

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
MESTRADO EM ECONOMIA**

**RAQUEL VILARINO REIS**

**AVALIAÇÃO *EX-POST* DE PROJETO DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO:  
O CASO DO TELECARDIO**

VITÓRIA – ES

2010

RAQUEL VILARINO REIS

**AVALIAÇÃO *EX-POST* DE PROJETO DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO:  
O CASO DO TELECARDIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Míriam de Magdala Pinto.

VITÓRIA – ES

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Reis, Raquel Vilarino, 1985-  
R375a      Avaliação *ex-post* de projeto de pesquisa e desenvolvimento :  
o caso do Telecardio / Raquel Vilarino Reis. – 2010.  
109 f. : il.

Orientadora: Míriam de Magdala Pinto.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Desenvolvimento organizacional. 2. Pesquisa e  
desenvolvimento. 3. Avaliação – Metodologia. I. Pinto, Míriam de  
Magdala. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de  
Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 330

---

RAQUEL VILARINO REIS

**AVALIAÇÃO *EX-POST* DE PROJETO DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO:  
O CASO DO TELECARDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Míriam de Magdala Pinto  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Orientadora

---

Prof. Dr. Robson Antonio Grassi  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

---

Prof. Dr. Pierre Ohayon  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

## **Agradecimentos**

A Deus.

Aos meus pais, Amilton e Lúcia, sem eles eu não conseguiria concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus familiares, em especial Daniel e Tia Tê, que tanto torcem e colaboram com as minhas conquistas e vitórias.

Aos meus amigos, em especial Bruno Camargo, que me apoiaram e deram força durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos pesquisadores do TELECARDIO, pela vontade de ajudar e disponibilidade.

Aos funcionários da FAPES, pela dedicação e presteza.

Aos funcionários da Embrapa, em especial Antonio Avila e Jason Duarte, pela disponibilidade e atendimento.

Ao professor Robson, pela contribuição e atenção.

Ao professor Pierre Ohayon, pela gentileza de participar da banca.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro.

A todos os professores do Mestrado em Economia pela contribuição em minha formação.

E por último, não menos importante, à professora Míriam, pela indicação do tema, credibilidade e orientação no trabalho.

A todos, meu muito obrigada!

## RESUMO

A inovação é considerada, na atualidade, imprescindível para o desenvolvimento de qualquer economia. Uma fonte importante de inovação são os investimentos em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que, como quaisquer outros tipos de projetos, devem passar por processos de avaliações. Existem, essencialmente, três “momentos” básicos de avaliações: *ex-ante*, “durante” e *ex-post*, cada um deles apresenta suas particularidades. A avaliação *ex-post* destes projetos de P&D torna-se essencial para que se conheçam os resultados alcançados e seus impactos, caso existentes, bem como para aprendizado que auxilie avaliações futuras. Não existe uma metodologia de avaliação superior às demais, e sim aquela que mais se adéqua ao projeto avaliado e aos objetivos do avaliador. Nesta dissertação apresenta-se a metodologia AMBITEC e sua aplicação para avaliação dos impactos gerados pelo projeto de P&D intitulado “TELECARDIO: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES). Na conclusão, comprova-se que a metodologia utilizada é eficiente para se avaliar qualquer tipo de projeto, como também nas diversas áreas de conhecimento e pesquisa. Pode-se verificar também, a importância da avaliação *ex-post* dos impactos gerados por estes projetos e a necessidade de que esta etapa da inovação deve fazer parte das atividades dos pesquisadores e, principalmente, das instituições envolvidas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Organizacional, Pesquisa e Desenvolvimento, Avaliação – Metodologia.

## ABSTRACT

Innovation is considered, nowadays, essential for the development of any economy. An important source of innovation are investments in projects of Research and Development (R&D) which, like other types of projects must go through processes of evaluation. There are essentially three "moments" basic rates: *ex-ante*, "during", and *ex post*, each has its peculiarities. The *ex-post* evaluation of projects of R&D is essential to know whether the results achieved and their impact, if any, as well as learning to assist future assessments. There is an assessment methodology than the others, but the one that best fits the project goals evaluated and the evaluator. This dissertation presents the methodology AMBITEC and its application for evaluation of the impacts generated by the project of R&D entitled "TELECARDIO: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais", financed by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES). In conclusion, we find that the methodology is efficient to evaluate any type of project, but also in diverse areas of knowledge and research. You can also verify the importance of *ex-post* evaluation of the impacts generated by these projects and the need for this stage of the innovation must be part of the activities of researchers, and especially the institutions involved.

**Keywords:** Organizational Development; Research and Development, Evaluation – Methodology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática do Modelo Linear de Inovação.....	31
Figura 2: Representação esquemática do Modelo Linear Reverso de inovação.....	32
Figura 3: Modelo de ligações em cadeia.....	33
Figura 4: Cenários para aplicação e utilização do TELECARDIO .....	58
Figura 5: Possível aplicação do Sistema TELECARDIO .....	58
Figura 6: Modelo P-SIPOC para o Projeto TELECARDIO .....	61
Figura 7: Excedente econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas ....	62
Figura 8: Aspectos e indicadores para a avaliação de impacto social da inovação tecnológica (AMBITEC-Social).....	64
Figura 9: Gráfico síntese com todos os indicadores do AMBITEC-Social .....	72
Figura 10: Índice geral de impacto social de inovação tecnológica .....	73
Figura 11: Estrutura de impactos das dimensões conhecimento, capacitação e político-institucional.....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Matriz de ponderação para o indicador de capacitação .....	67
Quadro 2: Matriz de ponderação para o indicador de oportunidade de emprego local qualificado.....	67
Quadro 3: Matriz de ponderação para o indicador oferta de emprego e condição do trabalhador .....	68
Quadro 4: Matriz de ponderação para o indicador qualidade do emprego .....	68
Quadro 5: Matriz de ponderação para o indicador geração de renda do estabelecimento .....	68
Quadro 6: Matriz de ponderação para o indicador diversidade de fontes de renda ..	69
Quadro 7: Matriz de ponderação para o indicador valor da propriedade .....	69
Quadro 8: Matriz de ponderação para o indicador saúde ambiental e pessoal.....	69
Quadro 9: Matriz de ponderação para o indicador segurança e saúde ocupacional .	70
Quadro 10: Matriz de ponderação para o indicador segurança alimentar .....	70
Quadro 11: Matriz de ponderação para o indicador dedicação e perfil do responsável.....	70
Quadro 12: Matriz de ponderação para o indicador condição de comercialização ...	71
Quadro 13: Matriz de ponderação para o indicador reciclagem de resíduos .....	71
Quadro 14: Matriz de ponderação para o indicador relacionamento institucional .....	71
Quadro 15: Indicadores para o impacto no conhecimento .....	79
Quadro 16: Indicadores para o impacto na capacitação .....	79
Quadro 17: Indicadores para o impacto no aspecto político-institucional.....	79
Quadro 18: Indicadores para mensuração do impacto no conhecimento .....	88
Quadro 19: Indicadores para mensuração do impacto na capacitação.....	88
Quadro 20: Indicadores para mensuração do impacto no aspecto político-institucional .....	88
Quadro 21: Avaliação do impacto sobre o conhecimento .....	89
Quadro 22: Avaliação do impacto sobre a capacitação e a aprendizagem .....	91
Quadro 23: Avaliação do impacto sobre o político-institucional .....	92

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Efeitos da inovação tecnológica e coeficientes de alteração do componente .....	65
Tabela 2: Fator de ponderação multiplicativo relativo à escala da ocorrência .....	66
Tabela 3: Tabela com resultados de todos os indicadores do AMBITEC-Social.....	72
Tabela 4: Ponderação da importância dos indicadores do AMBITEC-Social.....	73

## **LISTA DE SIGLAS**

AMBITEC – Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

C&T – Ciência e Tecnologia

C,T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMESCAM – Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória

FAESA – Faculdades Integradas Espírito-santenses

FAP – Fundação de Amparo à Pesquisa

FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDM – Método de Avaliação de Múltiplas Dimensões

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

PINTEC – Pesquisa de Inovação Tecnológica

R&D – Research and Development

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TIR – Taxa Interna de Retorno

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

VPL – Valor Presente Líquido

UVV – Universidade de Vila Velha

# SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>14</b>
1.1. Objetivos.....	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos .....	16
1.2. Metodologia .....	16
1.3. Organização da dissertação .....	17
<b>2. Conceitos básicos sobre inovação e aprendizagem .....</b>	<b>18</b>
2.1. Contextualização Teórico-histórica.....	18
2.2. Inovação .....	25
2.3. Tipos de Inovação.....	29
2.4. Tipos de Aprendizagem .....	34
2.5. Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) .....	38
<b>3. Avaliação de Projetos de P&amp;D .....</b>	<b>41</b>
3.1. Introdução à Avaliação de Projetos de P&D .....	41
3.2. Metodologias de Avaliação de Projetos de P&D.....	47
3.3. TELECARDIO – Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais .....	54
3.4. Metodologia AMBITEC .....	61
3.4.1. Avaliação dos impactos econômicos.....	62
3.4.2. Avaliação dos impactos sociais .....	63
3.4.3. Avaliação dos impactos ambientais.....	74
3.4.4. Avaliação dos impactos sobre conhecimento, capacitação e aspecto político-institucional .....	75
3.4.4.1. Conhecimento.....	77
3.4.4.2. Capacitação .....	77
3.4.4.3. Aspecto político-institucional.....	77

<b>4. Avaliação ex-post do Projeto de P&amp;D: “TELECARDIO: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais.....</b>	<b>81</b>
4.1. Metodologia de avaliação de impactos .....	81
4.2. Avaliação dos impactos do Projeto TELECARDIO .....	83
4.2.1. Avaliação do impacto econômico do Projeto TELECARDIO .....	86
4.2.2. Avaliação do impacto social do Projeto TELECARDIO .....	86
4.2.3. Avaliação do impacto sobre conhecimento, capacitação e aspecto político institucional do Projeto TELECARDIO.....	87
4.3. Considerações finais.....	94
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>101</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>105</b>

# 1. Introdução

A sociedade, como um todo, ao passar os anos, sofre alterações. Não apenas físicas, visíveis na natureza, como por exemplo, a destruição de florestas e surgimento de enormes distritos industriais, mas também de pensamentos, ideias e princípios, afetando o cotidiano das pessoas e empresas, tanto públicas quanto privadas.

Essas modificações alteram o processo de competição das empresas. Essa competição tem-se intensificado e o processo de inovação tecnológica passa a ser crítico, exigindo uma nova redefinição das estratégias destas empresas. O valor econômico de uma empresa está dependendo, cada vez mais, de seus conhecimentos e da capacidade de articulá-los com ativos complementares para criar inovações.

Ainda que as inovações possam ocorrer por meio de diversas atividades, sendo elas organizacionais, financeiras, comerciais e mercadológicas, tais como aquisição de conhecimento codificado e/ou tácito (por meio de contratações e consultorias), marketing, relação com usuários, comercialização, entre outras, o método mais fortemente associado a atividades científicas e tecnológicas, são os investimentos em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Estes investimentos, sejam públicos ou privados, carecem de um enorme esforço – financeiro, dedicação e conhecimento – de todas as partes envolvidas. Por este motivo, muitas vezes, as inovações, cujo lócus são as empresas privadas, são financiadas pelo setor público ou em parceria com o mesmo.

A análise feita, ao longo dos anos, sobre os investimentos em P&D, mostra que há um aumento neste tipo de investimento (PINTEC, 2008). Além disso, começa a surgir a preocupação de avaliação dos impactos desses investimentos.

Apesar das dificuldades práticas e limitações das avaliações de projetos de P&D, seu uso pode ajudar na comunicação, além de construir consensos e proporcionar um contexto para os decisores nas dimensões mais subjetivas do projeto. Independente do método utilizado, o resultado mais importante é melhorar a comunicação e a aprendizagem (NIXON, 2002).

Os projetos, para serem aprovados e iniciados, passam por uma avaliação, *ex-ante*, para saber se os objetivos são adequados em função dos objetivos do programa, se os métodos de investigação são razoáveis e se o projeto é rentável ou não, se for o caso. Na maioria das instituições, principalmente nas públicas, a avaliação dos projetos finaliza-se neste ponto, não havendo avaliação durante a implantação do projeto ou após sua conclusão, chamada avaliação *ex-post*, que seria a avaliação dos resultados e impactos gerados pela mudança tecnológica.

Existem vários métodos e formas de se avaliar um projeto, principalmente de forma *ex-ante* consolidados. Recentemente, tem surgido na bibliografia os métodos de avaliações *ex-post* com a mensuração dos alcances sócio-econômicos dos projetos na área de inovação. Importantes efeitos provocados pela inovação tais como impactos sociais, impactos ambientais, a criação de competências e mesmo certos efeitos econômicos não considerados pela interpretação econômica convencional precisavam ser incorporados. Porém, ainda há um arcabouço teórico insuficiente relativo ao nível de importância e riqueza do assunto em questão.

Assim, pela relevância do assunto e pela importância em identificar, mensurar e avaliar os investimentos feitos em projetos de P&D, este trabalho é uma avaliação de um projeto de P&D financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, intitulado “TELECARDIO: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais”, executado em parceria de doutores da área de informática e afins da Universidade Federal do Espírito Santo. Este projeto tem como objetivo central a inovação. A avaliação feita foi do tipo *ex-post*, ou seja, analisando os impactos oriundos do projeto, evidenciando não apenas o retorno financeiro, mas também avaliando as melhorias sociais e geração de aprendizado.

A seguir, serão apontados os objetivos (geral e específicos) deste trabalho e a metodologia a ser utilizada.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Pretende-se, neste trabalho, contribuir com os estudos de avaliação de projetos de P&D no setor público, avaliando um projeto financiado pela FAPES,

intitulado “Telecardio: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais”, com o intuito de identificar o retorno do projeto, em termos sociais e econômicos.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Verificar se os objetivos pré-definidos foram alcançados;
- Calcular o retorno financeiro do projeto para as instituições envolvidas;
- Avaliar o retorno social do projeto; e
- Mensurar o conhecimento adquirido e difundido pela implantação do projeto.

### **1.2. Metodologia**

Em relação à avaliação do projeto, foi utilizado o *software* AMBITEC, que a Embrapa usa para avaliar seus projetos de P&D. O método de avaliação utilizado é o Método de Avaliação de Múltiplas Dimensões – MDM. Este *software* foi desenvolvido na busca de uma abordagem metodológica mais condizente com a realidade dos programas de ciência e tecnologia, cada vez mais praticados em rede e cada vez mais voltados para a inovação. É um método que permite a combinação de avaliações econômicas com sociais, ambientais, de conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais.

A escolha deste método condiz com as especificidades e vantagens citadas acima e pela adequação do projeto a ser avaliado com as características do método. Ou seja, o projeto é multidisciplinar, com caráter público, participativo, voltado para inovação e gera conhecimento e aprendizado.

As informações relevantes foram obtidas por meio de entrevistas junto aos participantes do projeto (pesquisadores da UFES) e aos financiadores, representados pela FAPES, para obtenção dos dados importantes.

As pessoas entrevistadas não foram escolhidas aleatoriamente. Elas foram selecionadas pelo fato de terem participado do projeto e terem conhecimento a fundo sobre tal projeto.

A metodologia adotada tem algumas limitações. Por exemplo, apenas três pessoas são indicadas para responderem às entrevistas, sendo que as respostas são bastante subjetivas. O que pode acarretar num impacto não, suficientemente, real. E, ainda, a avaliação *ex-post* de projetos de P&D é um assunto muito recente, o que a torna suscetível a erros. Além disso, a inovação é um campo onde há incerteza e complexidade, o que pode limitar a veracidade do impacto.

O mais importante é citar a inexistência de consciência da importância da avaliação dos impactos de um projeto e um consenso sobre metodologias de avaliação.

A contribuição mais importante que esta metodologia tem condições de dar à ciência e tecnologia é mostrar o grau de necessidade da avaliação *ex-post* de projetos de P&D e mensurar os impactos oriundos destes projetos, sendo estes impactos não apenas econômico, mas também social, ambiental e sobre capacitação.

### **1.3. Organização da dissertação**

O trabalho foi estruturado em três capítulos. No primeiro capítulo há uma contextualização histórica da inovação, conceitos, tipos de inovação e aprendizagem. Discutem-se as formas e maneiras de inovação e a apresentação do meio mais comum de geração de mudança tecnológica: investimentos em projetos de P&D.

O segundo capítulo traz uma discussão da importância da avaliação econômica dos impactos dos projetos de P&D e a apresentação de alguns métodos de avaliação, discutindo-se suas vantagens e desvantagens. Há também o detalhamento do Projeto TELECARDIO e da metodologia AMBITEC, que foi adotada para realizar a avaliação e a justificativa de tais escolhas.

No último capítulo é apresentado o resultado da avaliação dos impactos gerados pelo Sistema TELECARDIO, em três dimensões: econômica, social e sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais e a discussão desses resultados à luz do referencial teórico construído.

Ao final, têm-se a conclusão do trabalho e sugestões de algumas melhorias referentes à metodologia.

## **2. Conceitos básicos sobre inovação e aprendizagem**

### **2.1. Contextualização histórica**

A competição das empresas por sucesso tem-se intensificado, cada vez mais, nos processos de inovação tecnológica. O valor econômico de uma empresa está dependendo, sobretudo, de seus conhecimentos e da capacidade de articulá-los com ativos complementares para criar novas tecnologias.

Desde meados do século XVIII observam-se sucessivas ondas de inovações obtidas por meio da introdução de máquinas e equipamentos, de novas formas de organização da produção e do desenvolvimento de novas fontes de materiais e energia (TIGRE, 2006).

Para estudar o papel da inovação na competição e no funcionamento das empresas públicas e privadas, é necessário conhecer os contextos histórico, técnico, econômico e institucional nos quais as diferentes teorias a respeito, foram formuladas. Nenhuma teoria é elaborada no “vazio”.

A partir do século XVIII até meados do século XIX, ocorreu a Primeira Revolução Industrial, quando surgiram grandes inovações, como a máquina a vapor e a automação da manufatura, dando origem às primeiras interpretações dos autores clássicos – Adam Smith e David Ricardo – sobre o papel da tecnologia na criação de riquezas.

Adam Smith foi o primeiro a reconhecer a relação entre mudança tecnológica e crescimento econômico (TIGRE, 2006). Ele identificou, em seu mais famoso livro – A Riqueza das Nações – dois conjuntos de “inovações” que favoreceram o crescimento da produtividade: a divisão social do trabalho e os melhoramentos na maquinaria (SMITH, 1996).

David Ricardo segue o postulado de Smith de que o aumento do capital constitui a principal fonte de crescimento. Para ele, um dos fatores que impulsiona o aumento do capital é o progresso técnico. E afirma, ainda, que a utilização de maquinaria num país nunca deve deixar de ser incentivada (RICARDO, 1996).

Na segunda metade do século XIX ocorreu um aprofundamento do processo de industrialização europeu, definido pelos historiadores como a “Segunda

Revolução Industrial”. Nesta época, Karl Marx retoma a tradição da escola clássica, especialmente Adam Smith e David Ricardo, para elaborar sua teoria do valor-trabalho. Por outro lado, começa a ser desenvolvida a chamada teoria neoclássica a partir dos princípios teóricos de equilíbrio geral (TIGRE, 2006).

As abordagens marxista e neoclássica sobre a firma e o papel da tecnologia na dinâmica econômica têm muito pouco em comum, apesar de terem sido elaboradas na mesma época e no mesmo contexto institucional e tecnológico.

Para Karl Marx, o capitalismo é considerado um processo essencialmente evolucionário, alimentado pelo progresso técnico e que reflete a luta de classes entre capital e trabalho. A mudança tecnológica constitui um elemento fundamental em sua obra, tanto pela influência que tem no avanço da sociedade, quanto por seus impactos no processo de trabalho. Ele considera a tecnologia um elemento endógeno presente nas relações produtivas e na valorização do capital. Ainda afirma que a introdução da maquinaria nos meios de produção permite o emprego de trabalhadores sem força muscular ou com desenvolvimento físico incompleto e utilização da mão de obra feminina e infantil (TIGRE, 2006; MARX, 1996; CIPOLLA, 2006).

A teoria neoclássica, representada, principalmente, por Alfred Marshall e Leon Walras, difere tanto da tradição clássica quanto da tradição marxista. Baseia-se no comportamento dos indivíduos e nas condições de equilíbrio. O foco de interesse fixa-se na questão de formação de preços e alocação de recursos.

Walras procurou ordenar, de forma lógica, o funcionamento da economia por meio de um modelo matemático de equilíbrio geral, formado por uma série de equações simultâneas. Ele propõe um mecanismo no qual todos os preços e quantidades são determinados de uma única forma. Em seu modelo, a lei da oferta e da procura determina os preços e as quantidades produzidas, funcionando como um sistema “automático” de regulação da economia. O sistema de equações e ofertas excedentes estará em situação de equilíbrio geral quando a configuração e preços for tal que o equilíbrio de cada agente for compatível com a igualdade entre as quantidades oferecidas e demandadas em todos os mercados (WALRAS, 1983; TIGRE, 2006).

Marshall aperfeiçoa o modelo walrasiano através das teorias de equilíbrio parcial. Apesar de também recorrer ao método matemático, ele não via a economia

com suas análises e “leis” como um corpo de dogmas imutáveis e universais, mas como uma “máquina para a descoberta da verdade concreta”. Ele tinha em mente, um modelo idealizado de funcionamento da firma, derivado de observações casuais, que guardava certa analogia com a realidade das firmas típicas de sua época e colocava a maquinaria e seu progresso como um fator importante para o desenvolvimento econômico (MARSHALL, 1996; TIGRE, 2006).

Apesar do maior realismo da visão marshaliana, a teoria neoclássica acabou dominada pela proposta walrasiana, que trata a firma como agente individual, sem reconhecê-la como entidade coletiva, dotada de objetivos e regras diferenciadas.

Nos modelos neoclássicos convencionais, a tecnologia é a maneira como os insumos (capital e trabalho) são transformados em produtos no processo produtivo. Esta transformação ocorre a partir de um estoque de conhecimento tecnológico agregado, de caráter público, disponível na economia, o que confirma a hipótese básica de que o progresso técnico é exógeno, no sentido de que surge na economia automaticamente, não sendo uma variável de decisão de agentes econômicos. Ao invés de modelar a origem da tecnologia, admite-se que há um progresso técnico e supõe-se que ele esteja crescendo a uma taxa exógena e constante.

Nesse contexto, a questão da mudança tecnológica deixou de ocupar o interesse da economia ortodoxa. As preocupações centrais passaram a se concentrar nas questões de equilíbrio geral, em que a tecnologia é “dada” por meio de um conjunto de funções de produção.

A dinâmica tecnológica é negligenciada pela teoria neoclássica tradicional. A tecnologia é considerada um fator exógeno disponível no mercado, seja por meio de bens de capital ou por conhecimento incorporado pelos trabalhadores, representada por um parâmetro das funções de produção.

Na medida em que se evidenciava que o conhecimento científico e tecnológico era fundamental para o aumento da produtividade e da competitividade, o desafio teórico central a ser enfrentado pela abordagem neoclássica passou a ser: como adequar uma fonte de assimetria concorrencial (progresso técnico) ao modelo de equilíbrio geral, base da pesquisa neoclássica? A resposta dessa questão dependia, necessariamente, de reconhecer a tecnologia como fator endógeno ao sistema produtivo (HIGACHI, 2006).

No início do século XX, uma trajetória inteiramente nova abriu-se para a organização interna da firma e sua interação com o mercado. Inovações tecnológicas e organizacionais que havia décadas estavam em gestação entraram em fase de rápida difusão, ampliando a escala e a dimensão geográfica dos negócios: os modelos taylorista e fordista.

Frederick Taylor considerava-se um “profissional” ou um “cientista” capaz de perceber a necessidade de mudanças radicais para tirar vantagem das novas tecnologias (FREEMAN & SOETE, 1997). Essas mudanças radicais se resumiam em divisão do trabalho, especialização e implantação da linha de montagem.

Apesar das ideias de Taylor terem se tornado influentes nos EUA desde o final do século XIX, e um pouco mais tarde no resto do mundo, nenhuma firma adotou, de fato, integralmente, a sua ideia de conferir “poder ao departamento de planejamento” e de extrema especialização. Só nos primeiros anos do século XX é que muitas fábricas se organizaram de acordo com as orientações estabelecidas por Taylor (FREEMAN & SOETE, 1997).

Henry Ford teve um papel fundamental no desenvolvimento do automóvel como uma das principais inovações tecnológicas do século XX. Sua ideia era produzir um grande número de veículos, com destino simples e a baixo custo. Para atingir seu objetivo, Ford desenvolveu: a linha de produção em massa; um sistema de remuneração que incluía salários altos, para a época; e um plano de participação nos lucros entre os trabalhadores. Como resultado, em cinco anos, ele havia se transformado no maior produtor de automóveis do mundo (PINTO, 2009). Sua grande contribuição foi na forma de produzir o automóvel – a linha de montagem.

O modelo taylorista-fordista refere-se a um sistema de organização do trabalho, aplicado originalmente por Henry Ford na Ford Motors Company a partir dos trabalhos de Taylor, baseado na divisão do trabalho e produção seriada visando maior economia de tempo e esforço com o máximo de rendimento.

Já no estágio inicial, Ford e seus colaboradores tiveram que aceitar o fato óbvio de que algumas peças com defeitos constituíam uma característica inevitável deste sistema. A solução adotada não foi melhorar as qualificações ou responsabilidades dos trabalhadores das linhas de produção, mas passar a ter uma inspeção e um departamento de “reprocessamento” no final da linha de montagem. Ainda assim, alguns carros defeituosos também conseguiram atravessar este

processo, de modo que reclamações dos consumidores sempre acompanharam a produção em massa. Um dos principais objetivos dos produtores japoneses que desafiaram o sistema fordista consistiu, justamente, em reduzir, drasticamente, o número de peças ou subsistemas defeituosos (FREEMAN & SOETE, 1997).

