

**ENTRE A PESQUISA CIENTÍFICA E A
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: O DESAFIO DA
TRANSFORMAÇÃO DE CONHECIMENTO
EM DESENVOLVIMENTO**

DANY FLÁVIO TONELLI

2006

DANY FLÁVIO TONELLI

**ENTRE A PESQUISA CIENTÍFICA E A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA:
O DESAFIO DA TRANSFORMAÇÃO
DE CONHECIMENTO EM DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Administração, área de concentração em Organização, Mudanças e Gestão Estratégica, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. André Luiz Zambalde

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Tonelli, Dany Flávio

Entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica: o desafio da transformação de conhecimento em desenvolvimento / Dany Flávio Tonelli. -- Lavras: UFLA, 2006.

127 p. : il.

Orientador: André Luiz Zambalde.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Inovação tecnológica. 2. Heurística. 3. conhecimentos científicos. 4. Desenvolvimento. 5. Biotecnologia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-658.4063

DANY FLÁVIO TONELLI

**ENTRE A PESQUISA CIENTÍFICA E A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA:
O DESAFIO DA TRANSFORMAÇÃO DE CONHECIMENTO EM
DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Administração, área de concentração em Organização, Mudanças e Gestão Estratégica, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de dezembro de 2006

Prof. Dr. Mozar José de Brito	UFLA
Prof. Dr. Clarindo Isaías P. da S. e Pádua	UFMG
Prof. Dr. Paulo Roberto de Castro Vilella	UFJF

Prof. Dr. André Luiz Zambalde
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

DEDICO

*À minha filha,
Ketlyn*

AGRADECIMENTOS

Expressar todos os agradecimentos no pequeno espaço de uma simples folha de papel estaria além da minha limitada capacidade de síntese. Entretanto, no que minha falha memória permite, não poderia deixar de destinar um “muito obrigado” a algumas pessoas e instituições. Por meios delas, quero estender meus agradecimentos a todos os que contribuíram, de forma direta ou indireta, para tornar este sonho realidade.

Antes de tudo, muito obrigado a Deus, que me fortaleceu diante dos desafios que cruzaram o caminho. Nos momentos mais difíceis, sempre providenciou escape necessário que permitiu prosseguir na jornada.

Aos familiares, que tanto torceram pela minha vitória. Dentre eles destaco duas pessoas: a primeira é Letícia, minha esposa inseparável, a quem tantas vezes privei de companhia para cumprir compromissos acadêmicos; a outra é Margarida, minha mãe, com quem aprendi o real significado da palavra “dedicação”. Sem seu exemplo, jamais teria atingido o objetivo materializado nesta dissertação de mestrado.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Administração e Economia, pela confiança depositada e pela oportunidade de participar deste espaço de compartilhamento de conhecimentos. No “DAE”, o aprendizado de maneira nenhuma se restringiu apenas ao conteúdo disciplinar.

Ao professor André, pela orientação atenta e dedicada. Aos professores German, Juvêncio, Luiz Carlos, Antonio Carlos, Antonialli, Edgard, José Roberto e Mozar que, durante as aulas ou fora delas, tanto contribuíram para alargar os meus horizontes.

Aos colegas, pelo apoio nas angústias e frustrações, assim como pela partilha nas realizações.

Aos professores Francisco Dias Nogueira e Júlio César Teixeira (*in memoriam*), pelas valiosas contribuições nos estudos de campo.

Ao amigo César Augusto, pela leitura crítica e pelas valiosas contribuições para o êxito deste trabalho.

Finalmente, pela amizade e exemplo, a Ana Cláudia, Natanael, Sérgio e Márcio. Suas palavras de ânimo em muito fortaleceram este meu objetivo.

A todos, o meu “muito obrigado!”.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização e motivação.....	1
1.2 Objetivos e justificativas	5
1.3 Estrutura do trabalho	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Ciência e tecnologia em transformação.....	9
2.2 Do conhecimento ao desenvolvimento.....	14
2.3 Técnica, ciência, tecnologia e inovação	18
2.4 Modelos do processo de inovação.....	24
2.4.1 Modelo linear	25
2.4.2 Modelos interativos	28
2.4.2.1 <i>Chain-linked model</i>	29
2.4.2.2 Modelo da tripla hélice.....	37
3 METODOLOGIA	47
3.1. Natureza do estudo	47
3.2 Modelo teórico e plano de análise.....	49
3.3 Questões norteadoras da investigação	54
3.4 Unidades de estudo e procedimentos	55
4 INOVAÇÕES FUNDAMENTADAS NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	58
4.1 Caso I: Amiréia	58

4.1.1 Evolução longitudinal das pesquisas.....	60
4.1.1.1 Inicialização.....	62
4.1.1.2 Adaptação.....	63
4.1.1.3 Idealização.....	65
4.1.1.4 Inovação.....	69
4.1.2 Processo de inovação.....	71
4.2 Caso II: Biotech.....	76
4.2.1 Evolução longitudinal das pesquisas.....	79
4.2.1.1 Resgate.....	80
4.2.1.2 Aproximação.....	81
4.2.1.3 Interconexão.....	83
4.2.1.4 Inovação.....	84
4.2.2 Processo de inovação.....	86
5 FATORES CRÍTICOS E HEURÍSTICA.....	93
5.1 Identificação dos fatores críticos.....	93
5.1.1 Os valores (Fator I).....	95
5.1.2 A integração das viabilidades (Fator II).....	98
5.1.3 A quebra do domínio científico (Fator III).....	100
5.1.4 A comunicação entre as esferas institucionais (Fator IV).....	101
5.2 A heurística proposta.....	104
5.2.1 Cultura.....	105
5.2.2 Processos.....	106
5.2.3 Recursos.....	107
6 CONCLUSÕES.....	110
6.1 Sugestões para futuras pesquisas.....	115
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1: Conhecimento e desenvolvimento distinção ente a realimentação de conhecimentos e o processo de inovação	23
FIGURA 2: Modelo linear de inovação.....	26
FIGURA 3: <i>The chain-linked model</i>	31
FIGURA 4: Triângulo de Sábato.....	38
FIGURA 5: Tripla hélice I.....	42
FIGURA 6: Tripla hélice II	42
FIGURA 7: Tripla hélice III	43
FIGURA 8: Movimento dos arranjos: revestimento das comunicações e as expectativas das redes guiam a reconstrução dos arranjos institucionais	45
FIGURA 9: Modelo teórico da pesquisa	51
FIGURA 10: Fatores críticos que exercem influência direta no fenômeno estudado	52
FIGURA 11: Heurística CPR	53
FIGURA 12: Fases e procedimentos	56
FIGURA 13: Evolução longitudinal das pesquisas e processo de inovação da miréia	61
FIGURA 14: Fábrica de Amiréia em Campo Belo – MG	71
FIGURA 15: Evolução longitudinal das pesquisas e processo de inovação do Biotech.....	79
FIGURA 16: Marca e embalagens do Biotech	85
FIGURA 17: Fatores-chave de sucesso do processo de inovação com base no conhecimento científico.....	103
FIGURA 18: Heurística proposta	104

RESUMO

TONELLI, Dany Flávio. **Entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica: o desafio da transformação de conhecimento em desenvolvimento**. 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em administração) – Universidade Federal de Lavras, MG*.

O tema do trabalho é o processo de inovação que ocorre a partir de conhecimentos científicos produzidos na universidade. O objetivo central foi investigar a história de dois processos de inovação e desenvolver uma heurística parcial que sirva de referência para a formulação de políticas e práticas da inovação no contexto universitário. Para alcançar este objetivo, investigaram-se dois casos de inovação no setor agropecuário que ocorreram a partir de conhecimentos científicos desenvolvidos, em boa parte, na Universidade Federal de Lavras. No primeiro caso, o estudo se deu em torno de pesquisas realizadas na área da zootecnia, as quais possibilitaram o surgimento de um novo complemento nutricional aplicado à pecuária. No segundo caso, o alvo da investigação centrou-se em pesquisas realizadas na área da biotecnologia das ciências agrárias, as quais possibilitaram o surgimento de um bioativador dos nutrientes naturais do solo. A metodologia escolhida foi o estudo multicaso com perspectiva histórica. As técnicas utilizadas foram, basicamente, investigação documental e entrevistas com pesquisadores. O modelo teórico ancora-se em premissas que afirmam que o objetivo de estudos de casos é o de “generalizar em vez de particularizar” e ampara-se no conceito de “oportunismo controlado”. O estudo desenvolveu uma heurística de processo de inovação que aborda a transferência do conhecimento científico para o mercado, proporcionando, assim, o desenvolvimento econômico. Os resultados levaram à identificação de quatro fatores críticos do processo de inovação fundamentado em pesquisa científica. São eles: i) valores; ii) integração das viabilidades; iii) quebra dos domínios científicos e iv) integração entre esferas institucionais. Estes mesmos fatores levaram ao desenvolvimento da heurística CPR (cultura, processos e recursos). Esta heurística aponta para alguns focos importantes que merecem atenção especial por parte do tomador de decisão.

* Orientador: André Luiz Zambalde - UFLA

ABSTRACT

TONELLI, Dany Flávio. **Between the scientific research and the technological innovation: the challenge of transforming knowledge into development.** 2006. 127 p. Dissertation (Master in Management) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil*.

The subject of this work is the process of innovation that occurs from scientific knowledge produced in the university. The main purpose was to investigate the history of two innovation processes and to develop a partial heuristic that will work as a reference for the formularization of politics and practices of innovation in the university context. To reach this purpose, two cases of innovation on the farming sector that occurred from scientific knowledge mostly developed at Universidade Federal de Lavras, were investigated. In the first case, the study was based on research carried through in the animal science area, which enabled for the sprouting of a new nutritional complement applied to cattle. In the second case, the target of the investigation was a research carried through in the biotechnology of agrarian sciences field, which enabled the sprouting of a bio-activator of natural nutrients of the soil. The chosen methodology was the case study with historical perspective. The used techniques were, basically, documental inquiry and interviews with researchers. The theoretical model is anchored in premises which state that the aim of case studies is “to generalize instead of distinguishing” and is supported by the “controlled opportunism” concept. The study has developed a heuristic of the process of innovation that approaches the transference of the scientific knowledge to the market, providing the economic development. The results led to the identification of four critical factors of the innovation process based on scientific research. They are: i) values; II) integration of the viabilities; III) rupture of scientific domains and IV) integration among institutional spheres. These same factors have led to the development of the heuristic CPR (culture, processes and resources). The important focuses, pointed by the heuristic, must deserve special attention from the decision maker.

* Adviser: André Luiz Zambalde - UFLA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e motivação

O conhecimento tem se tornado, de forma crescente, o bem mais valioso e disputado da atualidade. No que se refere a sua produção, o Brasil tem conseguido bons resultados. Os indicadores têm mostrado que as pesquisas brasileiras vêm crescendo tanto em número como em qualidade; nas áreas de ciências agrárias e biotecnologia, por exemplo, as pesquisas se destacam internacionalmente. Em outras áreas, de forma geral, o número de artigos publicados em revistas indexadas vem crescendo, ano a ano (FAPEMIG, 2005).

No entanto, produção de conhecimento não é garantia de desenvolvimento. Para isso, é essencial a ruptura da barreira que separa os dois pólos. Uma forma adequada de romper essa polaridade seria a utilização do conhecimento para a geração de inovações por meio do aumento da eficiência dos processos de transferência.

Atualmente, o desenvolvimento econômico dos países se relaciona de forma imbricada com a sua capacidade de gerar e incorporar inovações. Portanto, existe a necessidade crescente de gerir os vastos recursos investidos na geração de conhecimentos científicos, de forma que objetive a sua incorporação pela sociedade. Por tal motivo, quando se fala que a geração de conhecimentos é valiosa para atingir o desenvolvimento econômico e social, melhor seria afirmar que, além da geração, a gestão articulada dos conhecimentos existentes e a sua respectiva aplicação são as melhores armas para se alcançar a competitividade de países e de empresas neste atual cenário mundial.

O problema da articulação do conhecimento produzido pelas pesquisas científicas para a geração de inovações tecnológicas não é uma exclusividade brasileira. Outros países, inclusive aqueles considerados os mais desenvolvidos, demonstram interesse crescente em estabelecer vínculos entre o conhecimento e

a sua utilização prática. No caso do Brasil, há uma dificuldade que se resume no baixo aproveitamento de estudos, publicações e experimentos das mais diversas naturezas, ou seja, esses estudos não têm alcançado o potencial adequado à geração de produtos, serviços ou processos que facilitem a vida das pessoas.

Este trabalho parte do pressuposto de que a única forma de romper a barreira existente entre o conhecimento, de um lado e o desenvolvimento, de outro, é pela melhora da eficiência dos processos de inovação.

Pode-se perceber, pela literatura especializada, que as contribuições a respeito dos processos de inovação se desenvolveram ancoradas em duas abordagens paradigmáticas¹: a linear e a interativa. Enquanto a primeira dá ao processo de inovação um olhar envolto em determinismo² e previsibilidade, a segunda, em contraponto, o concebe como um processo dinâmico, imerso em uma gama de imprevisibilidade de relações e interações.

Os estudos baseados na teoria linear, por exemplo, dedicam um olhar ao processo de inovação, condicionado a uma dinâmica seqüencial. Assim, o processo teria como pontos de partida a pesquisa básica e a pesquisa aplicada, seguidas pelo desenvolvimento, até atingir a inovação no final da cadeia. Essa interpretação do processo de inovação influenciou a ação política e estratégica em ciência e tecnologia dos governos da grande maioria dos países.

Esta interpretação do processo levou os governos a incentivarem a pesquisa básica, na esperança de que, em um futuro indeterminado, ela evoluiria para a aplicada e, conseqüentemente, como se fosse impulsionada por uma inércia natural, atingiria a inovação no final da cadeia.

¹ Segundo Kuhn (2006), “paradigma” é um conjunto de princípios, regras, crenças e valores, plenamente compartilhados e aceitos por uma determinada comunidade científica durante um período de tempo. O paradigma tem o poder de definir o problema legítimo de ser abordado, assim como a solução coerente.

² Determinismo, ou reducionismo, traduz um modo de pensar que supõe que tudo é, de modo previsível, causado por alguma coisa. Determinismo descreve qualquer teoria que explique o mundo em termos de alguns fatores estreitamente definidos (Johnson, 1997).

Na maioria dos países desenvolvidos, esse pensamento perdurou desde o final da Segunda Guerra até meados dos anos 1980 e início dos anos 1990. Entretanto, ainda existem pesquisadores que crêem no fato de que, em muitos países, essa filosofia linear e determinista perdure. O foco de resistência do modelo estaria presente na forma como as políticas de ação em ciência e tecnologia são conduzidas pelos governos. De forma geral, essas políticas seriam influenciadas por valores fortemente compartilhados, passivamente inspirados no modelo linear.

