico vem buscando seu reconhecimento e consolidação no mercado por meio do Monitoramento Inteligente de Vetores.

5.2 Estratégia de posicionamento

O programa de combate a Dengue concentra a maior parte dos gastos do governo federal, estadual e municipal com o controle de zoonoses, com orçamento próximo a R\$ 1 bilhão em 2002. A doença²⁰ atingiu mais de 112 mil pessoas no Brasil em 2004 e mais de 340 mil em 2003 segundo informações adquiridas pelo EVTEC (Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial) da Empresa. Entretanto, os métodos para monitoramento da presença do vetor utilizam as armadilhas ovitrampa, para detecção de ovos do mosquito; a pesquisa larvária (LIRA - Levantamento de Índice Rápido) para detectar as larvas do mosquito; além do aspirador, que representam os métodos bastante difundidos pelos órgãos públicos e preconizados pelo PNCD, são considerados caros e ineficientes. Segundo o responsável pelo sistema de monitoramento da Aceleradora e informações dos agentes sanitários dos municípios, com estes métodos as prefeituras não conseguem obter as informações necessárias em prazo adequado (somente a cada 60 dias) sobre os locais considerados de elevada infestação, para que com este resultado da coleta, o poder público possa fazer a ação corretiva, lançando o “fumacê”, que ocorre muitas das vezes depois que a doença já está instalada.

A empresa surge então, a partir da formação da equipe, como prestadora de serviços (fornecedora de informações) aos gestores de saúde pública que trabalham no combate ao mosquito da Dengue, oferecendo um serviço de monitoramento do vetor através da armadilha de coleta de fêmeas grávidas para o setor público e das armadilhas de repasto sanguíneo das fêmeas para o privado.

5.3 Produtos desenvolvidos pelo *Spinoff* Acadêmico

A Empresa desenvolve produtos para controle da proliferação de vetores transmissores de doenças, principalmente para a Dengue. O meio de controle utilizado pela empresa é um controle por coleta de adultos com armadilhas de oviposição ou de fêmeas grávidas, Mosquitrap®, e armadilhas de repasto para captura de fêmeas que desejam se alimentar, BG-

²⁰ A doença dengue é transmitida apenas pela fêmea durante o repasto sanguíneo para a maturação dos ovos.

Trap®. O primeiro produto está em fase de comercialização e associado a um sistema de prestação de serviço, MI-dengue®, enquanto que o segundo está em fase de desenvolvimento.

5.3.1 O MI-dengue® e a MosquiTRAP®

O MI-dengue® representa o produto/serviço em fase de comercialização da ENBT, direcionado para o setor público, possuindo as prefeituras como os maiores clientes. Este serviço utiliza a armadilha como um instrumento de coleta de informações sendo ela parte de um sistema de alta tecnologia que fornece informações rápidas para o monitoramento do vetor. Para isto, avaliam-se o índice médio de adultos de *Aedes aegypti* capturados por armadilha e o índice de positividade da armadilha, dados indispensáveis para a prestação do serviço pela empresa.

O serviço gera a informação na velocidade e qualidade demandadas pelo cliente, ao destacar as áreas de risco e a densidade vetorial através de mapas georreferenciados e fornece relatórios semanais com índices estegômicos, citados acima, e de riscos para transmissão da dengue em áreas urbana. Com estas informações, o gestor de saúde sabe onde está seu “inimigo” para poder combatê-lo de forma eficaz. Para gerar estas informações, o MI-Dengue® utiliza:

- *Softwares* especialmente desenvolvidos para: i) coleta dos dados de campo (Sistema de Computação Móvel - é instalado em Planilhas Eletrônicas como os Palms); ii) processamento dos dados coletados para geração de tabelas e gráficos para análise; iii) geração de mapas do tipo SIG (Sistema de Informações Georreferenciadas) com informações atualizadas da população do vetor, que ficam disponíveis aos usuários pela *Internet*;
- Armadilha específica (MosquiTRAP®) para a captura da fêmea grávida *Aedes aegypti*, desenvolvida através de estudos comportamentais deste vetor;
- Atraente de oviposição sintético (AtrAedes®) para fêmeas grávidas do *A. aegypti*, identificado a partir de infusão de capim;
- Equipe técnica especializada em monitoramento e controle de pragas urbanas.

Para o planejamento da prestação de serviço, primeiramente, a equipe da empresa realiza uma análise do mapa (em formato digital)²¹ da cidade, dividindo a área em quadras. No centro de cada quadra, são identificados os pontos para a localização das armadilhas contendo os

²¹ Para as cidades que não possuem o mapa digital, realiza-se a atividade de georreferenciamento para a digitalização de uma área geográfica.

atraentes. Estas informações são repassadas para o gestor de saúde das prefeituras, para que o mesmo possa adequar a localização para que os pontos de distribuição das armadilhas não incidam sobre regiões de água como lagoas, ambiente de atividade industrial, rochas e outros. Assim, o gestor realiza um ajuste na posição das armadilhas, para que então seja elaborado um plano de implantação dos produtos. Após implantado, realiza-se o cadastro das informações no *palm*, como endereço da localização (RG - código do bairro e número da quadra, rua e número da casa), nome do morador, telefone, local de instalação dentro da residência, melhor horário de vistoria e outros. O *palm* possui alguns sistemas para evitar erros de inserção dos dados, como exemplo, quando o agente coloca um número discrepante em termos de mosquitos coletados por armadilha, o aparelho exige uma confirmação da informação. Este cadastro é realizado pelos agentes de campo, devidamente treinados, para que depois de coletadas e armazenadas as informações no *palm* elas sejam sincronizadas com o *software* do servidor. Depois são realizados novos ajustes e calibrações no mapa georreferenciado de forma que não tenha mais de uma armadilha/informação dentro de uma mesma quadra (a quadra tem aproximadamente 160m²), o que dificultaria a análise dos dados de campo.

Uma vez ajustado todo o sistema, a empresa passa a receber semanalmente os dados do cliente e em 24 horas ela consegue processar toda a informação e atualizá-la na *internet*, com acesso exclusivo para os responsáveis pela gestão da saúde no município, ao passo que os sistemas convencionais levam 60 dias para a conclusão deste tipo de serviço. Estes dados são exportados para o programa de geoprocessamento²² para que seja feita a sua plotagem. Aqui são novamente verificadas as possíveis falhas de alimentação das informações nos *palm* ou na transmissão dos dados, como exemplo, substituir a letra “O” pelo número “0”, ocasionando falhas no banco de dados. Também para evitar falhas no serviço, os agentes de campo fazem a coleta dos mosquitos (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes s.p* e *Culex* tanto machos quanto fêmeas) e estas amostras são encaminhadas para um laboratório para serem analisadas, verificando a qualidade de identificação das espécies pelos agentes.

Os índices estegômicos e mapas georreferenciados estão apresentados na Figura 19. Os mapas gerados fornecem informações das áreas infestadas, permitindo o direcionamento das ações de controle combate ao vetor ao indicar o local e o momento necessário, orientando a tomada de decisão dos gestores de saúde dos Municípios. Estes mapas georreferenciados permitem avaliar a frequência de positividade das quadras, fornecendo aos gestores de saúde

²² Geoprocessamento está relacionado à manipulação da informação com base de dados geográficos.

informações das áreas que contêm focos do vetor, para que se possa empregar as medidas de controle (EIRAS, 2005).



Figura 19: Exemplo de um mapa de georreferenciamento do MI-dengue®
Fonte: Dados da Empresa

Conforme mencionado, para a prestação do serviço é necessária a utilização das armadilhas, como um instrumento para a coleta de dados. A MosquiTRAP®, primeira versão comercializada junto ao pacote de serviço, (Figura 20) foi desenvolvida especificamente para o mosquito *A. aegypti*, através de estudos comportamentais deste vetor sendo a responsável pelo surgimento da empresa. A fêmea é capturada quando entra na armadilha para oviposição²³, que permite a identificação da espécie de mosquito durante a sua inspeção, agilizando os resultados e fornecendo a informação sobre a presença e a distribuição do mosquito vetor. Enquanto que através dos métodos convencionais, como a ovitrampa, é possível obter informações da presença do vetor somente após encaminhá-la ao laboratório, para proceder à uma análise mais apurada e verificar se os ovos depositados na mesma são do *A. Aegypti*.

²³ A oviposição, conforme mencionado no capítulo 2, é a fase em que a fêmea ovipõe os ovos. Assim, o produto foi desenvolvido após observar o comportamento do vetor ao depositar seus ovos na água limpa (este é um fator que atrai a fêmea grávida para oviposição). Para o vetor depositar seus ovos, primeiramente ele pousa na parede do recipiente contendo água. Assim, por meio da fita adesiva no MosquiTRAP® o inseto é capturado.



Figura 20: Produto da Empresa “ECO”
Fonte: Dados da Empresa

O AtrAedes® é um atraente sintético de oviposição para fêmeas grávidas do *St. Aegypti*. Sua liberação é contínua, podendo durar até 60 dias. Ele é colocado no interior da armadilha para atrair o vetor, potencializando o poder de captura da mesma. Nesta fase do seu ciclo de vida, as fêmeas são atraídas por atraentes de infusão do capim colônia, denominados apneumônios (capítulo 2), além da própria cor preta da armadilha.

Para melhorar o sistema de serviço, a empresa está buscando incorporar novas funções ao MI-Dengue®, utilizando as ferramentas de gestão como a curva ABC para “*rankear*” as regiões que possuem maior índice de mosquitos capturados, além de desenvolver um sistema de informação dinâmico para aperfeiçoar o procedimento de atualização dos dados na *internet*, eliminando a necessidade de uma intervenção para controle. A empresa vem utilizando outras ferramentas para auxiliar na identificação do problema e como o cliente deverá atuar frente a cada informação gerada para o combate ao vetor, com o intuito de melhorar a metodologia do sistema de monitoramento inteligente.

A empresa julga que a maior dificuldade de se comercializar o produto/serviço está relacionada ao fato dele ser ou não preconizado²⁴. O governo federal, por meio do PNCD (Programa Nacional de Controle da Dengue), repassa uma verba para as prefeituras para o combate do vetor e a conseqüente proliferação da doença. As prefeituras podem utilizar estas verbas dentro do orçamento para o pagamento de produtos e serviços por ela preconizados. A Empresa está passando por uma série de refinamentos no serviço para favorecer a aceitação do MI-Dengue® no mercado, principalmente pelo governo federal, uma vez que ainda não é um produto homologado. Assim sendo, as prefeituras não possuem recursos extras para arcar com os custos de implantação desse serviço, o que não as estimula a realizar investimentos em um serviço não preconizado, pois, se vierem a agir dessa maneira, estarão retirando recursos de outros projetos de investimento como educação, segurança e outros. Atualmente,

²⁴ Produto ou serviço preconizado são aqueles reconhecidos tecnicamente pelos órgãos responsáveis do governo.

o governo já fornece outros meios de combate ao vetor transmissor da dengue, embora esses meios não sejam os mais eficientes. Segundo relatos de um dos sócios da empresa, “este fato implica em uma forte barreira à comercialização do produto, mesmo sendo um que satisfaça às necessidades do mercado, como a ferramenta de monitoramento para o vetor da dengue”.

Para atender as exigências do PNCD, a empresa está desenvolvendo os índices de predição de risco, como uma tentativa de validar o produto (MI-Dengue®) e expandir sua comercialização, melhorando assim seu nível de serviço. Esse índice (também conhecido como um indicador entomológico) é caracterizado como uma forma de estabelecer uma relação entre a quantidade de mosquito coletado pela armadilha e o risco que a população tem em adquirir a doença, bem como a conseqüente formação de endemias²⁵, epidemias²⁶ e surtos²⁷, e para obter esse indicador utiliza-se a armadilha de oviposição como um instrumento de trabalho. Este índice considerará aspectos como densidade populacional da região, qualidade de vida da população, aspectos geográficos, pontos estratégicos como borracharias e cemitérios, para identificar uma medida de controle por parte do governo.

5.3.2 BG-Trap®

O produto destinado para o setor privado é a BG-Trap® ou BG-Silent®. Essa armadilha foi desenvolvida inicialmente por uma empresa alemã (Biogents) num produto conhecido como BG-Sentinel®. Os clientes para esse produto são os hotéis, resorts, hospitais e principalmente condomínios, pois possuem recursos que viabilizam a implantação desses produtos de controle e monitoramento.

Inicialmente, esta armadilha foi concebida para combater o mosquito *A. aegypti*. Entretanto com os estudos para o desenvolvimento do produto, percebeu-se que para o mercado privado, o maior problema é a existência do Mosquito *Culex*²⁸, popularmente conhecido como “pernilongo” e não somente o vetor causador da dengue. A BG-Trap® é uma armadilha que está sendo desenvolvida, desde então, com o intuito de capturar ambos os insetos.

Os clientes do mercado privado utilizam inseticidas como forma de combate aos mosquitos e buscam serviços e produtos que, além de monitorar²⁹, controlem³⁰ a população, a fim de evitar

²⁵ Endemia ocorre quando o número de casos da doença é constante num período de tempo.

²⁶ Epidemia é um aumento brusco no número de casos de dengue em uma região mais ampla abrangendo um significativo tamanho de população.

²⁷ Surto é um aumento brusco no número de casos de dengue em uma região restrita.

²⁸ O Mosquito *Culex* também é da família dos Culicídeos e transmite a doença filariose linfática, conhecida como elefantíase.

²⁹ Monitorar a população é saber onde ela está localizada no espaço.

o incômodo causado pelo zumbido dos mosquitos, o que representa um maior apelo de mercado. Este cliente não sabe onde está o mosquito, apenas sente o incômodo das picadas, e, portanto, desenvolver uma armadilha para captura do mosquito, seria atender a uma necessidade de mercado.

A armadilha sentinel[®] já é vendida para o setor privado por meio de duas empresas de controle de pragas e vetores. Segundo um dos analistas da empresa, o mercado está ansioso pelo produto e uma barreira futura que a empresa poderá enfrentar é a falta de recursos para desenvolvimento de embalagens e divulgação para o seu lançamento no mercado. A armadilha BG-Trap[®] é composta pelo recipiente (que atualmente é na cor branca) fechado com um tecido branco na parte superior, com um ventilador (ligado à energia elétrica) e um atraente conhecido como BG-lure[®]. Este atraente é denominado cairomônio por conter substâncias químicas do odor humano. Este odor produzido pelo homem atrai a fêmea para que ela realize o repasto sangüíneo e a respectiva maturação dos ovos, para então realizar a oviposição. O mosquito-fêmea ao sobrevoar a região da armadilha é atraído por ela. Uma vez sobre o recipiente, o mosquito é succionado pelo ventilador que fica no interior da mesma e transferido para câmaras mortíferas ou gaiolas de transporte, permanecendo ali sem condições de retornar ao ambiente. A armadilha BG-Trap[®] foi pensada para a fase de repasto do mosquito, fase esta caracterizada pela busca, efetuada pelo mosquito, por pessoas e animais para sugar o sangue e se alimentar para o desenvolvimento dos ovos. Por isso, pode ser utilizada durante o dia associada a uma isca humana ou animal e devem ser montados na borda de matas, quintais, margens de rios e açudes.

Estas armadilhas representam uma tentativa de nacionalização do produto da empresa alemã (BG-Sentinel), buscando sua redução de custo para a venda no mercado interno. Hoje, a empresa importa estas armadilhas, assim como o atraente utilizado, o que significa uma barreira à comercialização devido aos custos. A Figura 21 apresenta as três armadilhas, sendo a primeira à esquerda a BG-Silent, BG-Trap e Sentinel respectivamente. Estas armadilhas estão em desenvolvimento, e a BG-Silent representa uma evolução da BG-Trap por possuir um ventilador silencioso, julgado benéfico para a atração.

³⁰ Controlar a população é obter uma efetiva redução da população de mosquito no ambiente.



Figura 21: BG-Silent®, BG-Trap® e Sentinel®

5.3.3 Características para aceitação dos produtos no setor público e no privado

Existem algumas diferenças entre as exigências dos mercados públicos e privados. O setor privado em sua totalidade almeja eliminar o problema, controlando a população do mosquito. Para tanto, a armadilha tem que capturar o mosquito para reduzir o tamanho da população no ambiente, o que aumentaria a “sensação de não ter problema com os vetores”, não importando o consumo de energia elétrica para seu funcionamento. Como forma de compreender um pouco mais esta diferença, a empresa tentou utilizar a Mosquitrap® (que era do mercado público) para o mercado privado, e a resposta obtida pelo mercado foi de que a armadilha incomoda, pois parece não resolver o problema, porque “fica um pote preto no chão, no meio do nada” - colocação realizada por um cliente em potencial. Para os clientes privados, a armadilha precisa de um suporte para fixá-la ao chão ou à parede.

Já a aplicação da Mosquitrap® para o setor público, a sua forma e estética do produto não são fatores essenciais e ela demonstra ser adequada uma vez que apresenta um sistema passivo de captura (sem consumo de energia) diferentemente do que ocorre com a BG-Trap. O governo instala na casa das pessoas e a maioria delas não se importa com esses padrões, sendo o principal ponto o monitoramento. A população valoriza esta iniciativa do governo, uma vez que ela sente que o poder público está preocupado com a saúde pública e com o controle dos vetores de doenças. O poder público busca um sistema que forneça a informação para realização do combate e controle do vetor.

5.4 A Evolução das Armadilhas de Oviposição na ENBT

O desenvolvimento de protótipo, dentro do PPTec, é o resultado da atividade de projeto do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). O produto, até atingir seu amadurecimento comercial, passa por várias fases de desenvolvimento do protótipo. A ferramenta estatística

DOE, no caso em análise, é uma forma de validar as modificações na especificação do produto, permitindo a transposição entre as diferentes fases de protótipo.

O PPTec inicia-se com a pesquisa acadêmica, para dar origem à tecnologia embrionária que será incorporada às várias especificações de produto final. Estes produtos que serão descritos neste item correspondem à evolução da plataforma sendo continuamente aperfeiçoados. Ao substituir um produto, ou havendo uma melhoria do mesmo, os dois são comparados também por meio de planejamento e análise de experimentos, a qual permite verificar a eficiência do controle (armadilha vista como um produto efetivo) e as novas especificações advindas do processo de melhoria.

O pesquisador-orientador passou a estudar o comportamento do vetor transmissor da doença Dengue, obtendo várias descobertas e definiu o conceito da tecnologia embrionária. Observando o modo como as fêmeas grávidas depositavam os ovos em água para a reprodução e até mesmo com base na ovitrampa, desenvolveu um sistema de captura do vetor, evitando então a sua proliferação. Conforme mencionado, a ovitrampa é composta pela Armadilha e substrato de oviposição e atraentes (infusão de gramínea) ou água (Figura 22).