No final da década de 1970, já se observava uma alteração no “paradigma taylorista-fordista de produção” ou “paradigma da produção em massa”. A primeira crise do petróleo, em 1973 e o esgotamento do modelo de produção baseado no excesso de padronização e divisão do trabalho foram alguns fatos relevantes para esta mudança. Já não era necessário produzir mais do mesmo, a oferta mundial de produtos industrializados igualava e ultrapassava a demanda mundial. Era preciso aumentar a qualidade, reduzir desperdícios, descobrir e produzir o que o cliente queria comprar. Foi quando surgiu o Toyotismo, no Japão, e liderou uma onda de inovações organizacionais, destacando-se a Gestão pela Qualidade Total e a produção a partir dos princípios do “*just-in-time*” (TIGRE, 2006; PINTO, 2009; FREEMAN & SOETE, 1997).

O principal objetivo do Sistema Toyota de Produção foi produzir muitos modelos em pequenas quantidades. Enquanto o fordismo tinha como objetivo a produção da maior quantidade possível a baixo custo e um menor número de tipos de carros. Assim, estes dois sistemas estão baseados no sistema de fluxo de trabalho. A diferença está no fato de que o modelo fordista preocupou-se com o armazenamento de peças e o Toyotismo eliminou o “depósito” (OHNO, 1997).

À medida em que as novas combinações, estruturas e teorias a respeito do funcionamento do mercado, da concorrência e da tecnologia, foram sendo desenvolvidas, “surge” Joseph Alois Schumpeter. Este foi considerado, por muitos, o “pai da inovação” na economia contemporânea, por tratar o progresso técnico como um fator essencial ao desenvolvimento econômico.

Ele viveu num ambiente concorrencial onde os pequenos fabricantes começavam a conviver com os grandes monopolistas (meados do século XX). Analisando os fatos da época, Schumpeter reconheceu a importância da grande empresa, da concentração do capital e do sistema de crédito para o progresso técnico (TIGRE, 2006; PINTO, 2009).

Na realidade capitalista, aos olhos de SCHUMPETER (1997), a concorrência que conta é a concorrência proporcionada por novas mercadorias, novas

tecnologias, novas fontes de matérias-primas, novos tipos de organização da produção. É, portanto, incorreto dizer que no desenvolvimento observado da produção, a empresa capitalista era um fator e o progresso tecnológico outro, distintos entre si. Entretanto, o primeiro era a força propulsora do segundo.

Neste processo de abertura de novos mercados e de desenvolvimento organizacional, SCHUMPETER (1997; e 1976), cunha a expressão “Destruição Criativa”. Os processos que se encontram em permanente mutação, promovendo uma contínua revolução por dentro das estruturas econômicas, mediante a sistemática destruição das antigas estruturas e sua substituição por novas, com base e a partir das inovações que nelas vão surgindo, promovem a substituição de antigos produtos e hábitos de consumir, por novos. É nesse processo permanente de “destruição criativa” que está a essência do desenvolvimento capitalista.

O último quartil do século XX vivenciou uma nova revolução tecnológica, protagonizada pelo desenvolvimento e pela difusão das tecnologias da informação e da comunicação (TIC).

Diante dos impactos econômicos, sociais e políticos do chamado novo paradigma técnico-econômico, as ideias de Schumpeter foram retomadas pela corrente do pensamento que veio a ser conhecida como “evolucionista” ou neo-schumpeteriana.

Freeman resgata o estudo dos ciclos econômicos de Schumpeter, mostrando como a difusão de inovações está no centro dos movimentos cíclicos da economia mundial. Por outro lado, Nelson e Winter iniciaram uma linha de investigações, apoiada em Schumpeter, e em conceitos transpostos da biologia evolucionista, visando incorporar a questão tecnológica na teoria da firma. Eles postulam que indivíduos e organizações são entidades que “aprendem” (TIGRE, 2006).

A competitividade, segundo os evolucionistas, requer um conjunto de competências tecnológicas diferenciadas, ativos complementares e rotinas. Tais competências são geralmente tácitas e não transferíveis, conferindo à firma um caráter único e diferenciado. A aprendizagem é cumulativa e coletiva (no âmbito da firma) e depende fundamentalmente de rotinas organizacionais codificadas ou tácitas (TIGRE, 2006).

Observa-se ainda no final do século XX, o crescimento de análises de cunho institucionalista que enfatizam a visão sistêmica da empresa e o ambiente externo como condicionante de seu desempenho tecnológico e competitivo.

O termo institucionalismo foi cunhado em 1918 por Walton Hamilton num encontro da *American Economic Association*. Hamilton queria evidenciar o interesse de um crescente grupo de pesquisadores na variedade e evolução das instituições humanas e em sua influência sobre a reprodução material e o bem-estar humano (PESSALI & FERNÁNDEZ, 2006).

Para PESSALI & FERNÁNDEZ (2006), a tecnologia como aplicação sistemática de conhecimento às atividades produtivas não é uma variável capaz de se auto-determinar. Ela está emaranhada num sistema de hábitos e pensamentos comuns a uma sociedade. O conhecimento é algo moldado por valores, costumes e tradições compartilhados por uma comunidade – as instituições. A utilização do conhecimento na resolução de problemas está, portanto, embebida nesse emaranhado de instituições.

Nesse sentido, muitos institucionalistas têm realçado a natureza não-neutra da tecnologia. As teorias da tecnologia no institucionalismo não tentam mais colocar a tecnologia e as instituições em pratos opostos da balança. Um princípio básico de toda análise é estar atento aos variados interesses que podem conduzir a uma inovação e aos benefícios e prejuízos por ela potencialmente gerados (PESSALI & FERNÁNDEZ, 2006).

Ampliando a discussão, os neo-institucionalistas retomaram os ideais dos institucionalistas, alegando que as instituições não são estáveis como se acreditava ser. Instituições também mudam, de forma progressiva, como resultado de aprendizagem. As alterações podem vir sobre ações do Estado, organizações ou indivíduos (PLUYE *et al.*, 2004).

Pela contextualização histórica, social, econômica e institucional apresentada, vê-se que inovar tornou-se imprescindível para a sobrevivência das empresas e condição indispensável para o desenvolvimento das nações.

## 2.2. Inovação

Tem estado em voga, portanto, a “inovação”, o que, na maioria das vezes, se confunde com invenção e, até mesmo, com tecnologia. São, na verdade, conceitos diferentes e, ao mesmo tempo, complementares.

Tecnologia deriva do grego *techne* (artefato) e *logos* (pensamento, razão), significando, portanto, o conhecimento sistemático transformado ou manifestado em ferramentas (MOREIRA & QUEIROZ, 2007 *apud* PINTO, 2009). A tecnologia pode ser definida como conhecimento sobre técnicas, enquanto estas envolvem aplicações desse conhecimento em produtos, processos e métodos organizacionais. A invenção se refere à criação de um processo, técnica ou produto inédito. Ela pode ser divulgada por meio de artigos científicos, registrada em forma de patente, visualizada e simulada através de protótipos e plantas piloto sem, contudo, ter uma aplicação comercial efetiva. Já a inovação ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção (TIGRE, 2006).

Schumpeter distinguia, claramente, os processos de invenção e inovação. Para ele, invenção estava associada à geração de novas ideias ao processo do conhecimento científico propriamente dito e sua aplicação na geração de novos equipamentos ou artefatos ou mesmo novos processos, mas sempre em fase pré-comercial. Inovação referia-se à introdução comercial na esfera técnico-econômica. Para isso, deveria ter um agente com uma expectativa de retorno econômico: o empresário inovador. A inovação seria selecionada, favorável ou desfavoravelmente, pelo mercado. Na primeira hipótese, a inovação passaria à fase de difusão. Na segunda hipótese, a inovação seria descartada e o esforço empreendido até ali, perdido (SCHUMPETER, 1997).

Ele adota uma concepção abrangente de inovação, associando-a a tudo que diferencia e agrega valor a um negócio. (TIGRE, 2006, NELSON & WINTER, 2005). Na opinião de Schumpeter, inventar é relativamente fácil, mas inovar, de fato, sempre é difícil (SZMRECSÁNYI, 2006).

Em termos gerais, a inovação tecnológica envolve a solução de problemas. A solução inovativa para certo problema abrange “descoberta” e “criação”. A “solução” de problemas tecnológicos certamente envolve o uso de informação retirada das experiências anteriores e do conhecimento formal e também envolve capacitações

específicas e não codificadas por parte dos inventores (DOSI, 1988). NELSON & WINTER (2005) usam o termo: base de conhecimento.

A competição por mercados emergentes e liderança tecnológica não é recente. A novidade é a intensidade e a globalização da competição. Além disso, o desenvolvimento da tecnologia está se acelerando, exigindo tempos de resposta mais curtos e flexíveis, captura de oportunidades e integração das competências sempre que disponíveis. As inovações estão cada vez mais ultrapassando fronteiras.

Estatísticas sobre inovação tecnológica se tornaram disponíveis somente a partir dos anos 60, quando foi elaborado o Manual Frascati por iniciativa da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE. O manual consolidou conceitos e definições sobre as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e permitiu a criação de sistemas de indicadores de esforço e desempenho tecnológico (TIGRE, 2006).

A principal referência conceitual e metodológica de tecnologia e inovação é o Manual de Oslo. Um documento também desenvolvido pela OCDE para ampliar a abrangência do Manual Frascati que se restringia a monitorar as atividades de P&D. De acordo com o Manual de Oslo, as inovações podem ser classificadas quanto ao seu foco em inovações de produto, de processo e organizacionais. As inovações de produtos referem-se à introdução de produtos tecnologicamente novos cujas características fundamentais diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos. Já as inovações de processo, referem-se às formas de operação tecnologicamente novas ou substancialmente aprimoradas. As inovações organizacionais, por sua vez, referem-se a mudanças que ocorrem na estrutura gerencial da empresa (PINTO, 2009; TIGRE, 2006; OCDE, 1997).

No Brasil, o Manual de Oslo é o documento-base para a pesquisa industrial sobre inovação tecnológica. A Pesquisa de Inovação Tecnológica – PINTEC, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a cada dois anos, desde 2000, é a principal referência de medida direta da inovação tecnológica no país.

A inovação tecnológica, para a PINTEC, é a introdução no mercado de um produto ou um processo produtivo tecnologicamente novo ou aprimorado. Esta inovação se refere a produto e/ou processo novo para a empresa, não sendo, necessariamente novo para o mercado de atuação desta. Assim, existe em três

graus: para a empresa; para empresa e setor; e inovação para o mundo (PINTEC, 2008).

Neste contexto surgem novas expressões que tentam explicar e definir os acontecimentos e as novas tendências de competitividade das empresas, como: “cooperação”, “capacidade dinâmica” e “paradigma tecnológico”.

A cooperação surge da necessidade de reunir e harmonizar tecnologias altamente díspares entre si, administrar um processo detalhado de definição de padrões, estabelecer alianças com fornecedores de produtos complementares, cooptar rivais em potencial e ter acesso à mais ampla variedade possível de canais de distribuição (PRAHALAD & HAMEL, 2005).

A inovação das empresas foi colocada no centro da análise e os lucros foram considerados simultaneamente como atrativos para motivar a atividade inovadora como meio pelo qual as firmas inovadoras bem-sucedidas crescem em relação às demais. A concorrência está sendo apresentada como um processo dinâmico ativo. E as vencedoras no mercado global têm sido as empresas que demonstram resposta oportuna (rápida e flexível) e com inovação de produtos, juntamente com a capacidade de gestão para coordenar eficazmente e reorientar as competências internas e externas (NELSON & WINTER, 2005; TEECE & PISANO, 1998).

Esta fonte de vantagem competitiva, chamada de “capacidade dinâmica” destaca dois aspectos: mudança nas características do meio/mercado; e a ênfase no papel fundamental da gestão estratégica. A palavra “capacidade” se refere ao papel fundamental da estratégia, adaptação apropriada, integração e reconfiguração; e a palavra “dinâmica”, se refere à mudança das características do meio, em que o processo de inovação está acelerando e o tempo tem papel crucial. A capacidade dinâmica é descendente de Schumpeter, que enfatiza processos organizacionais dentro da empresa. Seria um paradigma da modernidade, que recorre a várias disciplinas e avanços, são subconjuntos das competências que permitem à empresa criar novos produtos e processos, responder às novas circunstâncias do mercado (TEECE & PISANO, 1998).

DOSI (1988) propõe que assim como existem paradigmas científicos, há também, paradigmas tecnológicos. Os dois incorporam uma visão geral, uma definição dos problemas relevantes, um padrão de pesquisa. Um “paradigma tecnológico” define contextualmente as necessidades que se propõe satisfazer, os

princípios científicos utilizados na tarefa e a tecnologia a ser usada. Pode ser um “padrão” de solução de problemas técnico-econômicos selecionados, baseado em princípios altamente derivados das ciências naturais, juntamente com regras específicas que buscam adquirir conhecimento novo e salvaguardá-lo, quando possível, da difusão rápida aos concorrentes. Seguindo a mesma linha de pensamento, define-se “trajetória tecnológica” como as atividades do processo tecnológico que ocorrem dentro de *trade-offs* econômicos e tecnológicos definidos por um paradigma.

A inovação não é uma certeza. As pessoas não possuem as mesmas informações e, quando as possuem, são em níveis de interesse e intensidade diferentes. Ao tratar de incertezas associadas ao processo de inovação, a economia institucionalista enriquece a discussão ao abordar questões como a seleção adversa, comportamento oportunista, risco moral e informação assimétrica.

O “Risco Moral” refere-se à possibilidade de um indivíduo fazer uso de uma informação privilegiada que ele possui em benefício próprio após a confirmação de um contrato (*ex-post*). E pode ser dividido em dois tipos: informação oculta e ação oculta. A primeira ocorre quando as ações deste indivíduo (Agente) são observáveis e verificáveis por outro (Principal), mas uma informação importante relacionada ao resultado final é adquirida e mantida pelo Agente. A ação oculta acontece quando as ações do Agente não são observáveis ou verificáveis (PONDÉ, 1994).

A Seleção Adversa não mais se refere ao comportamento pós-contratual, e sim à adesão ou não a uma determinada transação (*ex-ante*). Um mercado que possua diferentes qualidades de bens, e esta seja uma informação privada de uma das partes, tende a ser ineficiente na medida em que as transações desejadas em um mundo de informação perfeita não se realizam (WILLIAMSON, 1998).

Por oportunismo entende-se que os indivíduos são considerados fortemente auto-interessados podendo, se for do seu interesse, mentir, trapacear ou quebrar promessas.

Estes novos conceitos surgiram devido às mudanças ocorridas na forma de aquisição, aprimoramento e difusão do conhecimento. Para uma empresa agir com cooperação, utilizar suas capacidades dinâmicas e lançar (ou até mesmo adotar) um novo paradigma tecnológico a ser seguido é preciso que esta faça uma melhor

avaliação das opções de oportunidades surgidas e tome a melhor decisão baseada em sua capacidade técnica (limitação).

A literatura sobre inovação mostra, portanto, que a tecnologia não é exógena, mas tampouco totalmente endógena à empresa. Diferentes fontes de tecnologia e aprendizado, tanto de origem interna quanto externa, são utilizadas pelas organizações para lançar novos produtos, melhorar processos, adotar novos métodos de gestão organizacional e aumentar a competitividade.

A inovação, como já mencionada, é um processo complexo, incerto e, ao mesmo tempo, indispensável ao desenvolvimento e crescimento econômico de um país, estado, município ou região. Ela pode surgir de diversas maneiras, ocasiões, oportunidades, contexto e cooperação. A seguir, estes modelos de inovação serão detalhados.

### **2.3. Tipos de Inovação**

As mudanças tecnológicas são, usualmente, diferenciadas ou classificadas de acordo com alguns critérios, como por exemplo, pelo grau de inovação, pela extensão das mudanças em relação ao que havia antes, pelas forças indutivas ou pelo modelo em que esta inovação ocorre.

Baseado em seu grau de inovação, a mudança tecnológica pode ser classificada como: incremental; radical; novo sistema tecnológico; ou novo paradigma tecnológico.

O nível mais elementar e gradual de mudanças tecnológicas é representado pelas inovações incrementais. Elas abrangem melhorias feitas no *design* ou na qualidade dos produtos, aperfeiçoamento em *layout* e processos, novos arranjos logísticos e organizacionais e novas práticas de suprimentos e vendas. As inovações incrementais ocorrem de forma contínua em qualquer indústria. Elas não derivam, necessariamente, de atividades de P&D, sendo mais comumente resultantes do processo de aprendizado interno e da capacitação acumulada (PINTO, 2009; TIGRE, 2006).

Uma mudança tecnológica é considerada radical quando rompe as trajetórias existentes, inaugurando uma nova rota tecnológica. Este tipo de inovação, geralmente, é fruto de atividades de P&D e tem um caráter descontínuo no tempo e

nos setores. A descontinuidade pode ser caracterizada pelo clássico exemplo de que “muitas carroças enfileiradas não formam um trem” (TIGRE, 2006).

O estágio seguinte nessa seqüência evolutiva é o das mudanças no sistema tecnológico, no qual um setor ou grupo de setores é transformado pela emergência de um novo campo tecnológico. Tais inovações são acompanhadas de mudanças organizacionais tanto no interior da firma como em sua relação com o mercado (TIGRE, 2006).

Por último, as mudanças no paradigma técnico-econômico envolvem inovações não apenas na tecnologia como também no tecido social e econômico no qual elas estão inseridas. Tais revoluções não ocorrem com freqüência, mas sua influência é persuasiva e duradoura. Um paradigma não é apenas técnico, pois necessita de mutações organizacionais e institucionais para se consolidar. Uma mudança de paradigma abrange vários tipos de inovações: radicais e incrementais, afetando quase todos os ramos da economia (TIGRE, 2006).

A literatura de Organização Industrial identifica duas forças indutivas básicas da mudança tecnológica. A primeira aponta para as necessidades explicitadas pelos usuários e consumidores – *demand-pull*. A segunda, define tecnologia como um fator autônomo ou quase-autônomo, derivado dos avanços da ciência – *technology-push*. Tal distinção não é simples de ser identificada na prática, pois são encontrados exemplos de ambos os impulsos e frequentemente uma combinação dos dois. Para Fransman (*apud* TIGRE, 2006), a geração de inovações tende a ser induzida pela oferta de novos conhecimentos, enquanto a difusão dessas tecnologias é determinada pela demanda.

Em países avançados, os esforços de P&D realizados por universidades e centros de pesquisas civis e militares podem, eventualmente, resultar em inovações impulsionadas pela tecnologia. Já em países em desenvolvimento, onde a capacidade científica para gerar tecnologias é mais limitada e a capacidade e autonomia das empresas para realizar inovações radicais são menores, a demanda constitui o principal estímulo à inovação (TIGRE, 2006).

Mesmo que alguns economistas tenham ressaltado, mais fortemente, o lado da demanda como um elemento forte na pesquisa e na invenção: “a necessidade é a mãe da invenção”, na opinião de FREEMAN & SOETE (1997), a inovação é essencialmente interativa ou bilateral. Ela foi comparada às lâminas de uma tesoura.

De um lado, ela envolve o reconhecimento de uma necessidade ou, mais precisamente, em termos econômicos, de um mercado potencial para um novo produto ou processo (*demand-pull*). Por outro, ela envolve um conhecimento técnico, o qual geralmente pode estar disponível, mas que também inclui, com frequência, os conhecimentos científicos e tecnológicos resultantes de atividades de pesquisa original (*technology-push*).

Por volta da década de 1930, começam a ser propostos modelos que procuravam descrever os processos de geração de inovação tecnológica.

O primeiro e mais simples foi o Modelo Linear de Inovação ou *science-push* (ou *technology-push*). Segundo este modelo, o processo de inovação tecnológica é iniciado pela pesquisa básica, passando pela pesquisa aplicada, desenvolvimento, engenharia até chegar à comercialização pioneira (PINTO, 2009). A Figura 1 representa este processo.

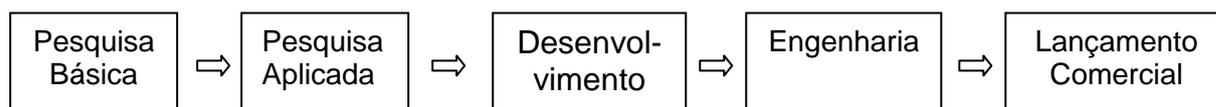


Figura 1: Representação esquemática do Modelo Linear de Inovação

**Fonte: Pinto (2010).**

Os conceitos utilizados neste esquema podem ser um pouco mais detalhados tendo como referência CASSIOLATO *et al.* (2003).

As atividades de pesquisa básica visam uma ampliação do conhecimento genérico ou um melhor entendimento acerca de um tema investigado sem quaisquer considerações sobre as possíveis aplicações dos avanços perseguidos.

As atividades de pesquisa aplicada visam o aprofundamento do conhecimento necessário para atingir um objetivo específico, reconhecido *a priori*. Os resultados nesta etapa são mais concretos, sendo possível identificar mais facilmente o grau de sucesso do esforço realizado.

As atividades de desenvolvimento consistem no uso sistemático dos conhecimentos gerados a partir das atividades de pesquisa para viabilizar a produção de nova tecnologia, seja de produto ou processo.

As atividades de engenharia consistem em aplicar todo o conhecimento estabelecido até então para desenvolver soluções econômicas para os problemas

técnicos. Além do projeto da solução, cabe ao engenheiro sua execução. É nesta etapa que efetivamente a realidade social e econômica é transformada.

De acordo com este modelo, para incentivar a inovação tecnológica (e seus benefícios econômicos) se deveria investir pesadamente em ciência básica. Este investimento geraria um estoque de conhecimentos que ficaria disponível para ser utilizado pelas empresas para o desenvolvimento de novos produtos e processos, gerando riqueza e desenvolvimento econômico e social.

Este modelo, porém, apresenta restrições. Em primeiro lugar, ele pressupõe uma divisão do trabalho entre as esferas científica e empresarial. Em segundo lugar, supõe que a transferência de conhecimentos gerados na esfera científica para a esfera empresarial é um processo “natural”. E, em terceiro, não reconhece a diversidade entre os diferentes campos de conhecimento em termos de geração de resultados com potencial econômico.

Foi proposto, então, o Modelo Linear Reverso ou *demand-pull*, que considera que as inovações surgem a partir das necessidades identificadas no mercado ou por problemas operacionais identificados pelas empresas. O esquema deste modelo pode ser representado como mostrado na Figura 2.

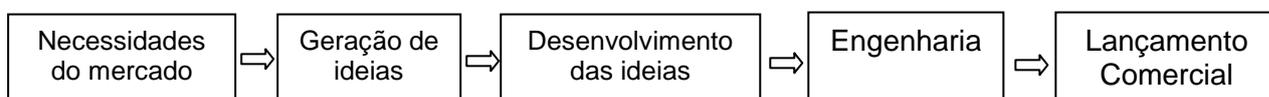


Figura 2: Representação esquemática do Modelo Linear Reverso de inovação

**Fonte: PINTO (2009).**

O Modelo Linear Reverso coloca toda a ênfase do processo de inovação sobre a demanda identificada no mercado. Desse modo, o conhecimento científico fica subordinado a solucionar problemas surgidos na busca do atendimento das demandas do mercado.

Claramente, os dois modelos são parciais, explicam, apenas, parte do processo, mas não a sua totalidade. Seu caráter linear parece insuficiente para explicar, efetivamente, o processo de inovação. Além disso, as categorias tradicionais de pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento não apresentam com fidelidade a realidade das atividades científicas e tecnológicas, havendo sobreposições entre elas.

A necessidade de modelos que expliquem melhor a interação entre ciência, tecnologia e inovação conduziu ao Modelo de Ligações em Cadeia ou *Chain Linked Model*, que enfatiza a permanente retro-alimentação entre as diversas etapas do processo. De acordo com este modelo, o processo de inovação pressupõe a existência de múltiplas sequências de interação entre as suas diversas etapas e a existência de muitas formas de ampliação do estoque de conhecimentos, e não apenas avanços no campo científico (KLINE & ROSENBERG, 1986 *apud* PINTO, 2009).

Neste último modelo, a cadeia central de inovação é estruturada por múltiplos elos internos de realimentação do processo. Além disso, toda a cadeia central de inovação interage com as atividades de pesquisa, fontes de novos conhecimentos para o processo de inovação. O esquema deste modelo pode ser representado como na figura abaixo (Figura 3).

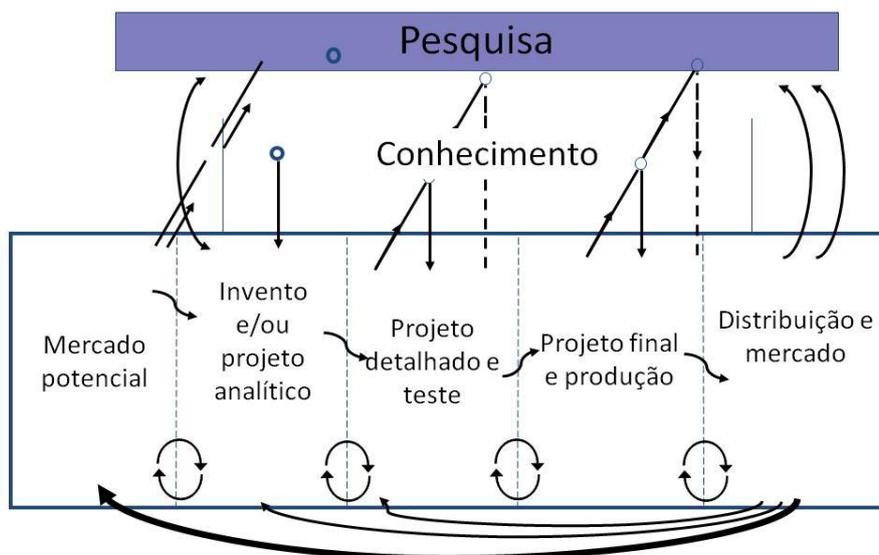


Figura 3: Modelo de ligações em cadeia

Fonte: KLINE & ROSENBERG, 1986 *apud* PINTO (2009).