Os estudos baseados nas teorias interativas adotam a contraposição aos modelos lineares, fornecendo, assim, uma leitura ampliada da dinâmica do processo de inovação. A sua emergência se deve à demanda por um arcabouço teórico mais apropriado para compreender a realidade que se revela imersa em complexidade.

Os modelos interativos, como o próprio nome antecipa, fornecem a possibilidade de compreensão do processo de inovação como um fenômeno dinâmico, que sofre e exerce a influência do ambiente mais amplo, não se restringindo aos elementos endógenos do próprio processo. Esse ambiente seria representado pelas emergências de tempo e de espaço, incluindo o mercado, o governo, a sociedade em geral e o momento adequado para o desenvolvimento de um determinado produto.

Muitos são os modelos que podem se enquadrar nesta concepção interativa ou não-linear. Para os fins deste estudo, adotaram-se dois. O precursor e mais difundido foi desenvolvido por Kline & Rosenberg (1986), conhecido como “chain-linked model”. Neste modelo, os autores focam o processo e seguem a visão schumpeteriana (Shumpeter, 1942) de que a organização é o cerne da inovação.

Outro modelo, também muito difundido no meio científico, conhecido como o modelo da tripla hélice de relações – universidade, indústria e governo,

cunhado por Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), permite o desenvolvimento de uma concepção do processo de inovação menos focada nos aspectos organizacionais, em prol de um olhar institucionalizado.

Essa visão ampliada do processo discorre a respeito da evolução da forma como as instituições deveriam atuar em resposta às transformações atuais, no sentido de atingir um nível de interatividade que contribua para a maximização dos mais diversos recursos em prol do surgimento de inovações. A sua utilização neste trabalho se justifica pelo fato de que ela contribui para a compreensão do papel das esferas institucionais como promotoras dos meios necessários aos esforços de inovação.

A mudança do papel das universidades, que leva a preocupações antes não tão importantes, como a busca por legitimidade da pesquisa científica e a busca por melhor e maior contribuição para a sociedade em forma de desenvolvimento econômico, é abordada neste trabalho. A leitura que se dá a essas mudanças está ligada à existência de uma transformação institucional, causada pela quebra da ideologia linear e pela tentativa de construção de uma ideologia interativa, seja no que se refere às políticas públicas implementadas, seja no que se refere à estratégia de ação organizacional.

A existência de duas abordagens diferenciadas para o estudo do processo de inovação leva ao questionamento de qual é abraçada neste estudo. Este trabalho busca adotar a concepção da inovação como um processo interativo e envolto em imprevisibilidade.

Apesar da adoção do olhar interativo, o título deste trabalho - “Entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica” - sugere a idéia de que nele pressupõe-se que o processo de inovação tenha um início – a pesquisa - e um fim – o produto. Em outras palavras, que é feita uma leitura linear do processo de inovação. Embora seja evidente que a pesquisa, especialmente no setor agropecuário, exerça um importante papel para o surgimento de inovações, a

busca foi por dedicar um olhar interativo ao processo. Procurou-se, por meio do título, ressaltar a importância decorrente das transformações do ambiente institucional no qual as universidades se inserem, relacionadas ao aproveitamento do conhecimento nelas produzido em forma de contribuição efetiva para o desenvolvimento. Esse fato é o que motiva a busca de soluções que levam à comunicação entre os dois pólos.

Partindo do pressuposto de que, para incrementar as possibilidades de inovação com base na pesquisa científica, sejam estas iniciativas dedicadas à ação estratégica organizacional ou para a formulação de políticas públicas, torna-se importante conhecer como se desenvolve este processo, sob novos olhares. A opção deste trabalho foi a de utilizar o foco histórico.

Dessa forma, este trabalho visa preencher uma lacuna observada nos estudos a respeito do processo de inovação. Isso porque, apesar de muito se ter avançado no conhecimento e na contextualização teórica da dinâmica da inovação, desde os primeiros modelos até os atuais, ainda são raros os estudos que recuperam, numa abordagem histórica, aspectos empíricos da trajetória de casos que geraram inovação pela pesquisa, que sirvam de auxílio para futuros esforços inovativos. Em outras palavras, os atuais estudos sobre tal processo não dirigem seus objetivos para a compreensão da história das inovações que possam auxiliar a futura tomada de decisões na área. Nesse sentido, não há estudos que busquem uma compreensão do processo a partir da articulação dos resultados das pesquisas até a geração de inovações tecnológicas com ênfase na investigação do papel das esferas institucionais e do pesquisador neste empreendimento.

1.2 Objetivos e justificativas

Procurou-se, com este trabalho, recuperar, sob a ótica das teorias do processo de inovação, a história de dois processos de inovação, bem como

propor uma heurística³ parcial⁴ que sirva de referência para a formulação de políticas e práticas de inovação no contexto universitário.

Entre os objetivos específicos, encontram-se:

- a) investigar como ocorreu a transposição dos conhecimentos desenvolvidos na pesquisa científica para o mercado, em forma de inovações tecnológicas, de dois casos específicos, sob a ótica das teorias do processo de inovação;
- b) identificar os fatores críticos, percebidos na história dos dois casos, que se relacionam, primeiramente, com a teoria dos processos de inovação e, seqüencialmente, entre si;
- c) utilizar os fatores críticos relacionados, observados na teoria e nos casos estudados, para a construção de uma heurística parcial que sirva como auxílio para a tomada de decisões estratégicas por parte de gestores de ciência, tecnologia e inovação.

Ao relacionar os modelos de inovação linear e interativo com a história e a trajetória de pesquisas científicas que deram origem a inovações tecnológicas, espera-se que o objetivo central tenha sido alcançado. Essa contribuição visa a maior inserção desta área de administração em um assunto de importância essencial para o desenvolvimento econômico e social das regiões e do país.

³ O termo “heurístico” vem do grego *heuriskô*, que significa “descobrir”. Ele também está associado à expressão “regra de bolso” e pode ser um meio efetivo de lidar com ambientes empresariais complexos, nos quais torna-se necessário tomar decisões rápidas e efetivas (Joia, 2004). O percurso percorrido que tornou possível a construção da heurística encontra-se mais detalhadamente exposto no capítulo 3 deste trabalho.

⁴ Os casos empíricos estudados não validam um modelo heurístico amplo. Entre as limitações que impedem esta proposição está o número muito restrito de casos (dois). No entanto, a heurística desenvolvida por este trabalho, apesar de não apontar todos os fatores críticos de sucesso ou insucesso de processos de inovação no contexto universitário, aponta para alguns fatores que são amplamente validados na teoria e que podem ser inferidos para outros processos de inovação da mesma natureza.

Os objetos de estudo foram dois casos de pesquisas que contribuíram para o surgimento de inovações no setor agropecuário: um no campo da tecnologia de nutrição animal e o outro no campo biotecnologia do solo. Eles tiveram como base para o seu desenvolvimento a pesquisa desenvolvida dentro de universidades e se transformaram em inovações viáveis economicamente. Pode-se, portanto, afirmar que estes casos romperam a barreira que separa a produção de conhecimento e a produção de desenvolvimento, por meio da geração de produtos comercializáveis e capazes de serem inseridos no mercado.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho estrutura-se numa seqüência que parte do referencial teórico, seguido por metodologia, estudo de casos e análise.

O caminho teórico percorrido no capítulo 2 busca, antes de tudo, realizar uma reflexão a respeito das transformações institucionais atuais do campo⁵ da ciência e da tecnologia. A reflexão apresentada dá o suporte para o entendimento da necessidade crescente de aliar o conhecimento e o desenvolvimento. As seções deste capítulo descrevem também as transformações ocorridas do campo da ciência e da tecnologia, o relacionamento existente entre os conceitos trabalhados (técnica, ciência, tecnologia e inovação) e o processo de inovação. A seção 2.4 resgata o modelo linear de processo de inovação tecnológica e a sua conotação cultural. Além disso, descreve a evolução e os elementos presentes nos modelos mais amplamente aceitos da atualidade, ou seja, os modelos interativos.

⁵ Segundo Bourdieu (1989), os campos são espaços sociais onde agem pessoas particulares, com posições sociais e habitus. São disposições duráveis, incorporadas, quase naturais ou próprias, mediadas por instituições estruturalmente articuladas em oposição ou complementaridade pelas regras.

O terceiro capítulo aborda os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho. Para isso ele apresenta: a) a natureza do estudo e a justificativa para a escolha do método de pesquisa; b) as questões norteadoras da investigação; c) o modelo teórico utilizado e o plano de análise; e, finalmente; d) apresentação das unidades de estudo e do plano para a reunião dos dados.

O quarto capítulo apresenta as respostas empíricas à teoria dos processos de inovação por meio do estudo da evolução histórico-científica de dois casos.

O quinto capítulo identifica os principais fatores críticos do processo de inovação baseado no conhecimento científico. Estes fatores são fundamentados no estudo histórico e no arcabouço teórico utilizado. Eles oferecem os meios em torno dos quais a construção da heurística parcial do processo de inovação se estruturou.

O sexto capítulo apresenta as reflexões finais e algumas propostas para estudos futuros e o sétimo, a bibliografia utilizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciência e tecnologia em transformação

As últimas duas décadas têm sido marcadas por transformações institucionais profundas no campo da ciência e da tecnologia (C&T). Uma das implicações mais importantes está relacionada à forma de financiamento das pesquisas. O novo contexto pressupõe a preocupação com a aplicabilidade e a potencialidade social e comercial dos conhecimentos alcançados, dando-lhes um sentido econômico e aumentando, assim, o desenvolvimento humano da sociedade em geral.

Brito (2000) toca nessa questão quando preconiza o surgimento desse novo contexto, por meio do estudo de uma organização inserida neste campo de C&T. O autor faz uma leitura conceitual do problema e afirma que a mudança é o reflexo da transformação no contexto institucional, levada a cabo pela inserção de novas ondas de inovação. A síntese dessas transformações seria o surgimento de novas formas organizacionais que passam pela redefinição da relação existente entre o público e o privado. Nesse novo ambiente, a preocupação com a propriedade intelectual e a geração de tecnologias comercializáveis transita ao lado da articulação de parcerias com a iniciativa privada e da diversificação das fontes de financiamento de projetos.

Dessa forma, Brito (2000) afirma que a mudança no ambiente institucional leva a reformulações internas, alcançando, como meta final, a modificação do comportamento organizacional na tentativa de se obter maior legitimidade social, promovendo, assim, a sustentabilidade econômica, política e social da organização, seja no curto, no médio ou no longo prazo.

À semelhança do que foi observado por Brito (2000), a respeito da atitude da organização por ele estudada em relação ao novo contexto do campo

científico e tecnológico, as universidades estão buscando a adaptação a esse novo ambiente institucional.

No intuito de compreender essas novas tendências do desenvolvimento científico e tecnológico, algumas abordagens contemporâneas têm procurado dar um sentido a esse movimento, por meio da busca por respostas que forneçam maior luz ao problema.

Sobral (2004) dá uma idéia de como essas transformações vêm se destacando entre os cientistas sociais. Nesse sentido, o novo contexto para o campo da C & T vem adquirindo grande importância, a ponto de passar a ser o foco de diversos estudos das ciências sociais aplicadas. Segundo a autora, a questão vem sendo abordada por meio da emergência de novos estudos, como o “novo modo de produção do conhecimento”, por Gibbons et al. (1994); da idéia de “redes sócio-técnicas”, elaborada por Latour & Woolgar (1997); por meio do conceito de “arenas transepistêmicas”, de Knorr Cetina (1982) e do “modelo da Tripla Hélice”, de Etzkowitz & Leydesdorff (1996, 1997, 2000). Cada um desses modelos se pauta, de maneira geral, na busca por ligação mais aproximada entre a produção de conhecimento e a sua aplicação prática.

Gibbons et al. (1994), por exemplo, referem-se ao surgimento de um “novo modo de produção do conhecimento”. Esse novo modo está inserido em um contexto de aplicabilidade da pesquisa. Assim, as pesquisas são desenvolvidas a partir da necessidade de resolução de problemas práticos. Para esses autores, nesse novo modo de produção, a pesquisa assume um caráter mais transdisciplinar do que disciplinar, isso baseado na premissa de que, se o conhecimento é produzido num contexto de busca por aplicação não apenas com a intenção de acumulação na área, este fato, muitas vezes, exige que as disciplinas se complementem, trabalhando juntas.

Entre outras premissas, o novo modo de produção de conhecimento, estimulado pelo aumento da consciência pública a respeito de assuntos antes

restritos aos meios científicos, não é orientado para os pares, mas para os não produtores de conhecimento, implicando em maior responsabilidade social. Além disso, pressupõe uma heterogeneidade institucional, uma vez que o novo modo de produção do conhecimento se desenvolve não em uma organização, mas em redes de organizações diversificadas.

Assim, o novo modo de produção do conhecimento provoca mudanças significativas na forma tradicional de se fazer pesquisa, uma vez que o que antes era orientado pelo próprio processo de acumulação do conhecimento passa a ser regido também por sua utilidade social ou econômica. Entretanto, apesar da consolidação do novo modo de produção do conhecimento, isso não implica necessariamente na substituição do antigo (Sobral, 2004).

Latour & Woogar (1997), por sua vez, afirmam que as “redes sócio-técnicas” são constituídas sobre um conjunto complexo de múltiplos cientistas, pesquisadores, técnicos de agências financiadoras, empresários, membros da sociedade, em geral que, de forma direta ou indireta, influenciam na elaboração dos problemas. Assim, a tecnociência pode ser metaforicamente abordada como uma rede, cheia de laços, nós, fios e malhas. Tal rede envolve não apenas os que nela estão inseridos diretamente, mas todas as pessoas que não fazem, mas interagem de alguma forma com a ciência, seja porque por ciência julgam suas ações ou constituem seus pensamentos, seja porque dela dependam de alguma forma.

Numa direção semelhante, a idéia de “arena transepistêmica” de Knorr Cetina (1982) tem a ver com o fato de que as arenas de ação são os espaços dentro dos quais a pesquisa científica e tecnológica se realiza. Isso significa dizer que as interações do meio científico não se resumem apenas aos conteúdos cognitivos de uma disciplina, mas também se relacionam com aqueles de ordem social. Isso evidencia o fato de que as transformações institucionais da ciência e

da tecnologia estão na direção de melhor integrar a prática científica às questões relacionadas ao desenvolvimento social e econômico.