Figura 22: Armadilha de oviposição - ovitrampa

Ao identificar as características do vetor *Aedes aegypti* e compreender melhor seu comportamento, são identificadas novas soluções tecnológicas para resolver o problema de controle e monitoramento, nos quais a captura se faça presente para reduzir efetivamente a população do vetor. Buscando respostas para a pergunta “Como melhorar a ovitrampa?”, o pesquisador e equipe perceberam que o mosquito, ao realizar a oviposição dos ovos, pousava primeiramente na parede do recipiente, colocava os ovos e ia embora. Então surgiu a pergunta “Como capturar o mosquito?”. Então, observando constantemente o comportamento do vetor com base na ovitrampa que não possui a função de captura, surgiu a primeira idéia do pesquisador em substituir a paleta por uma “cola” no interior do recipiente (Figura 23).



Figura 23: Primeira versão da armadilha de captura de insetos adultos

Esta tecnologia inovadora é representada pela captura do vetor de forma passiva, pois a armadilha possui mecanismos físicos como o cartão adesivo, sem que seja necessário fazer uso de energia elétrica como ocorre com a BG-Sentinel®. Assim, conhecido alguns fatores do comportamento, a equipe identifica algumas especificações para que o produto possa desempenhar o papel principalmente de monitoramento.

Essa adaptação tem por objetivo a captura do mosquito e sua imediata identificação, possibilitando uma maior eficiência no monitoramento do vetor, uma vez que não dependeria mais de recursos do laboratório de análise para identificação dos ovos e larvas. Com o objetivo de aperfeiçoar continuamente o produto, a equipe passou novamente pelas etapas de desenvolvimento de protótipos (PPTec para melhoria do produto) a partir da primeira versão da armadilha. Para este PPTec de melhoria, foi desenvolvido um cartão adesivo e um atraente para aumentar a eficiência da armadilha ao aumentar o seu poder de atração. Foi confeccionado um *mockup*³¹ com a nova alternativa de produto, contendo uma parte superior que se encaixa na primeira versão da armadilha de captura de insetos adultos (Figura 24). Em princípio utilizavam a infusão como atraente, o que exalava um “mal cheiro” dificultando o manuseio e a reposição no campo. Para contornar esta situação, identificaram os compostos químicos presentes na infusão utilizando para isto, a cromatografia gasosa³². Depois

³¹ A evolução das características do produto ocorre por meio de *mockups* e protótipos. *Mockups* são representações tridimensionais do produto, feito geralmente por material de baixo custo e que pode ser utilizado como validação das soluções de projeto, teste da funcionalidade, simulação do uso e avaliações de natureza ergonômica e estética do produto e que não necessariamente possuem as especificações idênticas ao produto final. Estas informações geradas com o *mockup* auxiliam nas decisões da equipe para identificar a especificação mais adequada para o mesmo (ROMEIRO, 2006). Protótipos também são representações tridimensionais do produto, podendo ser divididos entre protótipos virtuais (desenhos em CAD), protótipos simulados (possui as especificações reais do produto excetuando o material) e o protótipo real (fabricado com o material do próprio produto, representando fielmente a versão final).

³² Cromatografia gasosa - é uma técnica utilizada para separar substâncias voláteis. A separação baseia-se na diferente distribuição das substâncias da amostra entre uma fase estacionária (sólida ou líquida) e uma fase móvel (gasosa). A amostra é introduzida numa coluna contendo a fase estacionária, e com o aumento da temperatura, possibilita a vaporização das substâncias que, de acordo com suas propriedades e as da fase estacionária, são retidas por tempos determinados e chegam à saída da coluna em tempos diferentes. O uso de um detector adequado na saída da coluna torna possível a detecção e quantificação destas substâncias (COLLINS *et al*, 1993).

avaliaram, por meio do EAG³³, quais compostos eram mais atrativos para o mosquito para então, desenvolver o atraente.



Figura 24: Cartão Adesivo e o *mockup* da nova versão de armadilha

Neste momento, a equipe da empresa entrou em contato com a CTiT (Centro de Transferência e Inovação Tecnológica - órgão da UFMG responsável pelas transferências de tecnologias e patentes), para viabilizar a licença da patente. Este contrato representou a segunda transferência de tecnologia na história da Universidade, com isso o processo enfrentou uma série de exigências e requisitos burocráticos, interferindo na conclusão e fazendo com que o mesmo demorasse quase um ano para ser assinado. Nesta etapa de desenvolvimento, o pesquisador encontrou muitas dificuldades, uma vez que a equipe necessitou realizar diversas atividades sem que pudesse ter a confiabilidade de que a tecnologia estava assegurada contra as cópias de terceiros. A Universidade, juntamente com o pesquisador, conseguiu obter duas patentes, uma para o atraente e outra para a armadilha, sendo posteriormente licenciados com exclusividade para a empresa em estudo.

A equipe julgava que esta armadilha poderia ser melhorada e continuaram o processo de pesquisa e desenvolvimento e de revisão bibliográfica até originar a MiniMosquitrap® apresentada na Figura 25, com o auxílio do projetista e de ferramentas de prototipagem. Esta armadilha é composta por um recipiente, um cartão adesivo e um atraente, sendo estes últimos produzidos no exterior. Depois de desenvolvida a primeira versão do atraente, trabalharam no propósito de encontrar uma forma de liberar o princípio ativo dentro da armadilha, o que deu origem ao Atraedes®, uma forma do atraente extrusado, a fim de manter a taxa de liberação do composto químico.

³³ EAG - é um método que pode ser usado com muitos propósitos tal como separação biológica entre diferentes compostos, purificação de extratos, identificação de princípios ativos, seleção de compostos sintéticos ativos, mensuração da concentração de jazidas e como detector de gás cromatográfico. São colocados eletrodos e osciloscópios nas antenas dos insetos para amplificar e medir as respostas elétricas das antenas estimuladas, identificando quais compostos estimulam mais o inseto (SYNTECH, 1998).

Neste mesmo período, na fase de desenvolvimento do *mockup* funcional da futura MiniMosquitrap®, o pesquisador identificou uma nova oportunidade de mercado em que esta armadilha poderia ser vendida por meio de uma prestação de serviço, utilizando um sistema de monitoramento inteligente MI-Dengue®. Este sistema pôde potencializar a função da armadilha por disponibilizar as informações de forma rápida e precisa, auxiliando a tomada de decisão do gestor de saúde pública.

Este serviço foi testado num projeto que incluiu 10 cidades espalhadas pelo Brasil, resultando na venda para uma delas. Nesta ocasião, surgiu uma armadilha no Sul do País denominada “Adultrap” que foi considerada mais eficiente pelo Ministério da Saúde. Então o laboratório destinou-se a melhorar a eficiência de sua armadilha. Neste sentido, o Escritório da empresa passou a dedicar-se ao desenvolvimento do MI-Dengue® e à comercialização do serviço, enquanto que o laboratório realiza os *upgrades* na armadilha. Entendia-se que este processo de melhoria contínua era importante para que o laboratório passasse a atuar como um centro de geração de novos produtos a serem patenteados pela universidade ou pela associação entre universidade/empresa. Paralelamente ao desenvolvimento da armadilha, o escritório, incorporando as informações de mercado, percebeu a importância de desenvolver os índices para a predição de risco para a doença. Esta é a informação decisiva para argumento de venda, pois indicava o quão grave é a situação da região de controle, e isto serve como ferramenta de auxílio à tomada de decisão por parte do governo.

Então, sob a perspectiva do laboratório, surge mais um novo questionamento “Como aumentar a eficiência da armadilha e com menor custo?”. Começaram assim o processo de melhorias no produto, utilizando novamente a ferramenta estatística de planejamento e análise de experimentos. Para cada etapa de desenvolvimento ou mudança na especificação do produto são produzidos *mockups* do mesmo, que são testados no gaiolão em comparação com os protótipos já desenvolvidos³⁴, para então validar ou não esta modificação no projeto. Depois que os *mockups* são validados positivamente, são confeccionados os protótipos em escala real, representando o produto. Depois da MiniMosquitrap®, foi desenvolvida a MédiaMosquitrap (que não chegou a ser comercializada) até chegar na BigMosquitrap® (Ver Figura 25 contendo os três protótipos de armadilhas).

³⁴ A ferramenta estatística Planejamento e Análise de Experimentos (DOE) é utilizada para a condução dos testes no gaiolão e ambiente de campo.



Figura 25: MiniMosquitrap®, MédiaMosquitrap e BigMosquitrap® e seus respectivos componentes

Como forma de exemplificação de construção dos *mockups*, ao sair da Média para a Big, foram incorporados vários componentes à armadilha, com o intuito de aumentar sua eficiência e redução de custo nas várias etapas do ciclo de vida do produto. A armadilha foi desenhada de tal forma que a parte inferior e superior se encaixem, facilitando e reduzindo custos de transporte, além ser produzida inteiramente com material reciclado como PP (polipropileno). A armadilha MiniMosquitrap® era de difícil encaixe para transporte e sua reciclagem ficava comprometida, uma vez que sua composição possuía materiais distintos devido às restrições na produção. A solução para o produto após consumo era a incineração, enquanto que a nova armadilha pode ser reciclada (Figura 26).



Figura 26: Encaixe para facilitar o transporte da BigMosquitrap®

Para o desenvolvimento do funil da nova armadilha BigMosquitrap® foram testados diferentes materiais como “filó”, “sombrit” e “organza” (Figura 27 à esquerda). Após realizados testes no gaiolão, percebeu-se que o material “organza” era igual ou melhor do que os outros materiais. Por fim foi comparado este material com o plástico “PP” da armadilha com o intuito de reduzir o custo de fabricação, pois durante a injeção plástica, a peça sendo composta por um único material, reduz este custo de fabricação.



Figura 27: Foto à esquerda comparação “filó”, “sombrit” e “organza”, e foto à direita comparação entre o plástico da armadilha e organza.

Para a redução de custos, pensou-se na nacionalização dos produtos: atraente e cartão. O atraente extrusado importado (Figura 28, esquerda) foi substituído pelo atraente em um novo tipo de liberador. Os atraentes nacionais passaram por três estágios de evolução conforme pode ser visto na Figura 28 à direita.



Figura 28: Liberador extrusado à esquerda e evolução dos liberadores nacionais (de baixo para cima).

Como se trata de um produto de tecnologia inovadora, a equipe de desenvolvimento encontrou dificuldades para a identificação de fornecedores para esses dois produtos. Para facilitar o processo criaram uma rede de relacionamentos, no qual foram gastos meses de testes / tentativas para o desenvolvimento de fornecedores nacionais. Apenas no ano de 2006 conseguiu-se desenvolver um fornecedor local de cartão e também a nacionalização do atraente com o uso de um novo liberador, com menor custo de produção e material.

Para um melhoramento contínuo do produto, foram realizados alguns experimentos com a variação da armadilha com relação à cor, combinando o preto e o transparente. Para isto, foram confeccionados vários *mockups* para viabilizar os planejamentos de experimentos no gaiolão (Figura 29). Assim, ao construir o ferramental (moldes) para a injeção plástica, pensou-se na possibilidade de alterar o material a ser injetado, sem prejudicar a estrutura do produto (Figura 30).



Figura 29: Exemplos de mockups de armadilhas



Figura 30: As quatro combinações de cor (preto e transparente) externa da armadilha: protótipo real

O produto comercializado atualmente é a BigMosquitrap®, sendo todas as partes na cor preta. Com o objetivo de melhorar sempre a eficiência do produto, com frequência são realizados testes com protótipos reais da armadilha nas combinações acima. Conclui-se que o P&D está sempre desenvolvendo novas soluções, uma vez que por mais eficiente que seja a armadilha existem pontos a serem melhorados. Como exemplos, caso os ovos caiam na água dentro da armadilha existe o risco dela se converter em um criadouro para a proliferação do mosquito; outro ponto é que a armadilha não consegue capturar apenas as fêmeas *A. aegypti*, uma vez que a fêmea acaba por atrair o macho para acasalamento; além disso, a armadilha associada ao sistema de monitoramento inteligente ainda não é capaz de detectar a presença do vírus da doença no mosquito capturado sem que seja necessária a realização de um teste laboratorial de virologia.

A Figura 31 abaixo apresenta um resumo das evoluções dos PPTec's. Após o surgimento da primeira versão do produto, há o PPTec de melhoria para *upgrade* nas armadilhas. Com base na primeira versão e mantendo o conceito da tecnologia e produto do primeiro PPTec, são desenvolvidos novos *mockups* laboratoriais, funcionais e protótipos reais. Para isto, utilizam a ferramenta DOE, para testar e validar as especificações do produto de um *mockup* para outro e para o protótipo, como também para comparar a versão anterior de armadilha com a melhoria (*upgrade*).

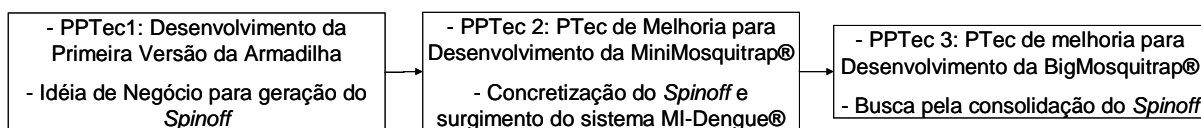


Figura 31: Evolução dos PPTec's

Neste sentido, a ENBT passou por três planejamentos tecnológicos, obtendo os seguintes resultados (Figura 31): i) PPTec 1: desenvolvimento do produto que representa a primeira versão da armadilha e a idéia de negócio para geração do *spinoff*, ii) PPTec 2: desenvolvimento de um novo produto (MiniMosquitrap®), para a integração do TPpM e concretização do *spinoff*, que tem como modelo de negócio a prestação de serviço para o monitoramento de vetores de doenças, em especial o *A. aegypti* e iii) PPTec 3: desenvolvimento de uma nova versão para a armadilha, melhorias do sistema de monitoramento e busca pela consolidação do *spinoff*. No item abaixo será apresentado o Processo de Planejamento Tecnológico do Produto MiniMosquitrap®.

5.5 O Processo de Planejamento Tecnológico da ENBT com Base no Desenvolvimento de Protótipos do Produto MiniMosquitrap®

As etapas de desenvolvimento de protótipos constituem os marcos do PPTec para esta pesquisa. Para este estudo, o PPTec tem como foco o desenvolvimento do produto armadilha que, depois de definido o modelo de negócio para a empresa durante o desenvolvimento da MiniMosquitrap®, é utilizado como ferramenta para o monitoramento georreferenciado do vetor, por meio do sistema MI-dengue®. O problema que a armadilha associada ao serviço pretende resolver é o monitoramento do vetor *A.aegypti*, MI-Dengue®, causador da doença dengue, de forma rápida e precisa, favorecendo a tomada de decisão dos responsáveis pela saúde pública. Entende-se que a armadilha é o componente essencial do pacote de serviço oferecido pela ENBT. Sem ela não é possível obter as informações a serem processadas pelo sistema, uma vez que os processos convencionais (que coletam apenas os ovos) não são capazes de fornecer os *inputs* ao sistema de forma ágil, principalmente porque não desempenham a função tecnológica primordial da armadilha que é o conceito de captura do inseto adulto.

O PPTec inicial do laboratório de pesquisa teve como primeira etapa a fase de pesquisa acadêmica em que originou a idéia do produto a ser desenvolvido. Esta idéia surgiu de um problema observado no mercado pelo pesquisador-orientador, associado à sua vontade em

estudar a ciência da parasitologia, em específico os vetores transmissores de doenças. Na época da epidemia da Dengue em Minas Gerais, o pesquisador da UFMG foi procurado pelas autoridades por ser um especialista acadêmico no assunto. Ele começou a estudar a realidade do combate ao vetor e encontrou gargalos, com os quais poderia trabalhar, uma vez que tinha a habilidade e o conhecimento. Nesta época o pesquisador já pensava em empreender sua tecnologia ao vislumbrar seu potencial no mercado.

O pesquisador-orientador do laboratório realizou uma revisão bibliográfica para iniciar suas atividades de P&D. É importante ressaltar que esta fase da pesquisa científica se estendeu ao longo do desenvolvimento como forma de confrontar os resultados obtidos pelos experimentos e as informações contidas na literatura da área. Entretanto, para a representação desta fase na Figura 32 não foi levada em consideração esta ampliação da fase de revisão, dado que o objetivo é apresentar os marcos do PPTec, referentes aos *mockups* e protótipos e os marcos com relação ao desenvolvimento do *spinoff*. Então, realizada a revisão, o pesquisador definiu o conceito da tecnologia (visto na seção anterior) numa etapa denominada tecnologia embrionária.

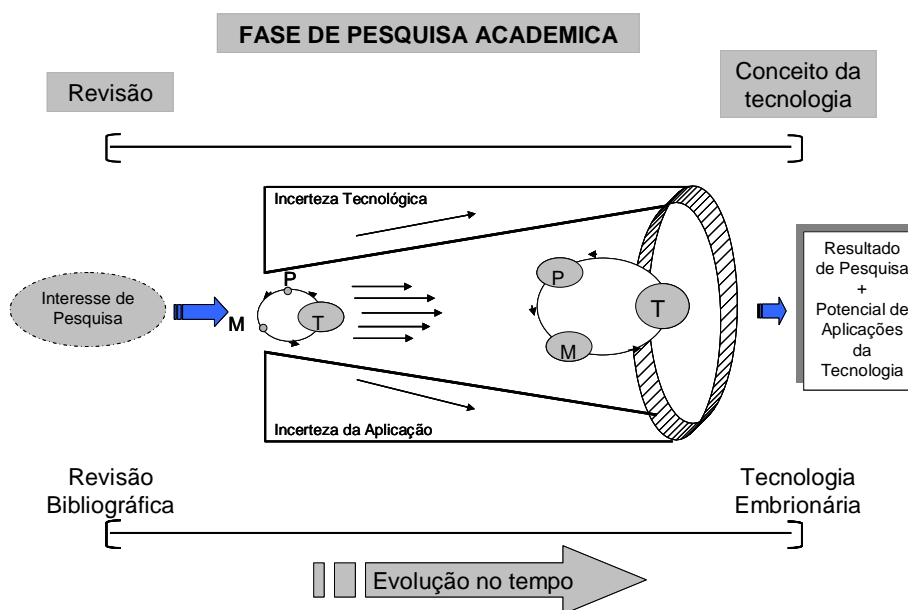


Figura 32: Fase de Pesquisa Acadêmica

Esta tecnologia embrionária foi incorporada num produto, passando por várias etapas de desenvolvimento de protótipos até chegar ao produto comercial apresentado na Figura 33, que representa a fase de desenvolvimento do *spinoff*. Nesta época, o pesquisador possuía o interesse em empreender sua tecnologia e uma idéia de negócio para a geração de *spinoff*, porém a concretização e consolidação da empresa foi ocorrer nos PPTec's que se sucederam,

respectivamente no PPTec de melhoria para o desenvolvimento da Mini e BigMosquitrap®. Como consequência, optou-se por descrever o PPTec da MiniMosquitrap® para apresentar a evolução da integração TppM e o desenvolvimento do *spinoff*.