Existe também, o que se chama de engenharia reversa, que é utilizada principalmente nos setores industriais de montagem de produtos. Ela consiste em usar a criatividade para, a partir de uma solução pronta, retirar todos os possíveis conceitos novos ali empregados. É o processo de análise de uma tecnologia e de seus detalhes de funcionamento, geralmente com a intenção de construir algo novo que seja capaz de fazer a mesma coisa, sem realmente copiar o original.

Resumidamente, a engenharia reversa consiste em, por exemplo, desmontar uma máquina para descobrir outra (PINTO, 2009).

O reconhecimento da complexidade do fenômeno da inovação tem sido crescente. Atualmente, sabe-se que as diversas interações necessárias para que o processo de inovação aconteça dependem não somente das organizações centrais deste processo, mas de toda a rede de instituições dos setores público e privado.

O mais recente tipo de inovação é o *living lab*. *Living lab* é uma infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento, com a interação humana que estimulam a adoção de princípios como sustentabilidade, inteligência e inovações. O *living lab* reúne instituições de pesquisa, de caráter público e/ou privada, e mais diversos atores, visando estimular projetos de cooperação nos domínios de pesquisa centrada no usuário e no desenvolvimento de produtos. E ainda, ele se baseia no entendimento de que a estrutura em redes é a forma organizacional mais promissora para lidar com o grande desafio contemporâneo de encontrar formas de funcionamento sustentável para a sociedade no que se refere aos seus aspectos ambientais, culturais, sociais e econômicos (LIVING LAB, 2010; HABITAT, 2010).

Como visto, existem diversas maneiras de ocorrer uma inovação. Independente do modelo utilizado, sempre há geração de conhecimento e aprendizagem. O aprendizado é, então, um processo fundamental para a construção de novas competências e obtenção de vantagens competitivas. Ele desenvolve habilidades tanto em nível organizacional quanto individual, possuindo forte reconhecimento social, em busca da compreensão e solução de problemas complexos.

Os diversos processos de aprendizagem que ocorrem em todas as esferas das firmas são abastecidos por fontes internas e externas de conhecimento. Contudo, a aprendizagem é um processo cumulativo e que requer capacitação prévia. As diversas formas de aprendizagem serão detalhadas no próximo subitem.

#### **2.4. Tipos de Aprendizagem**

O processo de inovação está baseado em conceitos que enfatizam o aprendizado, interações, competências, complementaridades, seleção, *path-dependencies* e governança.

Segundo o conceito de *path-dependencies*, que significa dependência da trajetória passada, a firma não se desenvolve aleatoriamente, pois a direção de seu crescimento e as oportunidades enfrentadas para a entrada em novos ramos de atividade depende de competências acumuladas e de decisões técnicas e estratégicas tomadas no passado (TIGRE, 2006).

A rapidez na mudança dos processos produtivos, estimulada pelos avanços nas tecnologias de informação e comunicação, tornou a capacidade de construir novas competências o principal fator para vantagens competitivas das firmas. A rápida e contínua mudança técnica provoca a formação e destruição do estoque de conhecimento especializado, exigindo contínua capacidade de aprendizado. A construção e reconstrução das habilidades organizacionais e tecnológicas estão relacionadas à estruturação dos seus processos de aprendizagem (CAMPOS *et al.*, 2003).

Os processos de aprendizagem coletiva, cooperação e dinâmica inovativa assumem importância fundamental para o enfrentamento dos novos desafios colocados pela difusão da inovação nesta “Era do Conhecimento”, em que inovação e conhecimento colocam-se, cada vez mais visivelmente, como elementos centrais do crescimento de nações, regiões, setores, organizações e instituições (CASSIOLATO *et al.*, 2003; CASSIOLATO & SZAPIRO, 2003).

A natureza do conhecimento utilizado em atividades econômicas é usualmente dividida em codificada e tácita. O conhecimento codificado é apresentado sob forma de informação, por meio de manuais, livros, revistas técnicas, *softwares*, fórmulas matemáticas, documentos de patentes, bancos de dados. A codificação permite que o conhecimento seja transmitido, manipulado, armazenado e reproduzido. Já o conhecimento tácito envolve habilidades e experiências pessoais ou de grupo, apresentando um caráter mais subjetivo. Tal conhecimento dificilmente é passível de transmissão objetiva e, portanto, não pode ser facilmente transformado em informação. A forma mais comum de se adquirir conhecimento tácito é através da experiência e/ou contratação de profissionais experientes de outras empresas.

Na opinião de SCHMIDT & SANTOS (2002), o conhecimento codificado ou explícito é aquele contido nos livros e pode ser empregado como sinônimo de dados e informações. Enquanto o conhecimento tácito é composto pelos conhecimentos

adquiridos formalmente por meio da educação e da pesquisa acadêmica, além das conclusões, intuições, visão do mundo que estão enraizadas nas experiências de um indivíduo. Esse componente subjetivo torna o conhecimento tácito de difícil visualização e formalização, dificultando sua transmissão e compartilhamento com outros indivíduos.

A aprendizagem constitui um processo acumulativo, pois a absorção de informações mais avançadas requer um processo de capacitação prévia. As diversas formas de aprendizagem podem ser sumarizadas em: “aprender-fazendo” (*learning-by-doing*); “aprender-usando” (*learning-by-using*); “aprender-procurando” (*learning-by-searching*); “aprender-interagindo” (*learning-by-interacting*); com “*spill-overs*” interindustriais; e com o avanço da ciência (TIGRE, 2006).

O “aprender-fazendo” é o processo de aprendizado interno à empresa, relacionado ao processo produtivo. Através deste tipo de aprendizagem, é possível aumentar o incremento à produtividade, mas a eficiência dinâmica exige um esforço mais sistemático de aprendizado e desenvolvimento experimental.

A geração de rotinas dinâmicas depende fundamentalmente de processos de aprendizado relacionados à interação com fornecedores e clientes, definidos por LUNDVALL (2004) como “aprender-interagindo”. Para LUNDVALL & VINDING (2004), o aprendizado é essencialmente interativo, derivado de relações comerciais entre diferentes instituições e atores. Esta interação entre produtores e consumidores pode acontecer de diferentes formas: troca de produtos, troca de informações e cooperação direta. Assim, a análise do processo de aprendizado precisa levar em consideração não apenas a inovação desenvolvida no âmbito da empresa isolada, mas também todo o contexto do sistema de inovação no qual está inserida, que pode ter alcance supranacional, nacional, setorial, tecnológico, regional ou local (TIGRE, 2006).

A experiência dos consumidores leva as empresas a reconfigurarem o produto ou serviço através do processo de “aprender-usando”. Este é relacionado ao uso de insumos, equipamentos e *softwares*.

Na opinião de LUNDVALL & VINDING (2004), o “aprender-fazendo” e o “aprender-usando” são aprendizados locais, enquanto o “aprender-interagindo” traz *insights* de diversos consumidores e suas combinações com novos produtos que são lançados e distribuídos por algum produtor. Por isso, o processo de interação é

fundamental no sistema econômico e gera inovação e conhecimento de forma global.

Na opinião de CAMPOS *et al.* (2003), os processos de aprendizagem que decorrem da cumulatividade da experiência na produção e suas conseqüentes inovações incrementais em produtos e processos podem caracterizar mecanismos informais ou não estruturados que também criam capacidades inovativas internas à firma (“aprender-fazendo” e “aprender-usando”). Por outro lado, as fontes de conhecimento não se restringem unicamente à firma e combinam-se com fontes externas, como o sistema de ciência e tecnologia e outras firmas, fornecedoras ou usuários dos produtos. As relações com outras firmas e organizações podem estabelecer formas diversas de aprendizagem por interação (“aprender-interagindo”).

De forma semelhante, o processo identificado como “aprender-procurando” é baseado na busca de informações, atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e tecnologias pelos diferentes meios hoje disponíveis, com destaque para a Internet.

*Spill overs* interindustriais é outra forma tradicional de aprendizado externo, baseada na imitação e contratação permanente ou temporária de técnicos experientes de outras empresas. Este processo é uma forma de promover a difusão de novas tecnologias a custos relativamente baixos.

Por último, o aprendizado baseado no avanço da ciência resulta do monitoramento dos resultados de pesquisas realizadas em universidades e centros tecnológicos. Empresas incubadas ou criadas por cientistas geralmente têm acesso privilegiado a novos conhecimentos, graças às redes formais ou informais de relação universidade-empresa. As novas tecnologias geradas em centros de pesquisa na maioria das vezes não têm uma aplicação prática imediata, pois envolvem conceitos básicos ou experimentais sem viabilidade econômica assegurada. Cabe à empresa transformar tais conceitos em produtos e processos por meio do desenvolvimento experimental.

O conhecimento, oriundo do processo de aprendizagem, é propagável e passível de ser utilizado para gerar progresso, quando empregado no sentido restrito e materializado sob a forma de produtos, serviços ou tecnologia.

Na Era da Informação, em que estamos vivendo, o conhecimento tornou-se o principal insumo e alavancador do resultado da atividade econômica. A inteligência organizacional deixou de ter um papel secundário, para assumir o papel principal nas entidades (SCHMIDT & SANTOS, 2002).

O próximo subitem consiste na definição e detalhamento de P&D.

## **2.5. Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)**

A partir do século XX, com a perspectiva econômica lançada por Schumpeter, inovar passou a significar não apenas criar algo novo. Inovar passou a ter significado de dar uma destinação econômica para uma nova ideia. Nesse sentido, a ciência e a tecnologia têm se mostrado entre os mais eficazes instrumentos da inovação, do desenvolvimento econômico e social para um país, estado, município ou região, quando bem utilizados.

As empresas inovadoras geralmente recorrem a uma combinação de diferentes fontes de tecnologia, informação e conhecimento tanto de origem interna quanto externa. As fontes internas de inovação envolvem tanto as atividades explicitamente voltadas para o desenvolvimento de produtos e processos quanto a obtenção de melhorias incrementais por meio de programas de qualidade, treinamento de recursos humanos e aprendizado organizacional. As fontes externas, por sua vez, envolvem: aquisição de informações codificadas, a exemplo de livros e revistas técnicas, manuais, software, vídeos, etc.; consultorias especializadas; obtenção de licenças de fabricação de produtos; e tecnologias embutidas em máquinas e equipamentos (TIGRE, 2006).

Ainda que as inovações tecnológicas possam ocorrer por meio de atividades organizacionais, financeiras, comerciais e mercadológicas, tais como aquisição de conhecimento codificado e/ou tácito, marketing, relação com usuários, comercialização, entre outras, o método mais frequentemente associado a atividades científicas e tecnológicas, são os investimentos em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (BIN, 2008).

P&D é um conjunto de atividades não rotineiras voltadas para a conquista de um determinado objetivo, dentro de certas restrições e sob a responsabilidade de um indivíduo. Essas atividades, geralmente interdisciplinares, são fenômenos

marginais que provocam modificações sensíveis nas estruturas de produção e/ou de mercados (OHAYON, 1985). O centro de P&D deve definir seus objetivos e estratégias, sendo que estes devem estar em função das condições internas e do ambiente externo deste centro. O desenvolvimento de inovações por investimentos em pesquisa e desenvolvimento caracteriza esforços de aprendizagem que são realizados de forma estruturada pela firma através de seus departamentos de P&D (CAMPOS *et al.*, 2003). Mesmo sendo certo que a pesquisa não é o único fator de crescimento e inovação, não se pode ignorar a originalidade, a importância e o potencial revolucionário da P&D (OHAYON, 1985).

Na opinião de PINTO (2009), o uso do Modelo Linear que valoriza as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento como motores para a inovação tecnológica levou à utilização dos gastos em P&D como o principal indicador de entrada do processo de inovação. E ainda define Pesquisa e Desenvolvimento como “trabalho criativo feito de forma sistemática para aumentar o estoque de conhecimento da humanidade e suas aplicações”.

As atividades de P&D são usualmente divididas em pesquisa básica, em que o foco é o avanço científico; pesquisa aplicada visando a solução de problemas práticos; e desenvolvimento experimental, voltado à geração de produtos, serviços e processos. A pesquisa básica é geralmente de longo prazo e seus resultados são incertos, sendo, assim, evitada pela maioria das empresas. Seus resultados, entretanto, podem proporcionar saltos tecnológicos importantes para a sociedade e por isso são geralmente assumidas por instituições de pesquisa sem fins lucrativos financiadas pelo Estado.

Projetos de P&D estão sempre caracterizados por incerteza e complexidade. O conhecimento tácito torna o processo de inovação mais dispendioso, arriscado e reduz a probabilidade de sucesso do P&D e, conseqüentemente, torna-o menos atraente. Por estas e outras razões, a intervenção do governo é justificada.

Na opinião de GEORGHIOU & ROESSNER (2000), a maioria dos investimentos públicos em P&D não é para estimular o crescimento econômico mas para alcançar os objetivos dos órgãos públicos. Qualquer contribuição para o crescimento econômico é devida às transferências indireta de conhecimentos.

Nos países desenvolvidos, a maior parte das atividades de P&D é realizada em empresas. Ainda assim, o Estado exerce um papel fundamental na expansão do

conhecimento e da base científica necessários para que o setor produtivo desenvolva tecnologias aplicadas. Tem também um papel importante no financiamento e na criação de incentivos para a inovação. A relação universidade-empresa é essencial para o desenvolvimento tecnológico, dada a vocação complementar das instituições (TIGRE, 2006).

A maior parte da indústria brasileira adota estratégias imitativas ou dependentes para inovar. Segundo os dados da PINTEC, a principal fonte de tecnologia na indústria brasileira é a aquisição de máquinas e equipamentos, responsável por mais de 50% do total de gastos com inovação na indústria como um todo. Suas principais motivações para inovar são aumentar a qualidade do produto e manter a participação no mercado. Assim, a difusão de inovações é condicionada por uma postura reativa das empresas, que buscam apenas não perder mercado para a concorrência (PINTEC, 2008).

Todas as tabelas e informações mostradas no site da PINTEC confirmam a ideia de que as indústrias brasileiras se preocupam, ainda, apenas em se manter no mercado. Portanto, há pouco investimento em projetos de P&D e quando há, não são com o intuito de gerar algo novo para o mercado mundial, são apenas com o interesse de incrementar os produtos ou processos já existentes. Em geral, as indústrias brasileiras estão sempre “correndo atrás” das indústrias inovadoras. Porém, analisando este mesmo processo ao longo dos anos, vê-se que há um aumento neste tipo de investimento. Além disso, começa a surgir a preocupação de avaliação dos impactos destas pesquisas de P&D.

## 3. Avaliação de Projetos de P&D

### 3.1. Introdução à Avaliação de Projetos de P&D

A globalização dos mercados e as novas práticas empresariais estão levando as empresas a reconsiderarem suas estratégias competitivas. A crescente complexidade das tecnologias está forçando as empresas a confiarem em projetos de P&D como fonte de competitividade. E, mais importante, as empresas tendem a avaliar o resultado e impactos destes projetos (MIKKOLA, 2001).

Avaliar significa estimar, aferir, apreciar, ponderar, analisar. É o ponto de partida para a tomada de decisões. Portanto, é um tema central na área de política e gestão de ciência, tecnologia e inovação; e uma etapa inescapável da formulação de qualquer política ou planejamento (ZACKIEWICZ, 2005; FURTADO & SOUZA, 1999). Nesse sentido, existe um crescente interesse por parte de diversos meios de planejamento, gestão e política de Ciência e Tecnologia (C&T), mas também científicos e acadêmicos pela avaliação de P&D e de Programas Tecnológicos (FURTADO *et al.*, 2008; FURTADO, 2003).

Avaliação é uma robusta área de atividades dedicada à pesquisa, análise e interpretação das informações sobre a necessidade, aplicação e impacto do projeto. As avaliações são empreendidas por diferentes razões: para julgar o valor dos programas em curso; avaliar as utilidades e iniciativas de inovação; aumentar a eficácia dos programas; e para satisfazer a diferentes exigências pré-estabelecidas. Na condução de um programa de inovação, no caso de projeto público de P&D, existe, ainda, a preocupação de que os objetivos sejam alcançados e se o público-alvo está recebendo os recursos, serviços e benefícios prometidos (ROSSI & FREEMAN, 1982).

As avaliações podem ajudar os administradores a melhorar a gestão de seus programas e demonstrar aos seus superiores, aos órgãos legislativos e aos grupos de clientes, que seus programas têm produzido benefícios que justifiquem o seu custo. A avaliação também serve como comunicação e solução dos problemas (MELKERS & ROESSNER, 1997a). Além disso, com o resultado obtido mediante a avaliação de projetos, pode-se identificar se houve aprendizado e o seu tipo e ainda, com a divulgação destes dados, reduzir o nível de informações assimétricas.

A natureza complexa da avaliação de projetos de P&D, pelo fato de existirem questões relacionadas com aprendizado, tacitividade do conhecimento, apropriabilidade dos benefícios gerados, externalidades, incerteza e informação assimétrica no setor de inovação, gera um aumento nas exigências colocadas para as agências, fundações de amparo ou apoio a pesquisas, órgãos públicos e privados e/ou qualquer instituição que invista em projetos de P&D para demonstrar o impacto, medição e atribuição destes valores aplicados. Isto reforça a necessidade de avaliação e determina que ela deva ser encarada como uma medida necessária e indispensável do processo de evolução e estratégia de uma empresa (GUNASEKARAN, 1997).

Além disso, como, normalmente, são utilizados recursos públicos para o desenvolvimento das atividades de P&D, cresce a cobrança da sociedade sobre os resultados obtidos com a aplicação destes recursos e a necessidade de avaliação das atividades desta natureza. No caso de projetos financiados pelos EUA, a Agência de Desenvolvimento Internacional dos Estados Unidos (USAID) diz que a avaliação é uma questão de direito público (CRAWFORD *et al.*, 2004).

No processo de avaliação de P&D, em que dos critérios básicos é a inovação, a análise é feita mediante três variáveis: originalidade, utilidade e aplicabilidade. Os resultados do trabalho de P&D seriam originais na medida em que fossem novos em termos de conhecimento; seriam úteis se tivessem um valor aparente para a comunidade tecno-científica; e seriam aplicáveis se sua viabilidade de utilização pudesse ser demonstrada e testada empiricamente (SBRAGIA, 1989; OHAYON, 1985).

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, desde meados de 1980, com o crescimento da demanda por avaliação de políticas públicas em geral, surgiu o interesse em tradicionais avaliações da ciência, sendo que “o papel das avaliações é melhorar a informação e diminuir a incerteza. Os objetivos principais das avaliações são melhorar a tomada de decisão, a alocação de recursos e a legitimação” (GEORGHIOU & ROESSNER, 2000).

O processo de elaboração, análise e avaliação de projetos públicos envolve um complexo elenco de fatores sócio-culturais, econômicos e políticos. Os projetos públicos apresentam, em geral, uma maior dificuldade para a mensuração dos

benefícios, embora o critério de avaliação deva igualmente basear-se em alguma forma de comparação de custos e benefícios (CLEMENTE *et al.*, 2002). Os projetos públicos, assim como ocorre com os projetos privados, precisam ser avaliados para determinar se constituem uso vantajoso dos recursos. E esta avaliação demonstra o verdadeiro valor dos investimentos públicos.

A implementação e continuidade da parceria ou da ajuda do setor público geram um enorme interesse em verificar a eficácia e a magnitude de seus impactos. A avaliação de projetos públicos envolve o uso de recursos metodológicos sociais para julgar e melhorar o planejamento, monitoração, eficácia e eficiência da saúde, educação, bem-estar social e outros programas de serviços humanos (ROSSI & FREEMAN, 1982).

A avaliação inclui dois conceitos-chave: participação e aprendizado. Ambos refletem diretamente os novos objetivos do planejamento e da política de inovação. Sem participação ou sem aprendizado não há inovação. Os produtos obtidos em exercícios de avaliação, assim como a condução de tais exercícios, são fundamentais para o aprendizado coletivo dos atores envolvidos com a pesquisa em realização, assim como para a tomada de decisões relacionadas ao planejamento e gestão de tais esforços (ZACKIEWICZ, 2005, FURTADO & SOUZA, 1999). Uma sequência do tipo avaliação, decisão, avaliação, decisão, etc pode ser identificada como aprendizado. Tanto a recorrência de sequências de avaliação e decisão como o aprendizado são processos evolutivos e irreversíveis mediados pelos indivíduos (ZACKIEWICZ, 2005).

Sob a ótica de uma nova institucionalidade para atividades de pesquisa – cada vez mais caracterizadas por uma lógica coletiva, embasada em redes e sistemas – novas relações entre mudança social e mudanças científicas e tecnológicas passaram a ganhar espaço nos exercícios de avaliação (FURTADO *et al.*, 2008).

Na opinião de AVILA *et al.* (2008), do ponto de vista institucional, a avaliação de impactos vem se aprimorando ao longo dos anos e é hoje um documento complexo, com informações e análises importantes para a empresa, além de envolver profissionais de diversas áreas. Dado que a avaliação é um processo, e a sua gestão tem profundas implicações para a forma como a informação da avaliação e seus resultados são usados, a atenção para o contexto é importante (MELKERS &

ROESSNER, 1997b). Para avaliar é necessária uma metodologia sólida e adequada.

De acordo com VEDOVOTO *et al.* (2008) e FURTADO (2003), a natureza coletiva e complexa do processo de inovação é um princípio fundamental da busca por metodologias de avaliação mais aderentes à realidade e, portanto, com maior poder de interpretação de resultados e, acima de tudo, com maior potencial de orientação das políticas públicas e privadas. É certo que impactos econômicos elevados são um forte argumento para o investimento em pesquisa, mas muitas vezes esses impactos são mitigados por motivos diversos como, por exemplo, custos ambientais e sociais.

Não existe um único método de avaliação que reúne todas as competências. Os diversos métodos de avaliação do desempenho do P&D são um reflexo da complexidade e das diferenças que existem entre as tecnologias e os produtos (NIXON, 2002). A avaliação de P&D nem sempre consegue responder ao conjunto de perguntas que a ela é proposto. Existe uma limitação básica à previsão do avanço científico e tecnológico que reside na sua própria natureza, a natureza incerta do avanço do conhecimento e de sua apropriação social. E não apenas isto limita as metodologias de avaliação. A sobreposição e os efeitos combinados presentes na atividade humana e na natureza de uma maneira geral, desafiam os instrumentos da avaliação (FURTADO, 2003).

O primeiro problema que surge no processo de avaliação dos projetos de P&D é que os programas têm múltiplos e, algumas vezes, conflitantes objetivos, muitas vezes não articulados em um formato propício, dificultando a investigação (GEORGHIOU & ROESSNER, 2000). Além disso, a falta de dados sobre os resultados dos programas de P&D também dificulta a avaliação (COZZARIN, 2008).

No caso de projetos públicos, existem outros obstáculos para avaliação de impactos. Primeiro, o mundo social é complexo e muitos fenômenos sociais têm vários efeitos e causas. Segundo, as teorias e generalizações empíricas das Ciências Sociais são fracas e incompletas. Existe uma dificuldade no desenvolvimento de modelos dos fenômenos sociais que possam servir, adequadamente, como uma estrutura pela qual a avaliação de impactos é empreendida. Terceiro, de programas sociais não podem ser esperados mais do que pequenos impactos (relativamente) em relação ao mundo social (por exemplo, de

um programa de melhoria do bem-estar social não se pode esperar a erradicação da pobreza). E, por último, alguns programas sociais são especialmente difíceis de avaliar porque eles têm operação durante um longo prazo. Como há limitações para avaliar, sempre o resultado fica entre o ideal e o viável. (ROSSI & FREEMAN, 1982).

As técnicas de avaliação dos resultados de P&D têm sido colocadas em três categorias: quantitativas, semi-quantitativas e qualitativas. As técnicas quantitativas, a partir de algum algoritmo pré-definido, procuram gerar números que expressam a relação entre a magnitude do esforço alocado à P&D e alguma medida de impacto sobre a empresa. As técnicas semi-quantitativas, por sua vez, procuram tão somente converter em números impressões de pessoas sobre o desempenho da atividade. Finalmente, as técnicas qualitativas baseiam-se em julgamentos totalmente intuitivos (SBRAGIA, 1989). Nas palavras de Galileu Galilei, “Temos que medir o que é mensurável e tornar mensurável o que não pode ser mensurado” (ZACKIEWICZ, 2005).

Existem, basicamente, três “momentos” de avaliação: *ex-ante*, durante e *ex-post*. Todo projeto, para ser aprovado e iniciado, passa por uma avaliação, *ex-ante*, que é a investigação se os objetivos são adequados em termos da proposta do programa, se os métodos de investigação são razoáveis e se o projeto é rentável ou não. Nos Estados Unidos, dá-se maior ênfase a este tipo de avaliação (LEE *et al.*, 1996; OHAYON, 1985).

A avaliação que acontece depois da tomada de decisão por aquele projeto, e antes do término deste (durante), pondera se os objetivos estão sendo alcançados, se as metas estão sendo atingidas e se deve haver alteração nas diretrizes do projeto a ser cumprido. Por fim, a avaliação *ex-post* revisa os dados científicos e tecnológicos alcançados, o método de investigação adotado e os impactos para o desenvolvimento sócio-econômico. Entretanto, na maioria das instituições, principalmente nas públicas, a avaliação do projeto finaliza no primeiro ponto, não havendo avaliação durante a implantação do projeto e muito menos, *ex-post*, que seria quando ocorre a sua finalização.

A maioria das organizações centraliza os esforços na avaliação *ex-ante*. Entretanto, as avaliações *ex-post* e *ex-ante*, na opinião de OHAYON (1985), são complementares. Isto pode ser fundamentado pelo fato da avaliação *ex-post* proporcionar um meio de promover melhorias nos métodos de avaliação *ex-ante* e,

conseqüentemente, no planejamento e execução de atividades presentes ou futuras por meio de correções. De tal modo, a avaliação *ex-post* procura legitimar a avaliação *ex-ante*.