Etzkowitz & Leydesdorff (1996, 1997, 2000), no modelo da tripla hélice (discutido na seção 2.4), afirmam que as universidades, em resposta às transformações institucionais, estão passando por uma segunda revolução. Segundo os autores, essa revolução se refere ao fato de que as pesquisas passam a ser orientadas para as necessidades de contribuir para o desenvolvimento econômico, especialmente das regiões. Em outras palavras, além das duas missões básicas, ensino e pesquisa, na segunda revolução, as universidades incorporam a missão contribuir, de forma mais direta, para a resolução de problemas práticos do mercado.

No mesmo sentido, Martin & Etzkowitz (2000) afirmam que o resultado dessa nova visão é a emergência da universidade empreendedora, a qual combina ensino, pesquisa e contribuição para a economia, particularmente da região na qual está inserida.

Para melhor compreender o motivo de tantos estudos que buscam o sentido de todo esse movimento, é importante recuperar a noção de contrato social da ciência e da tecnologia.

Na opinião de Guston & Keniston (1994), essas transformações contemporâneas estão indiretamente influenciadas pela quebra do contrato social entre a ciência e a universidade, de um lado e a sociedade e o estado, de outro. O cerne deste contrato social que, teoricamente, vigorou desde o pós-guerra até a década de 1980 (em alguns países mais desenvolvidos e, posteriormente, de forma variada em outros menos desenvolvidos), estava baseado na ideologia do modelo linear de inovação (discutido na seção 2.4).

Da seqüência linear, que seguia basicamente a ordem pesquisa básica - pesquisa aplicada - desenvolvimento tecnológico - inovação, decorre a clara implicação de que se o governo investisse recursos necessários à pesquisa básica

de um lado da cadeia, o resultado, do outro lado da cadeia, viria, em um tempo indeterminado, sob a forma de inovações tecnológicas, gerando, assim, maior desenvolvimento econômico e social (Guston & Keniston, 1994).

Para os autores, o contrato social do pós-guerra poderia ser definido nos seguintes termos: o governo promete custear a pesquisa básica e cientistas prometem que a pesquisa será conduzida de forma honesta e adequada, provendo, assim, o elo inicial da corrente das descobertas que seriam concretizadas em novos produtos, medicamentos ou armas.

No contrato social revisado após o declínio do modelo linear de inovação, como observado por Martin & Etzkowitz (2000), há uma clara expectativa de que, em retorno aos fundos públicos, os cientistas e universidades passem a atentar para as necessidades da economia e da sociedade em geral.

Em meio a todo esse polêmico debate a respeito de qual seja a vertente mais ou menos legítima de se fazer ciência, Sobral (2004) apresenta uma terceira possibilidade que, de uma forma sutil, surge como um agente conciliador entre os dois lados da questão.

Esta opção seria composta pela associação de dois tipos de procedimento, aquele impulsionado pelas demandas da própria ciência pura, freqüentemente intradisciplinar⁶ e aquele orientado pelas demandas econômicas e sociais ou pelo mercado econômico e social. Em outras palavras, uma combinação entre: a) o modo tradicional de prática científica e b) o chamado novo modelo de produção de conhecimento. A saída proposta preservaria a

⁶ Pesquisas desenvolvidas sob a orientação intradisciplinar, freqüentemente não consideram a importância de elementos que operam fora dos limites de sua disciplina original. Por exemplo, ao pesquisar organismos geneticamente modificados, os cientistas podem ser tentados a desconsiderar a estabilidade do sistema como um todo. Isso torna o seu conceito de sucesso diferenciado daquele que considera os variados aspectos envolvidos como os que são relacionados a questões morais e éticas, à sustentabilidade de longo prazo, dentre outros. Uma noção de sistemas pode ser obtida em Kline & Rosenberg (1986).

autonomia da ciência sem deixar de lado as necessidades da sociedade, sobretudo aquelas de ordem econômica.

No entanto, não se pode negar a transformação iminente que se relaciona com a busca pela legitimidade da pesquisa no meio social e econômico. A emergência dessas variadas leituras para o desenvolvimento científico e tecnológico – em contraponto ao olhar de alguns autores para o problema, ao afirmar que esses estudos não são fruto da transformação e, sim, seus indutores - em síntese, apenas reflete um ambiente em plena ebulição transformadora.

Sob a luz da perspectiva kuhniana de paradigmas (Kuhn, 2006), que o define como conjunto de crenças e valores compartilhados que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções para uma comunidade de praticantes de uma ciência, considera-se que a emergência dessa nova base teórico-conceitual indica que está em franco desenvolvimento uma transição de paradigmas para a análise de ciência e tecnologia e suas relações com o Estado e a sociedade (Conde & Araújo-Jorge, 2003).

Partindo do pressuposto de que há uma emergência crescente em aliar a produção de conhecimento e a geração de riquezas, essa revisão parte para a próxima seção buscando elucidar o que há no meio dos dois pólos e que tanto impede a transposição natural deste hiato.

2.2 Do conhecimento ao desenvolvimento

Os termos conhecimento e desenvolvimento assumem uma importância significativa para a compreensão do processo de inovação tecnológica. Portanto, esta seção resgata o significado do “conhecimento” das formulações filosóficas de Aristóteles. A partir disso, busca desenvolver um marco teórico que objetive evidenciar a importância do termo no que se refere à geração de desenvolvimento.

Para Zawislak (2006), o conhecimento se resume na posse e no exercício das faculdades intelectuais e sensoriais. Dessa forma, é uma propriedade fundamentalmente humana. Essas faculdades intelectuais permitem ao homem não apenas a concepção no imaginário, antes da concepção de fato, mas também evoluir no que concerne ao entendimento que se tem das coisas e dos fatos. É por tal motivo que, por trás de todo o desenvolvimento, está o conhecimento.

Aristóteles, ainda hoje, representa um ícone no que se refere ao estudo do conhecimento humano. A abordagem aristotélica a respeito do saber ou do conhecimento é de extrema importância, pois ele influenciou estudiosos do ocidente por vinte séculos. Ao tomar como fio condutor o princípio da causalidade⁷, conhecido como programa causal aristotélico, Aristóteles delimitou as fronteiras entre as formas distintas de saber (Gasset, 2001).

Dessa forma, Aristóteles dividiu o saber humano em quatro dimensões: experiência, arte ou *techne*, ciência ou *episteme* e filosofia. A experiência vem a ser o saber particular, baseado na percepção. Não é explicativo. Arte ou *techne* é o raciocínio indutivo, explicativo pelas causas e orientado para as necessidades práticas da vida. A ciência ou *episteme* é também o saber das causas imediatas das coisas, porém, orientado para o saber desinteressado, que vai além das vicissitudes da vida. A filosofia se distingue da ciência porque se ocupa, em primeiro lugar, das causas e princípios (Gasset, 2001).

Nota-se que o que Aristóteles chama de arte é muito próximo ao que atualmente é denominado por técnica. Esta só se distingue da ciência porque uma seria prática e a outra seria desinteressada, ou seja, não preocupada com a aplicação dos conhecimentos por ela desenvolvidos.

⁷ Aristóteles entende por causa o princípio ou os princípios que entram na produção de algo. Esses princípios se resumem em quatro: a causa material, a formal, a eficiente e a final. A concepção de Aristóteles para a natureza é teleológica ou finalista, ou seja, na natureza, tudo sempre está em busca de um fim. Este aspecto é importante, pois é uma das diferenças fundamentais da ciência antiga em relação à moderna (Gasset, 2001).

No entanto, para o mundo de hoje, em que se requer na ciência alguma finalidade prática, não se pode bem compreender a distinção aristotélica. Existe uma explicação para o motivo de Aristóteles ligar a ciência a objetivos desinteressados. Na época, o conhecimento pertencia a uma elite que nada queria saber de trabalho manual, influenciando, portanto, a qualificação da ciência e da filosofia de saberes não-práticos. Historiadores e filósofos têm visto nisso um grave obstáculo que impediu o desenvolvimento de um saber experimental na Grécia, com exceção da escola de Alexandria, com Arquimedes, por exemplo (Gasset, 2001).

Embora a validade do modelo causal aristotélico seja questionada pela ciência moderna, permanece o mérito de Aristóteles ter sido o primeiro a delimitar as fronteiras para a compreensão do que vem a ser o conhecimento ou o saber humano.

O termo conhecimento, segundo o Novo Dicionário da Língua Portuguesa (Ferreira, 1985, p.454), entre outras definições, significa:

“(...) 2. Idéia, noção. 3. Informação, notícia, ciência. 4. Prática da vida; experiência. 5. Discernimento, critério, apreciação. (...) 13 Filos. A apropriação do objeto pelo pensamento, como quer que se conceba essa apropriação: como definição, como percepção clara, apreensão completa, análise, etc.”

Percebe-se, nas definições, a existência de algumas evidências das dimensões do conhecimento abordadas por Aristóteles. Este fato se dá especialmente no que se refere ao conhecimento prático ou *techne* (a definição número “4” do dicionário) e como conhecimento sob uma forma mais elaborada e documentada (número “5”), ou seja, o científico (*episteme*).

Representando um conceito evoluído dessas duas dimensões do conhecimento (*techne* e *episteme*), Zawislak (2006) afirma que a *techne* é um conhecimento pessoal, de uso rotineiro, muitas vezes de uso inconsciente, que se

torna de difícil descrição. Por não seguir princípios rígidos (metodologia), ela passa a depender da intuição. Está implícita e, portanto, restrita a um determinado contexto de ação, isto é, diretamente ligada à prática de alguma coisa. É de difícil articulação. O *know-how* atingido por certa gama de trabalhadores é um exemplo do poder da *techne*.

A *episteme*, por outro lado, é o conhecimento obtido com a aplicação da dedução lógica a partir de princípios rígidos, em que nada deve ser deixado ao acaso ou à imaginação. Trata-se, portanto, do conhecimento articulado, ou seja, o científico. Marglin (1990), citado por Zawislak (2006), afirma que a *episteme* é um conhecimento analítico, universal, cerebral, teórico e impessoal.

A síntese de tudo isso é o fato de que o uso do conhecimento - seja ele desenvolvido segundo o rigor do método científico ou obtido a partir de práticas ou técnicas - surge da necessidade do homem de ultrapassar algum tipo de obstáculo. Este obstáculo pode ser, de certo modo, simples, como a satisfação das suas necessidades básicas ou complexo, como a busca por mais tecnologia nas áreas de comunicação, saúde e segurança. Portanto, o desenvolvimento humano requer a criação, o uso e a aplicação do conhecimento produzido pelo homem.

Zawislak (2006) afirma que, como fonte de desenvolvimento, o conhecimento assume a forma de prática (conhecimento empírico – *techne*) e ou de ciência (*episteme*). Os modos de aparência destes dois tipos de conhecimento são, respectivamente, as técnicas e as tecnologias. Uma vez postas a serviço da ação, as diferentes formas de conhecimento, agora investidas de uma nova roupagem mais próxima à dimensão *episteme* do conhecimento, perdem a qualificação de conhecimento desinteressado, como na visão aristotélica, passando a ter importância essencial para a melhora da vida das pessoas. A seção 2.3 abordará melhor esse assunto.

2.3 Técnica, ciência, tecnologia e inovação

Zawislak (2006) ressalta que a técnica está restrita à ação, sendo um conjunto de procedimentos e de objetos que constituem uma atividade, não incluindo, porém, as razões do funcionamento da suposta ação. A técnica é um conhecimento acumulado e individualizado que serve como base para a ação, ou seja, para a realização de determinada atividade, sem conter em si as explicações lógicas do fenômeno. Ele nasce, mantém-se e reproduz-se na própria ação. Traz imbricado o *know-how* (*savoir-faire*) de uma determinada atividade, assim como os objetos que dela são originados.

No entanto, por trás da técnica, há um conteúdo profundo, o qual se pode conhecer de forma apurada por meio da aplicação do processo de observação, de racionalização e de descrição da técnica. Para tanto, a aplicação do método científico é apropriada.

A definição proposta pela Unesco, *apud* Reis (2004, p.34), se encontra com a que foi apresentada, uma vez que afirma que ciência é o “conjunto de conhecimentos organizados sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos através do estudo objetivo dos fenômenos empíricos”.

Assim, a ciência busca justamente ultrapassar a simples ação para identificar as razões por trás do fenômeno. Zawislak (2006, p. 05) afirma que a ciência é a “decomposição epistemológica da ação, criando assim um verdadeiro sistema de conhecimentos sobre determinado assunto”. Busca o conhecimento do fenômeno por meio da investigação, descrição, análise e estudo que, em si, colabora para a explicação das suas causas.

De posse das razões de ser de determinada atividade ou de determinado fenômeno, a ciência propõe o retorno à ação concreta, tendo como base um conjunto de instrumentos intelectuais, lógicos e descritivos, resultantes da decomposição e da sistematização.

Nesse sentido, torna-se propício apresentar a definição de Kuhn (2006) para ciência normal. Pode-se notar que a grande maioria da ciência desenvolvida está emoldurada por esta concepção. Sob a influência da ciência normal, mesmo de forma inconsciente, o pesquisador busca insistentemente confirmar os preceitos do paradigma vigente (teoria aceita) em um determinado ramo de estudo. Assim, as pesquisas buscam aproximar a natureza ao paradigma dominante, sendo este mais ou menos apropriado. No entanto, a prática da ciência normal – “um empreendimento não dirigido para as novidades e que a princípio tende a suprimi-las” (p. 91) pode ser eficaz a ponto de provocá-las.

Voltando à articulação da técnica com a ciência, a primeira é muitas vezes, previamente conhecida, porém, destituída de testes empíricos e sob a forma de conhecimento tácito ou de viabilidade hipotética. Ao passar pelo processo científico normal, na maioria das vezes, adquire uma explicação lógica. Recuperando do grego as raízes etimológicas, *tchne logos*, ou seja, tecnologia (Zawislak, 2006).

Em uma definição prática do termo tecnologia, Reis (2004) afirma que ela representa o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos diretamente aplicáveis à produção ou melhoria de bens ou serviços.

Sob essa concepção, a tecnologia representa a volta à técnica, agora, no entanto, desenvolvida essencialmente a partir do discurso científico. É a descrição lógica do conhecimento que é produzido de modo sistemático e não como obra do acaso, isto é, da prática. É a técnica desenvolvida a partir da dimensão intelectual, discursiva e racional. Trata-se de ação de um conjunto de procedimentos e de objetos que só se concretizam a partir de um processo científico anterior de maturação de idéias e de busca de soluções, respaldadas por princípios teóricos previamente definidos (Zawislak, 2006).