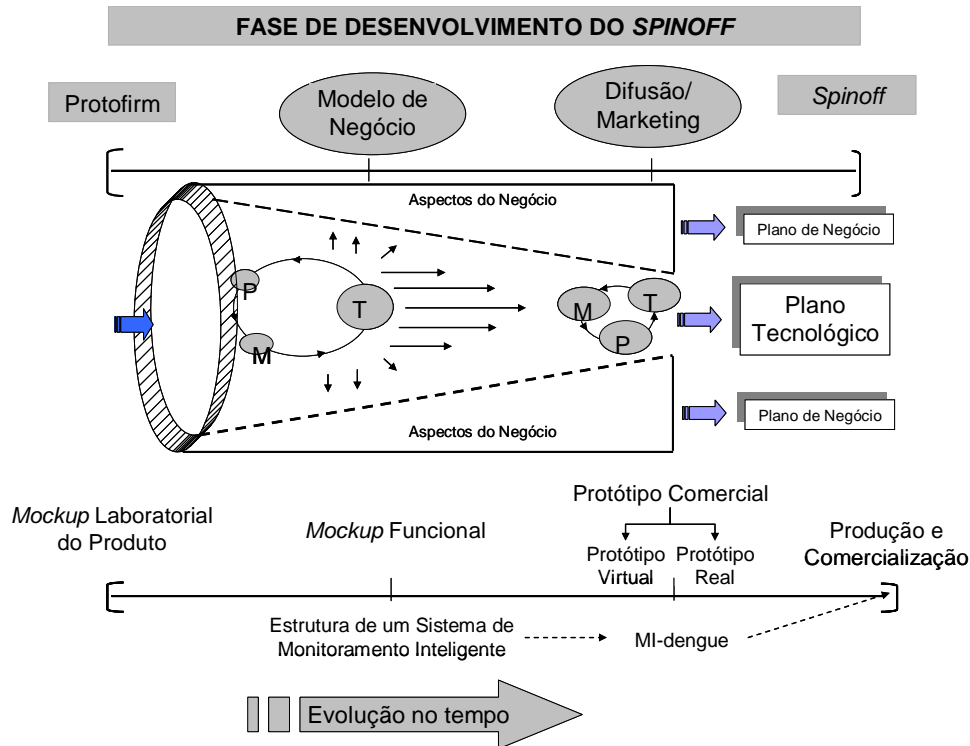


Figura 33: Desenvolvimento do *Spinoff*

Assim, após a fase de tecnologia embrionária, finda a fase de pesquisa acadêmica e inicia-se a fase de desenvolvimento do *spinoff* acadêmico durante a construção da MiniMosquitrap®. Nesta fase, há o desdobramento das atividades do PPTec (desenvolvimento dos protótipos) em paralelo às atividades relacionadas ao negócio. Conforme visto, o PPTec (Processo de Planejamento Tecnológico) é uma ferramenta que culmina com o Plano Tecnológico que será associado a outros planos do Plano de Negócio (PN). Nesta fase, a empresa realiza outras ações no sentido de planejar e definir estratégias de negócio a serem empregadas, organizando para isto, os aspectos financeiros, mercadológicos, organizacionais e de gestão.

Esta fase do PPTec, refere-se ao desenvolvimento do produto e da empresa de base tecnológica. Pode-se observar que a ENBT passou resumidamente por 3 etapas de desenvolvimento: a) geração de idéia com base na oportunidade de mercado, teste da idéia e concepção em laboratório representando a fase de *mockup* laboratorial do produto; b) teste do produto em campo (*mockup* funcional do produto) e por fim c) projeto do produto; desenvolvimento de fornecedores, teste do produto final em campo (protótipo comercial).

Estas etapas permeiam as várias fases do desenvolvimento do protótipo, que se inicia com o protótipo laboratorial da tecnologia até chegar ao protótipo comercial do produto.

Depois de identificada a necessidade de mercado e geradas as idéias, a equipe atinge a fase de *mockup* laboratorial do produto. Esta fase representa a construção de esboços de protótipos, pelos pesquisadores do laboratório, que não demandam investimentos expressivos e nem um tempo significativo. Estes modelos procuram incorporar os aspectos e funções que atendam ao enunciado do problema identificado, associando as disponibilidades tecnológicas para o seu desenvolvimento. Para a construção destes *mockups*, conforme mencionado no capítulo 1, são utilizados vários materiais improvisados para sua fabricação, com a finalidade de tentar representar fisicamente a idéia, sem que haja uma preocupação com a estética. Isto se torna possível uma vez que, para a armadilha, as características de resistência não são tão importantes, pois a mesma não será submetida à “grandes” pressões durante o uso. O importante é que o visual seja atraente primeiramente para o vetor e depois para o homem. Este primeiro *mockup* corresponde a uma forma de validar a tecnologia embrionária no ambiente de semi-campo ou laboratório, sendo utilizado para isto a ferramenta de planejamento e análise de experimentos. Com base no PPTec, ao planejar e realizar os testes, há o desenvolvimento e validação das características do produto em desenvolvimento, que passa por diferentes estágios de evolução.

Esses *mockups* gerados no laboratório e testados no gaiolão são modificados até que se consigam especificações que aumentem a eficiência dos mesmos. É o denominado *mockup* funcional do produto. Depois do *mockup* ser validado no regime de semi-campo, a armadilha é também testada em campo, como uma maneira de garantir sua eficiência em ambientes abertos, nos quais o mosquito é atraído por vários outros fatores, além da própria armadilha. Estes ambientes possuem diferentes pontos de atração (regiões de foco) do mosquito, e podem competir com a armadilha. Para os testes nestas áreas, é utilizada a ferramenta de planejamento e análise de experimentos, que fornece informações mais confiáveis sobre a eficiência da mesma ao testá-la em condições naturais de uso.

Associando o PPTec ao processo de desenvolvimento do *spinoff*, durante o período de desenvolvimento do *mockup* laboratorial do produto, o pesquisador estrutura a idéia do negócio, e é somente durante o *mockup* funcional que ele juntamente com a Aceleradora de Empresas mencionada, concretizam o empreendimento. Ainda nesta fase, definiram o modelo de negócio mais adequado para a tecnologia e mercado, representado pelo sistema de monitoramento inteligente. Este sistema é caracterizado como um serviço e não simplesmente

pela venda da armadilha. Para isto, começaram a desenvolver o sistema e os *softwares* georreferenciados.

Após testada e validada a eficiência técnica do *mockup*, busca-se a incorporação da voz do cliente ao protótipo virtual. Conforme mencionado, para ouvir a voz do cliente são realizados testes experimentais para que ele conheça a tecnologia, seus benefícios e limitações, o que facilita identificar as melhorias no produto e serviço para atender as suas necessidades. Estes testes se fazem necessários, uma vez que pesquisar a voz do cliente quando o mercado não está familiarizado com a nova tecnologia não constitui uma tarefa trivial. Este protótipo virtual é desenvolvido juntamente com a Equipe do Escritório (que detém as informações de mercado), os pesquisadores do laboratório e o projetista, para refinar as especificações do projeto. Assim, o projetista realiza o desenho do protótipo em CAD, após definir as especificações do produto. Este protótipo incorpora informações do mercado, tecnologia e produção, favorecendo a integração T²P²M. Nessa fase, fala-se em protótipo, pois o produto já possui uma especificação, forma e material final definidos. Durante a definição das especificações do produto no desenvolvimento do protótipo, pensa-se nos materiais a serem utilizados e nas formas e facilidades de aquisições destas matérias-primas no mercado - desenvolvimento de fornecedores, por exemplo - tanto para a fabricação das armadilhas (a produção é terceirizada) quanto para o fornecimento de cartões e atraentes, que até determinado momento da pesquisa eram importados.

Existiram muitas dificuldades para se encontrar no mercado nacional um fornecedor capaz de fazer moldes e protótipos de produtos. Os fornecedores, em grande maioria, não estão preparados para atender às exigências de projetos inovadores e que possuam alto índice de incertezas. A equipe de desenvolvimento encontrou obstáculos na definição da matéria prima, da espessura, da tonalidade, do acabamento que faz parte do projeto do produto. Neste desenvolvimento, verificou-se a importância do trabalho conjunto com os fornecedores, que são considerados fundamentais para a configuração do produto final. A empresa, para chegar à produção em escala industrial e comercialização, apoiou-se fortemente no embasamento científico, na capacidade de gestão do desenvolvimento, no convencimento de pessoas influentes no mercado de atuação da tecnologia e na formação de parcerias, para que os fornecedores conseguissem desenvolver os componentes necessários para o produto final.

Após a construção do protótipo virtual (em Sistema CAD), a equipe partiu diretamente para a confecção do protótipo comercial. Isto representou uma falha, porque construíram os moldes/ferramental, sem realizarem anteriormente os testes com os protótipos simulados (utilizando

peças sinterizadas, estereolitográficas, apresentadas no capítulo 3). Qualquer falha no protótipo comercial poderia invalidar estes moldes/ferramentais utilizados na produção em escala. Outra inconsistência identificada foi que a produção em larga escala destinada à comercialização, aconteceu antes de se verificar a eficiência do protótipo comercial por meio de novos testes. Isto aconteceu porque o comercial desempenhou seu papel de captar clientes para a venda, mesmo que a tecnologia não estivesse totalmente refinada e validada. Na tentativa de não perder as oportunidades de comercialização, o P&D se viu pressionado a titular o protótipo comercial num produto final a ser utilizado como instrumento para a prestação do serviço. Os testes do protótipo comercial foram realizados paralelamente à venda (comercialização), nos quais os parâmetros para o produto foram ajustados. Percebe-se que até o *mockup* funcional a equipe está mais preocupada com a funcionalidade técnica da armadilha e ao passar para o protótipo comercial, a empresa já amplia seu foco para a eficiência do sistema de monitoramento inteligente que utiliza a armadilha como instrumento.

Paralelamente à conclusão do produto comercial e do sistema de monitoramento inteligente que viabilizará a prestação do serviço, o *spinoff* busca estratégias de difusão e marketing para proporcionar a captação de clientes e comercialização em escala. Nesta etapa, a empresa já possui os mecanismos para produção industrial capaz de suprir o mercado gradativamente. Diante disso, entende-se que a produção em escala industrial e a comercialização do produto são atividades fundamentais para a efetiva integração TPpM e a consolidação do *spinoff*.

O *spinoff* passou a ser conhecido e para o lançamento do serviço no mercado, o primeiro passo consistiu na divulgação do produto e teste piloto junto ao potencial cliente até o fechamento do primeiro contrato. Nesta fase, houve a necessidade de um negociador experiente, uma pessoa com forte argumentação e que conhecesse bastante a técnica do produto. Pela visão da equipe, o que garante a eficácia do produto é a validação de terceiros (clientes). Enquanto não houver um cliente “pagando” pela tecnologia, não há certeza de que ela seja viável, por isso somente com a realização da primeira venda é que se consegue a validação do produto pelo mercado. Paralelamente aos esforços empreendidos pela equipe surge um fato novo e representativo para a trajetória da ENBT, em novembro de 2006 ela recebe o Prêmio Mundial *Tech Award*, no Vale do Silício (Califórnia - USA), passando a ser fortemente divulgada como uma empresa possuidora de tecnologia inovadora para a saúde pública. Com esses aspectos, a empresa se aproximou mais do mercado alvo, aperfeiçoando o modelo de prestação de serviço.

Esse modelo de PPTec apresentado, tem como objetivo validar o modelo apresentado na literatura como uma forma de integração da Tecnologia, Produto, produção e Mercado, em que há um alinhamento entre a tecnologia desenvolvida e as necessidades dos clientes. É importante ressaltar que para viabilizar esta integração TPpM (REIS, 2006) a empresa busca estruturar um centro de desenvolvimento e um sistema de gestão que una cliente e fornecedor, ficando a responsabilidade de produção em escala do produto para este último. O que se pretende é a venda em escala e um melhoramento contínuo, fazendo com que o cliente potencial seja participante e atuante na definição do produto e serviço, desde as etapas iniciais do desenvolvimento, como uma forma de acelerar o processo de lançamento e consumo do produto pelo mercado, dando uma direção e foco mais claros para o desenvolvimento dos protótipos.

5.5.1 Planejamento e Análise de Experimento aplicado ao Desenvolvimento de Protótipos

Durante o desenvolvimento de protótipos, existem ferramentas capazes de auxiliar no processo de definição e validação das especificações do produto, para que ele seja viável tanto técnica quanto comercialmente. A ferramenta mais utilizada para este contexto dentro da empresa em estudo é o DOE - Planejamento e Análise de Experimentos. Conforme mencionado no capítulo 3, o planejamento consiste em determinar quais fatores (causas) são mais influentes em uma variável resposta (efeito). Para o caso em análise, as causas estão associadas à especificação das armadilhas em termos de dimensão, cor, formato, tipo de cartão, tipo de atraente e liberador entre outros. Estas especificações têm o objetivo de produzir um determinado efeito, que pode ser uma ou algumas variáveis de resposta observáveis. Na grande maioria dos experimentos “a variável resposta” consiste em identificar a melhor combinação de fatores capazes de aumentar a eficiência de um produto (no caso deste estudo, a armadilha traduzida em número de mosquitos capturados pela mesma). Esta ferramenta possibilita testar os *mockups* e protótipos e validar suas especificações ao longo do desenvolvimento de protótipos dentro de um PPTec específico, como também comparar a eficiência entre as armadilhas de diferentes PPTec's.

Inicialmente, para a realização dos experimentos, são identificados os fatores e os respectivos níveis a serem avaliados, assim como a variável resposta. São definidos os ruídos, que são variáveis que não se desejam mensurar, mas que podem influenciar na variável resposta. Os pesquisadores buscam atenuar esses ruídos com o tipo de delineamento experimental, como

exemplo a utilização do quadrado latino³⁵, o aumento do número de repetições e a formação de blocos³⁶ nos experimentos.

O objetivo dos experimentos é analisar a influência dos fatores determinados na variável resposta, além de comparar a eficiência em termos de captura entre a armadilha modificada e o controle³⁷ (um protótipo em que se “conhece” a eficiência), sempre no intuito de aumentar o número de captura de insetos pelos *mockups* e protótipos. Neste momento também são definidos os números de tratamentos, repetições e a disposição destas armadilhas nas gaiolas. Geralmente, dentro de uma gaiola coloca-se a armadilha teste (armadilha com alguma modificação) e o controle em lados opostos e entre elas colocam-se vasos de plantas, para representar um local de repouso para o mosquito (Figura 34). Assim, com o resultado dos testes, a equipe é capaz de avaliar se a alternativa de melhoria é válida ou não, para então tomar a decisão de sua incorporação ao protótipo definitivo.



Figura 34: Exemplo de disposição das armadilhas para teste

Para o desenvolvimento do protótipo, são realizados dois tipos distintos de testes: o teste paramétrico e teste não-paramétrico. O primeiro é utilizado para o teste estatístico em laboratório e regime de semi-campo do produto, enquanto que o segundo para o teste em campo. O teste paramétrico é um teste que segue uma distribuição normal e, portanto, é baseado na média e desvio padrão. Para sua realização, são necessários no mínimo 5 (cinco) repetições³⁸. Ele segue uma curva normal e é usado para os testes no gaiolão (nome do

³⁵ Quadrado Latino é um tipo de delineamento que avalia a eficiência entre diferentes armadilhas nas mesmas condições de experimento, para eliminar os efeitos dos fatores externos como temperatura, umidade e densidade populacional da região. A cada leitura, as armadilhas vão trocando de posição até que todas elas tenham passado por todos os lugares.

³⁶ Os Blocos são conjuntos homogêneos de unidades experimentais (WERKEMA, 1996).

³⁷ Controle é representado pela armadilha que tem informações sobre o índice de captura de mosquitos em testes realizados em condições de campo e semi-campo.

³⁸ Repetições são réplicas dos experimentos para reduzir o desvio padrão dos dados.

ambiente de semi-campo), pois grande parte das variáveis são controláveis (fatores fixos) como: o estado fisiológico dos mosquitos (sexo feminino, idade das fêmeas, padronização dos dias de repasto); as condições em que as fêmeas foram criadas no insetário; a padronização da quantidade de fêmeas por armadilha (20 fêmeas por armadilha); as condições ambientais (temperatura entre 25°C e 35°C e umidade relativa (UR) entre 60% e 80%). Para que se consiga manter as condições ambientais joga-se água na brita do gaiolão, para que seja aumentada a umidade e reduzida a temperatura, uma vez que estas duas variáveis são, na maioria das vezes, antagônicas.

Já o teste não-paramétrico é utilizado para teste em campo, uma vez que não se conhece a população de mosquitos e pelo fato dos dados oscilarem muito, em diferentes leituras para uma mesma residência. Existem casas, nas quais não são capturados nenhum exemplar, enquanto outras não seguem um padrão, ora com muito e ora com pouco índice de captura. Para contornar essas variáveis nos resultados dos testes em campo são necessários no mínimo 30 repetições, para que se consiga ter uma boa análise dos dados. Se durante as leituras das armadilhas, houver uma grande incidência de “zero” mosquitos capturados, os pesquisadores aplicam uma transformação logarítmica, para normalizar os dados, e se eles continuam não seguindo uma distribuição normal, caracteriza-se o experimento de campo como um teste não-paramétrico.

No teste não-paramétrico é mais difícil encontrar diferenças significativas entre os fatores, quando comparados com os tratamentos paramétricos, uma vez que este teste é baseado na mediana. Embora sua análise seja mais trabalhosa é uma alternativa eficiente para análise dos dados de campo, pelo qual se consegue uma representação das condições reais de uso das armadilhas.

Depois de ler o número de mosquitos capturados pelas armadilhas nas diversas repetições, realiza-se o tratamento estatístico, utilizando a Anova para testes paramétricos para mais de dois tratamentos e a Kruskalwallis para testes não-paramétricos. Quando o experimento possui apenas dois tratamentos são utilizados o Teste “T” e Teste de Mannwhitney, respectivamente. O final da análise resulta na definição “aceita” ou “rejeita” a hipótese nula (H_0) com 95% de confiança. A hipótese nula significa que as armadilhas são iguais, ou seja, não há diferença significativa entre elas, podendo a equipe optar pela alternativa (controle ou armadilha com alguma modificação) de menor custo já que possuem eficiências similares.

As repetições dos experimentos, em que se procura manter as condições de teste, constituem tentativas de eliminar os erros no planejamento, execução e análise dos experimentos. Os

erros experimentais podem ser decorrentes de: i) erros de separação das fêmeas nos “potinhos”³⁹; ii) erro de contagem de insetos no pote, iii) erro do termômetro ou iv) erro do instrumento de umidade.