Os dois primeiros “momentos” de avaliação (*ex-ante* e durante) são comuns atualmente e existem vários métodos para tal, como por exemplo, o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR), a análise Custo/Benefício, a Bibliometria, a Avaliação por pares, dentre outros. Os três primeiros métodos não podem ser utilizados para avaliação de projetos que tem o intuito de gerar inovação, uma vez que eles são caracterizados por incerteza. Estes métodos só podem ser utilizados quando a incerteza é muito fraca ou inexistente.

Recentemente têm surgido métodos de avaliações *ex-post* para a mensuração do alcance sócio-econômico dos projetos na área de inovação. Nesse sentido, importantes efeitos provocados pela inovação tais como impactos sociais, ambientais, a criação de competências, geração de conhecimento e aprendizado, e mesmo certos efeitos econômicos não considerados pela interpretação econômica convencional vem sendo incorporados. Porém, ainda há um arcabouço teórico insuficiente relativo ao nível de importância e riqueza do assunto em questão. Exemplos de métodos de avaliação *ex-post* são a Bibliometria, Avaliação por pares, Painel de usuários, Beta, Método de Avaliação de Múltiplas Dimensões (MDM), dentre outros.

O trabalho de avaliação, em qualquer um dos três momentos (*ex-ante*, durante e *ex-post*) deve basear-se, o máximo possível, em experiências semelhantes e precisa, igualmente, servir de fonte de informação para novos projetos. Isso constitui a aprendizagem, que proporciona aperfeiçoamentos às metodologias de elaboração e avaliação de projetos.

Portanto, chega-se à conclusão que, do ponto de vista estritamente econômico, é impossível isolar a presença da atividade de P&D do conjunto de determinantes do desempenho do projeto. Existem também os efeitos intangíveis e sociais, como o aumento do conhecimento/aprendizado (tácito e codificado), e uma melhoria do bem estar da sociedade. De fato, se a P&D é tomada como um instrumento no futuro e se esse investimento é arriscado, deve ser entendido que uma parte substancial desse capital jamais irá retornar na forma de lucros derivados de produtos comercializados.

A pesquisa básica é, por definição, incerta. Os pesquisadores não sabem quando, onde ou se haverá algum benefício/retorno. Por isso, é improvável que as empresas financiem muitas pesquisas desse tipo. Esta atitude é reforçada pela escala de tempo necessária para o retorno de um determinado investimento ou financiamento, que é um longo prazo. E as firmas querem um retorno a curto ou, no máximo, a médio prazo. Desta forma, financiamentos públicos podem ser essenciais para o setor de Pesquisa & Desenvolvimento, com o intuito de gerar inovação, fonte básica das transformações econômicas, de acordo com Schumpeter (CLEMENTE *et al.*, 2002, LAKDAWALLA & SOOD, 2008).

Assim, além de necessário, é de grande relevância, o estudo e a análise de avaliação de projetos de P&D para uma melhor visão do resultado do investimento feito e um aumento da participação do setor público no campo de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I). Na seção 3.2. são apresentadas algumas metodologias de avaliação de projetos de P&D com suas vantagens, desvantagens, alcances e limitações.

### **3.2. Metodologias de Avaliação de Projetos de P&D**

Para que uma inovação aconteça, é preciso uma estrutura que permita organizar, apoiar, incentivar e entender as necessidades, as oportunidades, os dados e o contexto da situação. De acordo com o Manual de Oslo (OCDE, 1997), há três categorias principais de fatores que tem relação primária com a inovação. Elas se referem a empresas comerciais; instituições dedicadas à ciência e tecnologia; e conhecimentos e habilidades. Além disso, a gama de oportunidades para inovação é influenciada por um quarto conjunto de fatores – o ambiente que cerca as instituições; sistemas jurídicos; o contexto macroeconômico; e outras instituições que independem de quaisquer considerações sobre inovação.

Nos projetos de P&D estão inseridos, como já mencionado, a incerteza quanto à geração da inovação, ao sucesso desta, à aceitabilidade do mercado, à geração de lucro, ao alcance social pretendido, dentre outros objetivos. Com isso, o custo de se investir em um projeto com estas características se torna elevado. As parcerias são uma das alternativas para quebrar este obstáculo.

Na opinião de PINTO (2009), devido ao alto grau de incerteza, projetos de P&D geralmente são financiados por mais de uma fonte de recursos de modo a compartilhar ou reduzir riscos e perdas.

Uma das parcerias que merece muita atenção e que tem funcionado são as parcerias universidade-empresa, sejam estas empresas públicas ou privadas e/ou universidade-órgãos públicos. Nestas parcerias pode haver participação ativa de ambas as partes ou apenas de uma, ou seja, uma forma de financiamento e/ou incentivo.

A arena externa na qual as empresas podem manobrar e mudar compreende instituições e condições que constituem o ambiente institucional geral, fornecendo a estrutura em que a inovação pode ocorrer.

Entre os elementos que compõem este ambiente institucional estão: o sistema educacional básico para a população em geral; a infraestrutura de comunicações; as instituições financeiras; o contexto legal e macroeconômico; a acessibilidade ao mercado; e a estrutura da indústria (OCDE, 1997).

No caso brasileiro, há instituições de fomento e financiamento à inovação nas esferas federal, estadual e municipal. As principais são a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP; o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. Além desses, temos os bancos privados, os Fundos de Capital de Risco, instituições estaduais como os Bancos de Desenvolvimento e as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, as chamadas FAP's, por meio de editais (PINTO, 2009).

No caso do Espírito Santo, o órgão público responsável pelo apoio financeiro a projetos que promovem o desenvolvimento científico e tecnológico é a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES. Sua atuação é efetivada por meio de ações indutoras e de atendimento à demanda espontânea de pesquisadores atuantes no estado, particularmente aquelas relacionadas à implantação e fortalecimento da infraestrutura científica e tecnológica; produção e difusão do conhecimento científico; desenvolvimento, adaptação e transferência de tecnologia; e capacitação técnica e científica de recursos humanos (FAPES, 2009).

A concretização dos projetos de P&D e a divulgação e incorporação de tecnologias desenvolvidas dependem, além da estrutura adequada, do

acompanhamento e avaliação do processo e dos resultados e/ou impactos obtidos. Entretanto, a questão da avaliação destes projetos ainda necessita de avanços. Na maioria das vezes, as instituições e órgãos envolvidos em algum projeto realizam apenas a avaliação *ex-ante*, ou seja, aquela que avalia se um projeto deve ser aprovado e iniciado. As avaliações “durante” e *ex-post* são ignoradas.

A avaliação *ex-post* de um projeto é essencial para identificar se os objetivos foram alcançados, se os investimentos foram bem alocados, quais foram os impactos (direto e indireto) do projeto, os alcances sociais, econômicos e culturais, os atores atingidos e, até mesmo, serve como aprendizado para avaliações *ex-ante* futuras.

Existem alguns métodos de avaliação *ex-post* de projetos de P&D. Cabe, ao avaliador, identificar o problema, compreender os objetivos e escolher o método ideal para este tipo de avaliação. O uso de um ou de outro método depende mais dos objetivos do projeto, da avaliação e do perfil dessa avaliação do que de qualquer suposta superioridade metodológica.

Um dos métodos mais antigos e consagrados na comunidade científica é o método de Avaliação pelos Pares. Este método de avaliação é, por excelência, acadêmico. O desenvolvimento das universidades, das sociedades científicas e das revistas científicas e tecnológicas foi baseado nesse mecanismo de controle. A avaliação pelos pares reúne uma ampla variedade de procedimentos de avaliação que não obedecem a um único método formalizado. Esta avaliação é composta por dois indivíduos: um cientista/avaliador e um especialista. O cientista escolhido para o papel de revisor utiliza um conjunto de critérios interpretados por ele como “critérios de qualidade” para um trabalho científico. Feita a avaliação, o especialista aceita, aceita parcialmente ou rejeita o trabalho submetido e seu leque de ações concretas inclui a redação das justificativas e a explicação das correções geralmente exigidas. Porém, a construção dos critérios e atributos e a inerente dificuldade de objetivação dos critérios para revisão pelos pares e a lentidão nos resultados são justamente as principais fontes de crítica desse tipo de avaliação (ZACKIEWICZ, 2005; LEE *et al.*, 2008; HANSSON, 2006).

Outros métodos oferecem alternativas mais objetivas, como é o caso da bibliometria, que compreende a quantificação dos produtos da pesquisa em ciência e tecnologia, isto é, a medida de atributos como o número absoluto de artigos ou

patentes produzidos por um autor, organização ou país, o surgimento de novas revistas, de novas especialidades e disciplinas, e assim por diante. A qualidade da produção de um autor e a importância de sua contribuição para a produção de conhecimento pode ser medida pela quantidade de vezes em que ele aparece citado por outros autores. A lógica desse método avaliativo consiste em identificar e escolher atributos que possam ser mensurados por escalas numéricas e que funcionem diretamente como indicadores de características associadas à quantidade e à qualidade da pesquisa, em outras palavras, consiste em quantificar, mensurar e criar indicadores para avaliar determinado projeto. O atributo da qualidade, sendo relativo, não pode ser diretamente medido em termos numéricos, é necessário construir algum arcabouço conceitual entre as variáveis mensuráveis e o nível de qualidade associado.

O uso de indicadores de resultado para avaliar ciência e tecnologia, é objeto de inúmeras críticas (LEE *et al.*, 2008; ZACKIEWICZ, 2005). A principal delas se resume à noção de que a produção de conhecimento não é um processo de incrementos lineares, ou seja, não há garantias de que mais artigos, mais patentes e mais doutores signifique, proporcionalmente, mais conhecimentos. Outra questão é o fato de as diferentes áreas do conhecimento evoluem em taxas diferentes e geram impactos diferentes na sociedade, não necessariamente proporcionais ao número de artigos publicados ou ao número de citações que seus autores recebem.

Todos os modelos de avaliações têm seus pontos fortes e suas limitações. Como toda teoria, os métodos de avaliação de P&D, quando colocados em prática apresentam defasagens e preferências quando se trata de determinado assunto ou situação. Na avaliação *ex-post*, o método bibliométrico, por exemplo, tem a limitação de tratar apenas de um único tipo de realização de P&D, as publicações. Embora seja adequado para avaliação de programa e investigação básica ou de investigação universitária, outras importantes avaliações das atividades de P&D, tais como recursos humanos, são ignorados. A revisão por pares é bastante subjetiva pois depende de interesses, experiência e conhecimento dos avaliadores, o que dificulta uma análise mais complexa e aprofundada de determinado projeto (LEE *et al.*, 2008).

A noção de custos x benefícios constitui a base da maior parte das avaliações econômicas. O problema é mensurar, em valores monetários, um impacto social, de

bem-estar. Dentro da abordagem administrativa, microeconômica e macroeconômica, os métodos mais utilizados são os estudos de taxas de retorno e os modelos econométricos para estimativa do crescimento do produto agregado de um setor ou de um país. Nestes casos, o problema é que os atributos captados pelos valores monetários não são suficientes para captar todos os benefícios gerados pela ciência.

Uma metodologia mais recente é a BETA. Este método incorpora elementos da abordagem econômica evolucionista, que enfatiza os processos microeconômicos de geração e adoção de inovações, e dão importância a atributos como o aprendizado e a circulação do conhecimento. Esta metodologia considera dois tipos principais de resultados de programas de P&D: os relacionados diretamente aos objetivos do programa e os decorrentes dos processos de aprendizagem delineados por meio da sedimentação de competências, que podem ser considerados indiretos. Entretanto, esta abordagem restringe a avaliação dos impactos apenas aos participantes do projeto, deixando de lado os ganhos apropriados aos outros atores envolvidos, que não os pesquisadores (ZACKIEWICZ, 2005; FURTADO, 2003).

Já a avaliação usando a Pesquisa Operacional está ligada à análise das rotinas e aos procedimentos constituintes de uma atividade produtiva (ou de uma ação militar) com o objetivo explícito de maximizar sua eficiência. É uma análise científica de táticas, estratégias e ações voltadas a conflitos bélicos e políticos ou para competição entre mercados. As ferramentas da Pesquisa Operacional são empregadas para modelar diversas situações, tais como o ciclo de vida e a difusão de novas tecnologias e de seus impactos, além da análise e estimativa probabilística dos riscos associados a determinados impactos potenciais (ZACKIEWICZ, 2005).

O método Delphi pode ser considerado uma abordagem multicritério. Este método é capaz de considerar, simultaneamente, perspectivas conflitantes de diferentes atores para encontrar frentes de consenso ou para permitir análises comparativas e de sensibilidade em relação a diferentes cenários de decisão. A crítica em cima deste método é referente a suas limitações, pois há componentes subjetivos, preferências e interesses que definem as escolhas dos critérios e a aceitação ou não dos resultados (ZACKIEWICZ, 2005).

O uso de métodos formalizados e de análises e deduções matemáticas, muitas vezes, pleiteiam graus de objetividade e neutralidade que não correspondem à realidade. Mesmo assim, é interessante observar que grande parte das avaliações deve conter certo grau de objetividade e neutralidade, porém, em nível condizente com os objetivos do avaliador.

Como todos os métodos baseados nos pressupostos científicos de causa e efeito, tanto os procedimentos típicos de análise de risco, quanto os métodos de previsão, como o Delphi, encontram limitações ao serem aplicados a objetos sociais ou a sistemas complexos. A incerteza associada aos processos de inovação, o aprendizado e as mudanças de estratégia dos atores sociais e agentes econômicos inviabilizam a validade dos modelos construídos sobre essas bases.

Entre 2000 e 2003, no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, e pela FINEP, foi desenvolvido um método para avaliar impactos de uma pesquisa, concebido para funcionar de modo participativo e para gerar aprendizado coletivo. Ele foi criado pelo Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, em seu Instituto de Geociências. Esse método é aberto à combinação de outros métodos e depende da adequada condução de seus participantes para ser efetivo. É um procedimento mais formalizado, há passos a seguir e modos pré-definidos para lidar com a ambigüidade e com as diferentes perspectivas que possam surgir acerca dos impactos do projeto, programa, instituto ou outro objeto avaliado. Por fim, o método aproxima-se de um instrumento tecnológico, desenhado para responder, da melhor maneira possível, às múltiplas e, muitas vezes, difusas demandas que a inovação impõe à avaliação e ao planejamento. Este método foi intitulado como MDM – Método de Avaliação em Múltiplas Dimensões. É um método de avaliação *ex-post* que opera com múltiplas dimensões de análise.

As premissas de participação, aprendizado e promoção de efeitos de coordenação visando inovações são o ponto de partida para o MDM. É uma forma de avaliação que procura se aproximar da realidade da inovação, pois trata diferentes objetivos em diferentes situações e é um método participativo (FURTADO *et al.*, 2008; ZACKIEWICZ, 2005).

O MDM é um método, isto é, uma construção social, portanto pode ser perfeitamente descrito em seus procedimentos e pode também ser transportado

para uma ferramenta de avaliação, para um *software*. O primeiro *software* desenvolvido usando o MDM foi intitulado Esac (a origem do nome vem da concepção de que a avaliação integra as dimensões econômica, social, ambiental e de capacitação), passando, posteriormente a ser chamado de IMPACTOS.

A Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária – AMBITEC é outra ferramenta de avaliação conhecida da metodologia MDM. Utilizada pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, tal metodologia adota um enfoque multidimensional, ou seja, avalia os impactos de cada tecnologia gerada nas dimensões econômica, social, ambiental e de outros impactos – conhecimento, capacitação e impacto político-institucional.

A Embrapa vem atuando no aprimoramento metodológico da avaliação de impactos tecnológicos, desde o ano 2000. Esse aperfeiçoamento caracteriza-se por uma nova concepção metodológica na avaliação dos impactos, pois substituiu-se um modelo de avaliação em que apenas a dimensão econômica era analisada, por um modelo de avaliação multidimensional dos impactos de inovações tecnológicas agropecuárias (AVILA *et al.*, 2008).

Essa mudança de foco resultou de discussões internas na Embrapa e da cooperação com o Grupo de Estudos formado no Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp (o mesmo que desenvolveu o IMPACTOS).

As duas ferramentas, IMPACTOS e o AMBITEC, são utilizadas para avaliação dos impactos gerados por projetos de P&D utilizando a metodologia MDM. A diferença entre as duas é que a primeira gera um resultado global de impacto, enquanto o AMBITEC aponta os resultados por dimensão, de forma mais detalhada.

Dentre todas as metodologias de avaliação de impactos de projetos de P&D citadas neste item, a mais próxima da realidade é o MDM, uma vez que ele também abrange a questão do impacto social do projeto, funciona de modo participativo e gera aprendizado. Dentro deste método, a ferramenta que melhor representa a realidade da inovação gerada é a AMBITEC, já que ela demonstra os impactos por dimensão.

Assim, pela relevância do assunto e pela importância em identificar, mensurar e avaliar os investimentos feitos em projetos de P&D, este trabalho é uma avaliação, de modo *ex-post*, usando a metodologia AMBITEC, de um projeto de P&D

financiado pela FAPES, que foi executado em parceria de alguns doutores da área de informática e afins da Universidade Federal do Espírito Santo.

Na seção 3.3 é apresentado o Projeto TELECARDIO, a ser avaliado e na 3.4, metodologia AMBITEC.

### **3.3. TELECARDIO – Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais**

A necessidade de informatizar o setor de saúde é uma realidade que há muito se faz sentir no Brasil. No estado do Espírito Santo, em particular, embora alguns indicadores indiquem melhoras no setor de saúde nos últimos anos, este é um dos segmentos que precisa se desenvolver. No atual contexto, pode-se mesmo especular que a carência de uma maior informatização dos serviços prestados nas Unidades Públicas de Saúde contribui fortemente para a baixa confiabilidade e agilidade dos serviços, com conseqüente desgaste do setor junto à população (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

De acordo com PEREIRA FILHO *et al.* (2006), historicamente, as Unidades de Saúde sempre direcionam boa parte dos seus recursos e esforços de informatização para o desenvolvimento de sistemas computacionais de controle administrativo e operacional, em detrimento do aproveitamento de soluções inovadoras de Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC. Ainda são poucas as soluções que resultam diretamente em um atendimento de maior qualidade, agilidade, confiabilidade e comodidade para o paciente.

Um aspecto importante a considerar na área de Saúde são as diferenças sociais e tecnológicas existentes no nosso país. No estado do Espírito Santo, esse contraste também é uma realidade, com o município de Vitória assumindo cada vez mais um papel de destaque no atendimento em saúde, recebendo um grande número de pacientes do interior (e da própria região da Grande Vitória) em busca de exames, profissionais e hospitais especializados. Uma consequência imediata dessa situação é o grave problema da superlotação em algumas Unidades de Saúde da Capital e a existência de filas de espera por exames mais elaborados.

É neste contexto, de contrastes e adversidades, que a área de Telemedicina surge como uma solução de real viabilidade para reduzir as diferenças sociais e tecnológicas existentes no país e no estado do Espírito Santo.

A Telemedicina pode ser entendida como a distribuição de serviços de saúde e o compartilhamento de informações médicas utilizando redes de telecomunicações, notadamente as modernas redes de alta velocidade. Ela foi originalmente concebida como uma modalidade de fornecimento de serviços médicos num contexto em que o provedor do serviço e o paciente não podem se encontrar frente a frente, devido a problemas geográficos, conveniência e praticidade. Em última instância, a Telemedicina tem como finalidade melhorar a qualidade da saúde dos indivíduos, aumentar a expectativa de vida de populações e eliminar as disparidades de saúde entre os diversos segmentos da população utilizando recursos de TIC. Portanto, vê-se que esta é uma área multidisciplinar, envolvendo competências diversas tanto da área médica quanto da área de TIC (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

A Telemedicina no contexto da hospitalização em domicílio visa: melhorar a qualidade da hospitalização em domicílio; reduzir a taxa dos leitos hospitalares; reduzir gastos com hospitalização; e identificar, de maneira precoce, algumas doenças de risco, permitindo um tratamento mais rápido e mais eficaz.

A Telecardiologia, uma área específica da Telemedicina, em particular o telemonitoramento da atividade cardíaca através do eletrocardiograma (ECG), tem despertado interesse da comunidade científica devido ao alto índice de mortes associadas a doenças do coração (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

O sistema de Telecardiologia conta com a utilização de uma estação remota, localizada no domicílio do paciente, para a aquisição e envio dos seus dados vitais, e um servidor, responsável pelo gerenciamento do sistema e armazenamento dos dados dos pacientes assistidos pelo serviço. Assim, os dados armazenados no servidor vão sendo disponibilizados para que o médico especialista de plantão possa acompanhar o estado clínico do paciente, sobretudo em situações de emergência ou chamada por parte do paciente.

Nesse sentido é que em 2005, doutores, professores e pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), das áreas de Informática (Engenharia da Computação e Ciência da Computação) e Engenharia Elétrica,

submeteram à FAPES, um projeto chamado “Telecardio – Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais”, com o intuito de inserir a tecnologia na área da Saúde. O projeto contou, ainda, com a participação de um representante da Secretaria Estadual de Saúde, o qual tinha a função de acompanhar os trabalhos, com o objetivo de investigar a aplicação das tecnologias desenvolvidas ao longo do projeto.

Tendo em vista a realidade atual de oferta de TICs apropriadas para o provimento de serviços voltados à saúde, as demandas de serviços de hospitalização em domicílio no Brasil e, em particular, no estado do Espírito Santo, aliadas à existência de um grupo de pesquisadores nos Departamentos de Engenharia Elétrica e de Informática da UFES, bem como em outras instituições de ensino e pesquisa do estado, como a FAESA, UVV e EMESCAM, pesquisadores estes com formação, experiência e forte interesse em pesquisa, desenvolvimento e aplicação das TICs na área da saúde, surgiu uma ação efetiva de união de esforços com vistas à criação de um Centro de Tecnologia em Saúde no estado (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

O objetivo deste Centro seria o desenvolvimento de pesquisas e a proposição de soluções aplicadas de *hardware* e *software* voltadas, especificamente, para o setor de saúde. Além disso, o Centro teria como finalidade, fomentar ações de curto e médio prazo visando o fortalecimento da informática médica no estado, ajudando o processo de informatização do setor. Dentre essas ações, podem ser mencionadas: a capacitação de pessoal e a formação de recursos humanos via oferta de cursos de extensão e de pós-graduação; a promoção de eventos científicos de abrangência nacional e internacional em Vitória; o estabelecimento de parcerias com instituições de pesquisa nacionais e internacionais atuantes na área; promoção de estágios e intercâmbio científico entre pesquisadores e estudantes; e o desenvolvimento de trabalhos de P&D com transferência de tecnologia para empresas do setor de saúde e fabricantes de equipamentos hospitalares.

Portanto, o objetivo geral e o elemento motivador deste projeto é a criação do Centro de Tecnologia em Saúde, visando a formação intelectual numa área que vem exigindo, cada vez mais, competências para lidar com essa categoria de inovação tecnológica.

O projeto proposto pretendia explorar, de maneira original, competências na área médica e de TICs tendo em vista a melhoria da qualidade dos serviços voltados a pacientes crônicos e hospitalizados em domicílio ou em Unidades de Saúde, públicas ou privadas. O enfoque do projeto estava ligado mais especificamente ao telemonitoramento da atividade cardíaca de pacientes motivado, por um lado pelo alto índice de mortalidade relacionada a doenças do coração – o que justifica a relevância social do projeto – e, por outro, pela experiência acumulada de pesquisadores do Centro na análise automática do eletrocardiograma ambulatorial, o que permitiria antever resultados acadêmicos promissores bem como o interesse de instituições da área de saúde e empresas do setor (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

O ponto culminante do projeto seria o desenvolvimento (projeto e implementação) de um protótipo para teste (TELECARDIO) e avaliação da solução tecnológica alcançada (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

Dentro do objetivo específico, pode-se dizer que o projeto visa a concepção de um sistema de baixo custo, flexível, empregando soluções tecnológicas de última geração, para o telemonitoramento da atividade elétrica do coração. O sistema seria composto basicamente por uma unidade remota, que é o próprio domicílio do paciente ou alguma Unidade de Saúde ou em um Centro de Emergência independente. A unidade remota e a central de monitoramento utilizariam a Internet como meio para troca de dados. Este esquema pode ser observado na Figura 4 e uma possível aplicação deste sistema pode ser visualizada na Figura 5.

A metodologia a ser empregada no desenvolvimento deste projeto incluía, além das atividades regulares de estudos e investigação científica na linha principal do projeto:

- Definição (especificação, projeto e implementação) da arquitetura de referência da plataforma de monitoramento e da aplicação-piloto;
- Formação de grupos de estudo e pesquisa no âmbito dos programas de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática, além dos cursos de graduação em Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação e Ciência da Computação, em áreas de pesquisa relacionadas ao projeto;

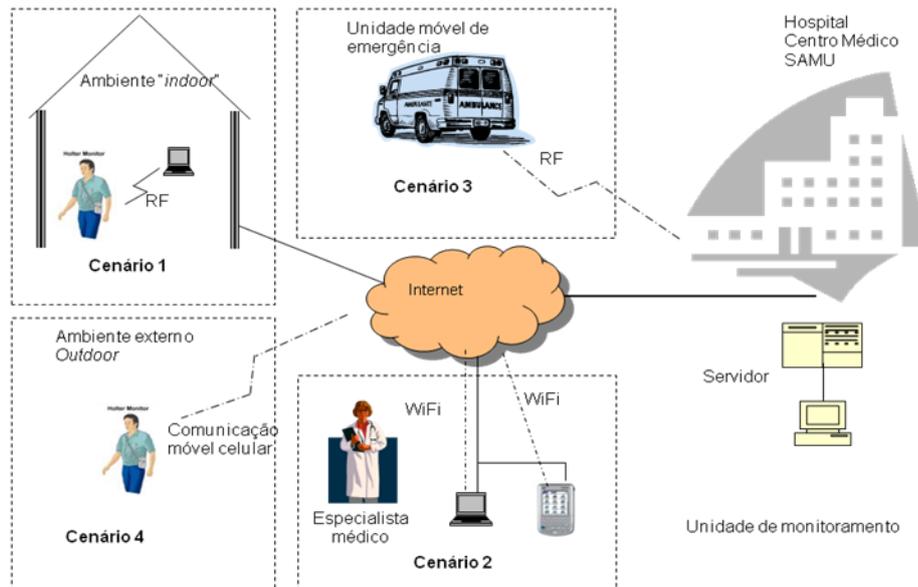


Figura 4: Cenários para aplicação e utilização do Telecardio

Fonte: PEREIRA FILHO *et al.* (2006).