Na sua definição de ciência, Zawislak aproxima-se da definição de Kuhn (2006) de “ciência normal”, uma vez que observa que a ciência está intimamente

relacionada ao conhecimento dos fenômenos e à comprovação de teorias. Já a tecnologia está associada a impactos socioeconômicos sobre uma comunidade, resultante da aplicação de novos materiais, novos processos de fabricação, novos métodos e novos produtos nos meios de produção. A ciência, embora influencie sobre a comunidade, não tem por escopo impactos sociais e econômicos, ao passo que a tecnologia fica destituída de sentido se não estiver sintonizada com as preocupações econômicas e o bem-estar de uma sociedade.

Enquanto a ciência está normalmente associada à publicação de artigos, teses e livros, dentre outros, e os conhecimentos por ela criados são livremente veiculados, por serem considerados patrimônio da civilização e não objeto de propriedade particular, a tecnologia é sistematicamente vinculada a um produto ou processo, de natureza privada, passível de ser negociado e enquadrado por patentes (Reis, 2004).

A ciência é a atividade que propõe a aquisição sistemática de conhecimentos sobre a natureza biológica, social e tecnológica. A tecnologia representa a utilização dos conhecimentos acumulados por meio da intuição, do empirismo e da razão, de forma a reduzir o esforço humano. Assim, a tecnologia representa o conjunto de conhecimentos científicos empregados na produção e na comercialização de bens e serviços (Jung, 2004).

O binômio C&T reúne heterogêneos tipos e configurações de atividades, produzindo resultados distintos, demandando, para isso, recursos diferenciados. A multiplicação de estudos sobre C&T mostrou que essas atividades apresentam complexas inter-relações, levando à superação de visões deterministas, em que havia uma direcionalidade da ciência para a tecnologia, em favor de visões dinâmicas e sistêmicas, prevalecendo a interação, a retroalimentação e a sinergia (Erber, 2000).

É de se esperar que, a partir das possíveis definições de ciência e tecnologia, seja reconhecida a existência de complementariedades entre os

termos. Dessa forma, a boa evolução da ciência para a tecnologia é essencial para a articulação do conhecimento para a geração de desenvolvimento e, conseqüentemente, de riquezas.

A geração de desenvolvimento e riquezas tem como base a acumulação e a utilização dos conhecimentos disponíveis. Os resultados dessa atividade tornam-se relativamente perceptíveis em forma de inovações, sejam elas técnicas ou tecnológicas.

A inovação se insere na discussão como agente de mudança conceitual, portanto, significa o novo sob o ponto de vista de uma necessidade de mercado. Assim, a inovação é o produto de algo produzido, planejado e construído, não obtido ao acaso. Exige a criação de novos modelos e a superação da resistência intrínseca às alterações e a preferência pela estabilidade que não conduzem ao progresso. A inovação se configura como uma ruptura dos hábitos de rotina (Henning citado por Jung, 2004). Dessa forma, uma inovação bem sucedida contribui para a facilitação da vida das pessoas e para o desenvolvimento.

A inovação pode ser incremental ou radical (Freeman, 1994). A inovação tecnológica incremental se adapta, geralmente, ao contexto da organização, bem como a seus valores e crenças, necessitando de poucas adaptações nos processos já existentes para a sua implementação. A inovação tecnológica radical introduz conceitos completamente novos na organização. Torna-se necessária a criação de novos processos, implicando na extinção dos existentes, além de envolver, em alguns casos, a mudança de valores pré-concebidos. Logicamente, a inovação tecnológica radical envolve muito mais incertezas, resistências e, conseqüentemente, riscos. Ela difere da invenção no quesito da viabilidade. Enquanto a invenção é a solução tecnicamente viável de um problema, a inovação é a solução economicamente viável do problema. A invenção ficaria restrita ao âmbito das idéias, esboços, projetos e modelos. A inovação é a solução de fato de um problema. Pode ser tanto resultado da

atividade de resolução de problemas de rotina, como pode ser resultado de um processo de pesquisa ou de invenção (Zawislak, 2006).

Assim como o desenvolvimento requer a aplicação do conhecimento, o sucesso da inovação é diretamente proporcional à taxa de adoção. Dessa forma, a inovação deve apresentar um grau de superioridade em relação aos conceitos e padrões anteriores, ou um valor agregado frente ao estado atual daquilo que já é utilizado ou empregado (Jung, 2004). Por tal motivo requer um contexto apropriado para que se alcance o status de facilitador da vida das pessoas e seja posta em uso pela sociedade.

Ao abordar a forma como se dá a articulação do conhecimento para a geração de desenvolvimento por meio da sua produção e aplicação, pode-se falar em processo de geração de tecnologia, processo de resolução de problemas e processo de inovação (Zawislak, 2006). Nesse caso, o processo de inovação sintetiza a ligação existente entre dois pólos. De um lado, o acúmulo do que se conhece, em termos práticos ou científicos e, de outro, o desenvolvimento que se pode alcançar por meio da aplicação prática deste conhecimento. Não há como percorrer o trajeto do primeiro ao segundo, sem que se dê a devida importância ao processo pelo qual isso se torna possível.

Até o momento, este trabalho dedicou ênfase especial aos conhecimentos que geram desenvolvimento por meio dos processos de inovação. Esse fato não invalida, de forma nenhuma, a importância da utilização dos conhecimentos existentes apenas para a geração de novos conhecimentos. Apesar de não contribuir diretamente para a geração de desenvolvimento econômico e social, esta realimentação de conhecimentos técnicos e científicos enriquece o corpo de conhecimento existente. Estes, por sua vez, servirão para dar a base para o surgimento de futuros processos de inovação.

Os assuntos abordados nesta seção estão sintetizados na Figura 1, em que se observa a distinção entre os processos de inovação e os processos de realimentação de conhecimentos, sejam eles técnicos ou científicos.

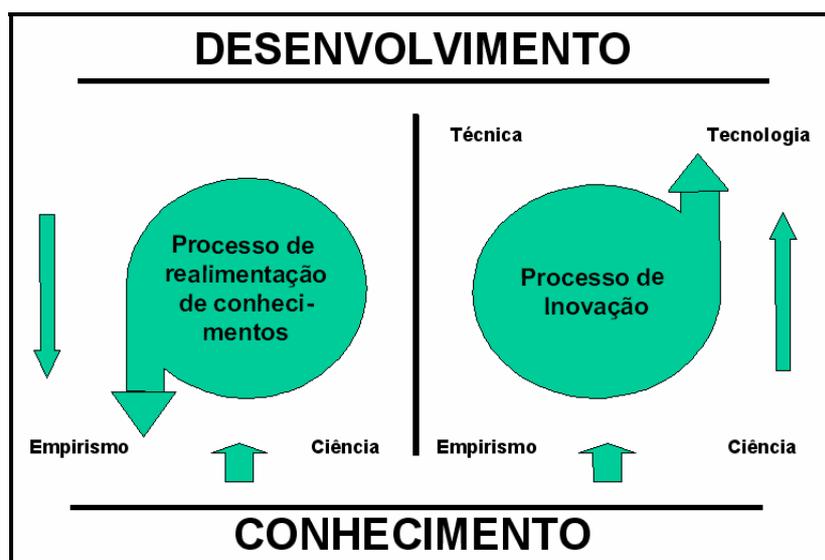


FIGURA 1: Conhecimento e desenvolvimento: distinção entre realimentação de conhecimentos e processo de inovação
Fonte: desenvolvido pelo autor

Como pode ser observado, o corpo de conhecimentos existente pode ser enriquecido por meio da sua realimentação ou passar pelo processo de inovação, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico e social.

No primeiro caso, o conhecimento científico gera mais conhecimento científico e o conhecimento empírico também se realimenta. Apesar de não se ter atingido o desenvolvimento econômico, este empreendimento tem seu valor, uma vez que as modernas descobertas científicas somente se tornaram possíveis porque se estruturaram em torno de conhecimentos básicos. O problema, neste caso, é que o conhecimento desenvolvido, habitualmente, é de domínio

universal, não impondo restrições para o acesso daquele que vai usá-lo com finalidades econômicas.

Para que se possa atingir o desenvolvimento, torna-se necessária a utilização deste arcabouço de conhecimentos existentes para a geração de técnicas ou tecnologias que contribuam efetivamente para a solução prática dos problemas existentes. Uma das formas de se alcançar esse objetivo é por meio do processo de inovação.

Sobre a geração de desenvolvimento por meio de inovações, Schumpeter (1942) dedicou seus estudos para afirmar a veracidade desta tese. Para o autor, por um processo de “destruição criativa”, inovações, especialmente as radicais, introduzem novos ciclos de desenvolvimento que impedem a estagnação econômica. No entanto, embora Schumpeter (1942) aborde o assunto da importância das inovações para a geração do desenvolvimento econômico, ele deteve sua análise nos efeitos da inovação sobre a economia, não focando, portanto, a natureza do processo de inovação. Este trabalho, ao contrário, busca maior compreensão para o processo de inovação, especialmente os que se baseiam no aproveitamento de conhecimentos científicos para a sua efetivação.

2.4 Modelos do processo de inovação

Com o advento da economia baseada no conhecimento, a questão da inovação foi colocada no centro do debate público e se tornou preocupação chave dos governos. A partir do momento em que foi descoberto que o simples conhecimento científico, por si só, não representa garantia de aplicação, a dinâmica da inovação passou a ser objeto de preocupação, especialmente no que se refere a sua efetividade e eficiência. Até então, as políticas governamentais se pautavam no conceito linear do processo. No entanto, diversos estudos têm sido elaborados, objetivando atingir amplo esclarecimento a respeito de como ele realmente funciona.

Quando se discute esse tipo de estudo, recorre-se, necessariamente, aos conceitos paradigmáticos da teoria sobre os processos de inovação. Eles são conhecidos como modelo linear e modelo interativo. Esta seção se dedica ao estudo destes modelos.

2.4.1 Modelo linear

A complexidade inerente ao processo de inovação, em parte causada pela intensidade e multiplicidade de conexões entre seus elementos, dificulta a construção de modelos sintéticos que forneçam uma leitura ampla da forma como ele se desenvolve (Conde & Araújo-Jorge, 2003).

No entanto, observa-se, em épocas não tão recentes, um número considerável de tentativas no sentido de impor alguma ordem conceitual ao processo de inovação, com o propósito de entendê-lo melhor e prover uma base mais segura para a formulação de políticas para o campo de C&T. Tais tentativas, freqüentemente trazidas a público por cientistas ou por porta-vozes da comunidade científica, descrevem o processo de inovação como algo linear, homogêneo e bem-comportado (Kline & Rosenberg, 1986)

Godin (2005) observa que uma das primeiras formulações teóricas que buscam emanar luz aos historicamente referidos termos ciência e tecnologia, assim como as suas relações com a economia, tem sido conhecida no meio científico como “modelo linear de inovação”. Na literatura, o modelo linear é assim denominado devido a sua natureza estática e determinista. Ele postula que o processo de inovação inicia-se no momento da pesquisa básica, até que se atinja a produção e a difusão das descobertas dela advindas, bem como admite a incorporação automática das mesmas por parte da sociedade.

A implementação desse modelo para análise do processo de inovação remonta ao período da institucionalização da ciência no pós-guerra. O texto: *Science: the Endless Frontier* (Bush, 1945) tornou-se um marco da política

científica e tecnológica que, ao final da década de 1950, foi adotado pela maioria dos países industrializados. Ao mesmo tempo, difundiu a concepção do “modelo linear de inovação” (Figura 2) que dominou o pensamento da ciência e tecnologia até recentemente.

Segundo essa concepção, o progresso técnico constitui uma seqüência linear causal de estágios, partindo da pesquisa básica até atingir a inovação tecnológica no final da cadeia. Assim, novos conhecimentos advindos da pesquisa chegariam, em certo tempo, ao estágio de invenção de produtos e processos tecnicamente viáveis e comercializáveis (Martin & Etzkowitz, 2000). Dentro do modelo linear, o processo de inovação teria, necessariamente, de passar pelos estágios representados na Figura 2.

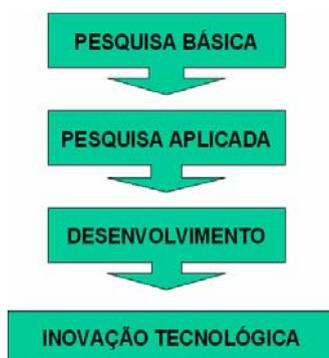


FIGURA 2: Modelo linear de inovação
Fonte: elaborado pelo autor

Essa concepção influenciou as políticas de ciência e tecnologia das décadas de 1950 e 1960. Grandes somas de recursos foram destinadas à pesquisa nessa época, na intenção de que viessem a gerar novos produtos e processos. A abordagem conhecida como “*science pull*” – aquela na qual a inovação é introduzida a partir dos resultados obtidos pela pesquisa científica - se apoiava nesse pensamento. Da mesma forma, as políticas que se seguiram duas décadas

seguintes, as abordagens “*demand pull*” – em que as demandas de mercado orientariam a direção e o rumo das pesquisas científicas - também se acomodavam no modelo.

Apesar das abordagens “*demand pull*” inserirem novos elementos, a concepção linear permaneceu. Inverteu-se apenas o sentido da cadeia. As questões de mercado passaram a determinar a velocidade, a intensidade e o sentido das mudanças técnicas, sinalizando os caminhos pelos quais deveriam ser investidos os recursos, considerando a fronteira das possibilidades técnicas (Conde & Araújo-Jorge, 2003).

Os modelos lineares inspiram-se em duas fontes de teorização: as teorias clássicas, que tratam a inovação de modo mecanicista, a partir de elementos endógenos e como produto dos processos interno da organização e as teorias neoclássicas, que tentam atribuir fatores externos ao processo de inovação. Em ambos os casos, o processo de inovação é visto como uma série de etapas sucessivas, num *continuum* linear. Apesar da afirmação de alguns autores de que essa abordagem deixou de vigorar, elas, ainda hoje, seriam dominantes na pesquisa acadêmica e na formulação de políticas (Ebner, 2000 e Jackson, 1995).

Godin (2005) não é adepto daqueles que, segundo ele, fazem uso de meios retóricos para decretar a morte do modelo linear como uma realidade inquestionável. Para o autor, o modelo linear não poderia vigorar durante tanto tempo, sem que houvessem, nas suas formulações, fundamentos bem estruturados, não inventados de forma espontânea. Entre esses fundamentos estão basicamente três: o primeiro liga a pesquisa básica à pesquisa aplicada; o segundo adiciona o desenvolvimento experimental e o terceiro a produção/difusão.

Para o autor, esses três passos atendem, de fato, a diferentes comunidades diferenciadas dentro do meio da ciência. Os três passos corresponderiam a três preocupações políticas de prioridades: o suporte público

para a pesquisa universitária (básica), a importância estratégica de tecnologias para a indústria (desenvolvimento) e o impacto da pesquisa na economia e sociedade (difusão).