A equipe busca otimizar a eficiência da armadilha num processo contínuo de melhoria do produto, por meio de novas combinações entre os fatores que aumentam o nível de captura do mosquito e o seu desempenho. Do ponto de vista do PPTec, vale ressaltar que durante este processo de evolução dos *mockups* e protótipos (do *mockup* laboratorial do produto ao protótipo comercial) muitas informações se perdem, pois o protocolo experimental fica concentrado nas mãos do pesquisador que o realizou. Como não há um sistema para armazenamento e gerenciamento das informações do produto, contendo os resultados dos testes, muitos experimentos são realizados novamente, pois não se consegue resgatar as informações anteriores, o que dificulta o cadenciamento das atividades a serem realizados visando a definição do produto comercial.

5.5.2 Ferramentas do Processo de Prototipagem

Assim como a ferramenta estatística propicia o desenvolvimento dos protótipos, as ferramentas de prototipagem são fundamentais para antecipar as falhas no produto antes da produção em escala. Dentro do PPTec, elas estão fortemente presentes na etapa de desenvolvimento do protótipo comercial mais precisamente na construção do protótipo e moldes⁴⁰ destinados a produção em escala do produto.

Esta fase de desenvolvimento deve ser realizada levando em consideração os prós e contras de cada decisão a fim de evitar erros, falhas e custos adicionais. Nas alternativas de processo de prototipagem, a prototipagem rápida é uma forma de obter o protótipo do produto a um custo moderado por peça, além de possuir alta flexibilidade para mudanças, uma vez que o arquivo gerado para a prototipagem a *laser* é virtual. A prototipagem rápida é também muito importante para a fabricação de moldes, principalmente porque pequenas modificações nos moldes reais podem se tornar inviáveis pelos altos custos para sua correção ou nova construção. Assim, o gerenciamento das informações durante a realização dos testes e

³⁹ No insetário, cinco dias após a criação da gaiola, quando os insetos adultos emergem, algumas fêmeas já estão prontas para o repasto. Elas são separadas em potes a serem utilizados nos experimentos. Estes potes são telados e o operador coloca sua mão na tela atraindo o mosquito-fêmea para o interior do recipiente. Pode acontecer, neste processo, de entrar algum mosquito-macho o que representa um erro de experimento.

⁴⁰ Estes moldes são as ferramentas macho-fêmea para a posterior injeção de material e a produção em escala industrial do produto.

planejamento dos experimentos é importante para conduzir os envolvidos às decisões mais adequadas.

A falta de um conhecimento mais aprofundado acerca das ferramentas de prototipagem também conduziu a equipe a falhas no PPTec, uma vez que após desenvolvido o protótipo virtual, a equipe partiu diretamente para a construção dos moldes reais da armadilha BigMosquitrap®. Estes moldes seriam utilizados para a produção em escala do produto, sem que para isto tivessem testado um protótipo do projeto, para validar o produto em campo comparando com o modelo da armadilha MiniMosquitrap®⁴¹.

Posteriormente à fabricação do molde e produção do lote piloto, foi realizada a venda do serviço e conseqüentemente da armadilha para uma prefeitura mineira. Devido a alguns problemas na captura da armadilha em campo, a equipe pensou em possíveis falhas no produto. Isto representa a falta de confiança com relação à eficiência técnica da nova armadilha, uma vez que ela não foi testada anteriormente antes de se efetuar a venda, o que acarretou na suspensão do contrato pelo cliente. O resultado dessa falta de gerenciamento de informações e da presença de protótipos e moldes simulados (construídos pela prototipagem rápida) pode conduzir a falhas no produto comercial, maior tempo de desenvolvimento além de custos significativos com o retrabalho advindos da modificação do ferramental final.

Assim, a utilização de ferramentas de prototipagem rápida pode antecipar as falhas do produto final ao permitir a realização de protótipos simulados. Estes protótipos devem ser testados em condições de semi-campo e campo a fim de avaliar seu comportamento em condições reais de uso. Para tanto, deve-se recorrer às informações geradas pelo planejamento e análise de experimentos, que servem de base para a decisão de construção do ferramental e moldes definitivos.

Além disso, a utilização dos procedimentos de PR para a construção dos moldes e ferramental contribui também para identificar possíveis falhas que possam existir no projeto do moldes, evidenciando os erros e facilitando as correções ainda na fase projetual. A utilização dessas ferramentas conduz à validação dos projetos relacionados ao protótipo e aos moldes e/ou matrizes que venham a ser gerados a partir dos mesmos, destacando possíveis inconsistências estruturais e erros de forma.

⁴¹ A Armadilha Mini é o produto comercial, vendida juntamente com o sistema de Monitoramento Inteligente (MI). Assim, antes de qualquer mudança ou substituição de produto deve-se realizar um teste de comparação entre a nova alternativa de armadilha e a Mini (representando o controle). Isto não foi feito com a Big-Mosquitrap® antes da confecção do molde.

Assim, a equipe estaria mais fortemente embasada para responder aos questionamentos do mercado acerca da qualidade do produto e serviço prestado. Estas ferramentas possibilitam, então verificar a qualidade dos produtos, moldes e ferramental em tempo de lançamento mais curto do que o previsto pela utilização dos métodos tradicionais.

5.6 O Processo de Comunicação e o Fluxo de Informação durante o PPTec

A equipe do *spinoff* é composta por administradores e biólogos com conhecimento em gestão (escritório) e biólogos graduandos, mestrandos e doutorandos representando os pesquisadores-orientados, além do pesquisador-orientador (laboratório de pesquisa). Existe também a figura da engenheira de produção, responsável pela melhoria do processo de integração entre o laboratório e o escritório da empresa e pela gestão das pesquisas do laboratório. Devido à distância física entre o laboratório e o escritório da empresa, há uma dificuldade em agilizar o fluxo de informação, que muitas das vezes fica nas mãos da gestora de projetos. A empresa busca uma divisão de responsabilidades e funções compartilhadas no plano de ação na tentativa de equilibrar as capacidades, competências e o tempo de dedicação de cada um. Neste sentido, o escritório possui as funções comerciais, de suprimento de material e suporte técnico, durante a prestação do serviço de monitoramento inteligente, enquanto que o laboratório encarrega-se de desenvolver a armadilha e P&D de novos produtos.

Este trabalho foi desenvolvido sob o ponto de vista da gestora de projetos, principalmente sob a ótica de P&D da armadilha. Pode-se perceber que a equipe não é multifuncional, especificamente no laboratório, pois são vários biólogos que buscam o desenvolvimento técnico do produto. Entretanto, quando se analisa o P&D de forma integrada – Laboratório, Escritório, Projetista e a Empresa terceirizada para a produção e construção dos moldes e ferramental – identifica-se a configuração de uma estrutura tipicamente multidisciplinar, alinhando competências gerenciais, técnicas, humanas distintas, mas que precisam ser articuladas. Recentemente, a empresa vem buscando profissionais com uma visão mais mercadológica para impulsionar a comercialização do serviço.

Durante as etapas de consolidação do empreendimento tecnológico, principalmente no que se refere ao desenvolvimento dos protótipos até se chegar a um produto comercial, há um aprendizado contínuo da equipe, o que em tese é favorável à construção do conhecimento, aprendizagem organizacional e transferência do saber tecnológico aos diversos componentes

da equipe, uma vez que o produto deve ser viável técnica e comercialmente, *inputs* dados tanto pelos pesquisadores quanto pelos representantes do mercado.

Para a realização dos testes, durante as atividades do PPTec, é necessário que a equipe saiba exatamente o que testar (a equipe identifica as variáveis que precisam ser modificadas, compara os diferentes protótipos e *mockups* e avalia os parâmetros existentes) para evitar falha no planejamento do experimento. Isto minimiza a realização de testes redundantes, como até mesmo realização de testes que exigem pré-requisitos e que não foram obedecidos. As incoerências no desenvolvimento do protótipo podem acarretar em altos custos e perda de eficiência do produto final, podendo inviabilizar a comercialização do mesmo.

O pesquisador-orientador, sócio do *spinoff*, possui um conhecimento global sobre todos os experimentos realizados e os que deverão ser planejados, uma vez que orienta todas as pesquisas do laboratório. Embora isto ocorra, este orientador geralmente não possui estas informações disponíveis facilmente e no curto prazo o que também pode dificultar na identificação de lacunas para a configuração do produto final. Depois de elaborada a estrutura de testes a serem realizados para o projeto do produto pelo pesquisador-orientador, cada teste fica centrado nas mãos de um acadêmico de Iniciação Científica/ Mestrado/ Doutorado, que tem o interesse focado na análise para alguma descoberta científica específica (provenientes dos testes), e não no desenvolvimento do produto como um todo, conforme pode ser visto figura 35.

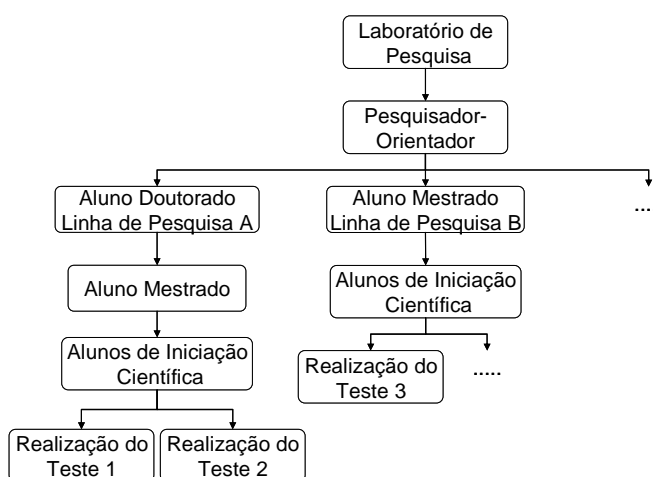


Figura 35: Estrutura do Laboratório

Estes acadêmicos orientados têm o objetivo de realizar o seu teste e “não de desenvolver um produto”, o que requer bastante articulação do pesquisador-orientador, no sentido de definir os testes a serem realizados por estes. Para tanto, este último necessita ter acesso fácil a um

sistema integrado, que seja capaz de armazenar dados, viabilizar a busca e pesquisa dos experimentos, para articular a informação tanto dentro da equipe empreendedora (comunicação interna) quanto entre a equipe e os agentes colaboradores do processo de inovação (comunicação externa), principalmente porque é imprescindível a busca da integração do produto nas várias etapas que compõem seu ciclo de vida, em especial as fases do projeto à produção piloto.

Além disso, para a construção dos moldes e protótipos, podem ser utilizadas as ferramentas de prototipagem rápida para proporcionar a realização de testes do produto e identificação de falhas no projeto com custo e tempo reduzidos quando comparados com os sistemas tradicionais.

Assim, durante as etapas do PPTec, as informações geradas pelos DOE's (testes realizados para validar os *mockups*/protótipos, assim como fazer evoluir de um nível de protótipo para outro, como exemplo *mockup* laboratorial da tecnologia para funcional) ficam nas mãos de cada pesquisador-orientado que repassa as informações tanto para a gestora de projetos quanto para o pesquisador-orientador. Estes dois últimos mantêm o fluxo de informação entre o laboratório, escritório e o projetista, conforme pode ser visto na Figura 36.

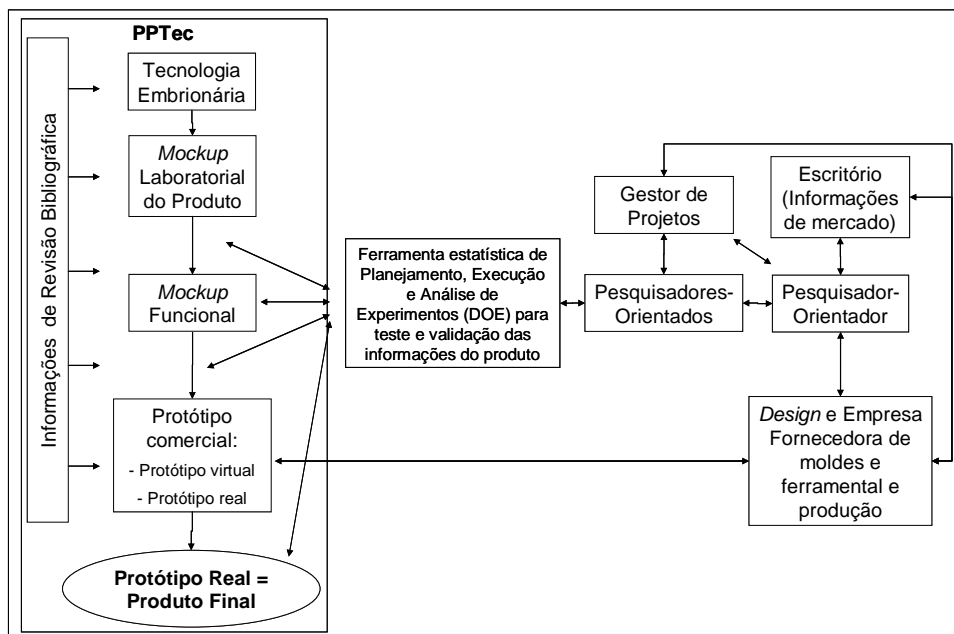


Figura 36: Modelo de Informação Real da ENBT

O envolvimento do pesquisador com relação às atividades da empresa é irregular e não é dedicação exclusiva, em função de suas atribuições acadêmicas (teses, eventos, aulas, etc), o que diminui o ritmo do desenvolvimento. Por este motivo, há uma grande necessidade de um

gestor técnico do negócio, para interligar e unir todas as informações para identificação de gargalos e soluções de problemas, além de intermediar as conversas entre o pesquisador-orientador e demais envolvidos no processo inovador (pesquisadores-orientados, integrantes do escritório, projetista e fabricante).

Durante a pesquisa, observou-se que o desenvolvimento não pode ficar “solto” na mão do pesquisador e nem do gestor do negócio e para facilitar o gerenciamento do fluxo de informações entre os representantes do mercado e os pesquisadores, há um responsável pela gestão de P&D que auxilia na coordenação das atividades durante o PPTec. Para isso é necessário implantar ferramentas de gestão de projetos, como também ferramentas que propiciem a gestão da informação, a fim de garantir que os resultados sejam alcançados dentro do tempo previsto. Para o desenvolvimento dos protótipos, no Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec), é preciso manter um processo dinâmico e em constante atividade, acompanhando e gerenciando sistematicamente todas as atividades com o intuito de obter um protótipo comercial em tempo e custos reduzidos.

Um dos métodos utilizados para manter este fluxo de informações entre os membros da equipe empreendedora, principalmente para atualização do pesquisador-orientador e do gestor no negócio, é a ocorrência de reuniões semanais e a respectiva documentação por meio de atas. Para a gestão das atividades, estas reuniões têm apresentado resultados satisfatórios e importantes, como forma de reflexão sobre a atividade de projeto, o andamento da empresa, além de discutir as falhas e sucessos para então, ajustar o plano de ação. Com isto, pode-se alinhar o que já foi alcançado e o que falta para ser desenvolvido com o objetivo de melhorar a qualidade técnica do produto armadilha. Mas, para viabilizar a ocorrência dessas reuniões era necessário agendar e conciliar os horários dos diversos participantes, o que representava uma dificuldade.

Durante a operacionalização deste PPTec, ainda existe uma dificuldade em integrar a Tecnologia, Produto, produção e Mercado (TPpM), durante o PPTec, principalmente no que se refere ao desenvolvimento do protótipo. Embora as reuniões facilitem o fluxo de informações entre os envolvidos no projeto, para o acompanhamento das atividades em andamento é necessário que se tenha um sistema integrado para armazenamento dessas informações, facilitando a identificação de testes necessários ao processo e falhas em experimentos já realizados durante o desenvolvimento do protótipo. Isto demonstra a importância de controle e gerenciamento dos dados levantados em cada um dos estágios do desenvolvimento dos protótipos (*mockup* laboratorial do produto ao protótipo comercial), o

que pode ser auxiliado pelas ferramentas PDM (*Product Data Management*) e PLM (*Product Lifecycle Management*), que buscam a integração das várias etapas do produto dentro da atividade de projeto, sendo que esta pesquisa está focada na atividade de projeto até a produção piloto.

O PDM/PLM, sendo uma ferramenta informatizada de apoio a gestão da informação, não é suficiente para garantir o sucesso no PPTec. É preciso um envolvimento e comprometimento da equipe na execução e acompanhamento das diversas tarefas. Além disso, as pessoas que tratam as informações necessitam trabalhar adequadamente as ferramentas estatísticas (especificamente o DOE - *Design Of Experiments*), para que os objetivos de cada um dos testes sejam definidos adequadamente, com o intuito de incorporar a tecnologia em um produto comercial. Conforme mencionado, o planejamento dos experimentos deve ser feito buscando um seqüenciamento lógico entre as informações já obtidas em testes anteriores e as informações que se deseja obter, conhecimentos estes imprescindíveis ao desenvolvimento do produto tecnológico comercial. Tanto as falhas na execução do DOE quanto as falhas de gerenciamento das informações entre os distintos planejamentos, podem conduzir a fracassos no produto final, pois ele pode não atender a necessidade do cliente.

Durante a pesquisa, foi observada a importância de se criar um sistema integrado tendo como base um banco de dados (PDM - Gerenciamento das Informações do Produto) para armazenar as informações geradas no DOE. O PDM, em tese pode facilitar a identificação de dados redundantes que podem causar retrabalhos e erros de planejamento. A proposta é ter um banco de dados integrado, auxiliado pela *Internet* para não perder as informações por obsolescência da tecnologia, além de facilitar a comunicação entre os membros da equipe do PPTec.

5.6.1 A Gestão da Informação Utilizando um Sistema Integrado

Então, para potencializar o uso do PPTec, em específico para a ENBT em estudo, é necessária a estruturação de um sistema integrado para viabilizar o gerenciamento da informação ao longo do desenvolvimento dos protótipos. Este sistema deve incorporar as perspectivas dos diferentes participantes do ciclo de vida do produto, com foco no projeto, produção piloto, e que integre laboratório, escritório, projetista, empresa terceirizada para a construção dos moldes/ferramental e a própria produção. O conhecimento gerado por meio dos planejamentos de experimentos devem ser organizados e trabalhados para então, ser

repassados ao projetista, de forma que ele possa receber o melhor *briefing* possível, o que pode aumentar a chance de sucesso do produto.

O projetista por sua vez, faz a integração da empresa com o fornecedor do ferramental e das armadilhas acabadas, uma vez que a produção é terceirizada. Avaliando-se estes aspectos, entende-se que ferramentas de gestão como o PDM (associadas a princípios do PLM) podem ajudar na integração das atividades da empresa, evitando os retrabalhos e custos adicionais de desenvolvimento.

Enfim, para o PPTec da ENBT é necessária uma associação de ferramentas relacionadas ao processo de desenvolvimento de protótipo como as ferramentas de gestão (para controle dos dados e informações necessárias ao monitoramento de certas etapas do ciclo de vida dos produtos), as ferramentas estatísticas para desenvolvimento do produto (como o DOE) e as ferramentas de prototipagem, para que se possa definir e validar as características do produto a ser comercializado no mercado.