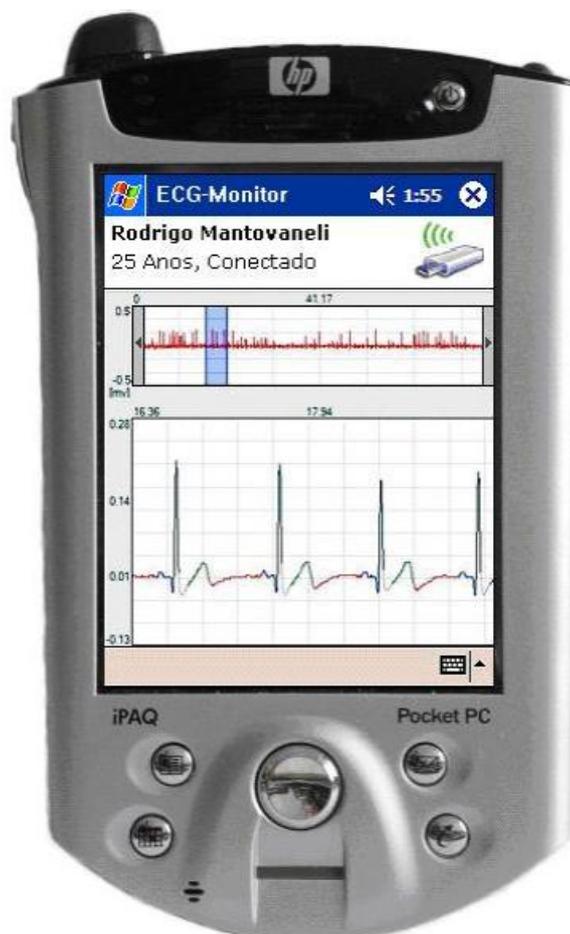


Figura 5: Possível aplicação do Sistema TELECARDIO

Fonte: PEREIRA FILHO *et al.* (2006).

- Criação de disciplinas específicas nos programas de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática e de Tópicos Especiais na graduação, visando dar continuidade à formação teórica dos alunos envolvidos no projeto e despertar interesse em outros potenciais desenvolvedores;
- Participação em eventos científicos no Brasil e exterior, particularmente nas áreas diretamente relacionadas aos temas investigados no projeto;
- Promoção de seminários técnicos e *workshops* para a divulgação das tecnologias empregadas no projeto e do trabalho sendo desenvolvido;
- Viagens de intercâmbio para instituições que desenvolvem pesquisas em áreas correlatas visando promover a troca de experiências e alinhamento de interesses acadêmicos;
- Redação de um conjunto de Relatórios Técnicos em temas relacionados ao projeto; e
- Redação de artigos científicos visando a publicação em congressos e periódicos da área.

Deve-se enfatizar que a metodologia de execução do projeto privilegiava o trabalho cooperativo e a gestão participativa, com o intuito de geração de tecnologia e difusão de conhecimento. Desta forma, o objetivo final era obter um processo de trabalho dinâmico e interativo que facilitasse operacionalmente o acesso e o compartilhamento de informações e produtos gerados em cada etapa, bem como a produção e a disseminação de conhecimentos. Cabe ressaltar que o projeto presumia a realização de dois *workshops*.

Ao final do trabalho, eram esperados os seguintes resultados:

- Um conjunto de relatórios técnicos sobre as principais tecnologias envolvidas no projeto;
- Um conjunto de artigos científicos para submissão a conferências e simpósios;
- Um conjunto de dissertações de mestrado e projetos finais de graduação em andamento em áreas correlatas ao projeto;
- Um dispositivo portátil de aquisição e transmissão sem fio de sinais do ECG;

- Um programa de monitoramento da atividade cardíaca e geração de alarmes; e
- Um protótipo de uma aplicação-piloto voltada para o telemonitoramento de pacientes com problemas cardiológicos crônicos.

Esperava-se que os resultados do trabalho beneficiassem, primariamente, os usuários de serviços médicos especializados (cardiológicos), o serviço hospitalar e de postos públicos de saúde (redução da taxa de ocupação de leitos e maior agilidade no atendimento), o serviço médico de hospitalização em domicílio e, evidentemente, os próprios portadores de doenças cardíacas (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

O projeto previa, ainda, parcerias na área tecnológica com a participação conjunta dos programas de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática, bem como do Hospital Universitário e de provedores de serviços de Saúde, públicos ou privados e também parcerias acadêmicas com universidades e instituições de pesquisa nacionais.

O projeto, iniciado em 2005, teve duração de 18 meses, com término no final de 2007. Valendo-se dos resultados obtidos e do sistema que foi desenvolvido neste primeiro projeto, o Centro previa trabalhar nos próximos anos numa série de outras linhas de P&D.

Mediante a análise e entendimento do projeto TELECARDIO, pode-se montar um quadro/esquema, o qual compõe toda a cadeia envolvida neste projeto, desde os pesquisadores e a fundação de amparo à pesquisa, até o público-alvo. Este tipo de procedimento é recomendável ser feito para projetos de P&D, uma vez que, na maioria das vezes, ele está baseado em um modelo de organização sistêmica, que é um sistema funcional com um propósito definido. Para atingir seu propósito, um sistema deve ter “entradas”, “processos de transformação” e “saídas” (HABITAT, 2010).

Esta montagem pode ser feita pela ferramenta de análise de sistemas e é conhecida como modelo P-SIPOC. A sigla vem do inglês, *Purpose, Suppliers, Inputs, Processes, Outputs e Clients*, o que define o Propósito, os Fornecedores, as Entradas, os Processos, as Saídas e os Clientes de um projeto específico de P&D.

O modelo P-SIPOC para o projeto TELECARDIO pode ser visualizado abaixo (Figura 6).

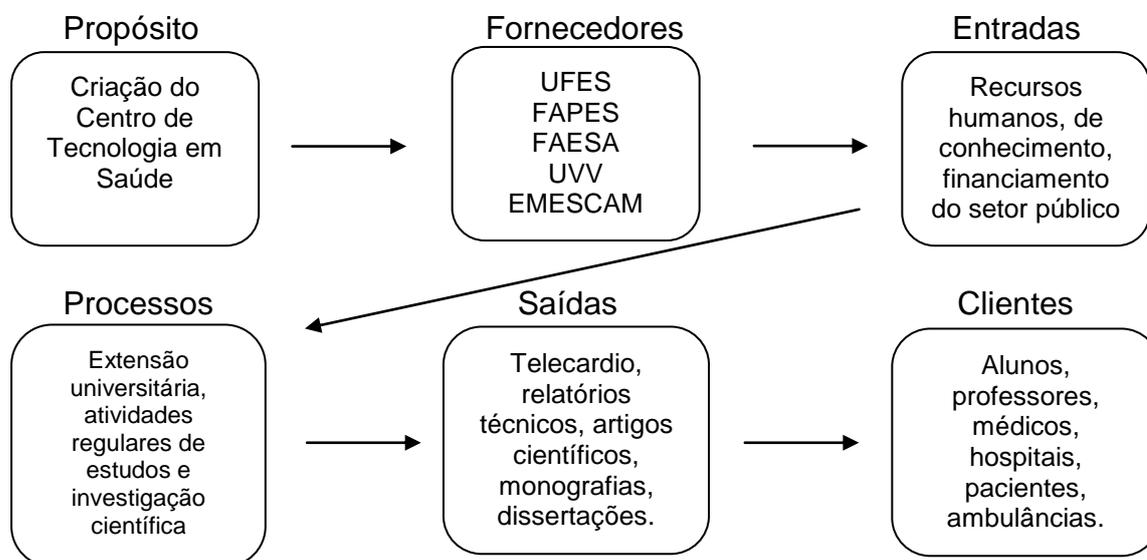


Figura 6: Modelo P-SIPOC para o Projeto TELECARDIO

Fonte: Adaptado de HABITAT (2010).

A partir deste esquema, a visualização do projeto é simplificada facilitando a aplicação da metodologia de avaliação *ex-post* do projeto de P&D proposta.

A escolha do TELECARDIO para avaliação é explicada pelo fato de ele ser um projeto multidisciplinar; de envolver muitos atores, incluindo pesquisadores, financiadores e público-alvo. E, o mais importante, ele tem como ponto culminante, o desenvolvimento (projeto e implementação) de uma solução tecnológica alcançada, a inserção de um produto inédito no mercado, ou seja, tem o intuito de inovar. Com isso, o projeto atende aos requisitos propostos pela avaliação de projetos de P&D do tipo *ex-post*.

### 3.4. Metodologia AMBITEC

A AMBITEC é um método multicritério e multidimensional que avalia, *ex-post*, os impactos oriundos de projetos de P&D em quatro dimensões: econômica; social; ambiental; e de capacitação. Dentro de cada dimensão há indicadores e variáveis que direcionam a avaliação. Abaixo, cada dimensão será detalhada.

### 3.4.1. Avaliação dos impactos econômicos

A metodologia de avaliação na dimensão econômica é baseada no método do excedente econômico. Este é o método utilizado pela Embrapa desde 1988 (AVILA *et al.*, 2008).

Deve-se ressaltar que essa metodologia do excedente econômico, a ser usada para avaliar os impactos econômicos das tecnologias, atende basicamente à avaliação dos impactos decorrentes de aumentos de produtividade, redução de custos e agregação de valor que podem ser medidos por meio de incrementos de renda nos vários segmentos que o projeto alcança.

O enfoque do excedente econômico permite que se estime o benefício econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas, comparativamente a uma situação anterior em que a oferta do produto era dependente da tecnologia tradicional (AVILA, 2008). O cálculo da produção excedente é ilustrado na Figura 7, representado pela área do paralelogramo  $I_1ba_0$ . A curva  $S_0F$  deslocou-se para a direita ( $S_1F$ ) com a adoção da nova tecnologia. Considera-se que a demanda permanece constante (D).

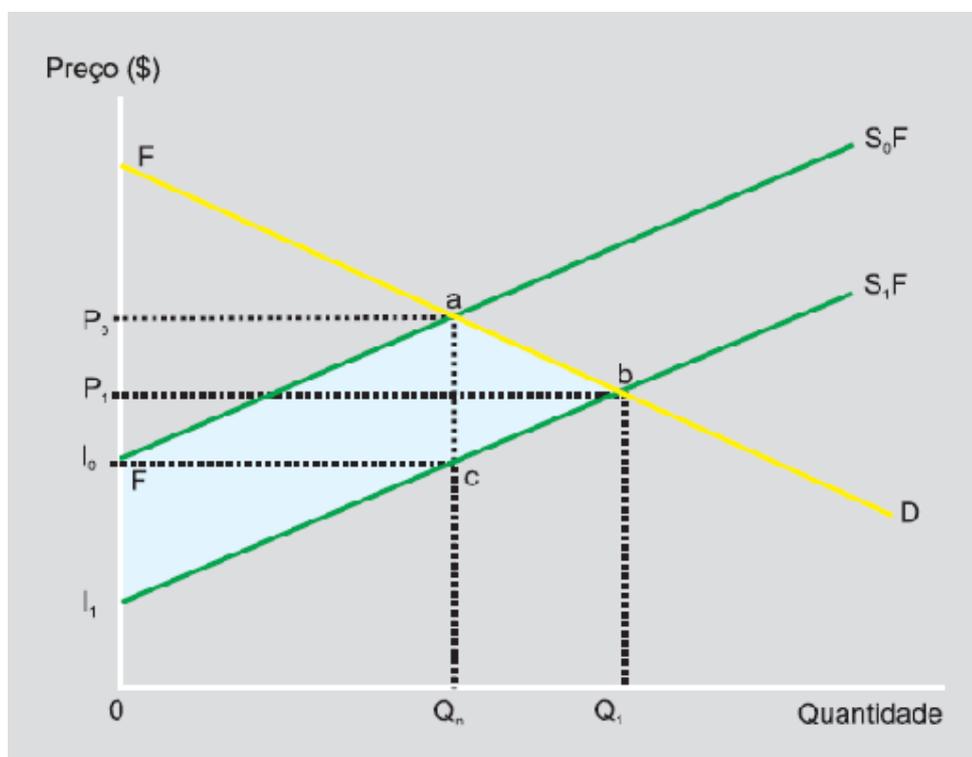


Figura 7: Excedente econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas

Fonte: AVILA (2008).

Esta estimativa utiliza os coeficientes de elasticidade de preço, da oferta e da demanda do produto avaliado, a taxa de deslocamento da curva de oferta resultante da adoção de inovações tecnológicas e os preços e as quantidades oferecidas. Para calcular esta área correspondente ao excedente econômico e estes coeficientes, diversas fórmulas podem ser utilizadas, dependendo das hipóteses relativas às curvas de oferta e demanda e os objetivos do avaliador (AVILA, 2008).

### **3.4.2. Avaliação dos impactos sociais**

A avaliação de impactos sociais analisa os aspectos ligados a alterações na satisfação de necessidades básicas e ao comprometimento com a melhoria da qualidade de vida de pessoas vinculadas às atividades do projeto transformadas pela adoção de inovações tecnológicas.

Uma avaliação com o AMBITEC-Social, de acordo com RODRIGUES (2008a), envolve três etapas: a primeira refere-se ao processo de levantamento e coleta de dados gerais sobre a tecnologia, que inclui informações sobre seu alcance (abrangência e influência), a delimitação da área geográfica e o universo de adotantes da tecnologia.

A segunda etapa trata da aplicação dos questionários em entrevistas individuais com os adotantes selecionados e da inserção dos dados sobre os indicadores de impacto em planilhas eletrônicas componentes do sistema.

A última etapa é de análise e interpretação desses índices e indicação de alternativas de manejo e de tecnologias que permitam minimizar os impactos negativos e potencializar os positivos, contribuindo para o desenvolvimento local.

O AMBITEC-Social consiste de um conjunto de 14 indicadores, explicativos dos impactos sociais resultantes da adoção de uma dada inovação tecnológica, aplicada a uma atividade produtiva. Esses indicadores são agrupados em quatro aspectos de consideração: i) emprego; ii) renda; iii) saúde; e iv) gestão e administração (Figura 8).

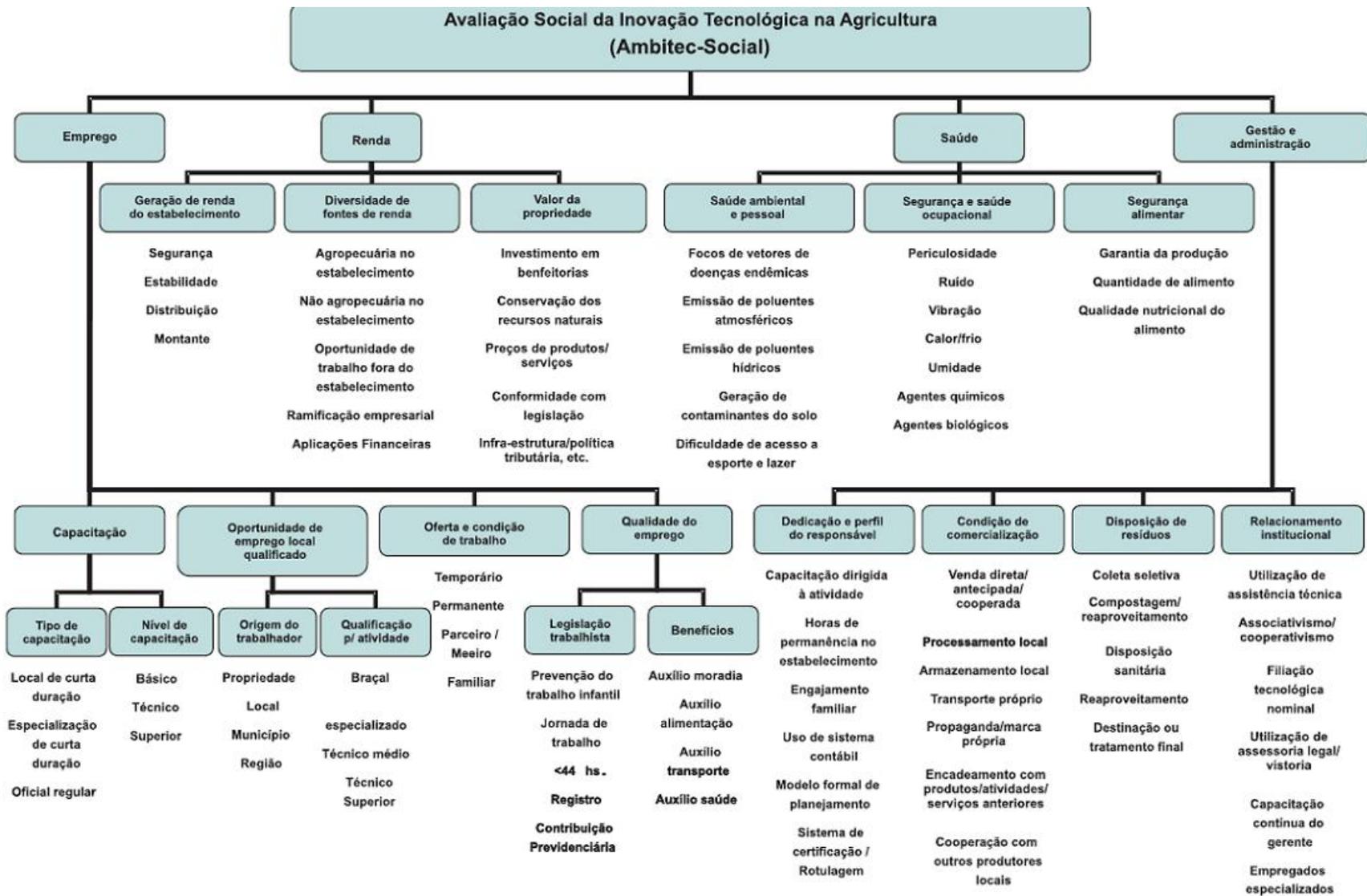


Figura 8: Aspectos e indicadores para a avaliação de impacto social da inovação tecnológica (AMBITEC-Social)

Fonte: RODRIGUES (2008a).

A aplicação deste sistema envolve uma entrevista aplicada ao adotante/responsável da inovação tecnológica. A entrevista deve ser dirigida à obtenção do coeficiente de alteração do componente, para cada um dos indicadores de impacto, conforme avaliação do adotante/responsável, especificamente em consequência da inovação (RODRIGUES, 2008a).

Na entrevista, o adotante/responsável tem que indicar a direção (aumenta, diminui ou permanece inalterado) dos coeficientes de alteração dos componentes para cada indicador, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Efeitos da inovação tecnológica e coeficientes de alteração do componente

<b>Efeito da tecnologia</b>	<b>Coeficiente de alteração</b>
Grande aumento	+3
Moderado aumento	+1
Componente inalterado	0
Moderada diminuição	-1
Grande diminuição	-3

**Fonte: RODRIGUES (2008a).**

As matrizes do sistema incluem, ainda, fatores de ponderação, que se referem à importância do componente para a formação do indicador e à escala geográfica de ocorrência da alteração do componente.

Os valores dos fatores de importância variam com o número de componentes que formam um determinado indicador e somam um (1). Estes valores podem ser alterados pelo usuário do sistema, para melhor refletir qualquer situação específica, na qual certos componentes devem ser enfatizados, desde que o valor total de todos os componentes seja igual à unidade.

A escala da ocorrência explicita o espaço geográfico no qual se processa a alteração no componente do indicador, conforme a situação específica de aplicação da tecnologia, e pode ser (RODRIGUES, 2008a):

- i. Pontual – Quando os efeitos da tecnologia se restringem apenas ao ponto de sua ocorrência ou à unidade produtiva na qual esteja ocorrendo a alteração.
- ii. Local – Quando os efeitos se fazem sentir externamente a essa unidade produtiva, porém confinados aos limites em avaliação.

iii. No entorno – Quando os efeitos se fazem sentir além dos limites estabelecidos.

Os fatores para ponderação da escala de ocorrência são fixos, como mostrados na Tabela 2, não podendo ser modificados pelo usuário do sistema, e expressam um valor proporcionalmente maior, quando a tecnologia afeta um espaço ou um ambiente que extrapola os limites da avaliação.

Tabela 2: Fator de ponderação multiplicativo relativo à escala da ocorrência

Escala de ocorrência	Fator de ponderação
Pontual	1
Local	2
Entorno	5

Fonte: RODRIGUES (2008a).

Finalmente, os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do índice de impacto social da inovação tecnológica. Com esse conjunto de fatores de ponderação, a escala padronizada no sistema AMBITEC-Social varia entre – 15 e + 15.

De acordo com RODRIGUES (2008a), o cálculo do coeficiente de impacto para cada indicador é obtido pela expressão:

$$Cia_i = \sum_{j=1}^m A_{ji} * E_{ji} * P_{ji},$$

em que  $Cia_i$  = coeficiente de impacto do indicador  $i$ ;  $A_{ji}$  = coeficiente de alteração do componente  $j$  do indicador  $i$ ;  $E_{ji}$  = fator de ponderação para escala de ocorrência espacial do componente  $j$  do indicador  $i$ ;  $P_{ji}$  = fator de ponderação para importância do componente  $j$  na composição do indicador  $i$ ;  $m$  = número de componentes do indicador  $i$ .

O índice de impacto da inovação tecnológica é obtido pela expressão (RODRIGUES, 2008a):

$$Iia_t = \sum_{i=1}^m Cia_i * P_i,$$

onde  $lia_t$  = índice de impacto da tecnologia t;  $Cia_i$  = coeficiente de impacto do indicador i;  $P_i$  = fator de ponderação para a importância do indicador i para composição do índice de impacto da tecnologia t; m = número de indicadores.

O sistema AMBITEC-Social, portanto, apresenta uma hierarquia na qual os quatro aspectos (emprego, renda, saúde e gestão e administração) são constituídos de um total de 14 indicadores, que englobam 79 componentes, que compreendem as variáveis verificadas de acordo com seus respectivos coeficientes de alteração. Assim, o sistema contém quatro planilhas para inserção de dados, que agrupam 14 matrizes de ponderação dos indicadores, apresentadas a seguir (RODRIGUES, 2008a).

O aspecto emprego baseia-se na análise de quatro indicadores: capacitação; oportunidade de emprego local qualificado; oferta de emprego e condição do trabalhador; e qualidade do emprego. Sendo que cada um destes indicadores, possuem os seus componentes, como mostram os Quadros 1, 2, 3 e 4.

Capacitação		Tabela de coeficientes de alteração						Peso dos fatores
		Tipo de Capacitação			Nível de Capacitação			
		Local de curta duração	Especialização de curta duração	Educação regular	Básico	Técnico	Superior	
Peso dos fatores		0,25	0,25	0,20	0,10	0,10	0,10	1
escala de ocorrência	Sem efeito			X	X	X	X	
	Pontual	1	0					
	Local							
	No entorno							
Coeficiente de impacto		0,25	0	0	0	0	0	0,3

Quadro 1: Matriz de ponderação para o indicador de capacitação

Fonte: EMBRAPA (2009).

Oportunidade de emprego local qualificado		Tabela de coeficientes de alteração								Peso dos fatores
		Origem do trabalhador				Qualificação para atividade				
		Propriedade	Local	Município	Região	Braçal	Especializado	Técnico médio	Técnico Superior	
Peso dos fatores		0,25	0,20	0,15	0,10	0,025	0,05	0,10	0,125	1
escala de ocorrência	Sem efeito									
	Pontual	1	1	1	1	0	1	0	0	
	Local									
	No entorno									
Coeficiente de impacto		0,25	0,20	0,15	0,10	0	0,05	0	0	0,8

Quadro 2: Matriz de ponderação para o indicador de oportunidade de emprego local qualificado

Fonte: EMBRAPA (2009).

Oferta e condição de trabalho		Tabela de coeficientes de alteração				
		Condição do trabalhador				Peso dos fatores
		Temporário	Permanente	Parceiro	Familiar	
Peso dos fatores		0,10	0,20	0,35	0,35	1
escala de ocorrência	Sem efeito					
	Pontual	1	0	0	1	
	Local					
	No entorno					
Coeficiente de impacto		0,10	0	0	0,35	0,5

Quadro 3: Matriz de ponderação para o indicador oferta de emprego e condição do trabalhador  
Fonte: EMBRAPA (2009).

Qualidade do emprego		Tabela de coeficientes de alteração								
		Legislação Trabalhista				Benefícios				Peso dos fatores
		Prevenção do trabalho infantil	Jornada de trabalho < 44 hs	Registro	Contribuição Previdenciária	Auxílio moradia	Auxílio alimentação	Auxílio transporte	Auxílio saúde	
Peso dos fatores		0,20	0,20	0,20	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	1
escala de ocorrência	Sem efeito									
	Pontual	1	1	0	0	0	1	1		
	Local									
	No entorno									
Coeficiente de impacto		0,2	0,20	0	0	0	0	0,05	0,05	0,5

Quadro 4: Matriz de ponderação para o indicador qualidade do emprego  
Fonte: EMBRAPA (2009).

O aspecto renda é constituído por três indicadores: geração de renda do estabelecimento, diversidade de fontes de renda e valor da propriedade. Da mesma forma, cada um destes indicadores possui seus componentes como mostrado nos Quadros 5, 6 e 7.

Geração de renda do estabelecimento		Tabela de coeficientes de alteração				
		Atributos da renda				Peso dos fatores
		Segurança	Estabilidade	Distribuição	Montante	
Peso dos fatores		0,25	0,25	0,25	0,25	1
escala de ocorrência	Sem efeito					
	Pontual	1	1	0	1	
	Local					
	No entorno					
Coeficiente de impacto		0,25	0,25	0	0,25	0,8

Quadro 5: Matriz de ponderação para o indicador geração de renda do estabelecimento  
Fonte: EMBRAPA (2009).