Apesar desses importantes fundamentos encontrados na formulação teórica linear, Kline & Rosenberg (1986) observam que, ao se analisar um processo de inovação, percebe-se que o modelo linear não é suficientemente apropriado para a ligação entre os fundamentos. Isso se dá porque o processo de inovação não segue um percurso homogêneo, linear ou bem comportado. Ao contrário, ele é complexo, variado e difícil de se mensurar. Por tal motivo, a leitura interativa do processo de inovação, que considere estes variados aspectos, se faz necessária.

2.4.2 Modelos interativos

O modelo linear, apesar de ter sido base para a formulação de políticas de C&T durante décadas, apresentava-se deficiente. O maior ponto fraco do modelo linear de inovação foi a constatação de que os investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento não levariam, por si só, ao desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, ao sucesso econômico do uso da tecnologia. Dessa forma, ganharam espaço novos olhares ao fenômeno da inovação, permitindo, assim, o desenvolvimento de novas teorias que buscavam suprir as deficiências deixadas pelas anteriores.

Dentre os modelos interativos, são abordados, na seqüência, os seguintes: a) *chain-linked model* e b) modelo da tripla hélice (hélice-tripla ou hélice tríplice) de relacionamento entre as esferas institucionais – universidade, indústria e governo.

2.4.2.1 Chain-linked model

Até o trabalho intitulado *an overview of innovation*, de Kline & Rosenberg (1986), as abordagens sobre o processo de inovação, que consideravam ambas as inter-relações - tecnológicas e econômicas - eram muito raras. Como os autores afirmam, enquanto os economistas buscam analisar a inovação tecnológica como uma “caixa-preta” – um sistema contendo componentes e processos desconhecidos, os tecnologistas têm se preocupado, fundamentalmente, com o que ocorre dentro da caixa-preta. Esses últimos, freqüentemente, negligenciam ou ignoram tanto as forças de mercado, dentro das quais o produto resultante opera, quanto os efeitos resultantes no sistema como um todo pela introdução da inovação.

Os economistas se preocupam em identificar e mensurar os principais *inputs* da caixa-preta e, com grande dificuldade, têm tentado identificar os *outputs* resultantes. No entanto, eles pouco têm prestado atenção ao que, na verdade, acontece dentro da caixa preta. Dessa forma, negligenciam o altamente complexo processo por meio do qual *inputs* são transformados em *outputs* (neste caso, novas tecnologias). Os tecnologistas, por sua vez, não têm procurado abordar o que ultrapassa os limites do foco endógeno. Dentro deste quadro, as abordagens freqüentemente não se comunicam, dificultando o avanço do conhecimento.

O propósito de Kline & Rosenberg (1986) é o de preencher a lacuna existente na literatura, ao dedicar um olhar ao processo de inovação que vá além do propósito de abordar unicamente o que vai dentro da caixa preta ou unicamente os efeitos que as forças externas à organização exercem para o sucesso ou o fracasso de um dado projeto de inovação.

Esta subseção objetiva apresentar este estudo desenvolvido por Kline & Rosenberg (1986) a respeito do processo de inovação. Ele é apresentado no intuito dar o suporte para um olhar que se dispa da forte influência, mesmo que

antes essa não fosse a intenção que a ideologia do modelo linear certamente teria sobre as conclusões deste trabalho. Nesse sentido, o estudo de Kline & Rosenberg é munido de efetividade.

A corrente evolucionista sobre o progresso técnico (Dosi, 1982; Fagerberg, 1994; Freeman, 1994; 1995; Lundvall, 1992; Nelson & Winter, 1977) afirma que as formas de relacionamento entre pesquisa e atividade econômica são múltiplas e o processo de inovação é percebido como sendo interativo e multidirecional. Reduzir o processo de inovação a algo relativamente simples, em que o conhecimento científico e tecnológico é aproveitado automaticamente pelo sistema econômico, dá um sentido demasiadamente equivocado ao que, na verdade, ocorre.

A partir de Kline & Rosenberg (1986), o modelo linear de inovação passou a ser considerado insuficiente para a compreensão de como ocorre a dinâmica da inovação. A maior crítica do modelo interativo de Kline & Rosenberg ao modelo linear é o fato de que este se apóia demasiadamente em investimentos realizados em pesquisa científica pura e intradisciplinar como fonte de novas tecnologias e considera a inovação tecnológica como um processo homogêneo e seqüencial.

Outro aspecto observado no modelo linear é o fato de ele negligenciar as emergências externas à pesquisa e ao desenvolvimento, ao considerar a inovação tecnológica como um ato de produção em lugar de um processo social contínuo, envolvendo atividades de gestão, coordenação, aprendizado, negociação, investigação de necessidades, aquisição de competência, gestão de desenvolvimento de novo produto e gestão financeira, dentre outras (Sirilli, 1998).

No modelo introduzido por Kline & Rosenberg (1986), o processo de inovação adquire uma dinâmica interativa, também conhecida como não-linear. Combina interações endógenas e exógenas das organizações, de forma

individual ou coletiva, com o sistema de ciência e tecnologia mais abrangente no que elas operam (*chain-linked model*, Figura 3). Entretanto, a organização permanece sendo o *locus* em torno do qual a inovação se desenvolve. Isso coaduna com a teoria schumpeteriana, na qual as organizações (especialmente as de grande porte) são as principais responsáveis pelas mudanças tecnológicas e pela introdução de novos ciclos de desenvolvimento.

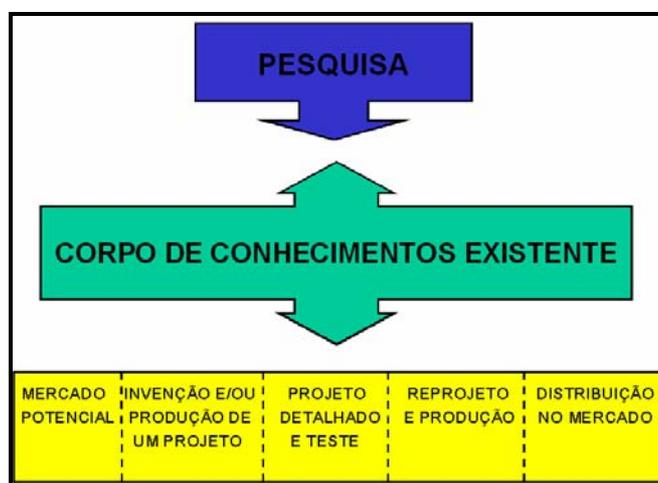


FIGURA 3: *The chain-linked model*⁸
 Fonte: Adaptado de Kline & Rosenberg (1986).

Entre as possibilidades para a inovação, segundo Kline & Rosenberg (1986), estão: a) a partir de uma necessidade de mercado, tendo a organização como centro; b) por meio de realimentações entre as fases do processo, com base no conceito de *learning by use*, permitindo, assim, o surgimento, principalmente das inovações incrementais; c) por meio direto de e ou para a pesquisa que parte de uma necessidade detectada na organização ou de uma pesquisa aproveitada

⁸ A tradução para o português de *chain-linked model* (modelo de cadeia ligada) não foi capaz de traduzir o real significado do termo, a ponto de justificar sua utilização neste texto. Decidiu-se manter o original em inglês como forma de permitir um entendimento ampliado do seu significado.

pela organização; d) por meio do modo linear, do avanço científico à inovação e e) por meio das contribuições do setor manufatureiro para a pesquisa por instrumentos, ferramentas, etc. – tecnologia gerando ciência.

Para os autores, uma inovação comercial é controlada por duas forças que interagem. De um lado, as forças de mercado, que combinam aspectos demográficos, econômicos e oportunistas, entre outros, e de outro lado, o avanço da fronteira científica e tecnológica que freqüentemente sugere a possibilidade da introdução de novos produtos ou o desenvolvimento de novos procedimentos capazes de propiciar o aumento da performance dos procedimentos existentes ou, mesmo, a possibilidade de produção com menores custos.

No entanto, Kline e Rosenberg (1986) afirmam que o sucesso técnico, ou qualquer forma quantitativa de se medir a performance após a introdução de uma inovação, é apenas necessário e não uma condição suficiente para estabelecer o seu uso econômico. Em outras palavras, o sucesso técnico de um novo produto, devidamente comprovado e plenamente aceito como tal, não garante a introdução desse novo produto no mercado. Dessa forma, conclui-se que há outras demandas que necessitam ser atendidas, além, puramente, das demandas relacionadas à comprovação da viabilidade técnica, na trajetória que vai das descobertas oriundas de uma pesquisa, até a sua incorporação no mercado.

Kline & Rosenberg (1986) exemplificam a necessidade de complementação entre as necessidades técnicas e de mercado por meio da análise de 1.800 patentes do *U.S. Patent Office* que atingiram sucesso econômico. Dentre essas, 75% foram desenvolvidas a partir de necessidades do mercado e apenas 25% foram introduzidas por novas oportunidades técnicas geradas a partir de novas descobertas.

Ao mesmo tempo, muitas inovações que poderiam representar importantes vantagens competitivas no mercado não puderam ser realizadas

porque esbarraram na fronteira técnica. Por exemplo, as leis da termodinâmica poderiam em muito contribuir para a melhoria da eficiência dos motores e reduzir o consumo de combustível de aviões e automóveis. No entanto, as atuais técnicas metalúrgicas conhecidas impõem um limite na temperatura, insuficiente para a utilização de tais leis.

Segundo os autores, uma inovação de sucesso requer a otimização de muitas demandas simultaneamente. Ela exige um projeto que equilibre os requisitos do novo produto e seu processo de fabricação, as necessidades de mercado e as necessidades para manter uma organização que possa continuar a dar suporte a todas essas atividades de forma eficiente.

Já o sucesso comercial está relacionado ao oferecimento, por parte da inovação, de menor custo ou de maior performance em relação ao que já existe no mercado.

O sucesso de demanda se relaciona não apenas com a combinação mais adequada entre custo e performance, mas também com o julgamento de qual seja o momento certo para a introdução da inovação.

Na introdução dessas novas formas para se avaliar o sucesso de uma inovação, está a diferença básica entre o modelo linear e o modelo introduzido por Kline & Rosenberg (1986). Essa diferença se centraliza no fato de que a pesquisa científica não deve ir apenas em uma direção intradisciplinar, ou seja, a de comprovar a viabilidade técnica do produto. Em lugar disso, ela precisa transitar através de outras necessidades que surgem em diferentes estágios da chamada *central chain of innovation* (cadeia central de inovação). Assim, além da pesquisa prover o elo inicial da cadeia, ela assume funções distintas, até que seja possível o estabelecimento do produto final no mercado.

O modelo interativo (Figura: 3), apesar de entender que o cerne do processo de inovação está na organização, combina interações endógenas com interações exógenas - entre os indivíduos e o sistema de ciência e tecnologia

mais abrangente. Assim, da organização emanam as iniciativas de inovação. Isso se dá justapondo-se as necessidades do mercado e o conhecimento científico existente ou por meio da pesquisa científica. Pesquisa e desenvolvimento não são mais a base para a inovação. A abordagem seqüencial é considerada apenas umas das possibilidades para inovar. A relação entre pesquisa científica e tecnologia segue não somente uma direção, mas muitas, interferindo em diversos estágios do processo de inovação.

Como foi apontado, um dos principais avanços propostos pelo modelo foi o fato de considerar que existem tipos diferentes de pesquisa científica no decorrer de cada um dos estágios da cadeia central de inovação.

Kline & Rosenberg afirmam que a pesquisa necessária para resolver problemas no primeiro estágio (projeto/invenção) é, freqüentemente, do tipo pura, relacionado aos avanços e descobertas científicas de uma determinada área do conhecimento.

Diferentemente, o tipo de pesquisa necessário no segundo estágio (ligado ao desenvolvimento do produto) envolve análises de como o novo produto interage no sistema no qual será inserido. Como exemplo, no projeto de um novo produto agropecuário, ou de um novo avião, ou de um novo computador, uma importante consideração está ligada à estabilidade do sistema como um todo, quando os novos componentes são postos juntos em uma única entidade de operação – um sistema. Esse tipo de pesquisa vai além da pesquisa pura que, por sua vez, se coloca nos limites dos aspectos técnicos endógenos da inovação.

No estágio de produção, as pesquisas estão freqüentemente relacionadas ao processo de fabricação. Entre esses estudos encontram-se aqueles que buscam conhecer como os componentes podem ser fabricados e como o custo de fabricação pode ser reduzido pela adoção de determinada máquina ou determinado processo, ou pelo uso de matéria-prima mais ou menos onerosa.

Kline & Rosenberg (1986), por meio do seu modelo, consideram a preocupação com o sistema e quanto aos processos de fabricação não apenas como ingredientes, mas como meios possíveis de desempenharem, freqüentemente, um papel mais importante do que a própria ciência pura, especialmente no que se refere à redução de custos e no aumento da performance do sistema como um todo. Todas essas peculiaridades do processo de inovação estão explícitas no *chain-linked model*, entretanto, essas mesmas características não estão presentes no modelo linear.

Nesse sentido, Kline & Rosenberg (1986) afirmam que qualquer visão do processo de inovação que sugira um único caminho ou que considere a ciência com o papel principal é demasiadamente simples, a ponto de limitar, inibir ou distorcer a complexidade que realmente está inerentemente envolvida.

Outro fato amplamente discutido por Kline & Rosenberg (1986) está relacionado à incerteza intrínseca de uma dada inovação. Por definição, inovação implica a criação do novo e o novo contém elementos os quais não se pode compreender na sua totalidade e isso envolve muitas incertezas. Por tal motivo, o grau de incerteza está fortemente correlacionado com o quanto de avanço se deseja obter com uma dada inovação. Por esta razão, os autores acreditam ser necessário abordar a inovação num espectro que leve a dois tipos de inovação: evolucionária e revolucionária. A primeira, assim como a inovação incremental de Freeman (1994), refere-se a mudanças que envolvem graus de incerteza menores, enquanto a segunda, assim como a inovação radical de Freeman (1994), está relacionada a maiores incertezas.

Muitos são os subsídios que o modelo introduzido por Kline & Rosenberg oferece para minimizar o problema da incerteza. Entre os exemplos sugeridos pelos autores estão: a) utilizar programas de computador para testar possibilidades e otimizar a performance de um dado projeto; b) estimular a utilização de pré-testes para a produção de um novo produto; c) acumular dados

que garantam a estabilidade ou que garantam resultados que gerem qualidade ou gerem processos adequados e d) comercializar exemplos feitos em pequena escala de novos produtos no intuito de aferir possíveis mudanças. Essas atitudes, apesar de parecerem simples, reduzem substancialmente a incerteza em cada um dos estágios, de modo que todo *feedback* de mercado oferece a possibilidade de ligar o processo da inovação na *chain-linked model* para possíveis correções.