O uso do planejamento e análise dos experimentos e das ferramentas de prototipagem depende, fortemente, do gerenciamento e integração eficientes das informações geradas, ainda nas fases de teste de conceito. Uma vez que as informações disponíveis estejam corretas, por exemplo, as informações originadas pelo uso em campo do DOE, pode fazer com que o desenvolvimento do protótipo (pré-série) atenda a produção em escala industrial e esteja livre de erros que inviabilizem as práticas comerciais do produto. Pretende-se então, alcançar métodos cada vez mais eficientes e robustos, que possam contribuir na solução de problemas relacionados à falta de integração no processo de gerenciamento de dados e informações para o desenvolvimento de protótipos de armadilhas, para captura de vetores *A. aegypti* (conforme apresentado neste estudo).

Além disso, ao estruturar um sistema integrado de gerenciamento da informação ao longo de algumas etapas do ciclo de vida do produto, a atividade de prototipagem passa a incorporar alguns aspectos relacionados aos aspectos logísticos como o transporte e o custo de produção da armadilha. Conforme pôde ser visto na Figura 26 do item 5.4, a forma de encaixe da armadilha foi pensada para facilitar o transporte, e o tipo de material utilizado para viabilizar a reciclagem (a reciclagem, por exemplo, depende do processo de fabricação do produto e da especificação do projeto que busca um molde capaz de produzir a peça inteira com somente um material). Dessa maneira, entende-se que um sistema de gestão pode facilitar o fluxo de informação e comunicação entre os vários participantes do ciclo de vida do produto,

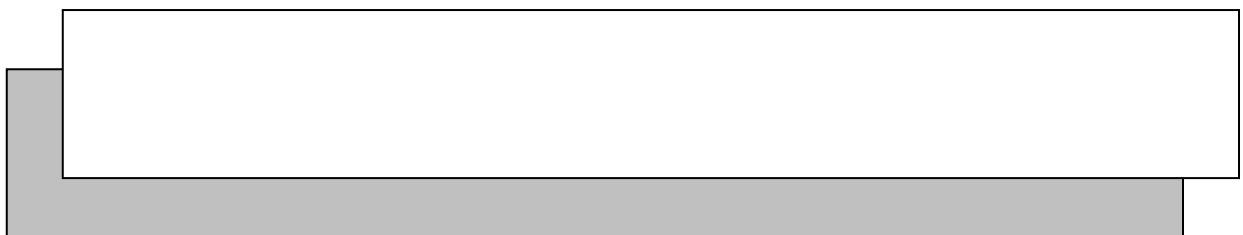
favorecendo um desenvolvimento conjunto entre laboratório, escritório, projetista e o fornecedor dos moldes/ferramental e da produção em escala.

Depois de validar a funcionalidade do produto, são incorporadas as informações de mercado. É importante ressaltar que a armadilha não recebe informações de mercado diretamente. Para a prototipagem virtual desta, as informações de mercado são recebidas por meio do sistema MI-Dengue®, uma vez que ele é o real produto da empresa e a avaliação do cliente está em cima do pacote de serviço. Caso a empresa tivesse um sistema integrado de informação, seria possível ao pesquisador buscar as informações mercadológicas necessárias aos planejamentos e análise dos experimentos para avaliar os atributos do produto. Os passos para o DOE, quando bem alinhados, favorecem a busca de um resultado mais consistente, garantindo a eficiência técnica do produto armadilha que é o foco do laboratório.

O mercado analisa mais o *software* (MI-Dengue®) e, portanto, as informações do cliente servem de base para as melhorias do sistema de monitoramento inteligente e a armadilha deve, então, possuir uma eficiência técnica para garantir a qualidade do serviço prestado pela empresa. E para isto, é necessário um desenvolvimento em parceria, que somente é possível quando há um fluxo de comunicação e informação efetivos dentro da ENBT.

CAPÍTULO 6

MODELO DE GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO DE UM *SPINOFF* ACADEMICO



6. Introdução

No capítulo anterior foi apresentado o modelo de Processo de Planejamento Tecnológico e de gerenciamento da informação (figuras 33, 34 e 36) que representa a realidade da empresa. Neste capítulo, o objetivo será discutir e propor uma adequação dos mesmos para uma melhoria da integração TPpM. A adaptação no modelo de gerenciamento da informação consiste em um sistema integrado para o *Spinoff*, tendo como suporte a ferramenta PDM (*software*) para viabilizar a busca e o armazenamento das informações necessárias ao desenvolvimento de protótipos durante o PPTec.

6.1 A integração das ferramentas estatísticas e de prototipagem rápida através de um sistema de gestão da informação: contribuições ao desenvolvimento de protótipos durante a operacionalização do PPTec

Na literatura consultada não há um detalhamento do processo de incorporação da tecnologia em um produto comercial, processo este capaz de passar pelas várias etapas de protótipo pertencentes ao PPTec e operacionalizar a integração do TPpM. Neste sentido, a pesquisadora estruturou a proposição de um modelo de gerenciamento da informação durante este PPTec em um *spinoff* acadêmico do setor de biotecnologia, para subsidiar o desenvolvimento de protótipos.

Durante o desenvolvimento dos diferentes protótipos no PPTec, verificou-se que existem informações técnicas geradas por meio da aplicação da ferramenta Planejamento e Análise de Experimentos, que propiciam o teste e validação das características da tecnologia e produto, além das ferramentas de prototipagem rápida que possibilitam a construção de protótipos simulados a serem testados. Estas informações estão diretamente relacionadas aos pesquisadores do laboratório que realizam os testes com os protótipos, e ao projetista juntamente com a empresa de prototipagem, que constroem o protótipo e os moldes/ferramentais simulados. Além disso, ao longo deste PPTec, surgem informações dos participantes do escritório advindas do mercado e do projetista, que neste caso tem a função de projetar o produto definindo suas especificações e o processo de fabricação.

Para gerenciar estas informações, percebeu-se a importância de estruturar um sistema de gerenciamento capaz de viabilizar a integração das informações durante a evolução dos protótipo. Entende-se que a estruturação dessa metodologia de gerenciamento das informações, pode ser alcançada pela utilização das ferramentas PDM e PLM e, para tanto, a autora procurou adaptar o PPTec proposto por Cheng (2007) (Capítulo 2) para o contexto do

empreendimento para proporcionar a comunicação e integração dos envolvidos nas atividades do PPTec, considerando as informações intra e inter-empresas. Esta integração entre os diferentes atores auxilia na especificação do produto para melhorar a sistemática de atendimento ao cliente (mercado) e conseqüentemente na produção com baixo custo.

6.1.1 Melhorias no Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico da ENBT

Para o Modelo de PPTec proposto para a ENBT foi sugerido pela autora algumas melhorias com relação ao PPTec da empresa com a finalidade de reduzir custo, retrabalho e tempo neste desenvolvimento, com foco nos seguintes aspectos apresentados: i) falta de um sistema de armazenamento e gerenciamento das informações do produto para facilitar o desenvolvimento de protótipos (do *mockup* laboratorial do produto ao protótipo comercial); ii) falta de um protótipo simulado, que seria capaz de reduzir os problemas relacionados à construção precipitada dos moldes/ferramental para a produção em escala antes do teste de validação do protótipo e iii) falha em comercializar o protótipo antes da validação do mesmo pelos testes (DOE) em semi-campo e campo. Nesse sentido, este modelo propõe uma alternativa para o PPTec da empresa, que é apresentado no capítulo 5, e ao mesmo tempo constitui uma adaptação do modelo teórico apresentado no capítulo 2.

A fase de pesquisa acadêmica referente ao primeiro PPTec, iniciou-se com a revisão bibliográfica e a definição da tecnologia embrionária, que serviu de base para os PPTec's posteriores. Na prática foi constatado que a revisão bibliográfica se estende às várias etapas do PPTec e durante todo o processo de P&D, não se restringindo apenas à fase inicial do primeiro PPTec conforme o modelo teórico propõe.

Após a finalização do PPTec 1, iniciou-se o PPTec 2 com a construção do *mockup* laboratorial do produto. O modelo sugerido pela autora, propõe primeiramente a construção de *mockups* pelo fato de que é possível, por meio deles, construir de forma improvisada e com materiais diversos. Entende-se que nessa fase não há necessidade da utilização do material final que comporá o produto. Neste modelo, não foi adotada a fase de protótipo laboratorial da tecnologia, uma vez que depois de definido o conceito da tecnologia (sistema de captura do mosquito adulto por meio de um cartão adesivo), sua representação se torna mais simples, o que acaba por conduzir o PPTec diretamente para o *mockup* laboratorial do produto.

Após realizar vários testes com as várias soluções tecnológicas são identificadas as especificações e construído o *mockup* funcional que novamente é testado e validado. A partir de então, há uma maior integração entre laboratório, escritório, projetista e a empresa de

moldes e ferramental, como forma de incorporar estas várias visões ao projeto do produto (especificações do produto), num protótipo virtual (desenho CAD). Sugere-se que após a construção do protótipo virtual, seja construído um protótipo simulado (com auxílio da prototipagem rápida) a ser testado e validado em campo, utilizando para isto a ferramenta DOE. Durante estes testes podem ser realizados alguns ajustes se necessário para preparar a produção para a escala piloto. O protótipo simulado é a representação mais próxima do produto real (podendo mudar apenas o material) já incorporadas as especificações finais.

Após a validação deste protótipo, parte-se para a construção dos moldes e ferramental, também simulados, destinados à produção piloto. Logo após, são construídos os moldes e ferramentais reais para que a ENBT possa preparar-se para a produção em escala industrial destinada à comercialização. Isto ainda não acontece na empresa, dado que a equipe optou pela construção diretamente do protótipo virtual para o ferramental e moldes reais sem antes passar pelos protótipos, moldes e ferramental simulados. Construídos os moldes, fabrica-se um lote de protótipos reais que são novamente testados e validados, chegando ao produto final a ser comercializado em escala (figura 37).

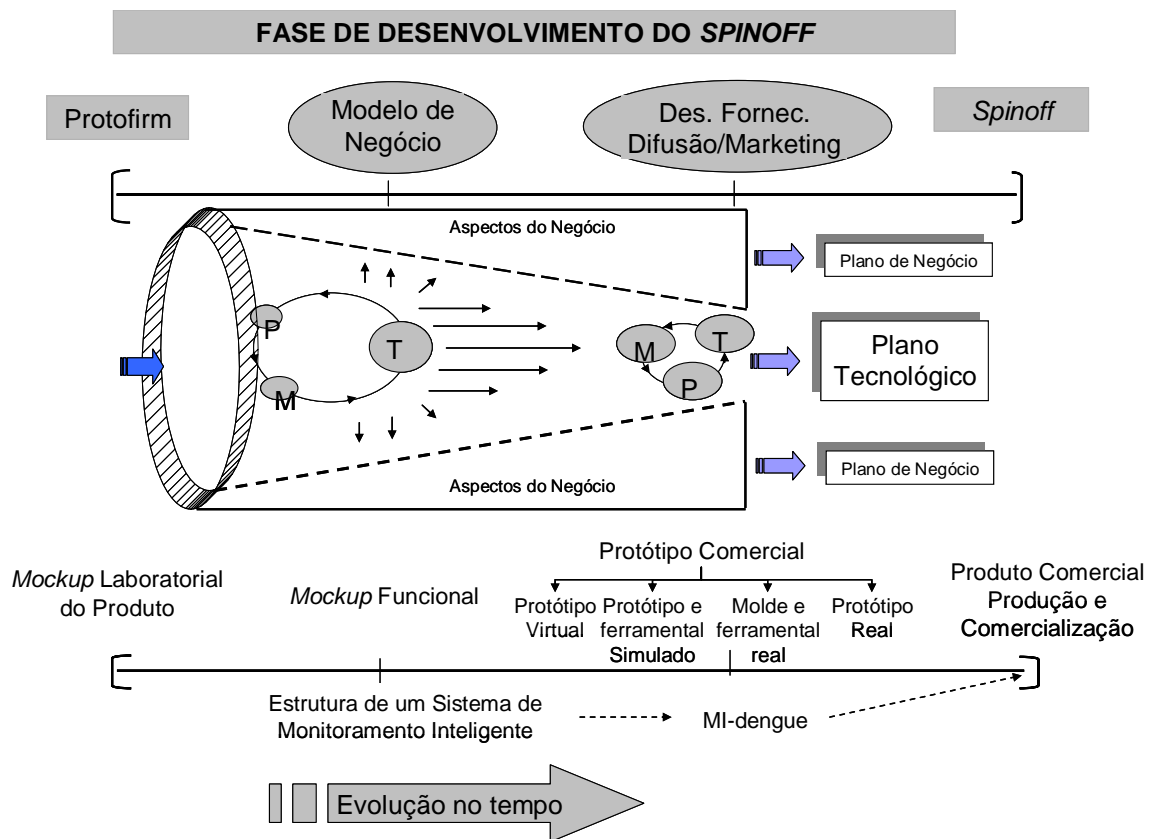


Figura 37: Proposição de Modelo de Processo de Planejamento Tecnológico

Este modelo, se confrontado com o modelo teórico do capítulo 2, apresenta alguns marcos com relação ao desenvolvimento do *spinoff*, que são representados pela fase de definição do modelo de negócio, fase de difusão no mercado até chegar à concretização com um *portfolio* de clientes. A partir desta fase a empresa estaria buscando sua consolidação ou expansão no mercado conforme apresentado por Reis *et al.* (2006).

É importante ressaltar que a empresa aproxima-se do mercado (governo) por meio do sistema de prestação de serviço estruturado, o qual utiliza a armadilha como um instrumento. Para aumentar a eficiência do serviço, a armadilha deve atender as necessidades do mercado, necessidades estas identificadas durante o teste piloto na região do cliente. Além disso, o Ministério da Saúde (por meio do PNCD), como representante do mercado público, também auxilia na identificação das melhorias a serem realizados no produto e serviço.

Entende-se que nesta etapa do PPTec 2, concretiza-se o desenvolvimento do *spinoff* e a integração do TPpM, de forma que a empresa possui capacidade de produzir em escala seu produto comercial e atingir com isto uma comercialização com um *portfolio* de clientes. Assim, o PPTec finaliza-se com a produção e comercialização do produto comercial associado ao serviço de monitoramento da empresa. O PPTec é incorporado ao plano de negócio tradicional, somando-se aos outros planos (financeiro, organizacional, mercadológico) como forma de favorecer a consolidação da empresa no mercado.

6.1.2 Modelo de gerenciamento da informação via sistema integrado como subsídio à atividade de desenvolvimento dos protótipos

Com a inserção do sistema integrado de gestão (PDM) à atividade de P&D, percebe-se a configuração de um novo modelo de gerenciamento da informação capaz de subsidiar a atividade de projeto, principalmente na elaboração do protótipo, no *Spinoff* em estudo.

Assim, para responder aos questionamentos apresentados na delimitação do objeto desta pesquisa, “como estruturar uma metodologia de gerenciamento de informações, utilizando princípios de PDM e PLM, capaz de orientar o desenvolvimento de protótipos em um *spinoff* do setor de biotecnologia com o auxílio da ferramenta estatística Planejamento e Análise de Experimentos e as ferramentas de Prototipagem Rápida com a finalidade de reduzir custo, retrabalho e tempo neste desenvolvimento”, foi elaborado um modelo de gerenciamento da informação durante as etapas do PPTec, associando estas três ferramentas. Este modelo representa a contribuição maior deste trabalho. Para a realização das atividades do PPTec percebeu-se uma certa sistemática do fluxo de informações segundo algumas diretrizes:

i) O PPTec 2 inicia-se com a revisão de literatura e a definição da tecnologia embrionária, presentes na fase de pesquisa acadêmica do PPTec 1. Logo após é construído um *mockup* laboratorial do produto. Com ele são realizados testes preliminares, para que se possa responder à alguns questionamentos aleatórios dos pesquisadores e como forma de facilitar a identificação de uma solução tecnológica viável para a funcionalidade do produto, representando o protótipo funcional. Com a criação de um sistema integrado, para a realização dos testes, os pesquisadores estão aptos a buscar as idéias: i) no banco de dados da empresa, ii) nos produtos existentes e/ou similares e iii) na literatura científica sobre o comportamento dos vetores para então, identificar as diferentes alternativas de produto a serem comparados por meio dos planejamentos e análises de experimentos. Eles poderão mudar a cor, tamanho, formato e até mesmo a composição dos atraentes químicos para aumentar a eficiência de captura da armadilha. Atualmente, os testes são realizados em regime de semi-campo e campo, além de testes para avaliar o estímulo dos vetores sob condições adversas, utilizando o olfatômetro, EAG, além dos testes dentro do laboratório para verificar a longevidade dos atraentes;

ii) As informações geradas por meio dos planejamentos de experimentos poderão, a qualquer momento, ser armazenadas no sistema integrado de informações pelos pesquisadores, diferentemente do que vem ocorrendo, pois cada pesquisador tem o seu protocolo experimental que não é compartilhado com os vários participantes do PPTec. Paralelamente a isto, o pessoal do escritório da empresa também alimentará o sistema com *inputs* do mercado, assim como o projetista e o fornecedor de moldes/ferramental e de produção, o que poderá facilitar a visualização e a troca da informação entre os vários participantes do produto, mais rapidamente do que o sistema convencional. A cada teste, novas informações serão geradas, implicando em novos experimentos que serão armazenados no sistema, para que se consiga a configuração de um protótipo comercial. O protótipo comercial pode ser subdividido em protótipo virtual, protótipo simulado e protótipo real e para isto poderão ser utilizadas as ferramentas de prototipagem rápida. O sistema integrado propicia que o pesquisador possa interagir com as pessoas e com o histórico de informações acerca do produto, facilitando a busca de dados mais rapidamente;

iii) Novos experimentos serão elaborados e realizados com o objetivo de testar e validar o protótipo simulado e por fim o protótipo real. Para a definição da especificação do produto serão obtidas as informações do mercado, por meio do *feedback* dos clientes ao escritório, do histórico do produto pelo sistema integrado, dos testes em campo, das informações do

projetista e da empresa fornecedora de moldes/ferramental/produção da armadilha. Validado o protótipo simulado, será construído o protótipo real que também será avaliado utilizando as ferramentas de planejamento e análise de experimentos até se obter o protótipo comercial validado, que equivale ao produto final. Veja o fluxo da informação na figura 38.