Diversidade de fontes de renda		Tabela de coeficientes de alteração					Peso dos fatores
		Variáveis da diversidade de fontes de renda					
		Agropecuária no estabelecimento	Não agropecuária no estabelecimento	Oportunidade de trabalho fora do estabelecimento	Ramificação Empresarial	Aplicações Financeiras	
Peso dos fatores		0,25	0,25	0,15	0,20	0,15	1
escala de ocorrência	Sem efeito			X	X		
	Pontual	1	1			1	
	Local						
	No entorno						
Coeficiente de impacto		0,25	0,25	0	0	0,15	0,7

Quadro 6: Matriz de ponderação para o indicador diversidade de fontes de renda

Fonte: EMBRAPA (2009).

Valor da propriedade		Tabela de coeficientes de alteração					Peso dos fatores
		Variáveis do valor da propriedade					
		Investimento em benfeitorias	Conservação dos recursos naturais	Preços de produtos/serviços	Conformidade com legislação	Infraestrutura/ política tributária	
Peso dos fatores		0,25	0,25	0,20	0,15	0,15	1
escala de ocorrência	Sem efeito	X					
	Pontual		1	1	0	1	
	Local						
	No entorno						
Coeficiente de impacto		0	0,25	0,20	0	0,15	0,6

Quadro 7: Matriz de ponderação para o indicador valor da propriedade

Fonte: EMBRAPA (2009).

O aspecto saúde traz três indicadores para sua análise: saúde ambiental e pessoal, segurança e saúde ocupacional e segurança alimentar. Estes indicadores possuem os seus respectivos componentes como ilustrado nos Quadros 8, 9 e 10.

Saúde ambiental e pessoal		Tabela de coeficientes de alteração					Peso dos fatores
		Variáveis de saúde ambiental e pessoal					
		Focos de vetores de doenças endêmicas	Emissão de poluentes atmosféricos	Emissão de poluentes hídricos	Geração de contaminantes do solo	Dificuldade de acesso a esporte e lazer	
Peso dos fatores		-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-1
escala de ocorrência	Sem efeito	X	X	X	X		
	Pontual					-1	
	Local						
	No entorno						
Coeficiente de impacto		0	0	0	0	0,2	0,2

Quadro 8: Matriz de ponderação para o indicador saúde ambiental e pessoal

Fonte: EMBRAPA (2009).

Segurança e saúde ocupacional		Tabela de coeficientes de alteração							Peso dos fatores
		Exposição a fatores de risco							
		Periculosidade	Ruído	Vibração	Calor/frio	Umidade	Agentes químicos	Agentes biológicos	
Peso dos fatores		-0,20	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,20	-0,20	-1
escala de ocorrência	Sem efeito	X		X	X	X		X	
	Pontual		1				1		
	Local								
	No entorno								
Coeficiente de impacto		0	-0,10	0	0	0	-0,2	0	-0,3

Quadro 9: Matriz de ponderação para o indicador segurança e saúde ocupacional

Fonte: EMBRAPA (2009).

Segurança alimentar		Tabela de coeficientes de alteração			
		Variáveis de segurança alimentar			Peso dos fatores
		Garantia de produção	Quantidade de alimento	Qualidade nutricional	
Peso dos fatores		0,30	0,30	0,4	1
escala de ocorrência	Sem efeito				
	Pontual	1	1	1	
	Local				
	No entorno				
Coeficiente de impacto		0,30	0,30	0,40	1,0

Quadro 10: Matriz de ponderação para o indicador segurança alimentar

Fonte: EMBRAPA (2009).

E, por último, o aspecto gestão e administração é formado por quatro indicadores: dedicação e perfil do responsável, condição de comercialização, reciclagem de resíduos e relacionamento institucional. Seguindo a mesma linha, estes indicadores contém componentes como indicado nos Quadros 11, 12, 13 e 14.

Dedicação e perfil do responsável		Tabela de coeficientes de alteração						Peso dos fatores
		Variáveis de dedicação e perfil do responsável						
		Capacitação dirigida à atividade	Horas de permanência no estabelecimento	Engajamento familiar	Uso de sistema contábil	Modelo formal de planejamento	Sistema de certificação/rotulagem	
Peso dos fatores		0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	1
escala de ocorrência	Sem efeito							
	Pontual	1	1	0	0	1	0	
	Local							
	No entorno							
Coeficiente de impacto		0,20	0,20	0	0	0,15	0	0,6

Quadro 11: Matriz de ponderação para o indicador dedicação e perfil do responsável

Fonte: EMBRAPA (2009).

Condição de comercialização	Tabela de coeficientes de alteração							Peso dos fatores
	Variáveis de condição de comercialização							
	Venda direta/antecipada/cooperada	Processamento local	Armazenamento local	Transporte próprio	Propaganda/marca própria	Encadeamento com produtos/atividades/serviços anteriores	Cooperação com produtores locais	
Peso dos fatores	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	1
escala de ocorrência	Sem efeito	X	X		X		X	
	Pontual	1			1	1		
	Local							
	No entorno							
Coeficiente de impacto	0,15	0	0	0	0	0,15	0	0,5

Quadro 12: Matriz de ponderação para o indicador condição de comercialização

Fonte: EMBRAPA (2009).

Disposição dos resíduos	Tabela de coeficientes de alteração					Peso dos fatores	
	Disposição dos resíduos domésticos			Produção de resíduos			
	Coleta seletiva	Compostagem/processamento	Disposição sanitária	Reaproveitamento	Destinação ou tratamento final		
Peso dos fatores	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1	
escala de ocorrência	Sem efeito	X	X	X	X	X	
	Pontual						
	Local						
	No entorno						
Coeficiente de impacto	0	0	0	0	0	0,0	

Quadro 13: Matriz de ponderação para o indicador reciclagem de resíduos

Fonte: EMBRAPA (2009).

Relacionamento Institucional	Tabela de coeficientes de alteração						Peso dos fatores
	Influência da organização			Capacitação			
	Utilização de assistência técnica	Associativismo/cooperativismo	Filiação tecnológica nominal	Utilização de assessoria legal/vistoria	Capacitação contínua do gerente	Empregados especializados	
Peso dos fatores	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	1
escala de ocorrência	Sem efeito						
	Pontual	1	1	1	0	1	
	Local						
	No entorno						
Coeficiente de impacto	0,20	0,20	0,15	0	0,15	0	0,7

Quadro 14: Matriz de ponderação para o indicador relacionamento institucional

Fonte: EMBRAPA (2009).

Completada a inserção dos dados, diretamente nas matrizes e sequencialmente nas planilhas, os resultados dos coeficientes de impacto social da inovação tecnológica, ponderada por fatores relativos à escala de ocorrência da alteração e ao peso do componente na composição do indicador, são automaticamente expressos graficamente na última planilha do *software* (RODRIGUES, 2008a).

Após essa inserção de dados, uma tabela síntese (Tabela 3) apresenta o conjunto dos 14 indicadores de impacto, normalizados para comparação e um gráfico síntese dos coeficientes de impacto social (Figura 9).

Tabela 3: Tabela com resultados de todos os indicadores do AMBITEC-Social

Capacitação	1,25
Oportunidades de emprego local qualificado	0,75
Oferta e condição de trabalho	0,45
Qualidade do emprego	2,50
Geração de renda do estabelecimento	3,75
Diversidade de fontes de renda	3,25
Valor da propriedade	3,00
Saúde ambiental e pessoal	0,20
Segurança e saúde ocupacional	-0,30
Segurança alimentar	1,00
Dedicação e perfil do responsável	2,75
Condição de comercialização	0,45
Disposição dos resíduos	0,00
Relacionamento institucional	3,50

Fonte: EMBRAPA (2009).

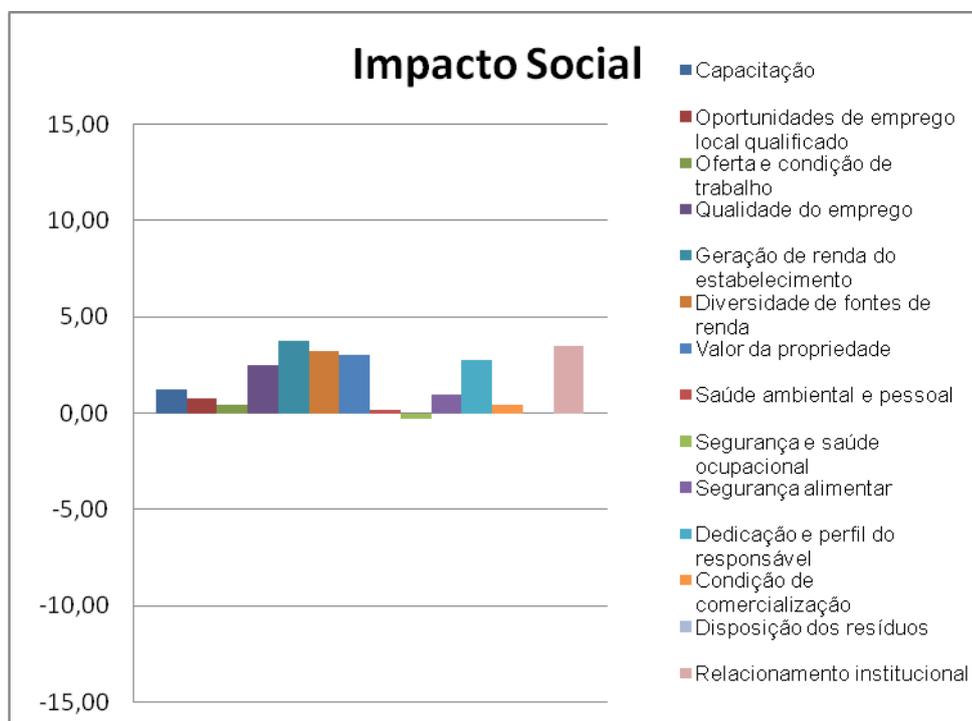


Figura 9: Gráfico síntese com todos os indicadores do AMBITEC-Social

Fonte: EMBRAPA (2009).

Finalmente, a Tabela 4 apresenta a ponderação de importância dos indicadores de impacto social. Após essa ponderação final, é calculado o índice geral de impacto social da inovação tecnológica, expresso graficamente (Figura 10).

Tabela 4: Ponderação da importância dos indicadores do AMBITEC-Social

<b>Indicadores de Impacto Social</b>	<b>Peso do fator</b>	<b>Coefficiente de Impacto</b>
Capacitação	0,10	1,25
Oportunidades de emprego local qualificado	0,10	0,75
Oferta e condição de trabalho	0,05	0,45
Qualidade do emprego	0,10	2,50
Geração de renda do estabelecimento	0,05	3,75
Diversidade de fontes de renda	0,05	3,25
Valor da propriedade	0,05	3,00
Saúde ambiental e pessoal	0,05	0,20
Segurança e saúde ocupacional	0,05	-0,30
Segurança alimentar	0,05	1,00
Dedicação e perfil do responsável	0,10	2,75
Condição de comercialização	0,10	0,45
Disposição dos resíduos	0,10	0,00
Relacionamento institucional	0,05	3,50
<b>Peso dos Fatores</b>	<b>1</b>	<b>Impacto Social da Inovação Tecnológica</b>
		<b>1,51</b>

Fonte: EMBRAPA (2009).



Figura 10: Índice geral de impacto social de inovação tecnológica

Fonte: EMBRAPA (2009).

Conforme a Tabela 4, o indicador geral de impacto social alcançou valor igual a 1,51 de um valor máximo possível igual a 15. Dentro de todos os indicadores, somente segurança e saúde ocupacional resultou negativo.

Esta tecnologia pode ser recomendada para aplicação em campo, mesmo tendo atingido um valor pequeno, dependendo dos objetivos da pesquisa. Por exemplo, no caso demonstrado nas figuras, tabelas e quadros desta seção, o objetivo era o cultivo de um milho híbrido simples, resistente às principais doenças foliares que atacam a cultura de milho no Brasil. Ou seja, a solução tecnológica aplicada visava melhorar a competitividade e a sustentabilidade do Agronegócio. Apenas pelos resultados sobre o impacto social demonstrados, a inovação pode ser renovada. Os indicadores “geração de renda” e a “diversidade das fontes de renda” alcançaram impactos positivos e significativos; portanto confirma a melhoria alcançada com a inovação. Neste momento pode-se confirmar a interdependência entre as avaliações *ex-ante* e *ex-post*, em que a decisão a ser tomada ao se analisar os impactos de uma inserção tecnológica depende da proposta e dos objetivos do projeto antes dele ser iniciado.

Cabe ressaltar que o sistema AMBITEC-Social, como mostrado e detalhado acima, é um método integrado, adequado para aplicação em campo na avaliação do impacto social de inovações tecnológicas agropecuárias. Proporciona uma medida de contribuição da tecnologia para o desenvolvimento local sustentável, é de aplicação relativamente simples, permite ativa participação dos produtores/responsáveis, e serve para a comunicação e armazenamento das informações sobre impactos sociais.

Em outro estudo, que não do setor agropecuário, basta criar os indicadores e seus respectivos fatores de ponderação que melhor avaliem o projeto em questão.

### **3.4.3. Avaliação dos impactos ambientais**

A complexa natureza das interações socioculturais que ocorrem quando uma tecnologia é introduzida, ampliada ou modificada, implica grande incerteza sobre os possíveis impactos da inovação. O estudo sistemático desses impactos de acordo com os objetivos de sustentabilidade pode contribuir para que o desenvolvimento e a

recomendação tecnológica resultem em um máximo de ganhos econômicos e sociais, com um mínimo de custos ambientais.

Para avaliar os impactos ambientais na geração de uma tecnologia, aplica-se o Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (AMBITEC-Agro).

O AMBITEC-Agro tem uma estrutura hierárquica simples que parte da escala de campo de cultivo ou unidade produtiva agropecuária e estende-se até os sistemas ecológicos de entorno e atenta para a qualidade dos ecossistemas e para a manutenção de sua capacidade de suporte (RODRIGUES, 2008b).

Este sistema de avaliação de impactos restringe-se à demanda institucional previamente delimitada a avaliar impactos ambientais de inovação tecnológica agropecuária, segundo objetivos de desenvolvimento sustentável, empregando uma plataforma prática de execução simples, baixo custo e passível de aplicação a todo universo tecnológico e ambiental de inserção institucional. Ele se concentra numa experiência prévia de avaliação de projetos de P&D.

O sistema AMBITEC-Agro, consiste de módulos integrados de indicadores de desempenho ambiental para os setores produtivos rurais da agricultura (AMBITEC-Agricultura), da produção animal (AMBITEC-ProduçãoAnimal) e da agroindústria (AMBITEC-Agroindústria) (RODRIGUES, 2008b). Estes módulos são compostos por um conjunto de planilhas eletrônicas, sendo que o primeiro permite a avaliação de uma melhoria ambiental na produção agrícola. O segundo se refere a uma melhoria na produção animal e o último avalia a contribuição de uma dada tecnologia na produção agroindustrial.

Todos os módulos seguem a mesma modelagem e estruturação do AMBITEC-SOCIAL. Porém cada módulo apresenta os seus aspectos com os seus respectivos indicadores e fatores de ponderação.

#### **3.4.4. Avaliação dos impactos sobre Conhecimento, Capacitação e aspecto Político-institucional**

A incorporação da avaliação de impactos dessa natureza revela a preocupação em buscar avaliações com um enfoque multidimensional e uma adaptação às evoluções da economia, ou melhor, economia do conhecimento. Prova

disso é um estudo sobre recursos naturais e economia do conhecimento em países da América Latina. O Banco Mundial ressalta que uma ampla rede de conhecimentos que gere inovação e facilite a adoção de tecnologias destaca-se como ingrediente crítico no dinamismo setorial (VEDOVOTO *et al.*, 2008).

A lição que os países que tem pretensão de se desenvolver podem tirar deste estudo é a necessidade de gerar um alto nível de capital humano e desenvolver uma capacidade de aprendizado e inovação nacional.

Em muitos casos, os resultados encontrados a partir da avaliação de impactos sobre o conhecimento podem servir também de base para a formulação e orientação de políticas públicas para o setor em que a inovação esteja sendo aplicada (VEDOVOTO *et al.*, 2008).

A metodologia utilizada para avaliação dos impactos sobre o conhecimento, sobre a capacitação e aspectos político-institucionais é baseada na dimensão “capacitação” do método Esac, basicamente por três motivos: a metodologia Esac é comprovadamente eficiente para avaliar impactos dessa natureza; ela é adequada à realidade da Embrapa; e vários técnicos da Embrapa participaram do projeto que deu origem ao método (VEDOVOTO *et al.*, 2008). A partir dessa base, a metodologia a ser apresentada agregou novos tipos de impactos.

Para manter coerência com o método AMBITEC usado na avaliação de impactos nas dimensões ambiental e social, utiliza-se na avaliação a seguinte escala (VEDOVOTO *et al.*, 2008):

- muito negativo (-3): redução de mais de 75%;
- negativo (-1): redução de mais de 25% e menos de 75%;
- sem mudança (0): sem alteração ou alterações que representam reduções ou aumentos de menos de 25%;
- positivo (1): aumento de mais de 25% e menos de 75%; e
- muito positivo (3): aumento de mais de 75%.

Os consultados para avaliação são pesquisadores, professores ou analistas que estejam diretamente relacionados com o desenvolvimento da tecnologia ou que conheçam seus efeitos referentes aos impactos da natureza em estudo. A tecnologia é avaliada por, no mínimo, três pessoas (AVILA *et al.*, 2008).

A Figura 11 apresenta a estrutura das dimensões avaliadas nos quesitos conhecimento, capacitação e político-institucional, os quais serão detalhados a seguir.

#### **3.4.4.1. Conhecimento**

A dimensão conhecimento é constituída de sete indicadores que abordam as questões relacionadas aos tipos de conhecimentos gerados e às formas de transferência desses conhecimentos (VEDOVOTO *et al.*, 2008).

O Quadro 15 mostra os indicadores utilizados na avaliação dos impactos sobre o conhecimento. Os impactos sobre os frutos gerados pelas tecnologias podem ser avaliados a partir da quantidade de patentes registradas, do número de artigos técnico-científicos publicados em periódicos e pelo número de teses desenvolvidas e defendidas que abordam a nova tecnologia.

#### **3.4.4.2. Capacitação**

A dimensão capacitação é composta de sete indicadores que abordam as questões relacionadas aos tipos de capacidades geradas e às formas de transferência dessas capacidades (VEDOVOTO *et al.*, 2008). O Quadro 16 mostra os indicadores utilizados na avaliação dos impactos sobre a capacitação.

#### **3.4.4.3. Aspecto político-institucional**

A dimensão político-institucional é composta de sete indicadores que abordam as questões relacionadas à organização, à gestão e às políticas públicas resultantes da geração de uma tecnologia (VEDOVOTO *et al.*, 2008). O Quadro 17 mostra os indicadores utilizados na avaliação dos impactos político-institucionais.



Figura 11: Estrutura de impactos das dimensões conhecimento, capacitação e político-institucional

Fonte: VEDOVOTO *et al.* (2008).

Indicador	Se aplica (Sim/não)	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Média
Nível de geração de novos conhecimentos					
Grau de inovação das técnicas e métodos gerados					
Nível de intercâmbio de conhecimento					
Diversidade dos conhecimentos apreendidos					
Patentes protegidas					
Artigos técnico-científicos publicados em periódicos indexados					
Teses desenvolvidas a partir da tecnologia					

Quadro 15: Indicadores para o impacto no conhecimento

Fonte: VEDOVOTO *et al.* (2008).

Indicador	Se aplica (Sim/não)	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Média
Capacidade de se relacionar com o ambiente externo					
Capacidade de formar redes e de estabelecer parcerias					
Capacidade de compartilhar equipamentos e instalações					
Capacidade de socializar o conhecimento gerado					
Capacidade de trocar informações e dados codificados					
Capacitação da equipe técnica					
Capacitação de pessoas externas					

Quadro 16: Indicadores para o impacto na capacitação

Fonte: VEDOVOTO *et al.* (2008).

Indicador	Se aplica (Sim/não)	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Média
Mudanças organizacionais e no marco institucional					
Mudanças na orientação de políticas públicas					
Relações de cooperação público-privada					
Melhora da imagem da instituição					
Capacidade de captar recursos					
Multifuncionalidade e interdisciplinaridade das equipes					
Adoção de novos métodos de gestão e de qualidade					

Quadro 17: Indicadores para o impacto no aspecto político-institucional

Fonte: VEDOVOTO *et al.* (2008).

Os resultados obtidos nesta dimensão em relação aos impactos de conhecimento, capacitação e político-institucional são valores que, em média, variam conforme a escala, de (-3) a (+3).

Está em curso o aprimoramento de avaliação desses impactos pela Embrapa, para obter um modelo estruturado, similar ao que existe para as dimensões Social, de Capacitação e Ambiental (AMBITEC-Social e AMBITEC-Agro) (AVILA *et al.*, 2008).

## **4. Avaliação *ex-post* do Projeto de P&D: “TELECARDIO: Telecardiologia a Serviço do Paciente em Ambientes Hospitalares e Residenciais”**

### **4.1. Metodologia de avaliação de impactos**

O interesse dos acadêmicos pela avaliação de projetos deve-se tanto à importância intrínseca que o tema da avaliação assume nas sociedades contemporâneas em que a prática da prestação de contas é considerada cada vez mais valiosa, quanto à identificação de um campo aberto de reflexão e de produção científica. Não é por acaso que uma parte importante do esforço teórico e instrumental dos diversos ramos das ciências humanas e sociais aplicadas ao contexto da ciência, tecnologia e da sociologia da ciência tiveram grande impulso a partir do desenvolvimento de indicadores específicos, cujo objetivo é justamente medir e quantificar os meios e os resultados de projetos em C&T (FURTADO, 2003).

É importante frisar que, além de sua dimensão “prestação de contas”, a avaliação é um elemento indispensável para o aprendizado. Sem avaliar não se consegue identificar as falhas ocorridas e as suas prováveis causas para melhorar o planejamento, monitoração, eficácia e eficiência do projeto; o que torna a avaliação um fator tão importante quanto a prestação de contas.

Além destes objetivos, a avaliação dos impactos de um projeto de P&D pode ajudar a diminuir a seleção adversa, reduzindo os erros que ocorrem antes de se aprovar o projeto. Pode diminuir, também, o risco moral, em que as informações podem se tornar menos adversas e todos os agentes/envolvidos no projeto podem ter acesso a elas, melhorando a comunicação entre eles e a sociedade, quando os resultados são divulgados.

A proposição desse trabalho vai ao encontro dessas assertivas. Pretende-se, aqui, mediante a avaliação *ex-post* do Projeto TELECARDIO, apresentado no capítulo anterior, contribuir para que iniciativas de avaliação *ex-post* tornem-se ferramentas usuais para informar a sociedade sobre inovações e avanços alcançados servindo, portanto, como forma de prestação

de contas, para o aprendizado e melhoria dos processos de seleção dos projetos e para reduzir as informações assimétricas e melhorar a comunicação entre os órgãos, instituições e fundações envolvidas.

Nos projetos de P&D, os impactos precisam de um tempo considerável para o acúmulo de benefícios (KINGSLEY *et al.*, 1996). De acordo com WALTER *et al.* (2007), o período de tempo ideal para que seja realizada a avaliação *ex-post* de projetos é dois anos após sua finalização. Esse período de tempo é suficientemente longo para enraizar efeitos importantes do projeto e breve o suficiente para que estes fatos sejam lembrados.

Logo após o término do projeto ou num tempo muito próximo da sua finalização, os participantes estão no processo de formação de opinião sobre o mesmo. Uma resposta imediata é provável que seja desviada pelas impressões dos últimos eventos do projeto. Além disso, as pessoas que investiram uma grande quantidade de tempo nestas atividades são propensas a demonstrar um excesso de otimismo na análise dos resultados. Por outro lado, um longo período de tempo terá um efeito negativo sobre a memória dos participantes do projeto e poderá levar a desvios nas respostas.

A avaliação proposta nesta dissertação foi feita após, praticamente, dois anos após finalizadas as atividades do Projeto TELECARDIO, condizendo com as justificativas de WALTER *et al.* (2007).

A metodologia utilizada nesta avaliação foi a do Método de Avaliação de Múltiplas Dimensões – MDM. Este método foi considerado mais adequado nesta proposta de avaliação por ser participativo, envolver diferentes agentes, ser multidisciplinar, multidimensional e multicritério, orientado para a produção de conhecimento e inovação. A escolha dessa metodologia deveu-se ao fato de que ela é a que mais se aproxima da realidade de projetos de P&D.

O TELECARDIO pode ser considerado participativo, pois envolve vários atores: pesquisadores da UFES (no início eram onze mas ao final só haviam sete), onze alunos de graduação e nove da pós-graduação desta mesma universidade, FAPES (como agente financiador), médicos, pacientes, instituições (hospitais, ambulâncias, SAMUs) que poderiam disponibilizar o aparelho e a sociedade, de modo geral.

Este projeto também pode ser classificado como multidimensional porque a avaliação pode ocorrer nas dimensões: econômico-financeira, social e

de capacitação, conhecimento e político-institucional. Além disso, cada uma destas dimensões é constituída por vários critérios de avaliação, o que o torna, multicritério.

O projeto TELECARDIO pode ser considerado multidisciplinar, pois abrange as áreas de informática e engenharia elétrica, juntamente com a área médica.

Como o TELECARDIO é um projeto de P&D que preenche os pré-requisitos para a utilização do método MDM, é plausível a utilização deste método para sua avaliação e identificação dos impactos gerados.

Utilizando o método MDM, existem algumas ferramentas computacionais que podem ser usados para avaliar os impactos gerados por projetos que tenham gerado mudança tecnológica. Nesta avaliação foi selecionado o AMBITEC (detalhado no capítulo anterior), utilizado pela Embrapa em projetos de P&D da área agropecuária. Sendo assim, houve necessidade de se fazer adaptações para aplicá-lo no projeto da área de Telemedicina em questão. A primeira adequação feita foi reduzir a análise do projeto para três dimensões: econômico-financeira, social e de capacitação. Originalmente, na metodologia AMBITEC, propõe-se uma quarta dimensão, a ambiental. A segunda adequação foi feita nos indicadores, nos seus componentes e aspectos de consideração, como também nos pesos de cada um.