Os mais diversos problemas ou as imperfeições de um dado projeto podem ser tanto de natureza prática como de natureza científica. Portanto, não se limita apenas ao campo do conhecimento que possibilitou, no início, o surgimento do novo produto. Além disso, uma inovação de sucesso requer o casamento entre a direção técnica e a direção econômica, combinando elementos como necessidades de mercado e a cooperação, entre muitas atividades, como marketing, pesquisa e desenvolvimento, e funções produtivas.

Em suma, ao contrário do que muitos acreditam, o passo inicial, na maioria das inovações, não é a pesquisa, mas, sim, um projeto analítico. O termo “projeto analítico” é usado para denotar um estudo de novas combinações dos produtos e componentes existentes, rearranjos nos processos de produção e novos produtos que se insiram segundo o estado da arte (que considere a fronteira tecnológica e o mercado existente e potencial). A pesquisa é usada na inovação para resolver problemas em toda a extensão da cadeia de inovação, desde o projeto inicial até o que envolve o processo de fabricação do produto final (Kline & Rosenberg, 1986).

A pesquisa pura, que está intimamente relacionada ao campo de conhecimento da inovação, é freqüentemente usada apenas nos primeiros estágios do processo de inovação. Mais tarde, no desenvolvimento do produto, a pesquisa muda, no sentido inserir o sistema como um todo. Este tipo de pesquisa não é usualmente considerado como ciência, mas ela é essencial para completar o sucesso de uma inovação. Para os autores, estes tipos de pesquisas estão

subestimados, em parte, provavelmente, em razão do uso de um hipersimplificado “modelo linear” de inovação que as omite como categorias de pesquisa.

Pode-se concluir esta parte afirmando que, sob a perspectiva interativa, há a necessidade de olhar o processo de inovação como um movimento de mudanças, não apenas em parte do sistema, mas nele como um todo. Isso envolve ambiente de mercado, facilidades ou dificuldade de produção e o contexto social da organização inovadora, demonstrando a importância de outras ciências, incluindo a ciência da administração, para o sucesso do esforço inovativo.

2.4.2.2 Modelo da tripla hélice

Um outro modelo amplamente aceito é o modelo da tripla hélice. Formulado por Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), também é considerado interativo. Contrapondo a concepção schumpeteriana, reproduzida posteriormente por Kline & Rosenberg (1986), na qual o processo de inovação está contido nas empresas, o modelo da tripla hélice confere ao governo e às universidades lugar de destaque como atores. O modelo é representado por três hélices que se entrelaçam em meio a múltiplas interações entre três esferas representadas pelas empresas, pelo governo e pelas universidades.

A teoria da tripla hélice de Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), na realidade, representa uma evolução, segundo Reis (2004), do trabalho intitulado *La ciencia y la tecnologia en el desarrollo futuro de América Latina*, escrito em 1968, de autoria de Jorge Sábato e Natalio Botana.

Apesar do tempo, este trabalho ainda é considerado ponto de referência quando se discute a questão da cooperação entre universidades e empresas na América Latina. Os autores propuseram o modelo que veio a ser conhecido como triângulo de Sábato (Figura 4).

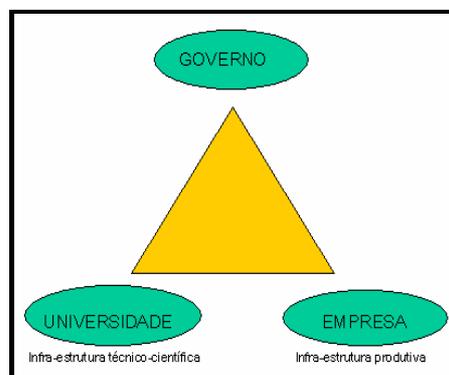


FIGURA 4: Triângulo de Sabato
Fonte: Adaptado de Sabato & Botana (1968), apud Reis (2004).

Para os autores, a participação da América Latina no desenvolvimento científico mundial passa pela estratégia de inserir a ciência e a tecnologia no cerne do processo de desenvolvimento. Para isso, à semelhança de Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), seria necessária a ação múltipla e coordenada de três elementos fundamentais: o governo, a estrutura produtiva e a infra-estrutura tecnocientífica.

Os argumentos apresentados pelos autores são:

- *“a absorção de tecnologias que todo país necessita importar é mais eficiente se o país receptor dispõe de uma sólida infra-estrutura tecnocientífica. Essa infra-estrutura somente pode criar-se, manter-se e prosperar com a ação própria da pesquisa”;*
- *“o uso inteligente dos recursos naturais, das matérias-primas, da mão-de-obra, e do capital requer pesquisas específicas de cada país”;*

- *“a transformação das economias latino-americanas para satisfazer a necessidade de industrialização e exportação de produtos manufaturados terá mais êxito quanto maior o potencial tecnocientífico desses países”:*
- *“ciência e tecnologia são catalisadores da mudança social”* (Sábato & Botana, 1968 citado por Reis, 2004, p.110).

No triângulo, cada vértice constitui um centro de convergência de múltiplas instituições, unidades de decisão e de produção. Isso leva a múltiplas formas de relações estabelecidas. Elas se apresentam nas dimensões inter, intra, ou extra-relações. As intra-relações estão limitadas dentro de cada vértice e se referem à capacidade para criar, incorporar ou transformar necessidades atribuídas às instituições em cada um dos vértices. As inter-relações se estabelecem entre os vértices e podem se apresentar sob duas formas: a vertical, ou seja, de um lado o governo, de outro a infra-estrutura tecnocientífica ou a estrutura produtiva, e a horizontal, quando a infra-estrutura tecnocientífica e a estrutura produtiva inter-relacionam-se. As extra-relações se estabelecem entre cada um dos vértices com o contorno externo do espaço onde se situam.

Os autores afirmam que o aprimoramento das inter-relações verticais (com o governo) é uma condição necessária, porém, por si só, insuficiente para o desenvolvimento social. Não basta apenas aumentar o volume dos recursos destinados à pesquisa para as universidades e institutos de pesquisa, por exemplo, sem que haja uma melhoria nas relações de cooperação entre os vértices da base do triângulo.

Partindo de Sábato & Botana (1968), Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000) desenvolveram o modelo da tripla hélice. No entanto, Etzkowitz &

Leydesdorff (1997) afirmam que o modelo do triângulo de Sábato privilegia o papel desenvolvido pelo governo, o que não ocorre no modelo da tripla hélice.

A dinâmica da inovação é interpretada pelo modelo da tripla hélice, a partir de redes de comunicação que remodelam permanentemente os arranjos institucionais conforme as expectativas que surgem, sem privilegiar o papel de qualquer uma das esferas institucionais – universidade, indústria ou governo.

Baseados no fato de que a ciência e a tecnologia têm assumido um papel essencial para o desenvolvimento dos países e que os sistemas de inovação têm sido historicamente importantes no que se refere ao alcance de competitividade nacional, Etzkowitz & Leydesdorff (2000) afirmam que o seu modelo é apropriado para abordar o atual sistema de pesquisas em seu contexto social.

A tese em questão está relacionada à observação de que a universidade pode e deve desempenhar um papel a mais no que se refere à contribuição que dá para a sociedade baseada no conhecimento. Este modelo difere dos sistemas nacionais de inovação (Lundvall, 1992; Nelson, 1993), os quais consideram o papel de liderança das empresas para o surgimento das inovações. Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000) focam nas redes que se formam por meio da comunicação e expectativas que se criam nos arranjos institucionais criados e recriados por universidades, indústrias e governos.

Os efeitos provocados por essas transformações impulsionam o debate a respeito de qual seja o papel apropriado que as universidades devem desempenhar em assuntos relacionados à tecnologia e à transferência de conhecimentos. Etzkowitz & Leydesdorff (2000) acreditam que, em resposta a esse novo ambiente, as universidades devem se apropriar de uma “terceira missão”, em vez de focar apenas suas missões tradicionais do ensino e da pesquisa, incorporar a missão de contribuir para o desenvolvimento industrial. Apesar da polêmica gerada pelo tema, os autores acreditam que essa fórmula

seja uma demanda crescente da atualidade e representa o fator chave para o desenvolvimento futuro, tanto regional como nacional.

Há muitas críticas quando o assunto se refere à transferência de conhecimentos das universidades para o setor privado. Em geral, o argumento utilizado se pauta no fato de que a criação de mecanismos de transferência de tecnologia pode gerar desnecessários custos de transação. Isso se daria porque, em vez de permitir o livre acesso ao conhecimento, este acesso seria restringido por patentes. No entanto, o contrargumento de Etzkowitz & Leydesdorff (2000) está baseado no fato que não se pode transferir conhecimento eficientemente para a indústria sem uma série de mecanismos que identifiquem e aumentem a aplicabilidade das descobertas científicas.

Para o modelo da tripla hélice, os arranjos não são estáveis. Uma vez que as vertentes das hélices se relacionam entre si, juntas produzem a emergência de novas camadas de inter-relação institucional, resultando em redes e formas organizacionais híbridas

No entanto, existem formas distintas de relações entre universidade, empresa e governo. No modelo “tripla hélice I” (Figura 5), o estado absorve, em sua estrutura, a academia e a indústria e dirige as relações entre eles. O mais forte exemplo deste modelo poderia ser encontrado na antiga União Soviética. Versões mais fracas deste modelo poderiam ser encontradas nas políticas de muitos países latino-americanos e em alguns países da Europa (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). O maior problema encontrado aqui e motivo de, freqüentemente, este modelo ser visto como um modelo de desenvolvimento falho, é o fato de que as iniciativas para a inovação são desencorajadas ao invés de encorajadas.

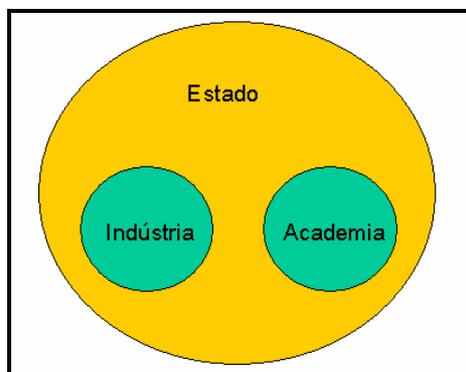


FIGURA 5: Tripla hélice I
 Fonte: Adaptado de Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

Um segundo modelo, conhecido como “tripla hélice II” ou modelo “*laissez-faire*” (Figura 6), consiste na separação institucional das esferas e a imposição de fortes limites que as dividem. As esferas apresentam relações altamente circunscritas entre si. Como exemplo desta configuração, estão países como a Suécia e os Estados Unidos (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

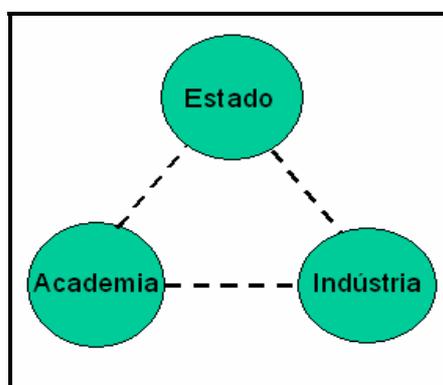


FIGURA 6: Tripla hélice II
 Fonte: Adaptado de Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

Finalmente, o modelo da tripla hélice III (Figura 7) apresenta uma configuração evoluída, gerando uma infra-estrutura de conhecimento que chega

a ponto de justapor esferas institucionais, ao contrário do modelo anterior, no qual a ação de cada esfera se circunscruvia dentro de seus limites específicos.

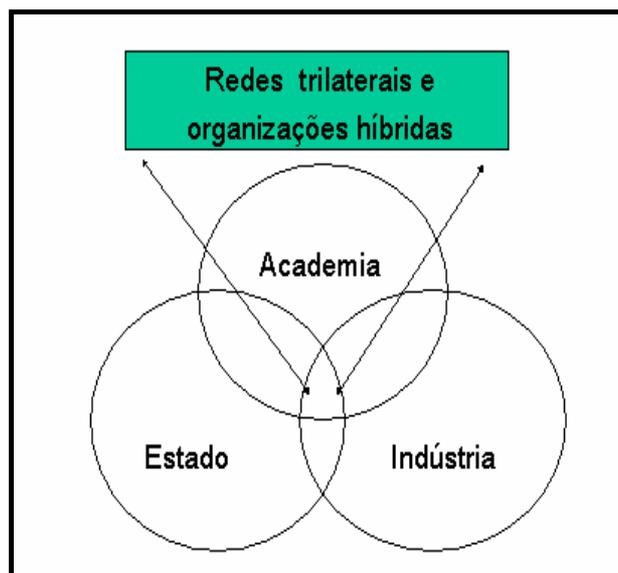


FIGURA 7: Tripla hélice III – universidade – indústria - governo
Fonte: Adaptado de Etzkowitz & Leydesdorff (2000).

Como pode ser visto na Figura 7, cada uma das esferas, em certo ponto, assume o papel que antes estava na responsabilidade da outra. Com isso, há a emergência de organizações híbridas em suas interfaces.

De uma forma ou outra, a maioria dos países está tentando implementar este terceiro modelo chamado de tripla hélice III. O objetivo comum é permitir um ambiente favorável à inovação, por meio de iniciativas trilaterais para o desenvolvimento da economia. O caminho seria a busca de alianças estratégicas entre empresas (grandes e pequenas, atuando em diferentes áreas, e com diferentes níveis de tecnologia), laboratórios do governo e grupos de pesquisas acadêmicos. Estes arranjos são freqüentemente encorajados, mas não controlados pelo governo (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

O surgimento da inovação nesse modelo não seria, portanto, *a priori*, produto de uma sincronização, ao contrário do foco co-evolucionista percebido nas abordagens sobre os “sistemas nacionais de inovação” (Fagerberg, 1994; Freeman, 1994; 1995; Lundvall, 1992; Nelson & Winter, 1977), “sistemas de pesquisa em transição” (Cozzens Et Al.; 1990; Ziman, 1994), “modo 2” (Gibbons et al., 1994) ou “o sistema pós-moderno de pesquisa” (Rip & Van Der Meulen, 1996).

Na tripla hélice, as fontes da inovação seriam um problema para os analistas, participantes e *policy makers* resolverem. O fundamental, nesta terceira configuração do relacionamento da tripla hélice, é o fato de que cada “sistema” seria definido e redefinido na medida em que as necessidades e disponibilidades de recursos fossem desenhadas. Isso com a participação conjunta tanto do governo, da iniciativa privada e das universidades.

Não se espera da tripla hélice uma condição de certa estabilidade. Por tal motivo, neste caso, a metáfora da evolução biológica não pode funcionar, uma vez que há diferenças básicas que separam a evolução cultural da evolução biológica.