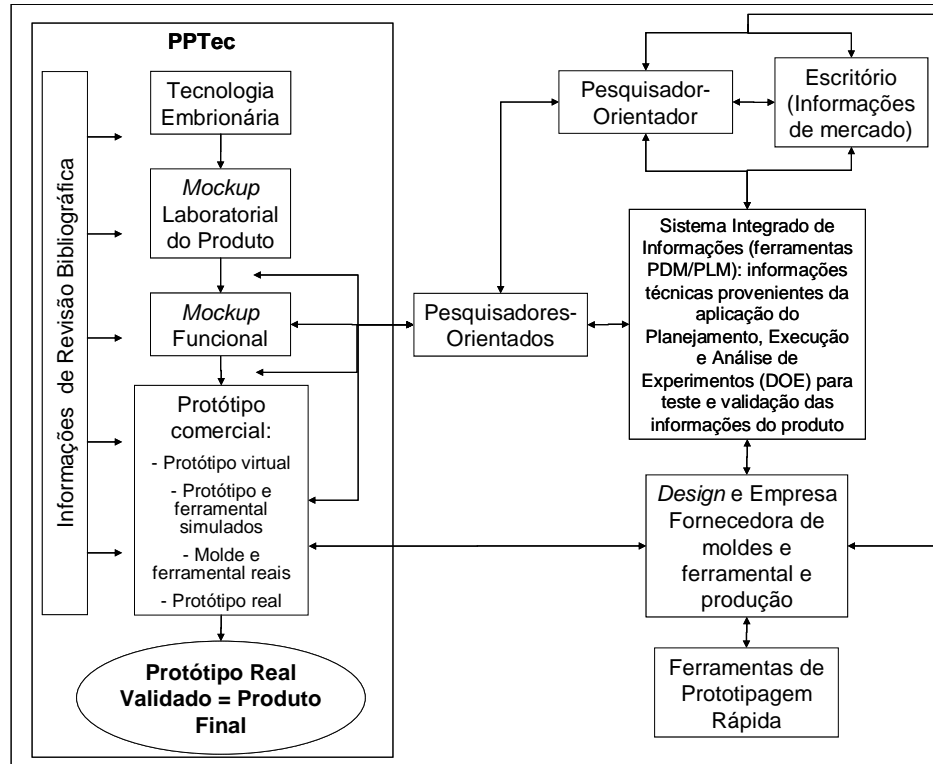


Figura 38: Proposição para um Sistema de Gerenciamento Integrado de Informações durante o PPTec

Percebe-se que este modelo, busca um gerenciamento das informações e dos projetos via sistema integrado o que acaba por diminuir a atuação do gestor de projetos como responsável por disseminar a informação, pois cada pesquisador-orientado gerencia suas atividades, alimenta as informações no sistema possibilitando uma intervenção direta do pesquisador-orientador no sistema, caso seja necessário. Isto agiliza o processo de comunicação favorecendo o PPTec da ENBT.

6.1.3 Software de Suporte ao Sistema Integrado

Para subsidiar o sistema integrado, foi utilizado o conceito de um *software*, que será hospedado na *internet*, para propiciar o armazenamento, a busca e troca de informações de forma mais rápida do que os meios convencionais utilizados pela empresa.

A evolução tecnológica dos *softwares*, *hardwares* e a possibilidade de integração dessas ao mundo IP e à *Internet*, associadas à adequada especificação de sistemas e às necessidades de mercado, permitem alcançar o desenvolvimento de sistemas que facilitem o gerenciamento das informações de projeto, além de criar um ambiente que proporciona a integração da equipe de projeto (SILVA *et al.*, 2004) durante a etapa de desenvolvimento dos protótipos no PPTec.

A utilização da *internet* facilita ainda mais a integração entre os envolvidos na atividade de projeto, uma vez que as pessoas podem acessar o sistema ainda que remotamente, de diferentes locais. Com isso, o processo de tomada de decisão torna-se mais rápido e eficiente, uma vez que as informações estão mais estruturadas e organizadas durante sua busca (SILVA *op. cit.*). Com isso, pode-se até falar em desenvolvimento com parceiros externos à empresa, utilizando os princípios do PLM que representa o gerenciamento do ciclo de vida do produto. Neste caso, o estudo focou-se nas fases que compreendem desde o projeto à produção em escala, incluindo o fornecedor dos moldes e ferramental, a empresa para a qual foi terceirizada a produção das armadilhas, além do próprio projetista.

A integração dos parceiros em rede permite uma extensão do ambiente de trabalho da empresa além de suas fronteiras físicas, colaborando para que os seus parceiros consigam ter acesso às informações corporativas, permitindo-lhes a aplicação de ações imediatas e integrando-os melhor em atividades de trabalho colaborativo.

Durante a realização desta pesquisa, foram identificadas algumas dificuldades de gerenciamento das informações durante o PPTec, principalmente no que se refere à busca de informações técnicas do produto por meio dos planejamentos e análise de experimentos. Para a validação das alternativas de produto é difícil identificar os testes já realizados e os testes necessários para a configuração do produto final. Isto ocorre pela dificuldade encontrada durante a localização dos arquivos referentes aos testes, uma vez que não há uma base de dados centralizada e organizada dentro do laboratório de pesquisa. Com isso, a troca de experiências é realizada de maneira não-estrutura, o que acaba por exigir mais tempo de cada um e até mesmo o agendamento de reuniões isoladas, visto que muitos dos pesquisadores que colaboraram para o desenvolvimento das armadilhas, por meio de testes distintos, não se encontram mais no laboratório.

Este problema pode acarretar em: i) redundância de informações ou falta delas para a tomada de decisões; ii) impacto no tempo e custo de desenvolvimento; iii) dificuldades no desenvolvimento, uma vez que não foi construída uma base de informações; iv) dificuldade

de comunicação entre os membros da equipe de desenvolvimento; v) informações relacionadas ao desenvolvimento acabam por ficar centralizadas nas mãos do orientador-pesquisador.

Para atenuar o problema identificado, foi proposta a criação do sistema integrado apresentado, tendo o suporte de um sistema PDM (Gerenciamento dos Dados e Informações do Produto) para armazenar as informações e dados dos experimentos realizados. O armazenamento destas informações pode facilitar a comunicação dentro da empresa e com fornecedores e clientes, além de um *feedback* mais rápido, favorecendo o desenvolvimento dentro da cadeia produtiva (o que leva em consideração parte do ciclo de vida do produto - do projeto à produção piloto).

O desenvolvimento do sistema PDM representa a criação de um ambiente propício à implementação do PLM, uma vez que é possível começar a integração entre empresas por um ambiente de rede. Neste ponto, é possível fazer com que cada parceiro/usuário, durante a operacionalização do PPTec, possa ter uma senha de acesso distinta, com diferentes níveis de abertura da informação, para filtrar o conteúdo retornado de forma a manter a integridade e confidencialidade dos projetos. Para isto, os sistemas devem incorporar tecnologias que tenham simplicidade, para que ele de fato cumpra o seu papel de gerenciamento das informações.

É importante ressaltar que este *software* foi desenvolvido sob a ótica da atividade de pesquisa e desenvolvimento, no contexto do laboratório de pesquisa da universidade que originou o *spinoff* acadêmico. A função principal do programa é auxiliar no gerenciamento das informações e dados do produto, obtidos pelos planejamentos e análise de experimentos, além das informações de mercado fornecidas pelo escritório da ENBT, durante o desenvolvimento dos protótipos, proporcionando um ambiente integrado para facilitar a troca de informações e o acompanhamento do desenvolvimento dos testes e protótipos, bem como viabilizar a comercialização dos produtos.

O *software* foi estruturado para a organização dos experimentos referentes a cada linha de pesquisa do laboratório e seus respectivos produtos/componentes. Assim, ao cadastrar um novo experimento, o pesquisador deve identificar sua localização segundo a estrutura mencionada (qual componente ou produto está sendo testado e a qual linha de pesquisa pertence). Ao entrar no site contendo o programa, o usuário realiza seu login (Figura 39). O programa possibilita diferentes acessos entre os usuários, para manter a integridade e confidencialidade dos projetos.



Figura 39: Página inicial do software de login

Após efetuar o login aparece a página contendo o menu principal, com os itens: linha de pesquisa, produtos, componentes, experimentos e usuários. Se o usuário acessar a linha de pesquisa aparecem todas as linhas do laboratório (referindo-se às pesquisas com os vetores *Aedes aegypti*, *Lutzomyia longipalpis*, *Anopheles darlingi*, *Culex* e *Musca doméstica* que causam as doenças: dengue, leishmaniose, malária, filariose linfática, além das doenças causadas por helmintos respectivamente). A Figura 40 apresenta duas linhas: *Aedes* e *Flebotomíneo*.

Seja bem vindo, luciana@ecovec.com | Sair |

Linhas de pesquisa

Nome:
 Descrição:

Pesquisar

Resultados de pesquisa

ID	NOME	DESCRICAO	ATIVA	OPERAÇÕES
8	Aedes	Linha de pesquisa destinada para o controle e monitoramento do vetor da dengue - <i>Aedes aegypti</i>	S	Selecionar
9	Flebotomíneo	Linha de Pesquisa que busca o desenvolvimento de armadilhas para controle e monitoramento do vetor causador da doença leishmaniose.	S	Selecionar

Figura 40: Menu linhas de pesquisa

Ao entrar na linha de pesquisa, por exemplo do *Aedes* (Figura 41), são apresentados os seus produtos, os componentes de cada produto e por fim os experimentos realizados vinculados aos mesmos. Os experimentos podem estar associados ao componente ou diretamente a um produto (exemplo: testes para avaliar a eficiência do tipo de cartão na armadilha BigMosquitrap®, que representa um produto da linha de pesquisa do *A. aegypti*, utilizando cartão preto e cartão transparente. Por outro lado, se fosse realizado um teste do cartão isoladamente sem que o mesmo estivesse associado à armadilha, como por exemplo os testes de qualidade do cartão, o componente passa a ser analisado como um produto e então o experimento fica associado diretamente ao cartão analisado no nível de produto e não no nível de componente. Assim, o cartão e o atraente podem ser vistos tanto como produto ou como componente, uma vez que são realizados testes com eles sob as duas perspectivas).

The screenshot displays the 'ecovec LAB' interface. At the top, it indicates the current research line is 'Aedes'. A navigation menu includes 'Home', 'Linhas de pesquisa', 'Produtos', 'Componentes', 'Experimentos', and 'Usuários'. A user greeting 'Seja bem vindo, luciana@ecovec.com' is visible. The main section is titled 'Detalhes' and shows the following information:

- id:** 8
- Nome:** Aedes
- Descrição:** Linha de pesquisa destinada para o controle e monitoramento do vetor da dengue - Aedes aegypti
- Cadastro:** 06/03/2007
- ativo:** S

Buttons for 'Editar' and 'Pronto' are located below the details. The 'Produtos' section contains a table with the following data:

ID	NOME	DESCRIÇÃO	CADASTRO	OPERAÇÕES
3	BG-Trap	Armadilha para controle da população do vetor com o público para o mercado privado.	30/03/2007	Ver
1	BigMosquitrap	Armadilha para controle e monitoramento da dengue sendo composta por uma estrutura externa (superior e inferior) na cor preta, duas plataformas, um funil, um cartão e um atraente.	30/03/2007	Ver

An 'Adicionar novo item' button is present below the products table. The 'Componentes' section shows a table with the following data:

ID	NOME	CADASTRO	OPERAÇÕES
1	cartão adesivo	30/03/2007	Ver

Another 'Adicionar novo item' button is located below the components table.

Figura 41: Linha de Pesquisa *Aedes aegypti*

Para o cadastro dos experimentos, o pesquisador insere as informações segundo um roteiro apresentado no *software*, para garantir certa padronização do protocolo experimental e facilitar o entendimento por todos os outros pesquisadores. Para a construção desse roteiro foram incorporados os elementos da ferramenta DOE (Planejamento e Análise de Experimentos) apresentados no capítulo 3.

Se o experimento estiver em andamento, é apresentada uma tela de acompanhamento do projeto. Isto facilita a integração das pessoas durante a atividade de desenvolvimento, uma vez que o pesquisador-orientador pode visualizar o *status* de cada projeto, as dificuldades encontradas e um breve planejamento das atividades a serem realizadas, contribuindo para uma intervenção mais precisa. Além disso, possui um ícone em que o escritório pode preencher com as informações de mercado, sugerindo testes, anotando as observações dos clientes com relação ao produto durante os testes em campo e outros. Os arquivos CAD (com os desenhos tridimensionais dos produtos) e linguagem de prototipagem rápida, gerados pelo projetista, também são armazenados para possibilitar sua visualização pelos colaboradores do empreendimento, principalmente a incorporação da visão da produção no desenvolvimento.

Para a construção do *software* foram incorporadas algumas características como:

- Lógica de programação flexível, para permitir a criação e alteração de itens dentro de cada nível da árvore (linha de pesquisa, produtos, componentes e experimentos), a fim de possibilitar uma adequação do sistema para as novas plataformas de produto e de novas linhas de pesquisa;
- Na atualização das informações de um produto, o sistema não permite apagar as informações antigas, desde que haja um consenso entre os envolvidos para evitar perdas importantes. Isto possibilita avaliar os erros de projeto, além de aumentar a curva de aprendizado. A opção de exclusão tem acesso restrito, como forma de arquivar todas as informações de pesquisa e desenvolvimento, mesmo que aquela linha de pesquisa ou produto esteja desativada.
- Presença de um arquivo permanente e um arquivo temporário. O primeiro serve para armazenar as informações definitivas sobre o desenvolvimento, com o intuito de se criar um histórico, enquanto que o segundo como forma de favorecer o acompanhamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento. Neste último, os pesquisadores inserem as dificuldades encontradas e as próximas atividades para a finalização de cada experimento. Após sua conclusão, as informações e dados são adicionados ao arquivo permanente, incluindo tabelas e os principais resultados;

- O histórico do desenvolvimento do produto é visualizado por meio de uma árvore de desenvolvimento, contendo as especificações técnicas do produto obtidas pelos experimentos realizados para cada vetor transmissor de doença. Esta árvore serve de base para o *Briefing* do projetista, buscando uma integração com parceiros externos à empresa;
- As informações e dados dos experimentos são armazenados de forma estruturada e um pouco “padronizada” para facilitar o entendimento e comunicação entre os membros. Isto não ocorria, pois cada pesquisador tinha sua maneira de escrever seu relatório o que gerava compreensões distorcidas sobre o planejamento, realização e resultados dos experimentos. Então, para preencher os experimentos, existem campos em que os pesquisadores devem escolher a alternativa, dentro da barra de rolagem, que melhor se adequa à realidade do experimento. Em tese isto facilita a implantação de um sistema de busca, que pode ser feito pelo pesquisador que realizou os testes, seja por data, produto, funcionalidade, componentes do produto, assunto ou por um sistema de busca cruzado, como por exemplo data e produto simultaneamente. Esta busca pode ser realizada nos diferentes níveis em todo o banco de dados ou apenas dentro de uma linha de pesquisa, por exemplo;
- O programa não permite a duplicidade de experimentos, salvo a autorização do pesquisador. Duplicidade refere-se aos experimentos cadastrados com o mesmo nome representando os retrabalhos e a realização de testes redundantes;
- Dentro do cadastro dos experimentos, estão contidos: i) um item referente a lições aprendidas, no qual os envolvidos são responsáveis por inserir os erros e acertos, o que deve ou não ser feito toda vez que for necessário efetuar certo procedimento, ii) um ícone para gerar relatórios, de fácil compreensão, durante e após o desenvolvimento para verificar o status da pesquisa e proporcionar discussões durante as reuniões e/ ou encontros com clientes/ fornecedores.

Então, com a construção do *software*, acredita-se que o mesmo representa uma ferramenta de auxílio ao processo de comunicação e integração da equipe durante o PPTec da empresa. Além disso, devido às suas características, ele pode facilitar a atividade de acompanhamento dos projetos do laboratório tanto pelo pesquisador-orientador quanto pelo gestor do negócio.

CAPÍTULO 7

DISCUSSÕES DOS RESULTADOS



7. Introdução

Este capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho apresentando com relação aos objetivos, pressupostos e metodologia de pesquisa, além de apresentar as propostas para os trabalhos futuros. Para isto, serão confrontados os capítulos de revisão bibliográfica, de metodologia e do caso prático.

7.1 Contribuições, Resultados e Conclusões

A dissertação apresentada possui algumas contribuições relevantes para a pesquisa acadêmica com foco para:

O Processo de Planejamento Tecnológico

- i) O modelo de Processo de Planejamento Tecnológico da ENBT representa uma forma de validar a operacionalização do modelo proposto na literatura (CHENG *et al.*, 2007), favorecendo a integração da Tecnologia, Produto, produção e Mercado no contexto de uma ENBT do setor de Biotecnologia com foco na tecnologia de produto.
- ii) O PPTec apresentado orienta o desenvolvimento dos protótipos [(da identificação do problema à definição da solução referenciada em Munari (1975) e Pfaelzer & Krizack (1998)], possibilitando as evoluções das alternativas de produto até chegar em uma que efetivamente auxilie na resolução do problema identificado, que neste caso refere-se ao monitoramento do vetor da dengue de forma rápida e precisa. Além disso, o modelo de PPTec proposto apresenta alguns marcos do desenvolvimento do *spinoff* que não foram mencionados no modelo teórico.
- iii) Os vários tipos de *mockups* e protótipos gerados ao longo do PPTec representam um objeto que pode ser entendido, interpretado e avaliado por todos os envolvidos desde a fase de projeto, desenvolvimento e fabricação do produto em escala. Estes *mockups* e protótipos facilitam a integração entre os vários envolvidos durante as fases do ciclo de vida do produto, além de favorecer a integração da tecnologia, produto, produção e mercado. Por se tratar, muitas vezes, de produtos com certo grau de inovação, existe a dificuldade em materializar a idéia para o cliente sem que seja necessário recorrer à apresentação do produto concreto para ele. Assim, o protótipo representa uma forma de comunicação com o mercado para facilitar a obtenção da voz do cliente. Veja Figura 42.

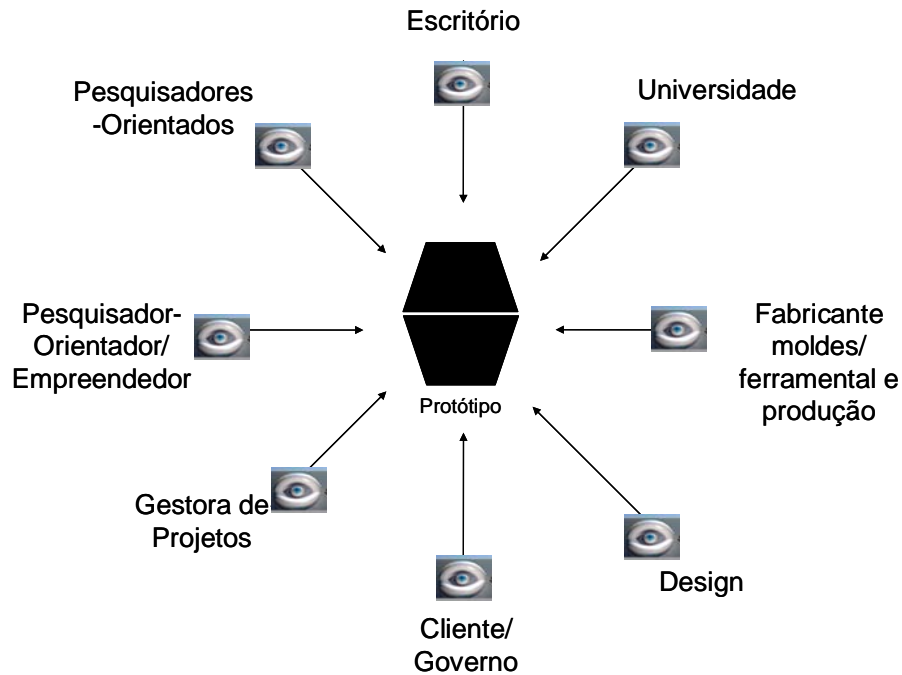


Figura 42: Protótipo como um elo para a integração dos parceiros de desenvolvimento durante o PPTec.