Vale ressaltar, novamente, que o método AMBITEC pode ser utilizado para avaliar os impactos gerados por projetos de P&D, independentemente da área na qual ele será aplicado. Basta utilizar a mesma estrutura, a mesma ideia e o mesmo cálculo, adaptando os indicadores ao tema e objetivos específicos do projeto.

A avaliação *ex-post* dos impactos gerados pelo Projeto TELECARDIO é apresentada no item 4.2.

#### **4.2. Avaliação dos impactos do Projeto TELECARDIO**

A partir do momento em que a FAPES aprova um projeto para financiamento, ela faz algumas exigências, como: prestação de contas, em termos financeiros; relatórios parciais, com o detalhamento do que vem sendo feito e; ao término, o relatório final, que é uma análise e demonstração do

resultado do projeto. Este relatório final é um relatório simples, objetivo, no qual são descritas as ações realizadas e os resultados alcançados.

Após a entrega deste relatório final, um agente da FAPES, emite o seu parecer, que também é bem simples: apenas aprova os relatórios parciais e final, e então arquiva-se o projeto. Não há uma avaliação dos impactos gerados em qualquer dimensão. Entretanto, de acordo com as assertivas de avaliação dos impactos, ela pode corrigir performances e/ou melhorar o desempenho de projetos de P&D. A proposta, ora apresentada, trata de uma avaliação de impactos em múltiplas dimensões.

A partir do acesso aos relatórios parciais e final, ao parecer técnico da FAPES e mediante entrevistas com os envolvidos, foi realizada a avaliação de impactos do Projeto TELECARDIO, apresentada a seguir.

A primeira consideração a ser feita é que houve a invenção do aparelho que dá nome ao projeto, porém o mesmo não foi introduzido no mercado. Ele não foi comercializado, esta tecnologia não foi transferida a nenhuma empresa e também, não foi colocado em testes em nenhum dos cenários citados no projeto.

Pelos conceitos apresentados no primeiro capítulo (página 25), o TELECARDIO é uma invenção e não uma inovação, devido ao fato de não ter tido aplicação mercantil. Portanto, o impacto econômico é nulo. Dessa forma, se não houve a inserção do TELECARDIO no mercado, não houve retorno e nem impacto financeiro para nenhum ator envolvido no projeto. Não houve, igualmente, impacto social, pois o aparelho não foi utilizado em nenhum dos ambientes propostos: hospital, residência, unidade móvel de emergência ou em ambiente externo.

A análise dos relatórios gerados no âmbito do projeto, permitiu verificar se o objetivo geral e os objetivos específicos foram alcançados e se as atividades regulares de estudos e investigação científica na linha principal do projeto foram realizadas.

A criação do Centro de Tecnologia em Saúde era o objetivo geral e o elemento motivador deste projeto. Este centro não foi criado. O que se alcançou foi a formação de um grupo de estudos dentro da UFES.

O ponto culminante do projeto TELECARDIO foi o desenvolvimento (projeto e implementação) de um protótipo para teste e avaliação da solução

tecnológica desenvolvida. Como já mencionado, o TELECARDIO não foi colocado em prática no ambiente médico, portanto o objetivo específico foi parcialmente alcançado. O sistema de baixo custo, flexível, que emprega soluções tecnológicas de última geração para o telemonitoramento da atividade elétrica do coração – TELECARDIO – foi inventado mas não foi implementado, não houve inovação.

Em relação às atividades regulares de estudos e investigação científica propostas pelo projeto, pode-se dizer que todas foram cumpridas:

- houve definição da arquitetura de referência da plataforma de monitoramento e da aplicação-piloto;
- ocorreu a formação de grupo de estudo e pesquisa em áreas relacionadas ao projeto;
- foram criadas disciplinas específicas;
- houve participação em eventos científicos no Brasil e no exterior;
- promoção de seminários técnicos e *workshops*;
- foram realizadas viagens de intercâmbio visando promover a troca de experiências e alinhamento de interesses acadêmicos;
- foram redigidos relatórios técnicos e artigos científicos visando a publicação em congressos e periódicos da área.

O relatório final (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006) registra problemas enfrentados na execução do projeto que resultaram num atraso do encerramento. Os problemas enfrentados foram:

- a impossibilidade de realização de testes de campo com o TELECARDIO;
- demora na entrega de alguns componentes eletrônicos por fornecedores;
- complexidade de integração final do sistema.

Apesar destes pontos negativos, o projeto foi considerado, pelo parecer técnico da FAPES, favorável. Em nota, o agente público destacou que “os objetivos do projeto não só foram alcançados, como superaram as expectativas, tanto do ponto de vista dos resultados práticos, como da quantidade de estudantes e mestrandos no projeto” (PEREIRA FILHO *et al.*,

2006). Até mesmo a situação de atraso de atividades, teve a explicação considerada coerente e representativa da realidade.

Este foi o único parecer e/ou avaliação feito, pelo órgão financiador do projeto. Não há avaliação dos impactos gerados pelo projeto de forma mais detalhada e explícita.

Uma avaliação de impactos de projeto de P&D é muito importante para a sociedade como um todo, não apenas para os envolvidos diretamente no projeto. Esta avaliação serve como aprendizado, meio de comunicação e até mesmo, de propaganda de órgãos públicos e divulgação dos trabalhos científicos que vem ocorrendo no município, estado e/ou país. Baseando-me nessas premissas, apresenta-se, a seguir, a avaliação de impactos nas dimensões econômico-financeira, social e de capacitação do projeto em questão.

#### **4.2.1. Avaliação do impacto econômico do Projeto TELECARDIO**

A metodologia de avaliação do impacto na dimensão econômica é baseada no método do excedente econômico, o mesmo utilizado pela Embrapa, desde 1988. Este método do excedente econômico funciona como uma comparação entre os fluxos econômicos antes e depois da inovação. No caso específico do TELECARDIO, não houve aplicação efetiva do aparelho no mercado, portanto, o impacto econômico foi nulo.

#### **4.2.2. Avaliação do impacto social do Projeto TELECARDIO**

A avaliação do impacto social considera os aspectos ligados a modificações no bem-estar da sociedade e uma melhora na qualidade de vida em função da adoção de inovações tecnológicas. Como não houve aplicação prática do TELECARDIO no mercado, o impacto social também foi nulo.

### **4.2.3. Avaliação do impacto sobre conhecimento, capacitação e aspecto político-institucional do Projeto TELECARDIO**

Um projeto de P&D com o intuito de gerar inovação vem acompanhado de impactos financeiros e econômicos, sociais, ambientais e até mesmo, em termos de informação e conhecimento. Dentro destes impactos existem os benefícios (ou prejuízos) tangíveis e os intangíveis. Estes últimos dificilmente são calculados, seja por falta de metodologia apropriada ou por falta de interesse dos avaliadores em demonstrar os resultados “não-financeiros” para a sociedade, ocultando a importância e relevância para os mesmos.

O conhecimento, a informação, a capacitação e os aspectos político-institucionais são exemplos de bens intangíveis. Estes bens intangíveis são, na opinião de muitos, os determinantes do progresso e da riqueza das nações. Na medida em que se aceita o conhecimento como um novo fator de produção de progresso e riqueza, torna-se necessário focar os impactos que as mudanças nos níveis de conhecimento ocasionam nas organizações e a dificuldade da mensuração do capital intelectual (SCHMIDT & SANTOS, 2002). Por conseguinte, pela relevância desses aspectos, esta avaliação deve ser realizada.

No capítulo anterior, foi apresentada a dimensão de capacitação, conhecimento e político-institucional, com as variáveis e indicadores utilizados pela Embrapa. Para avaliação desse aspecto intangível do TELECARDIO, cuja área de concentração é a telemedicina, foram adaptadas as variáveis de acordo com o projeto. Os Quadros 18, 19 e 20 apresentam os indicadores utilizados na avaliação do Projeto TELECARDIO, na dimensão conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais.

A metodologia propõe que três pessoas sejam entrevistadas para preencher as figuras mostradas acima. No caso da avaliação dos impactos sobre o conhecimento, capacitação e político-institucional do Projeto TELECARDIO, quatro pessoas foram entrevistadas. Elas não foram escolhidas aleatoriamente, mas selecionadas. Esta escolha é explicada pelo fato de serem os atores que mais se dedicaram ao projeto TELECARDIO (para não mencionar os únicos). Todas participaram do projeto, como pesquisadores,

sendo três doutores e um aluno bolsista de iniciação científica de graduação de Ciências da Computação da UFES.

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Nível de geração de novos conhecimentos	Sim					
Grau de invenção das novas técnicas e métodos gerados	Sim					
Nível de intercâmbio de conhecimento	Sim					
Diversidade dos conhecimentos aprendidos	Sim					
Patentes protegidas	Sim					
Artigos técnico-científicos publicados em periódicos indexados	Sim					
Monografias desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim					
Dissertações desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim					
Teses desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim					
Apresentação da tecnologia em workshops/seminários/congressos	Sim					

Quadro 18: Indicadores para mensuração do impacto no conhecimento

Fonte: Adaptado de VEDOVOTO *et al.* (2008).

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Capacidade de se relacionar com o ambiente externo	Sim					
Capacidade de formar redes e de estabelecer parcerias	Sim					
Capacidade de compartilhar equipamentos e instalações	Sim					
Capacidade de socializar o conhecimento gerado	Sim					
Capacidade de trocar informações e dados codificados	Sim					
Capacitação da equipe técnica	Sim					
Capacitação de pessoas externas	Sim					

Quadro 19: Indicadores para mensuração do impacto na capacitação

Fonte: Adaptado de VEDOVOTO *et al.* (2008).

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Mudanças organizacionais e no marco institucional	Sim					
Mudanças na orientação de políticas públicas	Sim					
Relações de cooperação entre as partes	Sim					
Melhora da imagem da instituição	Sim					
Capacidade de captar recursos	Sim					
Multifuncionalidade e interdisciplinaridade das equipes	Sim					
Adoção de novos métodos de gestão e de avaliação	Sim					

Quadro 20: Indicadores para mensuração do impacto no aspecto político-institucional

Fonte: Adaptado de VEDOVOTO *et al.* (2008).

Após tabulação das entrevistas, o resultado do impacto sobre o conhecimento pode ser visto no Quadro 21.

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Nível de geração de novos conhecimentos	Sim	3	3	3	3	3
Grau de invenção das novas técnicas e métodos gerados	Sim	3	3	3	3	3
Nível de intercâmbio de conhecimento	Sim	1	3	3	1	2
Diversidade dos conhecimentos aprendidos	Sim	3	3	3	3	3
Patentes protegidas	Sim	0	0	0	0	0
Artigos técnico-científicos publicados em periódicos indexados	Sim	3	3	3	3	3
Monografias desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim	3	3	3	3	3
Dissertações desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim	3	3	1	3	2,5
Teses desenvolvidas a partir da tecnologia	Sim	0	0	0	0	0
Apresentação da tecnologia em workshops/seminários/congressos	Sim	3	3	3	3	3

Quadro 21: Avaliação do impacto sobre o conhecimento

**Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das entrevistas.**

Como se pode ver, o indicador “Grau de invenção das novas técnicas e métodos gerados” teve um impacto positivo e máximo. Pode-se ver, também, que não houve nenhum registro de patente e nem tese desenvolvida a partir da tecnologia gerada no projeto, portanto, o impacto para esta variável é nulo. É interessante observar que a não execução de um objetivo específico de um projeto, como o desenvolvimento (projeto e implementação) de um protótipo para teste em campo, pode comprometer, de alguma forma, sua repercussão econômica e/ou social.

Por outro lado, os outros indicadores apresentam um impacto positivo e significativo. Para todos os entrevistados, o nível de geração de novos conhecimentos foi alto (+3). Como também a diversidade na geração desse conhecimento (+3). A diversidade dos conhecimentos aprendidos pode ser justificada pelo caráter multidisciplinar e participativo do projeto TELECARDIO. O projeto envolveu vários agentes (pesquisadores das áreas de engenharia elétrica e ciências da computação) e engloba diversas disciplinas (área de informática, elétrica e médica).

O fato do “nível de geração de novos conhecimentos” ter sido alto pode ser corroborado por outros indicadores, como por exemplo: o número de

artigos técnico-científicos publicados; o número de monografias e dissertações defendidas a partir da tecnologia; e apresentação desta tecnologia em seminários, congressos e/ou *workshops*. Todos estes indicadores apresentam um impacto positivo bastante favorável. A partir do Projeto TELECARDIO (2006), originaram-se dez dissertações, das quais sete são do Departamento de Informática (Mestrado em Informática) e três do Departamento de Engenharia Elétrica (Mestrado em Engenharia Elétrica). E ainda, 13 trabalhos de conclusão de curso ou monografias, sendo nove do Departamento de Informática (que inclui os cursos de Engenharia da Computação e Ciências da Computação) e o restante do departamento de Engenharia Elétrica (responsável pelo curso de Engenharia Elétrica).

Além disso, 17 artigos foram publicados, dos quais dez em âmbito internacional e sete em âmbito nacional. Vale ressaltar que dois desses artigos receberam premiações científicas (os dois foram apresentados em congressos internacionais). E ainda, houve realização de dois *workshops*, na cidade de Vitória, referentes ao assunto do projeto, contando com pesquisadores do Projeto TELECARDIO, de São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e até da Austrália. Também houve participações em diversos congressos, alguns deles em nível internacional, realizados em Portugal, Estados Unidos e Venezuela (PEREIRA FILHO *et al.*, 2006).

Um indicador que mostrou um impacto positivo, mas não muito significativo, foi o “nível de intercâmbio de conhecimento”. O impacto deste indicador foi de (+2); inferior aos outros da mesma linha como o “nível de geração de novos conhecimentos” e “diversidade dos conhecimentos aprendidos”. Isto mostra que a troca de informações e conhecimento ficou restrita aos participantes do projeto e alguns pesquisadores (externos) afins.

O resultado parcial do impacto sobre conhecimento é igual a, aproximadamente, + 2,25. Este valor é calculado pela média entre os resultados dos indicadores que compõem o aspecto conhecimento. Pode-se afirmar, pelo resultado, que o TELECARDIO teve um impacto positivo e bastante significativo sobre o conhecimento gerado e difundido.

Os indicadores referentes ao impacto sobre a capacitação e aprendizagem podem ser observados no Quadro 22.

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Capacidade de se relacionar com o ambiente externo	Sim	3	3	1	3	2,5
Capacidade de formar redes e de estabelecer parcerias	Sim	3	1	1	3	2
Capacidade de compartilhar equipamentos e instalações	Sim	1	3	3	1	2
Capacidade de socializar o conhecimento gerado	Sim	3	3	1	0	1,75
Capacidade de trocar informações e dados codificados	Sim	3	3	3	3	3
Capacitação da equipe técnica	Sim	3	3	3	3	3
Capacitação de pessoas externas	Sim	0	0	0	0	0

Quadro 22: Avaliação do impacto sobre a capacitação e a aprendizagem

**Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das entrevistas.**

A “capacitação de pessoas externas” obteve um impacto nulo na avaliação do Projeto TELECARDIO porque nenhum profissional externo ao projeto foi capacitado.

Por outro lado, o impacto sobre a capacitação da equipe técnica (equipe interna) foi positivo e muito significativo (+3). Isto pode ser comprovado pela quantidade de estudantes que participaram do projeto, número de artigos, monografias e dissertações apresentadas a partir da tecnologia gerada. Outro indicador que também pode ser justificado por estes fatos é a “capacidade de trocar informações e dados codificados”. Este componente também apresentou um impacto positivo igual a 3. Nesses casos, a participação e a parceria da academia em projetos de P&D elevam a possibilidade de alcance positivo de impactos dessa natureza.

O impacto sobre a “capacidade de formar redes e de estabelecer parcerias” e sobre a “capacidade de compartilhar equipamentos e instalações” foi positivo e igual a 2. O que se pode entender deste resultado é que o projeto gerou uma estrutura de troca de informações e equipamentos, capacidade e necessidade de formação de redes e parcerias.

A “capacidade de socializar o conhecimento gerado” também apresenta um impacto positivo, mas não muito significativo (+1,75). A análise deste resultado mostra que não houve geração de conhecimento para todos os pretendidos usuários (pacientes, médicos e sociedade em geral). O conhecimento gerado foi compartilhado apenas pelas pessoas que tiveram

acesso aos trabalhos desenvolvidos. Isto também pode ser justificado pelo fato do sistema TELECARDIO não ter tido aplicação prática no mercado.

A “capacidade de se relacionar com o ambiente externo” também apresentou impacto positivo (+ 2,5). Este aspecto pode ser confirmado pelo fato da equipe técnica interna ser capacitada, do projeto ser multidisciplinar e participativo e pelo alto nível de geração de conhecimento codificado.

O resultado do impacto parcial sobre a capacitação foi igual a + 2,04. Este valor também foi calculado pela média dos resultados dos componentes do indicador capacitação e confirma o impacto positivo e relevante do Projeto TELECARDIO sobre a capacitação e aprendizagem.

Por último, para avaliar o impacto sobre o político-institucional utilizou-se os dados apresentados no Quadro 23, abaixo.

Indicadores	Se aplica (Sim/Não)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Média
Mudanças organizacionais e no marco institucional	Sim	0	0	1	0	0,25
Mudanças na orientação de políticas públicas	Sim	0	0	1	0	0,25
Relações de cooperação entre as partes	Sim	3	3	3	1	2,50
Melhora da imagem da instituição	Sim	3	0	3	0	1,50
Capacidade de captar recursos	Sim	3	0	0	0	0,75
Multifuncionalidade e interdisciplinaridade das equipes	Sim	3	3	3	0	2,25
Adoção de novos métodos de gestão e de avaliação	Sim	0	0	0	1	0,25

Quadro 23: Avaliação do impacto sobre o político-institucional

**Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados das entrevistas.**

Os indicadores apresentados no quadro acima mostram os impactos gerados na fundação financiadora do projeto, a FAPES.

De acordo com os entrevistados, houve um impacto positivo e significativo (+2,50) nas “relações de cooperação entre as partes”, ou seja, entre os pesquisadores e a fundação de apoio à pesquisa.

O impacto sobre a “multifuncionalidade e interdisciplinaridade das equipes” também foi muito positivo (+2,25). Este impacto pode ser justificado pelo fato do projeto aglutinar pesquisadores de áreas diferentes e, ao mesmo tempo, afins, dispostos ao exercício da partilha de informações, conhecimentos e métodos.

Pela avaliação mostrada no Quadro 23, pode-se perceber que houve um pequeno impacto positivo em relação às “mudanças organizacionais e no marco institucional”, “na orientação de políticas públicas” e na “adoção de novos métodos de gestão e de avaliação” depois da finalização do Projeto TELECARDIO. Ou seja, a estrutura interna da FAPES em relação à organização, orientação e função foram pouco modificadas depois da experiência deste projeto. É indicativo o fato de que a imagem da FAPES sofreu um impacto positivo (+1,50) depois da divulgação dos resultados do Projeto TELECARDIO, junto aos pesquisadores do projeto e a comunidade científica. Outro indicativo é que, em relação aos recursos captados, esta avaliação detecta um pequeno impacto positivo sobre a FAPES quando os resultados do TELECARDIO foram publicados.

O impacto parcial sobre o aspecto político-institucional foi, em média, igual a + 1,11. Foi um resultado positivo, inferior aos impactos sobre conhecimento e capacitação, contudo tem o seu valor e significância.

O impacto total, sobre a dimensão capacitação, conhecimento e aspectos político-institucionais foi + 1,80, em média. Este resultado mostra que o Projeto TELECARDIO influenciou, positiva e significativamente, na geração de conhecimentos, divulgação e publicação destes; capacitação dos envolvidos; e ainda, alterações sobre os aspectos político-institucionais. De uma forma geral, o retorno do projeto, para os envolvidos e para a sociedade, como um todo, foi favorável e consistente.

Uma comparação entre estes resultados e o parecer emitido pelo consultor da FAPES, revela concordâncias e, ao mesmo tempo, expõe divergências. É meritório, em ambos, assinalar que na contemporaneidade o conhecimento e a informação são de grande valia e vantajosos para o progresso. Ver este resultado como um início de um processo de inovação confirma o interesse em parcerias futuras.

Por outro lado, não houve, por parte da instituição financiadora, FAPES, uma posição desfavorável e/ou questionadora frente aos resultados do projeto, pelo fato de o sistema TELECARDIO não ter sido colocado em avaliação pela sociedade, ou seja, em outras palavras, não ter tido aplicação prática.

Se houve uma proposta de aplicação do aparelho em algum dos sistemas em que ele pode atuar, esta proposta deveria ter sido cumprida. Até

mesmo porque, a intenção sugerida *ex-ante* da aprovação do financiamento do projeto, de diminuir as filas nos hospitais e diminuir os óbitos ocorridos por isquemias do miocárdio é bastante sugestiva e interessante.

### **4.3. Considerações finais**

Fazendo uma análise global do impacto gerado pelo Projeto TELECARDIO, pode-se concluir que o resultado foi positivo e significativo. O fato de o impacto financeiro e social ter sido nulo não tira o valor do sucesso do impacto na dimensão sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais.

Em relação aos impactos sobre o conhecimento, FURTADO (2003) ressalta que um projeto ou programa de P&D costuma gerar, em primeiro lugar, resultados científicos e tecnológicos, os quais são produtos intermediários do processo de inovação, antes que esses conhecimentos venham a ser aplicados em atividades sócio-produtivas. Na mesma linha de pensamento, VEDOVOTO *et al.* (2008) afirma que a gestão eficiente do conhecimento é necessária para que se possa incorporá-lo aos processos de inovação tecnológica.

A economia mundial, cada vez mais, depende da produção, distribuição e uso do conhecimento. Esta é uma observação tão geral que o período iniciado na década de 1980 com a decolagem da revolução das TICs já vem sendo chamado por inúmeros autores de “Era do Conhecimento” (CASSIOLATO *et al.*, 2003).

Os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE – ressaltam uma mudança da economia baseada no conhecimento. Nesta, a produtividade e o crescimento são em grande parte determinados pelas taxas de progresso técnico e de acumulação de conhecimento. Nesse contexto, as redes ou sistemas de distribuição do conhecimento e da informação desempenham papel fundamental. O setor de alta tecnologia ou conhecimentos intensivos tendem a ser os mais dinâmicos em termos de crescimento de produto e emprego, o que intensifica a demanda por trabalhadores relativamente mais qualificados. O aprendizado – dos indivíduos e das firmas – torna-se crucial para a realização da produtividade

potencial das novas tecnologias e para o crescimento econômico no longo prazo (OCDE, 1997; VEDOVOTO *et al.*, 2008).

Numa economia onde a única certeza é a incerteza, apenas o conhecimento é fonte segura de vantagem competitiva (NONAKA, 2000). O conhecimento fomenta a inovação. A essência da inovação é a recriação do mundo de acordo com determinada visão ou ideal. Criar novos conhecimentos significa, quase literalmente, recriar a organização e todas as pessoas que a compõem, num processo ininterrupto de auto-renovação pessoal e organizacional. O conhecimento está se tornando o recurso crucial da Economia. O conhecimento é o principal recurso da sociedade atual (SCHMIDT & SANTOS, 2002).

É grande a contribuição que a teoria do conhecimento trouxe para o desenvolvimento científico, pois, na “Sociedade do Conhecimento”, este precisa ser compreendido como uma extensão do conhecimento produtivo (SCHMIDT & SANTOS, 2002).

Uma vez que a capacidade de adquirir e desenvolver conhecimentos é inerente ao ser humano, isso diferencia esse recurso econômico dos demais fatores de produção, pois o conhecimento é um recurso ilimitado; além disso, diferentemente dos recursos naturais, que se exaurem com o tempo, os quais representavam a base da sustentação da sociedade industrial, o conhecimento é não subtrativo (pelo contrário) (SCHMIDT & SANTOS, 2002).

A história nos mostra que as nações vitoriosas são aquelas que se preocupam com educação de seu povo, em todos os níveis, e fazem dela poderoso diferencial na inovação e no desenvolvimento tecnológico de suas economias.

A legitimação social da ciência – e da tecnologia – é cada vez mais dependente de processos de avaliação que comprovem de forma mais convincente que há uma correlação positiva entre produção científica e bem-estar econômico e social (VEDOVOTO *et al.*, 2008).

Por outro lado, não se pode esquecer que o Sistema TELECARDIO não foi colocado em prática no âmbito do projeto avaliado, ou seja, não houve aplicação comercial do aparelho em nenhum dos cenários propostos inicialmente, pelo projeto. Esta falha no desenvolvimento e implementação do

TELECARDIO pode ter como uma de suas causas, o tipo de inovação adotado: *technology push*.

No conceito apresentado no primeiro capítulo deste trabalho, *technology push* é um modelo que explica o desenvolvimento de novas tecnologias a partir dos conhecimentos puros que buscam aplicação. O TELECARDIO surgiu desta forma, autonomamente. Ele não foi estudado, não foi demandado pelos pesquisadores do projeto.

Este tipo de inovação tem os seus aspectos positivos e negativos. Neste projeto, os fatores negativos foram determinantes. Não houve uma pesquisa, *ex-ante*, por parte dos envolvidos, ou seja, os pesquisadores não realizaram uma pesquisa de demanda, junto aos pacientes, médicos e hospitais ou clínicas, para uma análise sobre a aceitação ou não do TELECARDIO.

Além disso, um dos propósitos do aparelho seria a diminuição das filas em hospitais. Isto realmente iria acontecer se, o hospital adquirisse o Sistema TELECARDIO e se, os reais motivos da existência da super lotação dos centros médicos fossem as doenças referentes à isquemia do miocárdio. Os pesquisadores também não fizeram este estudo. Não foi feita uma análise dos dados registrados nos hospitais com referência às doenças que mais causam óbitos na região metropolitana de Vitória.