Em outras palavras, a teoria da evolução biológica assume que a variação e a seleção ocorrem de forma natural, sem que haja interferências externas ao processo. Já a evolução cultural é dirigida por indivíduos e grupos que tomam, conscientemente, decisões prevendo algumas conseqüências. No modelo da tripla hélice, qualquer uma das partes pode relatar às outras duas, o que se espera por meio da implementação de comunicações e de redes em meio às organizações que compõem as hélices.

Essa rede de relações gera uma subdinâmica reflexiva das intenções, estratégias e projetos, adicionando valor aos mesmos ao reorganizar e harmonizar continuamente a estrutura, a fim de atingir, ao final, a aproximação das metas (Figura 8).

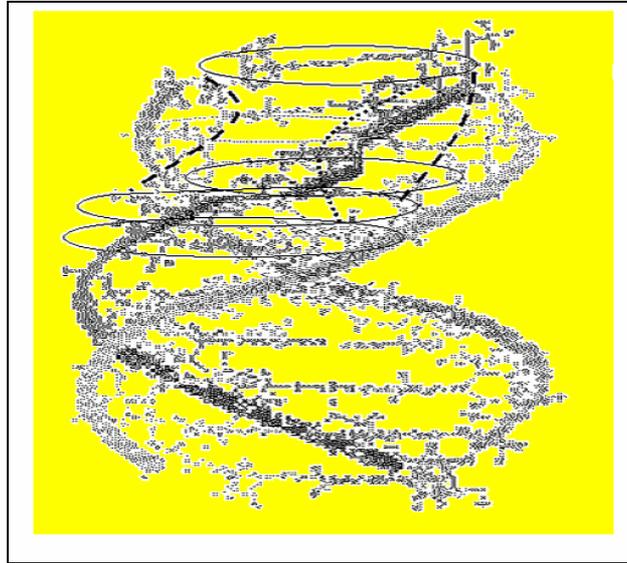


FIGURA 8: Movimento dos arranjos: o revestimento das comunicações e as expectativas da rede guiam a reconstrução dos arranjos institucionais
Fonte: Etzkowitz & Leydesdorff (2000).

Na Figura 8, cada uma das hélices é representada por um dos eixos centrais. Os autores tentam transmitir a noção de mutabilidade dos arranjos diante das emergências que surgem no ambiente institucional. Esse fato leva à geração da necessidade de reorganizar constantemente a posição assumida por cada uma das esferas, no sentido de atender à necessidade por recursos distintos.

Esta estrutura de análise auxilia no questionamento do quanto se pode controlar ou não as dinâmicas específicas que, naturalmente, ocorrem em um programa de pesquisa direcionado para a inovação (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

O modelo também oferece a possibilidade de descrever uma gama de variedade de arranjos e políticas por meio de uma explanação de suas dinâmicas. Pode-se, por meio dele, avançar em questões, como: quais são as unidades de

operação que interagem quando um sistema de inovação é formado? Como pode cada sistema ser especificado?

Dessa forma, a época atual - de transição entre o modelo linear de desenvolvimento tecnológico para o modelo interativo - está imersa na construção de um novo arranjo institucional. Entre as respostas esperadas está a aproximação da política institucional de pesquisa, desenvolvimento e inovação das universidades, a uma nova realidade que permita maior interatividade e abertura de canais de comunicação entre os múltiplos atores envolvidos.

3 METODOLOGIA

Qualquer trabalho de cunho científico requer a exposição da trajetória teórico-metodológica percorrida pelo pesquisador, que possibilitou o alcance dos objetivos que orientaram a investigação.

A metodologia adotada por este trabalho foi o estudo de casos com ênfase em suas trajetórias históricas. Esta metodologia está fundamentada em análises qualitativas. Análises dessa natureza apresentam como principal característica, a não utilização de instrumental estatístico para o tratamento dos dados. No entanto, o fato de não apoiar os resultados em técnicas estatísticas não significa que as análises qualitativas sejam especulações subjetivas. É verdade o fato de que a pesquisa qualitativa tem, em geral, uma dimensão subjetiva maior. Isso, porém, não implica em impossibilidade de estabelecer procedimentos cientificamente aceitáveis (Vieira, 2004).

Espera-se que esta descrição detalhada dos procedimentos que foram adotados, conceitos utilizados e do modelo teórico de investigação possam garantir a este trabalho qualitativo o rigor metodológico esperado de qualquer trabalho científico.

Este capítulo foi estruturado da seguinte maneira: 3.1) apresentação da natureza do estudo e a justificativa para a escolha do método de pesquisa; 3.2) exposição das questões que nortearam a investigação; 3.3) são expostos o arcabouço teórico adotado e o plano de análise utilizado e 3.4) são apresentadas as unidades de estudo e os procedimentos adotados para a reunião dos dados.

3.1. Natureza do estudo

Este trabalho apresenta o corte seccional com uma perspectiva longitudinal. Sobre este tipo de corte e perspectiva, Vieira (2004, p. 21) definiu:

“...a coleta de dados será feita em um determinado momento, mas resgata dados e informações de outros períodos passados. O foco está no fenômeno e na forma como se caracteriza no momento da coleta, e os dados resgatados do passado são, normalmente, utilizados para explicitar a configuração atual do fenômeno”.

As unidades de análise estão delimitadas por processos específicos de inovação desenvolvidos, em grande parte, por pesquisadores da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A pesquisa se valerá, quanto aos meios, do estudo multicaso, caracterizado pelo estudo profundo de dois ou mais objetos (casos), promovendo a ampliação e a precisão do conhecimento sobre os mesmos. Para cada objeto, realizou-se um estudo de caso separadamente. A metodologia do estudo de caso é apropriada para responder a perguntas do tipo “como” e “por que” e pode ser adequada para gerar e construir teoria em uma área sobre a qual há poucos dados (Joia, 2004).

O estudo multicaso consiste de um estudo em profundidade, uma análise intensiva realizada sobre fenômenos reais, reunindo numerosas e detalhadas informações, de forma a apreender a totalidade do fenômeno pesquisado.

Assim, o estudo multicaso pode ter um objetivo prático e utilitário, seja porque procura realizar o diagnóstico ou avaliação do fenômeno, ou porque objetiva propor uma terapêutica mudança nas bases que o sustentam (Bruyne et al., 1991; Gil, 1994). Nesse sentido, este estudo busca, por meio dos casos estudados, a construção de uma heurística que auxilie a tomada de decisão por parte do gestor de ciência e tecnologia e inovação.

A perspectiva do estudo de caso é histórica. Como afirmam Bogdan & Biklen (1994), estes estudos incidem sobre uma organização. No caso desta proposta, a organização será representada por meio dos vínculos que se formam em torno de cada inovação estudada. Pode-se efetuar o estudo investigando-se

como foi o seu aparecimento, como decorreu o seu primeiro ano, que modificações se operaram ao longo do tempo, como se encontra atualmente.

De acordo com o que é sugerido por Bogdan & Biklen (1994) para estudos de caso com perspectiva histórica, as técnicas mais apropriadas para a investigação envolvem, basicamente, investigação documental-histórica, entrevistas com pesquisadores e técnicas observacionais.

3.2 Modelo teórico e plano de análise

Lipset et al. (1956), citados por Joia (2004), afirmam que o objetivo do estudo multicaso é o de generalizar, em vez de particularizar. Esse aspecto, somado ao fato de ser essa uma metodologia usada para a análise de eventos contemporâneos, sobre os quais não se tem controle, sinaliza a simbiose desse processo com o processo de geração de heurísticas.

A base conceitual para o desenvolvimento de heurísticas está ancorada no conceito de “oportunismo controlado”, desenvolvido por Eisenhardt (1989) e aplicável a sistemas complexos adaptativos, não-lineares e dinâmicos. Joia (2004, p. 127) afirma que uma heurística é boa:

“...não por causa do excessivo rigor que aplica a si mesmo, medido pelo número de variáveis levadas em consideração, mas sim pelo fato de modelar e expressar adequadamente a realidade que enfrenta”.

Contrapondo-se aos conceitos de “homem econômico” e “determinismo tecnológico” (Joia, 2004), os quais se fundamentam na capacidade que o homem tem de agir sempre de forma racional, na direção de maximização dos ganhos econômicos, Simon (1957) propõe a teoria intitulada “racionalidade limitada”⁹.

⁹ Segundo Simon (1957), o comportamento racional econômico é um ideal teórico de prática e diagnóstico impossíveis nas ações reais. O conceito de racionalidade limitada abrange tanto as limitações biológicas humanas quanto as limitações teóricas da ciência

Para o autor, as pessoas não buscam a melhor solução para os problemas e, sim, uma solução “suficientemente boa”.

À medida que exista uma “racionalidade limitada”, ganham em importância a busca pela construção e a utilização de heurísticas. Isso decorre do limitado repertório cognitivo de um tomador de decisão típico ao ser confrontado diariamente com uma enorme quantidade de decisões a tomar. Este fato também se explica pelo aumento da complexidade do ambiente organizacional e pela necessidade da tomada de decisões rápidas (Joia, 2004).

Nesse sentido, as heurísticas, em geral, são consideradas:

“...modelos simplificados e subjetivos de uma situação e se baseiam em experiências passadas, de modo que, em geral, soluções usadas no passado são replicadas no presente. Assim, a heurística provê a tomada de decisões em tempo hábil, visto que a falta de um conjunto perfeito de informações é uma realidade cada vez maior nos dias de hoje” (Joia, 2004, p. 125).

Apesar da possibilidade da utilização de estudos de casos para validar modelos em áreas ainda pouco exploradas (Eisenhardt, 1989), acredita-se que os casos estudados não revelaram, de forma plena, toda a complexidade ou todos os fatores críticos de sucesso ou insucesso envolvidos no fenômeno do processo de inovação que se fundamenta no conhecimento desenvolvido na universidade. Por tal motivo, este estudo não pretendeu construir um modelo amplo, que aborde todos os fatores que estão associados a este tipo específico de processo de inovação. No entanto, acredita-se que os fatores críticos apontados por este trabalho podem ser inferidos para outros processos de inovação de natureza

econômica. Apesar dos humanos procurarem agir racionalmente, eles não conseguem devido a sua limitada capacidade de reunir e processar todas as informações necessárias. Também não podem concentrar toda a atenção necessária a uma dada situação de forma a capacitá-lo a uma ação social perfeitamente coerente com um objetivo.

semelhante, uma vez que o modelo teórico escolhido, que pressupõe a possibilidade da geração de heurísticas (mesmo que estas ofereçam apenas uma leitura parcial do fenômeno), permite alcançar os objetivos deste trabalho.

Heurísticas similares à que foi desenvolvida por este trabalho, podem ser encontrados na literatura. Christensen (1997), por exemplo, desenvolveu uma heurística para auxiliar na compreensão sobre como surgem inovações em empresas privadas norte-americanas. Inspirado em Christensen (1997), Cavalcanti Neto (2002) desenvolveu uma heurística para melhor compreender os processos “government-to-government”, no Banco Central do Brasil.

A metodologia utilizada para a geração da heurística a partir do estudo histórico dos dois casos encontra-se na Figura 9.

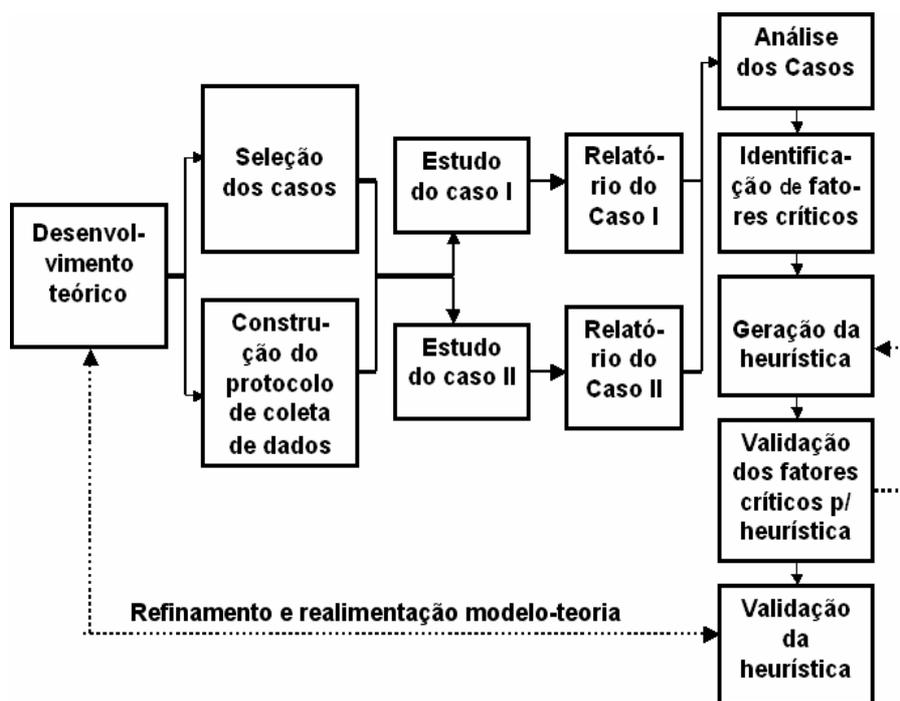


FIGURA 9: Modelo teórico de pesquisa
 Fonte: Adaptado de Joia, 2004

O plano para a geração da heurística parte do desenvolvimento teórico. Ele teve como foco o tema central estudado. Como o tema deste trabalho se relaciona aos processos de inovação, o marco teórico focou os processos lineares, os processos organizacionais e os processos institucionais de inovação.

Após isso, selecionaram-se os casos. Eles apresentaram similaridades básicas entre si, que tornaram possível a análise comparativa. Partindo deste exame comparativo dos casos, foram identificados padrões que representam os acontecimentos relacionados ao fenômeno estudado (Joia, 2004).

Os padrões, ancorados no estudo empírico, servem para identificar uma quantidade indeterminada de fatores críticos que exercem influência direta sobre o fenômeno estudado (Figura 10). No caso deste trabalho, o fenômeno é tido como o processo de inovação fundamentado no conhecimento científico. Estes fatores críticos são nomeados de acordo com a percepção do pesquisador, sempre buscando reunir o significado amplo do que cada um deles sintetiza.