As ferramentas técnicas (Ferramenta Estatística e de Prototipagem Rápida)

iv) O planejamento e análise de experimentos é uma ferramenta utilizada no nível operacional para o teste e validação do protótipo em termos de funcionalidade e tem-se mostrado bastante adequada neste contexto. A utilização desta ferramenta poder ser potencializada, quando associada a outras ferramentas como QFD, Mapa de Percepção e etc. A empresa busca as informações de mercado de forma muito intuitiva e com alguns *feedbacks* que o mercado repassa com relação ao teste piloto na região do cliente, não havendo uma exploração de outras ferramentas sistemáticas que podem auxiliar na construção da voz do cliente e na análise de mercado. Assim a empresa, após a validação funcional do protótipo, busca estas informações de mercado e traduz as mesmas para uma especificação de produto. Entretanto, este processo ocorre somente após uma nova avaliação da eficiência do protótipo, pela utilização do DOE, uma vez que qualquer mudança nas características do produto, para atender às necessidades do mercado, pode influenciar na eficiência da armadilha.

v) As ferramentas de prototipagem rápida possibilitam a construção de protótipos rapidamente o que pode facilitar na antecipação das falhas no produto final, devido aos erros de projeto ou dos moldes e ferramental, redução de custos e tempo de lançamento no mercado. A produção de protótipos, moldes e ferramental simulados, utilizando as ferramentas de prototipagem rápida, pode evitar as dúvidas que são geradas acerca da eficiência do produto antes de ser produzido em escala. A exemplo disso pode-se citar o caso

em que a empresa numa determinada venda do serviço para uma cidade mineira, não obteve os resultados esperados devido ao baixo índice de captura apresentado pela armadilha. A partir daí passou a pensar sobre as possíveis falhas de projeto do produto. O que aconteceu foi que após a elaboração do desenho do produto em CAD, foi desenvolvido o molde e ferramental para a fabricação em escala industrial sem antes realizar simulações. Um protótipo real do produto (similar a um lote piloto) também é importante para a realização de testes em campo antes da produção em escala industrial. As decisões sobre a comercialização do serviço e conseqüentemente do produto armadilha, foram tomadas sem a observação do estágio de desenvolvimento do protótipo, uma vez que o protótipo passa a ser considerado um produto comercial apenas quando ele é testado e aceito pelo mercado. Por isso entende-se que as ferramentas de prototipagem facilitam, então, o desenvolvimento de protótipos durante o PPTec.

As ferramentas de Gestão (PDM/PLM) incorporadas ao Modelo Integrado de Gerenciamento das Informações do Produto

vi) A ferramenta PDM (explorada pela construção de um sistema integrado de informações) e a conseqüente implantação de um sistema informatizado sob a ótica do PPTec, define uma nova forma de organizar o trabalho dentro da ENBT. Com a dificuldade de comunicação *face a face* com o pesquisador (embora não se possa generalizar, os pesquisadores de instituições de ensino dedicam seu tempo para várias atividades, sendo o empreendimento uma delas e, portanto, não dispõem de muitos momentos para discutir o negócio), nota-se que o *software* pode facilitar o acompanhamento das atividades de P&D pelo pesquisador-orientador, pois representa um sistema informatizado que armazena as informações do desenvolvimento. O pesquisador-orientador passa a acessar o sistema e obter as informações muito mais rapidamente do que com as formas tradicionais de comunicação, e quando há uma relação direta com os pesquisadores-orientados a reunião pode ser otimizada pela atualização prévia que o pesquisador realiza, utilizando o *software*. Isto, em tese, agiliza o processo de desenvolvimento, uma vez que a interação entre os pesquisadores pode ocorrer em rede, via sistema informatizado. Isto comprova que um sistema informatizado propicia o fluxo de informação, mesmo dentro do contexto de ENBT's que possuem características bastante distintas do ambiente de grandes corporações.

vii) O processo de armazenamento das informações no sistema integrado constitui um procedimento viável para a explicitação do conhecimento tácito. Isto favorece a comunicação

uma vez que os dados podem ser facilmente trabalhadas pelo projetista e pela empresa de injeção plástica, o que propicia a criação de um ambiente que integra fornecedores, empresa e clientes dentro da lógica do PLM;

viii) Ainda com relação ao sistema PDM, verifica-se que os diferentes níveis de acesso ao sistema estabelecem diferentes relações e responsabilidades com a atividade de P&D e que um *software* por si só não é capaz de integrar e motivar as pessoas, confirmando estudos já realizados. A maior dificuldade detectada pela pesquisadora, ao realizar este estudo, durante a implementação de um sistema informatizado, é motivar as pessoas para que elas alimentem o sistema de forma periódica. Mesmo com esta dificuldade, as pessoas perceberam vantagens no sistema, tanto no que se refere à geração do relatório padronizado do experimento pelo programa quanto à possibilidade de melhoria de comunicação entre os diferentes atores;

ix) O sistema integrado propicia maior interface entre a pesquisa - uma vez que está direcionada para o desenvolvimento de tecnologias e produtos (representado pelo laboratório) - e o mercado (representado pelo escritório da empresa), favorecendo a integração da Tecnologia, Produto, produção e Mercado dentro do Processo de Planejamento Tecnológico (PPTec). Este fato ocorre porque o escritório passa a compreender melhor as atividades desenvolvidas pelo laboratório e também a inserir informações mercadológicas importantes para o P&D. Devido à característica do *spinoff* em estudo, em que fisicamente o laboratório e o escritório são entidades distintas, há uma necessidade de maior integração entre estes dois ambientes, que pode ser favorecida pela associação entre o coordenador de P&D e o *software* desenvolvido. A árvore do produto possibilita ao Escritório apontar falhas comerciais no produto e propor novas soluções conforme a expectativa do cliente.

x) A utilização do sistema integrado durante a operacionalização do PPTec para o produto em análise, principalmente no que se refere ao desenvolvimento dos protótipos, favorece à identificação de uma cadência de testes para evitar a duplicidade de informações e ou a falta delas dentro do planejamento de experimentos, o que acaba por reduzir o tempo de desenvolvimento. As informações geradas pelos planejamentos e análises de experimentos e posteriormente armazenadas no sistema integrado de gerenciamento das informações do produto, poderão propiciar no futuro a parametrização do comportamento do mosquito,

quando então o desenvolvimento poderá ser realizado via simulação virtual do protótipo⁴², reduzindo ainda mais o tempo ao mercado;

A figura 43, sumariza o modelo de PPTec proposto para a ENBT do setor de Biotecnologia, realizando uma associação da ferramenta estatística DOE (para teste e validação das características do produto) e da PR (para a construção dos protótipos, moldes e ferramentais simulados). É importante ressaltar que as informações geradas a cerca do produto, devem ser armazenadas num sistema integrado de gerenciamento das informações a fim de otimizar a busca de dados para o planejamento dos experimentos e conseqüentemente o desenvolvimento dos protótipos.

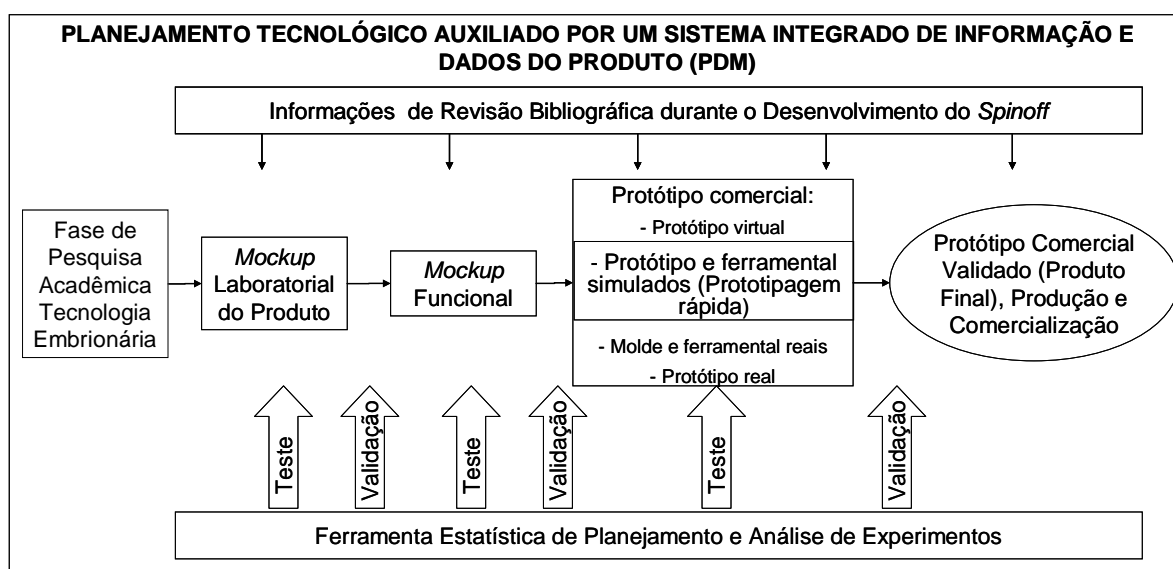


Figura 43: PPTec com a utilização da ferramenta estatística DOE e de prototipagem rápida

7.2 Reflexões

Com o término do trabalho foi possível identificar que as ferramentas estatísticas (Planejamento e Análise de Experimentos), associadas às ferramentas de prototipagem no nível técnico como a prototipagem rápida, juntamente com as ferramentas de gestão da informação como PDM e PLM possibilitam ao *spinoff* integrar Tecnologia, Produto, produção e Mercado (TPpM) por meio do desenvolvimento do protótipo no PPTec.

⁴² Atualmente, o desenvolvimento dos protótipos no *spinoff* é realizado por meio de ferramentas estatísticas como Design of Experiments (DOE) por não se ter parametrizado os comportamentos dos mosquitos de forma suficiente para possibilitar a simulação virtual. Assim, torna-se possível simular a eficiência da armadilha, utilizando um modelo matemático que irá fornecer uma especificação de produto que seja viável em campo. Embora isto seja possível, não é garantida a veracidade das informações, uma vez que muitos fatores de campo não são controláveis.

O *software* desenvolvido para subsidiar o modelo proposto, favorecendo o gerenciamento da informação durante as etapas deste PPTec, necessita ser testado pelos membros da equipe, para que de fato ele sirva de orientação para os desenvolvimentos futuros da empresa. Percebe-se que o PPTec da empresa não possui a etapa de protótipo laboratorial da tecnologia, devido à relativa simplicidade de representação da tecnologia (um sistema de captura do vetor por meio de um cartão adesivo). Assim, optou-se por materializar a tecnologia já incorporada num modelo de produto futuro.

A estratégia de pesquisa (metodologia de pesquisa) adotada favoreceu a condução do trabalho e o relacionamento da pesquisadora com os demais envolvidos para a busca de soluções para o problema proposto neste estudo. Assim, a PA proporcionou integrar as competências da empresa em prol de melhorias no processo de gestão da informação dentro do PPTec. Neste sentido a estratégia de Pesquisa-Ação permitiu à autora realizar intervenções apropriadas, que favoreceram na construção de um modelo de PPTec baseado na utilização das ferramentas PDM/PLM, DOE e prototipagem rápida. O trabalho conjunto com os demais atores permitiu que as etapas do PPTec fossem cumpridas, não deixando a equipe antecipar etapas que pudessem causar falhas futuras. Através dessas informações foi possível sustentar o modelo proposto, diante dos demais atores, para solução de problemas relacionados a esta pesquisa e aumentar a confiabilidade do estudo, bem como orientar a pesquisadora na condução dos trabalhos de campo. As informações coletadas foram discutidas, analisadas e interpretadas pelos funcionários da empresa envolvidos e pela pesquisadora.

7.3 Questões em Aberto

Por esta pesquisa observa-se que é necessário a realização de novos estudos utilizando o método Technology Roadmapping (TRM) para orientar a evolução dos produtos da empresa. Segundo Kappel (2001), as empresas necessitam de um gerenciamento estratégico de suas tecnologias como forma de sobrevivência. O método TRM, nesse sentido, possui uma estrutura de trabalho flexível, utilizada por grandes, médias e pequenas empresas no apoio ao planejamento estratégico e tem como principal objetivo auxiliar a integração estratégica do trinômio TPM, ao longo do tempo (figura 44) (PHAAL *et al.*, 2004);

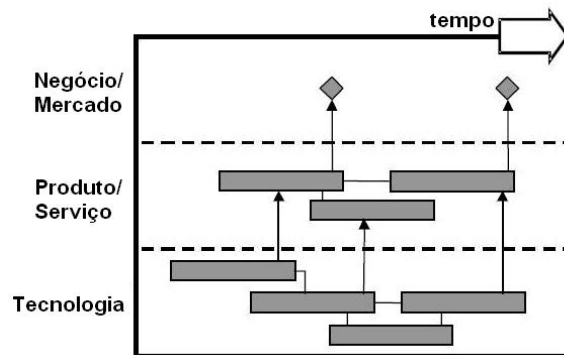


Figura 434: Estrutura básica do método TRM.
 Fonte: Adaptado de PHAAL *et al.* (2004), p. 1.

Esta pesquisa, ainda, identificou ser importante a realização de um estudo com a ferramenta de gestão da plataforma. Uma plataforma de produtos é uma combinação de subsistemas e interfaces que formam uma estrutura comum da qual uma gama de produtos derivativos pode ser eficientemente desenvolvida e produzida (MEYER, 1997). As vantagens advindas das plataformas de produtos estão relacionadas à redução dos custos de produção e do tempo de desenvolvimento de projetos.

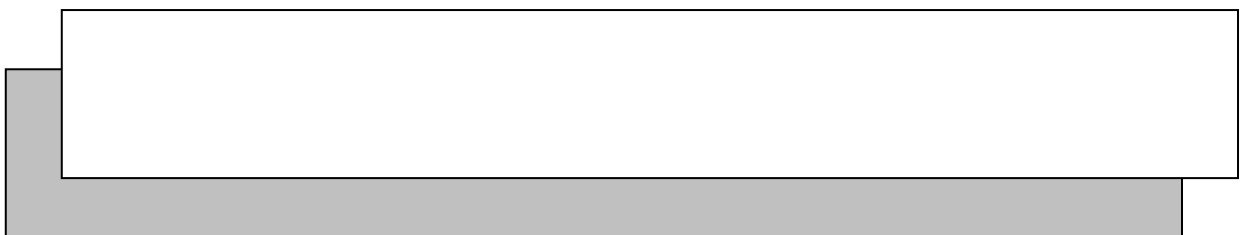
As plataformas robustas de produtos são uma consequência de métodos e estratégias para projeto, desenvolvimento e revitalização ao longo do tempo, como um elemento essencial de estratégia de negócios para dominar os mercados. Através da renovação contínua da plataforma, as empresas buscam desenvolver outros artigos de produtos e aumentar as vendas dos já existentes. Além disso, visam projetar gerações de produto com alto valor de mercado, que possam angariar novos consumidores. Empiricamente, a empresa utiliza os princípios de gestão de plataforma, ao explorar a mesma base tecnológica para a construção de novas armadilhas para monitoramento e controle de vetores de outras doenças. Pois o PPTec inicia-se com o desenvolvimento da tecnologia representada pelo comportamento do mosquito (de um determinado vetor causador de uma doença específica) para que, então, conhecendo este comportamento a empresa possa desenvolver novos produtos. Para isto, a empresa pode basear-se na primeira tecnologia dominada para monitorar e controlar o vetor *Aedes aegypti*, e expandir o conceito para os outros vetores que irão atender nichos distintos de mercado, incluindo os setores privado e público. Esta ação pode representar uma possível segmentação de mercado, pois pode ser estendida às várias doenças causadas por vetores de agentes patogênicos (leishmaniose, malária, filariose, doenças causadas por helmintos e outras);

Outro aspecto interessante é realizar um estudo sobre a utilização de ferramentas mercadológicas para captar a voz do cliente e incorporá-la nas especificações do produto e serviço prestados;

Também se mostra necessário a realização de pesquisas para o desenvolvimento de um modelo matemático que possibilite a simulação virtual da eficiência de captura da armadilha. Dependendo do tipo de tecnologia e produto associado, há uma grande dificuldade em realizar simulações com o auxílio do computador, uma vez que por se tratar de produto com certo grau de inovação, não possuem todos os parâmetros mapeados para alimentar o *software* de simulação. No caso do produto estudado, por exemplo, não se consegue realizar uma simulação utilizando um *software* para identificar o índice de captura da armadilha, por não se conhecer exatamente todos os estímulos e reações dos mosquitos frente a todas as variações no produto. Assim, se faz necessário a confecção de *mockups* e posteriormente os protótipos reais para realizar os testes necessários à sua validação⁴³.

⁴³ Mesmo para os produtos que podem ser testados via computador, é importante a confecção do protótipo real para identificar possíveis ajustes no produto final.