Além de uma pesquisa de demanda apurada, não houve um contato com profissionais da área da saúde antes da realização do projeto. Os médicos só foram acionados quando o aparelho já estava finalizado. Neste momento não houve interesse destes profissionais em utilizar o protótipo por não ver utilidade prática. A não aceitação do aparelho foi justificada pelo desinteresse dos locais de trabalho (hospitais e clínicas) e do cliente em potencial (pacientes). Para reforçar esta questão de ausência de contato com o público-alvo, vale ressaltar que em nenhum momento houve interação com algum paciente, ou seja, nenhuma pessoa que tivesse isquemia do miocárdio foi procurada para saber o seu interesse em relação a esta nova tecnologia que tem o intuito de salvar vidas.

Outro aspecto que dificultou a aplicação do TELECARDIO foi o tempo demandado pelo projeto. Uma inovação é um fenômeno complexo que requer dedicação, conhecimento, aprendizagem e aplicação financeira. Para que

estes aspectos sejam alcançados, é preciso disponibilidade de tempo. Uma inovação não acontece de uma hora para outra.

Estes três fatos: ausência de contato com o público-alvo; não realização de pesquisa de demanda; e tempo limitado do projeto podem justificar a não inserção do Sistema TELECARDIO no mercado.

Contudo, não se pode deixar de reafirmar a importância deste projeto para a sociedade científica capixaba e para os órgãos envolvidos. O Projeto TELECARDIO gerou e difundiu conhecimento e iniciou um processo de investimento e atenção para o setor da Telemedicina. Se entendermos este projeto como um precursor desta linha de pesquisa e de financiamento, pode-se dizer que o impacto gerado por ele foi de grande importância e relevância.

Se, ainda, a intenção da FAPES, quando financiou o projeto e dos pesquisadores era apenas de geração de conhecimento, o impacto do TELECARDIO foi, significativamente, positivo. Por outro lado, se a proposta e o objetivo esperado eram a geração de um produto inovador e, mais especificamente, sua respectiva aplicação no mercado, pode-se dizer que o resultado não foi tão favorável assim. A análise passa a ser feita em questão da expectativa do órgão financiador, dos pesquisadores e do avaliador.

Em relação à metodologia utilizada, ela pode ser aplicada para estimar os impactos gerados por um projeto de P&D, sendo que estes impactos são divididos em quatro dimensões: econômica; social; ambiental; e impacto sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais. Em outras palavras, é uma ferramenta que pode ser utilizada para realizar avaliações criteriosas e multidimensionais, do tipo *ex-post*, de projetos que tenham gerado inovação.

O cálculo do impacto econômico é baseado no excedente econômico e atende basicamente à avaliação dos impactos decorrentes de aumentos de produtividade, redução de custos e agregação de valor que podem ser medidos por meio de incrementos de renda nos vários segmentos que o projeto alcança. O enfoque do excedente econômico permite que se estime o benefício econômico gerado pela inovação tecnológica, comparativamente à tecnologia anteriormente utilizada. Uma vez que se tenham os dados necessários, o método é eficiente para determinar o alcance econômico/financeiro da

mudança tecnológica, informando o ganho financeiro que a tecnologia proporciona a cada participante e beneficiário do projeto.

A dimensão social busca identificar os impactos ocorridos em função da novidade tecnológica aplicada em relação às alterações na satisfação de necessidades básicas e ao comprometimento com a melhoria da qualidade de vida das pessoas vinculadas às atividades do projeto. Esta dimensão consiste de 14 indicadores, agrupados em quatro aspectos de consideração, que englobam 79 componentes. Como as matrizes do sistema incluem fatores de ponderação que se referem à importância do indicador para cada aspecto e à escala de ocorrência da alteração do componente, o indicador geral de impacto social pode alcançar um valor entre - 15 e + 15. Além deste indicador, o impacto pode ser visto por maneiras mais detalhadas; mediante o resultado por indicador, em que são mostrados os impactos gerados por cada componente que engloba o indicador, ou ainda, por meio da análise que pode ser feita pela tabela e gráfico síntese, com os resultados normalizados para todos os indicadores do sistema.

Uma inovação tecnológica pode contribuir para o alcance de um aumento em impactos econômicos e sociais, como também em impactos para o meio ambiente, que podem ser avaliados por meio da análise na dimensão ambiental. O cálculo do impacto nessa dimensão segue a mesma modelagem do impacto na dimensão social, possuindo componentes que englobam os indicadores e estes são agrupados em aspectos de consideração. Conseqüentemente, o resultado obtido também é um valor entre - 15 e + 15 e pode ser visualizado pelos mesmos gráficos e tabelas.

A avaliação dos impactos sociais e ambientais pela metodologia AMBITEC é recomendável, pois consegue quantificar os “resultados qualitativos” obtidos pela inserção de uma tecnologia.

Por último, mas não menos importante, tem-se o impacto sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais. Esta dimensão foi introduzida recentemente no processo de avaliações dos impactos na metodologia AMBITEC. Isto pode ser explicado pela busca de avaliações com enfoque multidimensional e adaptação aos avanços da economia. Nesta economia do conhecimento há o reconhecimento de que a geração e difusão de conhecimento são fatores importantes e decisivos no desenvolvimento de

uma empresa, cidade, estado ou país. Como esta dimensão é utilizada há pouco tempo, ela não possui um modelo tão estruturado como os métodos de cálculos dos impactos econômico, social e ambiental. Porém, para seguir a mesma linha de raciocínio e manter a coerência com a metodologia AMBITEC, utiliza-se a mesma escala de ponderação dos componentes para cada indicador. Neste caso, não há mensuração da escala de ocorrência, portanto o resultado obtido é um valor entre - 3 e + 3, uma vez que este resultado não é multiplicado pelo fator de ponderação referente à esta escala (ver Tabela 2). Apesar de ser uma dimensão que não contém uma estruturação e modelagem avançada, como as outras, é uma ferramenta eficiente para a mensuração do impacto gerado sobre estes ativos intangíveis.

De uma forma geral, a metodologia AMBITEC é recomendável e, acima de tudo, é eficiente como ferramenta a ser utilizada na mensuração dos impactos gerados por uma inovação tecnológica, sendo estes calculados por dimensões. Contudo, esta metodologia pode se tornar uma ferramenta de uso comum e corriqueiro na identificação dos impactos e suas respectivas mensurações dos projetos financiados pela FAPES.

Vale ressaltar que esta tecnologia pode ser utilizada como um modelo padrão para a realização de avaliações de projetos de P&D, do tipo *ex-post*, que tenham gerado alguma inovação, independente da área de pesquisa deste projeto. Para que isto ocorra, basta realizar as modificações/adaptações necessárias para adequar a metodologia ao projeto a ser avaliado. A FAPES, por exemplo, que é uma fundação que financia projetos de P&D das mais variadas áreas de conhecimento e pesquisa, pode utilizar a metodologia AMBITEC, uma vez que ela aproprie os indicadores, os seus componentes e os respectivos fatores de ponderação, a cada avaliação a ser feita, sempre mantendo o método, a estrutura e o cálculo embutido na ferramenta.

Além disso, dependendo da área de pesquisa do projeto de P&D a ser avaliado, a adaptação a ser feita na metodologia pode atingir as dimensões, como foi o caso da avaliação dos impactos do Projeto TELECARDIO, apresentada neste trabalho. Como ele é um projeto da área de telemedicina, não há impacto sobre o ambiente, portanto, a avaliação pode ser feita apenas nas outras três dimensões. No caso de um projeto cujo objetivo esperado é apenas a geração e difusão de conhecimento, pode-se realizar a avaliação

apenas na dimensão sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais.

Por outro lado, ainda há como melhorar esta metodologia. A dimensão conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais pode ser melhor estruturada e modelada e conter o mesmo formato e desenho das dimensões social e ambiental. E ainda, a dimensão econômica pode trazer uma certa modernidade e também encaixar no mesmo formato que as demais dimensões, mantendo a base no excedente econômico.

A metodologia AMBITEC, entretanto, apresenta particularidades que a diferencia das outras metodologias que a torna mais próxima da realidade do processo de inovação, o que a define como eficiente para a avaliação dos impactos de projetos de P&D de qualquer área de conhecimento e pesquisa. O fato de existirem melhorias a serem feitas na metodologia não a faz ser ineficiente, apenas poderia torná-la ainda melhor.

## 5. CONCLUSÃO

A inovação e o desenvolvimento tecnológico são instrumentos estratégicos e fundamentais no processo de inserção e manutenção do estado e de suas empresas, no mercado global.

A avaliação de projetos de P&D (sejam eles públicos ou privados) é ainda um campo pouco abordado por estudos acadêmicos no âmbito mundial: não existe um consenso sobre o significado desse objeto de estudo e tampouco se configura uma tradição de pesquisas que consolide abordagens e metodologias específicas.

Apesar dos avanços nesta área, ainda vive-se uma situação de relativa escassez de produção teórica sobre o tema, ao mesmo tempo é crescente a insatisfação de avaliados e avaliadores com as ferramentas disponíveis para analisar programas que envolvem conflitos de valor, aprendizado e subjetividade acerca dos fatos ou impactos das ações.

A avaliação de P&D nem sempre consegue responder ao conjunto de perguntas que a ela é proposto. Existe uma limitação básica à previsão do avanço científico e tecnológico que reside na sua própria natureza, isto é, a natureza incerta do avanço do conhecimento e de sua apropriação social.

Levando as premissas acima em consideração, a avaliação de um projeto tecnológico financiado pela FAPES, o TELECARDIO, constituiu um grande desafio conceitual e metodológico enfrentado a partir de uma abordagem multidimensional e interativa do processo de inovação. A avaliação de impactos foi feita em três dimensões (econômico, social e sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais) para captar, de forma abrangente, os diferentes desdobramentos do projeto tecnológico.

O Sistema TELECARDIO obteve um impacto positivo e significativo sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucional e, ao mesmo tempo, impactos nulos sobre as dimensões econômica e social, que podem ser explicados pela não inserção do produto no mercado. Esta falha de não inserção do TELECARDIO no mercado pode ser resumida em três fatores: ausência de contato com o público-alvo; não realização de pesquisa de

demanda; e o tempo limitado para realização do projeto. Entretanto, mediante uma abordagem mais restrita ou específica, o Projeto TELECARDIO foi um sucesso, pois conseguiu gerar um patrimônio que não se perde com o tempo: o conhecimento.

Por outro lado, partindo para uma análise mais aprofundada da dimensão sobre conhecimento, pode-se dizer que houve, apenas, geração de conhecimento codificado e que simplesmente a quantidade de artigos publicados, o número de monografias apresentadas e participações em seminários, congressos e *workshops* não garantem, necessariamente, geração e difusão de conhecimento.

E ainda, o projeto não conseguiu obter um resultado mais amplo, pois o retorno sobre conhecimento e informação ocorreu para um público específico, para as pessoas da mesma área de pesquisa e de áreas afins; uma vez que a divulgação deste conhecimento é decorrente de inúmeras publicações ocorridas em congressos, seminários, *workshops* e mediante apresentações de monografias e defesas de dissertações. De certa forma, ocorreu concentração de conhecimento, considerando que quem procura os artigos publicados e/ou freqüenta os respectivos seminários são apenas os interessados no tema e/ou pesquisadores. Não é comum a presença de leigos, consumidores em potencial, ou médicos, por exemplo, em congressos de engenharia de computação para encontrar uma solução para os seus problemas. O mais comum é observar-se a busca individual para certas demandas, mesmo que tenham cunho social.

O fato deste projeto não ter alcançado retorno econômico/financeiro e social é uma afirmação pontual. O sistema TELECARDIO não foi inserido no mercado até o momento, o que não impede sua aplicação após esta avaliação. O protótipo pode ser visto como um produto em potencial.

Esses resultados demonstram o necessário investimento em inovação, em projetos de P&D para o fortalecimento das empresas e sua manutenção no mercado competitivo global e desenvolvimento econômico de uma nação. Os investimentos em projetos de P&D devem ser entendidos como esforços e os resultados são as inovações. E mais, os resultados só são alcançados quando há esforços.

Todo o exposto neste trabalho demonstra a necessidade de se criar, dentro dos órgãos, fundações e empresas que tenham o intuito de inovar ou fomentar a inovação, uma função de avaliação *ex-post*, integrada à avaliação *ex-ante*. Esta integração pode ser efetivada pela elaboração de um sistema de avaliação que envolva os usuários, os beneficiários e os executantes do projeto. Mais do que isso, tais organizações tem que assegurar, dentro de seu orçamento, uma parcela exclusivamente reservada à avaliação.

Os resultados demonstram também, a importância da avaliação *ex-post* dos impactos gerados por estes projetos, sejam eles públicos ou privados e reforçam ainda a necessidade de que esta etapa da inovação faça parte das atividades dos pesquisadores e, principalmente, das instituições envolvidas para que haja uma diminuição das informações assimétricas envolvidas no mundo complexo da inovação, em que os problemas e suas respectivas soluções não são tão bem definidos e fáceis de serem conectados.

Com a avaliação *ex-post* dos impactos dos projetos, pode ocorrer ainda, o aprendizado em relação às decisões futuras sobre aprovação de projetos, sobre as avaliações *ex-ante* e durante. Com a avaliação dos impactos gerados por um projeto de P&D, tem-se a divulgação dos resultados alcançados pelo investimento em inovação e, à medida que estes resultados vão aparecendo, as empresas e os pesquisadores se convencem, cada vez mais, que é imprescindível investir em projetos de P&D e avaliá-los. Porém, o trabalho revela que alguns passos precisam ainda ser dados para aprimorar e aperfeiçoar esta linha de pesquisa.

Em relação à metodologia, pode-se dizer que ela é eficiente e, portanto, recomendável para a FAPES, para as instituições de fomento e amparo à inovação tecnológica e para qualquer agente que queira avaliar (de modo *ex-post*) os impactos gerados por um projeto de P&D. Cabe reforçar que esta metodologia pode ser usada para qualquer tipo de projeto, como também nas diversas áreas de conhecimento e pesquisa, bastando apenas fazer as devidas adaptações nos indicadores, variáveis, fatores de ponderação e até mesmo, na utilização das dimensões. Há que se ter melhorias nesta ferramenta, principalmente nas dimensões econômica e sobre conhecimento, capacitação e aspectos político-institucionais.

Pode-se concluir que têm ocorrido grandes mudanças nos modos de produção e distribuição do conhecimento. Essas transformações podem ser vistas como parte de um processo de mudança sócio-econômica, que avança na direção de uma economia em rede e baseada no aprendizado, na qual a oportunidade e a capacidade de acesso e participação determinam o sucesso de firmas e indivíduos. Nesse contexto, é crescente o aumento da importância relativa das redes de conhecimento e aceleração dos processos de aprendizagem, que afetam a economia como um todo e demandam uma reavaliação de suas instituições fundamentais.

Uma forma que representa essa economia em rede e baseada no aprendizado são os tipos de inovações baseados nos *living labs*. Nestas redes de inovação têm-se o envolvimento de diversos atores, sendo que há um problema definido e todos, juntos, agem em função da solução deste. Vale ressaltar que os resultados obtidos pelo *living lab* também devem ser avaliados (*ex-post*), pelos mesmos motivos que os outros projetos de inovação.

Outra observação a ser feita é que a inovação não é vista como um acontecimento simples e repentino, ela é um processo complexo e duradouro. Portanto, a sociedade, os pesquisadores e as instituições envolvidas nesta área devem pensar em programas de P&D, ou seja, num grupo de projetos de P&D que trabalham em prol de objetivos específicos e de um objetivo geral comum.

A inovação e o desenvolvimento tecnológico são instrumentos estratégicos e fundamentais no processo de inserção e fortalecimento dos Estados e/ou de empresas globais. As propostas de implementação de projetos de P&D são bem-vindas neste percurso. A avaliação criteriosa dos resultados auferidos por projetos dessa natureza, sejam positivos ou negativos, é instrumento eficaz para definição e/ou correção de objetivos, orientação e metodologias, quiçá dos próprios projetos e/ou programas de P&D.

“Inovar” e “avaliar” são verbos a serem conjugados no presente e no futuro e que devem trabalhar em perfeita sintonia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AVILA, A. F. D. Avaliação dos impactos econômicos de tecnologias agropecuárias. In: AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 20-42.
- 2 AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- 3 BIN, A. **Planejamento e gestão da pesquisa e da inovação**: conceitos e instrumentos. 2008. 253 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: [s.n.], 2008.
- 4 CAMPOS, R. R. et al. Aprendizagem por interação: pequenas empresas em sistemas produtivos e inovativos locais. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, M. L. **Pequena empresa**: cooperação e desenvolvimento local. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003. p. 51-65.
- 5 CASSIOLATO, J. E.; SZAPIRO, M. Uma caracterização de arranjos produtivos locais de micro e pequenas empresas. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, M. L. **Pequena empresa**: cooperação e desenvolvimento local. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003. p. 35-50.
- 6 CIPOLLA, F. A inovação na teoria de Marx. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 41-88.
- 7 CLEMENTE, A. et al. **Projetos empresariais e públicos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- 8 COZZARIN, B. P. Data and the measurement of R&D programs impact. **Evaluation and Program Planning**, [S.l.], n. 31, p. 284-298, 2008.
- 9 CRAWFORD, P.; PERRYMAN, J.; PETOCZ, P. Synthetic indices: a method for evaluating aid project effectiveness. **Evaluation**, London, v. 10, n. 2, p. 175-192, 2004.
- 10 DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, University of Sussex and University of Rome, v. 26, n. 3, p. 1.120-1.171, Sept. 1988.
- 11 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Publicações**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 12 nov. 2009.
- 12 FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge: The MIT Press, 1997.

- 13 FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESPÍRITO SANTO (FAPES). Secretaria de Ciência e Tecnologia. **Sobre a FAPES**. Vitória, 2009. Disponível em: <<http://www.fapes.es.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2009.
- 14 FURTADO, A. T. (Coord.) **Políticas públicas para a inovação tecnológica na agricultura do estado de São Paulo**: métodos para avaliação de impactos de pesquisa – Relatório Final. DPCT, Unicamp. Campinas, 2003.
- 15 FURTADO, A. T.; SOUZA, J. H. Levantamento das principais metodologias de avaliação de projetos e programas de P&D no eixo Rio-São Paulo. In: SEMINÁRIO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, 8., 1999, Valencia. **Resúmenes y Ponencias Altec...** Valencia, 1999.
- 16 FURTADO, A. T. et al. Avaliação de resultados e impactos da pesquisa e desenvolvimento – avanços e desafios metodológicos a partir de estudo de caso. São Carlos, v. 15, n. 2, p. 381-392, maio-ago. 2008.
- 17 GEORGHIOU, L.; ROESSNER, D. Evaluating technology programs: tools and methods. **Research Policy**, [S.l.], n. 20, p. 657-678, 2000.
- 18 GUNASEKARAN, A. Essentials of international and joint R&D projects. **Technovation**, Great Britain, v. 17, n. 11/12, p. 637-647, 1997.
- 19 Habitat Living lab. **Institucional – história**. Vitória, 2009. Disponível em: <<http://www.ufes.br/habitat/>>. Acesso em: 8 fev. 2010.
- 20 HANSSON, F. Organizational use of evaluations: governance and control in research evaluation. **Evaluation**, London, v. 12, n. 2, p. 159-178, 2006.
- 21 HIGACHI, H. A abordagem neoclássica do progresso técnico. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 67-86.
- 22 KINGSLEY, G.; BOZEMAN, B.; COKER, K. Technology transfer and absorption: an “R&D value-mapping” approach to evaluation. **Research Policy**, [S.l.], n. 25, p. 967-995, 1996.
- 23 LAKDAWALLA, D.; SOOD, N. Innovation and the welfare effects of public drug insurance. **Journal of Public Economics**, [S.l.], n. 93, p. 541-548, 2009.
- 24 LEE, H.; PARK, Y.; CHOI, H. Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: a DEA approach. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], n. 197, p. 847-855, 2008.
- 25 LEE, M.; SON, B.; OM, K. Evaluating of national R&D projects in Korea. **Research Policy**, [S.l.], n. 25, p. 805-818, 1996.
- 26 LIVING LAB. **What is Living Lab?** Disponível em: <<http://www.livinglabproject.org>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

- 27 LUNDEVALL, B. A. The economics of knowledge and learning. In: CHRISTENSEN, J. L.; LUNDEVALL, B. A. **Product innovation, interactive learning and economic performance**. Research on Technological Innovation and Management Policy, 2004. p. 21-42.
- 28 LUNDEVALL, B. A.; VINDING, A. L. Product innovation and economic theory – user-producer interaction in the learning economy. In: CHRISTENSEN, J. L.; LUNDEVALL, B. A. **Product innovation, interactive learning and economic performance**. Research on Technological Innovation and Management Policy, 2004. p. 101-128.
- 29 MARSHALL, A. **Principles of economics**: an introductory volume. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas).
- 30 MARX, L. **O Capital**: crítica da economia política. Tradução de Regis Barbosa e Flávio R. Kothe. São Paulo: Nova Cultural, Livro Primeiro, Tomo 2, 1996. (Os Economistas).
- 31 MELKERS, J.; ROESSNER, D. The context of R&D evaluation. **Evaluation and Program Planning**, Great Britain, v. 20. n. 1, p. 55-56, 1997a.
- 32 \_\_\_\_\_. Politics and the political setting as an influence on evaluation activities: national research and technology policy programs in the United States and Canada. **Evaluation and Program Planning**, Great Britain, v. 20, n. 1, p. 57-75, 1997b.
- 33 MIKKOLA, J. H. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. **Technovation**, [S.l.], n. 21, p. 423-435, 2001.
- 34 NELSON, R. S.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Tradução de Cláudia Heller. Campinas, SP: Ed. UNICAMP, 2005.
- 35 NIXON, B. Research and development performance measurement: a case study. Elsevier. **Management Accounting Research**, [S.l.], n. 9, p. 329-355, 2002.
- 36 NONAKA, I. A empresa criadora de conhecimento. In: Harvard Business Review. **Gestão do conhecimento** – on knowledge management. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. p. 27-49.
- 37 ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE/FINEP). Manual de Oslo: **Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica**, 1997. Disponível em <[http://www.finep.gov.br/imprensa/sala\\_imprensa/manual\\_de\\_oslo.pdf](http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf)>.
- 38 OHAYON, P. **Metodologia de avaliação “ex-post” de projetos de pesquisa em órgãos governamentais de coordenação e apoio a P&D do Brasil e da França**. 1985. 401 f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1985.

- 39 OHNO, T. **O sistema toyota de produção**: além da produção em larga escala. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- 40 PEREIRA FILHO, J. G. et al. **Projeto Telecardio**: telecardiologia a serviço do paciente em ambientes hospitalares e residenciais. Vitória: FAPES, 2006.
- 41 PESSALI, H. F.; FERNÁNDEZ, R. G. A tecnologia na perspectiva da economia institucional. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 87-111.
- 42 PESQUISA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (PINTEC). **Dados**. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2008.
- 43 PINTO, M. M. **Tecnologia e inovação**. 2009. Material didático para o Núcleo de Educação Aberta e a Distância, Centros Regionais de Educação da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.
- 44 PLUYE, P.; POTVIN, L.; DENIS, J-L. Making public health programs last: conceptualizing sustainability. **Evaluation and Program Planning**, [S.l.], n. 27, p. 121-133, 2004.
- 45 PONDÉ, J. L. **Coordenação, custos de transação e inovações institucionais**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1994. (Texto para discussão, n. 38).
- 46 PRAHALAD, C. K.; HAMEL, G. **Competindo pelo futuro**. 19. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- 47 RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. Tradução de Paulo Henrique Ribeiro Sandroni. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas).
- 48 RODRIGUES, G. S. Avaliação dos impactos sociais de tecnologias agropecuárias. In: AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008a. p. 44-71.
- 49 \_\_\_\_\_. Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas agropecuárias. In: AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008b. p. 86-102.
- 50 ROSSI, P. H.; FREEMAN, H. E. **Evaluation – a systematic approach**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Sage Publications, 1982.
- 51 SBRAGIA, R. Avaliação dos resultados de P&D na empresa: uma possível abordagem para o problema. In: VASCONCELLOS, E. **Gerenciamento da Tecnologia**: Um instrumento para a competitividade em presarial. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1989. p. 139-169.
- 52 SCHMIDT, P.; SANTOS, J. L. **Avaliação de ativos intangíveis**. São Paulo: Atlas, 2002.

- 53 SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, socialism and democracy**. New York: Harper Colophon Books, 1976.
- 54 \_\_\_\_\_. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Tradução de Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural, 1997. (Os Economistas).
- 55 SMITH, A. **A riqueza das nações**: investigação sobre a sua natureza e suas causas. Tradução de Luiz João Baraúna. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas).
- 56 SZMRECSÁNYI, T. A herança schumpeteriana. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 112-134.
- 57 TEECE, D. J.; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. In: DOSI, G.; TEECE, D. J.; CHYTRY, J. **Technology, organization and competitiveness**: perspectives on industrial and corporate change. Oxford: Oxford University Press, 1998. p. 193-211.
- 58 TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- 59 VEDOVOTO, G. L.; AVILA, A. F. D.; MARQUES, D. V. Avaliação de impacto sobre o conhecimento, sobre a capacitação e de impacto político-institucional da pesquisa da Embrapa. In: AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 103-127.
- 60 WALRAS, L. **Compêndio dos elementos de economia política pura**. Tradução de João Guilherme Vargas Netto. São Paulo: Nova Cultural, 1983. (Os Economistas)
- 61 WALTER, A. I. et al. Measuring societal effects of transdisciplinary research projects: design and application of an evaluation method. **Evaluation and Program Planning**, [S.l.], n. 30, p. 325-338, 2007.
- 62 WILLIAMSON, O. E. Transaction cost economics and organization theory. In: DOSI, G.; TEECE, D. J.; CHYTRY, J. **Technology, organization and competitiveness**: perspectives on industrial and corporate change. Oxford: Oxford University Press, 1998. p. 17-66.
- 63 ZACKIEWICZ, M. **Trajetórias e desafios da avaliação em ciência, tecnologia e inovação**. 2005. 247 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2005.