BIBLIOGRAFIA



8. Referência Bibliográfica

- AJAMIAN, M., G. & KOEN, A., P. (2002) *Technology Stage-GateTM: A Structured Process for Managing High-Risk New Technology Projects*. In: The PDMA Handbook for New Product Development. P. 267-295.
- AKGÜN, A.E.; BYRNE, J.; KESKIN, H.; LYNN, G.S. & IMAMOGLU, S.Z. (2005). Knowledge networks in new product development projects: a transactive memory perspective. *Information & Management*, 42. P. 1105–1120.
- BALAJI, M. (2003) *Design automation and KBE*. Infosys.
- BLÈGER, J. (1991) *Temas de Psicologia*. São Paulo: Martins Fontes.
- BROWN, A. W. A.; EISNER, T. & WHITTAKER, R. H. (1970) *Allomones and Kairomones: Transpecific chemical messengers*. Bioscience, Washington, v.20. P.21-22.
- BURREL, G. & MORGAN, G. (1979). *Sociological Paradigms and Organisational Analysis*. London, Heineman. Caps. 1-3.
- BURRILL, G.S. (1999) *Biotech 99. Life Sciences into the Millenium*. The Biotechnology Industry Annual Report. Burrill & Co., San Francisco.
- CHAMBERS, A. (1982). *O que é ciência afinal?* São Paulo, Editora Brasiliense. P. 1-145.
- CHENG, L.C., et al (2007) *Plano Tecnológico: Um Processo Auxiliar ao Desenvolvimento de Produtos de Empresas de Base tecnológica de Origem Acadêmica*. Anprotec Revista Locus. Vol.2.
- CHENG, L.C.; DEL REY, L.M.F. (2007) QFD: Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos. São Paulo. Editora Blücher.
- CHENG, L.C, DRUMMOND, P., MATTOS, P. (2005) *O Planejamento Tecnológico de uma Empresa de Base Tecnológica de Origem Acadêmica: Revelando Passos Necessários na Etapa de Pré-Incubação*. Anprotec.
- CHENG, L.C, DRUMMOND, P., MATTOS, P. (2004) A integração do trinômio tecnologia, produto e mercado na pré- incubação de uma empresa de base tecnológica. *Anais da 3ª Conferência Internacional de Pesquisa em Empreendedorismo na América Latina [CIPEAL]*, Rio de Janeiro.
- CHESBROUGH, H. (2005) *Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation*. <http://www.openinnovation.net/Book/NewParadigm/Chapters/01.pdf>

- CHOCKALINGAM, K.; JAWAHAR, N.; RAMANATHAN, K. N.; BANERJEE, P.S. (2005) *Optimization of stereolithography process parameters for part strength using design of experiments*. Springer-Verlag London Limited.
- CIMDATA, Inc. (2005) About PLM. Disponível na Internet em < <http://www.cimdata.com/PLM/aboutPLM.html> >. Acessado em 17 de maio de 2005.
- CIMDATA (1996) *Product Data Management: The Definition*. /folder/.
- CLARK, K.B. & WHEELWRIGHT, S.C. (1993) *Managing New Product and Process Development*. New York: The Free Press.
- COLLINS, C.H., BRAGA, G.L.; BONATO, P.S. (1993) *Introdução a Métodos Cromatográficos*. 5ª Edição. Campinas: Editora Unicamp. (Séries Manuais).
- CONSOLI, R.A.G.B. & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. (1994). *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Rio de Janeiro, Fiocruz. P. 228.
- COOPER, R.G., EDGETT, S.J. & KLEINSCHMIDT (2002) Optimizing the Stage-Gate Process. What Best Practice Companies are doing. *Research-Technology Management*, Vol. 45(5). P. 21-27.
- COOPER, R.G. (1993) *Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch*. Second Edition. Reading: Addison-Wesley Publishing.
- DORNELAS, J.C.A. (2001) *Empreendedorismo: Transformando Idéias em Negócios*. Rio de Janeiro: Ed. Campus. P. 299.
- DRUMMOND, P.H.F. (2005) *O Planejamento tecnológico de uma empresa de base tecnológica de origem acadêmica por intermédio dos Métodos Technology Roadmapping (TRM), Technology Stage-Gate (TSG) e Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) Tradicional*. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, DEP, UFMG.
- DRUMMOND, P.H.F., MATTOS, P. e CHENG, L.C. (2005) "O Planejamento Tecnológico de uma Empresa de Base Tecnológica de Origem Acadêmica: Revelando Passos Necessários na Etapa de Pré-Incubação". Anais do XV Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas. Curitiba: ANPROTEC.
- DRUMMOND, F.B.; DELLARETTI, O.F. & CHENG, L.C. (1999) Integração do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e Métodos Estatísticos ao Desenvolvimento de Produtos. In 1º Congresso Brasileiros de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo

Horizonte. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, 1999. Vol.1. P. 274-284.

EIRAS, A.E. (2005) Culicidae. In: *Parasitologia humana*. Eds. D.P. Neves, A.L. de Melo, O. Genaro & P.M. Linardi. 10ª ed., Atheneu, BH.

EIRAS, A.E. & A. MAFRA-NETO. (2001) Olfatometria Aplicada ao Estudo dos Feromônios e outros Semioquímicos. Capítulo 3. In: *Feromônios de Insetos: Biologia, Química e Aplicação*, (Eds) Vilela, E.F.; Dellalúcia, M.T.; Eiras, A.E. & Ferreira, J.T.B.

EIRAS, A.E. (2000). Culicidae. In: *Parasitologia humana*. Eds. D.P. Neves, A.L. de Melo, O. Genaro & P.M. Linardi. 9ª ed., Atheneu, BH.

EIRAS, A.E. & JEPSON, P.C. (1991) *Host location by Aedes aegypti (Diptera: Culicidae): a wind tunnel study of chemical cues*. Bull. Entomol. Research. Vol. 81. P. 151-160.

EIRAS, A.E. & JEPSON, P.C. (1994) *Responses of females Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) to host odours and convection currents using an olfactometer bioassay*. Bull. Entomol. Research. Vol. 84. P. 207-211.

ETZKOWITZ, H. (1998) The norms of entrepreneurial science: Cognitive Effects of the New University – Industry Linkages. *Research Policy*. P. 823-833.

FERNANDES, J.M. (2005) *A formalização de procedimentos e seu papel na integração da atividade projetual*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Belo Horizonte, DEP, UFMG.

FUNASA (2002) *Programa Nacional de Controle da Dengue*. Instituído em 24 julho de 2002. Brasília. Fundação Nacional da Saúde - Ministério da Saúde

FUNASA (2001) *Dengue Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor - Manual de Normas Técnicas* - Brasília, abril/2001. Fundação Nacional da Saúde - Ministério da Saúde.

GASSE, Y. (2002) Entrepreneurship Centres: Roles and Positioning in the Entrepreneurial Process. Director, The Centre for Entrepreneurship and Small Business. Université Laval, Quebec City, Quebec. In: *Entrepreneurship and the Canadian Universities: Strategies and Best Practices of Entrepreneurship Centres*: Editor: Teresa V. Menzies. Faculty of Business. Funded by the John Dobson Foudation.

- GHANY, K. A. & MOUSTAFA, S.F. (2006). Comparison between the products of four. RPM systems for metals. *Rapid Prototyping Journal* 12/2. P. 86–94. Emerald Group Publishing Limited [ISSN 1355-2546].
- JUDICE, V M. M.; MASCARENHAS, P.; SOARES, E.E; SALLES, A. & MORAES, M.M.B. (2001) *Parque Nacional De Empresas De Biotecnologia*. Fundação Biominas. Belo Horizonte.
- JUDICE, V.M.M. & MASCARENHAS, P.S. (1999) *Small and Medium-Sized enterprises in the Bio-Industry: A Comparative Study of Biotechnology Incubation Experiences in Brazil*. 44th ICSB world Conference, Naples, Italy, 20-23 June. IN: Capaldo, Guido & Mario Raffa (eds.), *Innovation and Economic Development: The Role of Entrepreneurship and SME's*. Edzioni Scientifiche Italiane, Napoli.
- KAPPEL, T. (2001) Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 18, No. 1. P. 39-50.
- LATOURE, B. & WOOLGAR, S. (1997) *A vida de Laboratório: A Produção dos Fatos Científicos*. Tradução Ângela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- LEE, C.K.M.; HO, G.T.S.; LAU, H.C.W. & YU, K.M. (2006) A dynamic information schema for supporting product lifecycle management. *Expert Systems with Applications*. Vol. 31. P. 30-40.
- LEONEL, S.G. (2007) *Um Estudo do Processo de Planejamento Tecnológico de Uma Empresa Nascente: Alinhando Tecnologia, Produto e Mercado com Foco na Necessidade do Cliente*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Belo Horizonte, DEP, UFMG.
- LIMA, F.P.A. (1994) *Da natureza e do objeto da Engenharia de Produção*. *Produção* Vol.4, No.1. P. 63-75.
- MACKE, J. (1999). *A pesquisa-ação na discussão da pesquisa empírica em engenharia de produção*. ENEGEP.
- MARCONDES, C.B. (2001) *Entomologia Médica e Veterinária*. São Paulo: Editora Atheneu.
- MARKHAM, S.K. (2002) “*Moving technologies from lab to market*”. *Research Technology Management*. Vol. 45, No. 6. P. 31-42.
- MARXT, C.; HACKLIN, F.; ROTHLSBERGER, C. & SCHAFFNER, T. (2004) End-to-End Innovation: Extending the Stage-Gate Model into a Sustainable Collaboration Framework. In:

- M. Xie, T. S. Durrani, H. K. Chang (Eds.), *Proceedings of the IEEE International Engineering Management Conference*, Singapore. Vol. 3. P. 963-967.
- MENZIES, T. V. (2002) *Entrepreneurship and the Canadian Universities - Strategies and Best Practices of Entrepreneurship Centres*, Faculty of Business, Brock University, St. Catharines, Canada.
- MESIHOVIC, S. & MALMQVIST, J. (2000) *PDM System Based Support for the Sales-Delivery Process of Engineer-to-Order Products*. Proceedings of Product Models 2000. Linköping, Sweden. P. 157-172.
- MEYER, M.H. (1997) Revitalize Your Product Lines Through Continuous Platform Renewal. *Research Technology Management*. Vol. 40(2). P. 17-28.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (1991) *Relatório Final De Reunião Técnica Do Programa De Combate À Febre Amarela E Dengue*. Brasília, Brasil.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (1992) *Séries Históricas De Agravos E Doenças Transmissíveis*. Inf. Epidemiol. SUS, 1: 25. Brasil.
- MONTGOMERY, D.C. (2004) *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4ª edição. LTC.
- MONTGOMERY, D.C. (1997) *Design and Analysis of Experiments*. 4th Edição. John Wiley & Sons.
- MUNARI, B. (1975) *Diseño e Comunicación Visual: Contribución a una metodología didáctica*. Barcelona: Editoria Gustavo Gilli S.A., 3ª edição.
- NDONZUAU, F. N.; PIRNAY, F.; SURLEMONT, B. (2002) A Stage Model of Academic Spinoff Creation. *Technovation*. Vol. 22. P.281-289.
- NEVES, D.P. (2005) *Parasitologia Humana*. 11ª Edição. São Paulo: Editora Atheneu.
- NOBRE, A.; ANTEZANA, D. & TAUIL, P.L. (1994) *Febre amarela e dengue no Brasil: Epidemiologia e controle da peste no Brasil*. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. No. 27. P. 59-66.
- NONAKA & TAKEUCHI apud FERNIE, S.; GREEN, S.D.; WELLER, S.J.; NEWCOMBE, R. (2002) Knowledge sharing: context, confusion and controversy. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science. No. 21. P.177-187.

NORLUND, D.A. (1984) Semiochemicals: A review of the terminology. In; NORLUND, D. A.; JONES, R.L & JOE LEWIS, W. (Ed.) *Semiochemicals heir role in pest control*. New York: John Wiley & Sons. Cp.2. P.13-28.

OLIVEIRA, L.C. & DRUMNOND, M.F. (2000) Uso Integrado do método QFD e das Técnicas Estatísticas de Planejamento e Análise de Experimentos na Etapa de Projeto do Produto. IN: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, São Carlos, 2000. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos. UFSCar. P. 42-49.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL da SAÚDE (1987) *Dengue hemorrágico: diagnóstico, tratamento e controle*. Genebra.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA de la SALUD (1992) *El dengue y la fiebre hemorrágica de dengue en las Américas: una vision general del problema*. Bol. Epidemiol. 13 (1).

PAULA, R.A.S.R. (2005a) *Uma Proposição de um Processo de Desenvolvimento de Produtos de Base Tecnológica específico ao empreendedorismo “acadêmico tecnológico”:* um estudo de caso de projetos apoiados pelo programa Sebraetec na UFMG. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, DEP, UFMG.

PAULA, R.A.S.R. & CHENG, L.C. (2005b) *Atividades Multi-institucionais de Suporte a Projetos de Desenvolvimento de Novos Produtos de Base Tecnológica de Origem Acadêmica: a Primeira Experiência do Programa Sebraetec na UFMG*. Anais do XV Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas. Curitiba: ANPROTEC.

PFAELZER, P. & KRIZACK, M. (1998) *WWI's Model of Technology Transfer*. Artigo (http://whirlwind.sfsu.edu/general_info/news_articles/welcome.html).

PHAAL, R., FARRUKH, C.; PROBERT, D. (2004) Technology roadmapping – a planning framework for evolution and revolution. *Tech. Forecasting & Social Change*. Vol.71. P. 5–26.

POLIGNANO, L.A.C.; DRUMOND, F.B. (2001) O Papel da Pesquisa de Mercado Durante O Desenvolvimento de Produtos. *3º Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produtos*. Florianópolis – SC.

RAHMATI, S. & DICKENS, P. (2007) Rapid tooling analysis of Stereolithography injection mould tooling. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 47. P. 740–747.

- REIS, L. P. *et al.* (2006a) *Revelando as Fases do Planejamento Tecnológico no contexto da Gestão de Desenvolvimento de Produtos em Empresas Iniciantes de Base Tecnológica*. Anprotec. Salvador. BA.
- REIS, L.P. *et al.* (2006b) *A Atribuição de Funções entre os Membros de uma Equipe Empreendedora no Contexto de Empresas Iniciantes de Base Tecnológica (EBT's)*. Anpad. Gramado. RS.
- REIS, L.P. (2005) *Revelando As Fases Do Planejamento Tecnológico E A Atribuição De Funções Entre Os Membros Da Equipe Empreendedora No Contexto Da Gestão De Desenvolvimento De Produtos (GDP) Em Empresas Iniciantes De Base Tecnológica (EBT's)*. Trabalho de Conclusão de Curso. Belo Horizonte, DEP, UFMG.
- ROBERTS, E.B. (1991) *Entrepreneurs in High Technology: Lessons from MIT and Beyond*. Oxford University Press, New York, pp. 46–99. Chap. 3.
- ROGERS, E.M.; TAKEGAMI, S. & YIN, J. (2001) Lesson learned about technology transfer. *Technovation*. Vol. 21. P. 253-261.
- ROMEIRO, E.F. (2006) *Apostila de Projeto do Produto*. Disciplina de Projeto de Produto do Departamento de Engenharia de Produção da UFMG. 8ª Edição. Belo Horizonte. MG.
- ROMEIRO, E.F. (1997) *A Integração na empresa através da utilização de sistemas informatizados de apoio ao projeto*. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- ROQUE, R.A. (2002) *Avaliação de Armadilhas Iscadas com Infusões de Gramíneas como atraentes e/ou estimulantes de oviposição do mosquito "Aedes" (stegomyia) sp.: (Díptera: Culicidae)*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Parasitologia - UFMG.
- SAMPAIO, I.B.M. (1998) *Estatística Aplicada à Experimentação Animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia.
- SAURA, E.C. & DEDINI, F.G. (1999) *Prototipagem Rápida Aplicada a Cadeia de Desenvolvimento de Produtos*. Unicamp, Brasil.
- SBRAGIA, R.; STAL, E.; CAMPANÁRIO, M.A. & ANDREASSI, T. (2006) *Inovação: como vencer esse desafio empresarial*. São Paulo, SP. Clio Editora.
- SCHNEIDER, C.A. (2006) *Integração produto-processo para manufatura competitiva - solução para PME's*. In: *II Seminário de Resultados da Lei de Informática, ABINEE TEC SUL*. Fundação CERTI. Florianópolis, Porto Alegre.

SCHUMPETER, J.A. (1949) *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Mass.; Harvard University Press.

SHANE, S. (2004) *Academic Entrepreneurship. University Spinoffs and Wealth Creation*. Case Western Reserve University. New Horizons in Entrepreneurship. Cheltenham, UK.

SHARMA, A. (2005) Collaborative product innovation: integrating elements of CPI via PLM framework *Computer-Aided Design*. Artigo aceito para publicação, aguarda impressão.

SHERMAN, J.D., SOUDER, W.E., & JENSSEN, S.A. (2000) Differential Effects of the Primary Forms of Cross Functional Integration on Product Development Cycle Time. *Journal of Production Innovation Management*. Elsevier Science.

SILVA, G.K.C.; PEREIRA, P.M. & MAGALHÃES, G.C. (2004) *Disponibilização de Serviços Baseados em Localização via Web Services*. CPqD. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações.

SPECK, H.J. (2001) *Avaliação Comparativa Das Metodologias Utilizadas Em Programas De Modelagem Sólida*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC.

SUDARSAN, R.; FENVES, S. J.; SRIRAM, R.D. & WANG, F. (2005) A product information modeling framework for product lifecycle management. *Computer-Aided Design*. Artigo aceito para publicação, aguarda impressão.

SUSMAN, G.I. & EVERED, R.D. (1978) An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*. Cornell University. Vol. 23. P. 582-603.

SYNTECH (Original Research Instruments) (1998) *Eletroantennography: A Practical Introduction*. Hilversum, The Netherlands.

THIOLLENT, M. (1997) *Pesquisa –Ação nas Organizações*. São Paulo. Editora Atlas.

THIOLLENT, M. (1996) *Metodologia da Pesquisa –Ação*. 7.^a Edição. São Paulo. Editora Cortez. P. 1-43.

VILELA, E.F. & DELLA LUCIA, T.M.C. (2001) *Feromônios de Insetos: Biologia, Química e Aplicação*. 2a edição. Ribeirão Preto: Holos.

VOHORA, A., WRIGH, M. & LOCKETT, A. (2004) Critical junctures in the development of university high-tech spinout companies. *Research Policy*, Vol. 33. P. 147-175.

WERKEMA, M.C.C. (1996) *Planejamento e Análise de Experimentos: Como Identificar e Avaliar as Principais Variáveis Influentes em um Processo*. Fundação Christiano Ottoni. Série Ferramentas da Qualidade.

YIN, R. (2001) *Planejamento e Métodos – Estudo de Caso*. Ed. Bookman. São Paulo. 2ª Edição.

ZANCUL, E.S.; GUERRERO, V.; ROZENFELD, H. & OLIVEIRA C.B.M. (1998) *Análise das Abordagens de Integração entre Sistemas PDM e ERP*. Núcleo de Manufatura Avançada (USP) e SAP do Brasil. Society of Automotive Engineers, Inc. corrigir.

ZHAO, H.; ZHANG, Y.; WANG, Z.; LEE, S. & KWONG, W. (2003) *Research on group decision support system for concurrent product development process*. Elsevier Science.

ZHOU, H. & LI, D. (2005) *Integrated Simulation of the Injection Molding Process With Stereolithography Molds*. Springer-Verlag London Limited.

Sites Consultados

site: www.saude.gov.br visitado em 22 de janeiro de 2007

site: www.pbh.gov.br visitado em 22 de janeiro de 2007

Bibliografia Consultada

ERNST & YOUNG (2000) *The Economics Contributions of the Biotechnology Industry to the U.S. Economy*. Prepared for the Biotechnology Industry Organization by Ernst & Young Economics Consulting and Quantitative Analysis.

ERNST & YOUNG (1998) “A New Economy”. *European Biotech 97* The Fourth Annual.

Dados da própria empresa