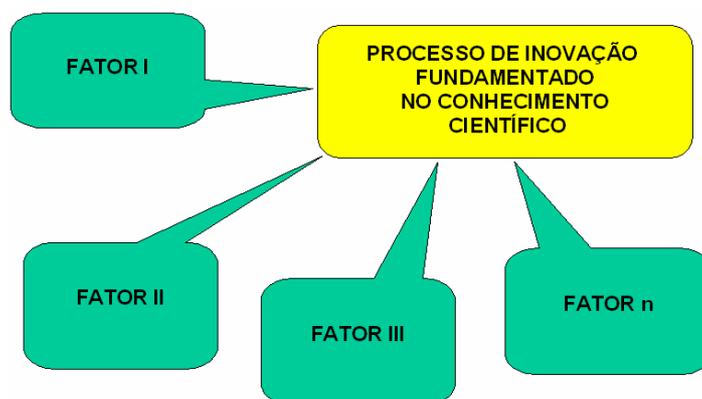


FIGURA 10: Fatores críticos que exercem influência direta no fenômeno estudado

FONTE: Elaborado pelo autor

A identificação e a análise dos fatores críticos associados à avaliação dos casos levam à concepção da heurística, base fundamental do presente

estudo. A heurística absorve, nos seus vértices, todos os fatores críticos identificados por meio do estudo dos casos. Cavalcanti Neto (2002), Christensen (1997) e Jóia (2004) identificaram três interfaces que explicaram os fatores críticos associados aos seus estudos. Estes pontos foram os valores, os processos e os recursos (VPR). No caso do presente estudo, o vértice “valores” foi substituído pelo vértice “cultura”. Isso se deu por acreditar que este último tenha se revelado mais adequado para alcançar os objetivos deste trabalho. A heurística “cultura, processos e recursos” (CPR) é apresentada na Figura 11.

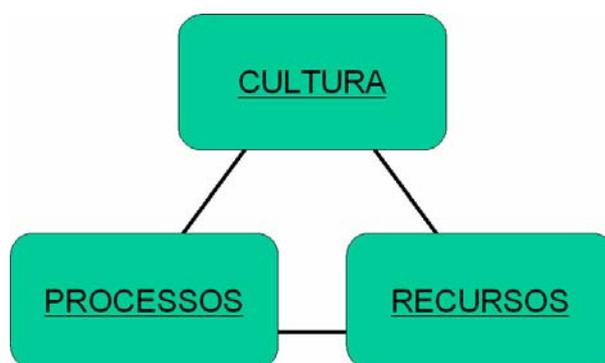


FIGURA 11: Heurística CPR
Fonte: adaptado de Jóia (2004)

As interfaces (cultura, processos, recursos) apresentadas neste trabalho, em parte, coincidem e derivam das que foram identificadas por Cavalcanti Neto (2002). Houve apenas duas adaptações. A primeira ocorreu com finalidade didática e está relacionada à posição assumida pelas interfaces nos vértices¹⁰. A segunda, já comentada, foi a substituição do vértice “valores” pelo vértice

¹⁰ O modelo gerado por Cavalcanti Neto (2002), discutido por Joia (2004), foi nomeado RPV (recursos, processos e valores). No caso do presente trabalho, como a teoria que ancora o vértice “cultura” vem antes das teorias que ancoram os demais vértices, optou-se por apresentá-lo em primeiro lugar. Portanto, este é o motivo de a nomenclatura do modelo desenvolvido por este trabalho ser CPR (cultura, processos e recursos).

“cultura”. Cabe ressaltar que a repetição parcial das interfaces, bem como as alterações introduzidas pelo presente trabalho, visaram buscar a capacidade das interfaces em absorver com amplitude a síntese dos significados dos fatores críticos encontrados na investigação.

Após a geração da heurística baseada nos dados empíricos, faz-se o teste por meio de uma realimentação teórica. Nesse estágio, ela pôde ser refinada e embasada de forma mais ampla, por elementos do arcabouço teórico utilizado (Joia, 2004).

3.3 Questões norteadoras da investigação

As reflexões teóricas e as proposições apresentadas estimularam a investigação de algumas questões que serviram como norteadoras da pesquisa. O objetivo implícito nestas questões resume o objetivo da própria investigação como um todo. Pretende-se respondê-las ao longo dos demais capítulos deste trabalho. São elas:

- a) Como ocorreu a transposição dos conhecimentos desenvolvidos nas pesquisas científicas para o mercado, em forma de inovações tecnológicas, de dois casos específicos, sob a ótica das teorias lineares e interativas do processo de inovação?
- b) Quais são os fatores críticos, percebidos na história dos dois casos, que se relacionam, primeiramente, com a teoria dos processos de inovação e, seqüencialmente, entre si?
- c) Como utilizar estes aspectos críticos para a formulação de uma heurística (CPR) que auxilie na tomada de decisões estratégicas por parte de gestores de ciência, tecnologia e inovação?

3.4 Unidades de estudo e procedimentos

As unidades de estudo são dois casos de inovações ocorridas no setor agropecuário. A primeira delas refere-se a um produto de nutrição animal desenvolvido pela ciência zootécnica (Amiréia) e o segundo, um produto biotecnológico desenvolvido pela ciência agrônômica do solo (Biotech). Ambos os casos foram escolhidos de acordo com os critérios de acessibilidade e de conformidade com os objetivos desta pesquisa e pelos elos existentes entre si, que propiciaram o estudo comparativo e a identificação de padrões.

Dentre os elos existentes entre os casos, os principais são: a) pertencentes ao mesmo setor; b) inovações que se tornaram viáveis devido ao aproveitamento de conhecimentos científicos e c) as pesquisas e as descobertas relacionadas se deram em universidades, em especial na Universidade Federal de Lavras.

Os casos investigados são aperfeiçoamentos tecnológicos que teoricamente melhoram a performance do setor no qual são aplicados. Nesse sentido, podem ser considerados como inovações incrementais (Freeman, 1994) ou evolucionárias (Kline & Rosenberg, 1986). De qualquer maneira, o tipo de inovação incremental ou evolucionária de nenhum modo enfraquece a relevância deste estudo, uma vez que a importância econômica, como afirmam Kline & Rosenberg (1986), pode ser muito maior no momento da melhora do processo do que no momento da introdução da inovação.

O período de realização da pesquisa foi de abril de 2006 a setembro de 2006. Para o primeiro dos casos estudados, foi aproveitada uma entrevista com o principal pesquisador do produto, realizada em setembro de 2004 e publicada por Tonelli & Zambalde (2005).

As entrevistas foram feitas com pesquisadores, técnicos e investidores ligados a cada uma das inovações. No total foram realizadas nove entrevistas, sendo cinco no primeiro caso e quatro para o segundo. A pesquisa documental

concentrou-se em dissertações, teses, artigos científicos e artigos diversos, utilizando, para isso, fontes como a internet, acervo da biblioteca da Universidade Federal de Lavras e documentos cedidos pelos próprios entrevistados. A observação não-participante foi realizada por meio de visitas aos laboratórios da Universidade e indústrias produtoras das inovações estudadas. Os dados foram reunidos em forma de anotações, gravações, documentos e fotografias.

Podem-se ter uma idéia geral das fases da pesquisa e dos procedimentos adotados por meio da Figura 12.

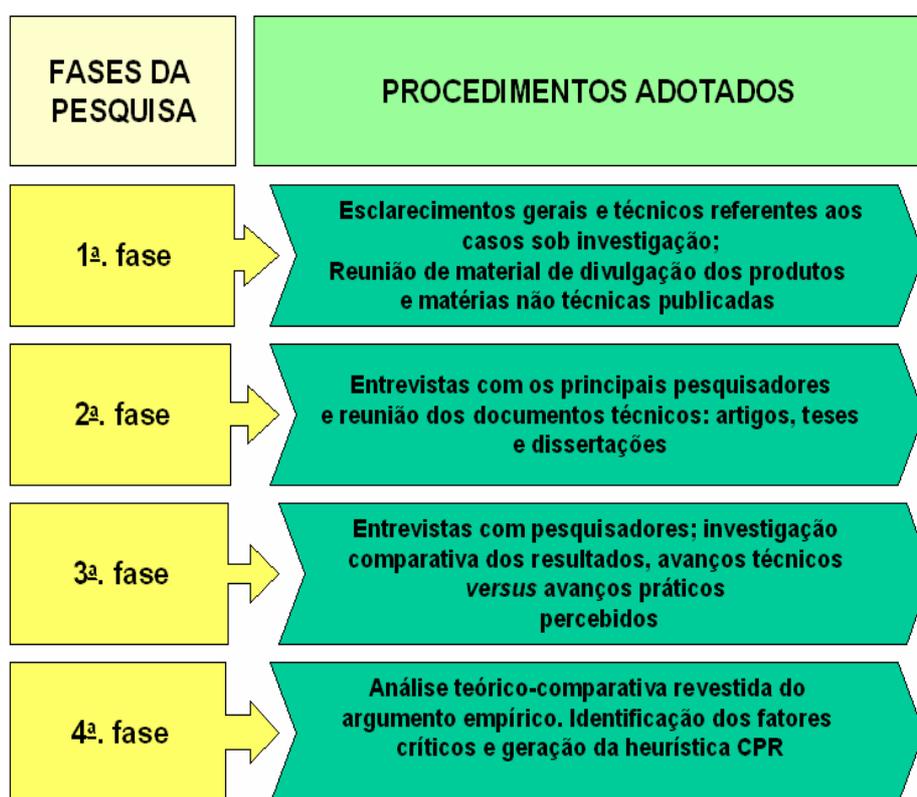


FIGURA 12: Fases e procedimentos
 Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo-se delineado o percurso metodológico, o próximo capítulo se dedicará ao estudo dos casos com ênfase na evolução histórico-científica das pesquisas que possibilitou o surgimento dos processos de inovação.

4 INOVAÇÕES FUNDAMENTADAS NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Este capítulo tem por objetivo resgatar a evolução histórico-científica de dois casos de inovações incrementais do setor agropecuário. Na primeira parte, apresenta-se a história do caso Amiréia, um produto de nutrição animal originado da ciência zootécnica. Na segunda parte, está o caso do Biotech, um produto biotecnológico do solo, originado das ciências agrárias.

4.1 Caso I: Amiréia

O objeto deste estudo de caso (Amiréia) é um produto resultante de pesquisas científicas desenvolvidas pela ciência zootécnica na sua especialidade de nutrição de ruminantes. Serve como complemento nutricional, especialmente para a criação de bovinos. Para ser utilizado, é necessário misturá-lo, juntamente com outros ingredientes, à formulação da alimentação dos animais.

Amiréia é um termo que une outros dois: amido e uréia. O produto foi construído em torno da hipótese de que a junção desses dois ingredientes em um único produto poderia atingir os objetivos de reduzir a toxicidade da uréia pura e aumentar a síntese de proteína por intermédio do aumento de permanência da uréia no rúmen do animal.

A uréia é um composto orgânico cristalino e incolor. Tóxica, forma-se principalmente no fígado, sendo filtrada pelos rins e eliminada na urina onde é encontrada abundantemente; constitui o principal produto terminal do metabolismo protéico no ser humano e nos demais mamíferos. Em quantidades menores, está presente no sangue, na linfa, nos fluidos serosos, nos excrementos de peixes e de muitos outros animais inferiores. O nitrogênio da uréia (que constitui a maior parte do nitrogênio da urina) é proveniente da decomposição das células do corpo e também das proteínas dos alimentos. A uréia também está

presente no mofo dos fungos, assim como nas folhas e sementes de numerosos legumes e cereais (Wikipedia, 2006b).

A uréia foi descoberta por Hilaire Rouelle, em 1773. Foi o primeiro composto orgânico sintetizado artificialmente, em 1828, por Friedrich Woehler, obtido a partir do aquecimento do cianeto de potássio (sal inorgânico). Esta síntese derrubou a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados pelos organismos vivos (teoria da força vital) (Wikipedia, 2006b).

Industrialmente, passou a ser produzida em 1870, quando Bassarow promoveu sua síntese a partir do gás carbônico e da amônia (Gonçalves et al., 2003). A exploração comercial da uréia foi facilitada pelo avanço da indústria do petróleo, devido ao fato de ela deter condições e insumos necessários para o estabelecimento de processos produtivos a partir da síntese entre a amônia e o gás carbônico.

Entre as aplicações da uréia, as principais são: a) na manufatura de plásticos, especificamente da resina uréia-formaldeído; b) devido ao seu alto teor de nitrogênio, 90% da uréia preparada comercialmente é utilizada na fabricação de fertilizantes agrícolas; c) como estabilizador em explosivos de nitrocelulose e d) na alimentação de ruminantes.

A possibilidade da utilização da uréia na alimentação de ruminantes foi verificada, pela primeira vez, por Weiskee, em 1879. Entretanto, a sua prática se intensificou durante a Primeira Guerra Mundial, entre 1914 e 1918. Nesse período, diante da dificuldade de se obter alimentação protéica tradicionalmente usada, recorreu-se à uréia como fonte de proteínas. Primeiramente, essa utilização se deu na Europa e, posteriormente, nos Estados Unidos. De lá para cá, as pesquisas relativas à utilização da uréia como fonte protéica para alimentação de ruminantes foi intensificada (Gonçalves et al., 2003).

Os ruminantes têm uma capacidade única de digerir os alimentos fibrosos, transformando-os em nutrientes assimiláveis. Essa digestão ocorre em

três etapas: fermentação ruminal, digestão ácida e digestão alcalina. A presença da uréia no rúmen¹¹ possibilita a transformação o nitrogênio não protéico, ou seja, o nitrogênio de origem mineral, em proteína verdadeira e disponível para o aproveitamento por parte do organismo do animal. No entanto, desde sua descoberta como fonte protéica para animais ruminantes, tem-se buscado a formulação adequada para maximizar a eficiência com a utilização da uréia (Knoop, 2000).

Partindo-se do pressuposto de que a descoberta da utilização da uréia como fonte aproveitável de nutrientes para a alimentação animal tenha sido uma inovação radical, a sua utilização inovada por meio da Amiréia é uma inovação incremental.

Apesar da descoberta das vantagens da uréia na alimentação animal possibilitar a ampliação do seu uso econômico, não significava, entretanto, o alcance da melhor performance possível para o setor de rações animais. Era necessário buscar processos mais adequados, que fossem capazes de fazer com que a sua utilização fosse responsável por gerar o melhor impacto econômico possível.

Muitas pesquisas foram e continuam sendo desenvolvidas em todo o mundo, buscando atingir os objetivos relacionados à busca pela redução da toxicidade da uréia e ao alcance do nível ótimo de aproveitamento protéico por meio de uma formulação adequada. Foi nesse contexto que surgiram as pesquisas que deram origem à Amiréia.

4.1.1 Evolução longitudinal das pesquisas

A evolução das pesquisas, que tornou possível o processo de inovação da Amiréia, está sintetizada na Figura 13, em que, as fases desta evolução foram

¹¹ O rúmen é a primeira parte integrante do canal digestivo de animais ruminantes. Lá ocorre a primeira parte da fermentação microbótica dos alimentos ingeridos (Wikipedia, 2006a).

separadas, até o momento que a invenção se torna inovação por meio da produção em escala industrial e da comercialização ampla.

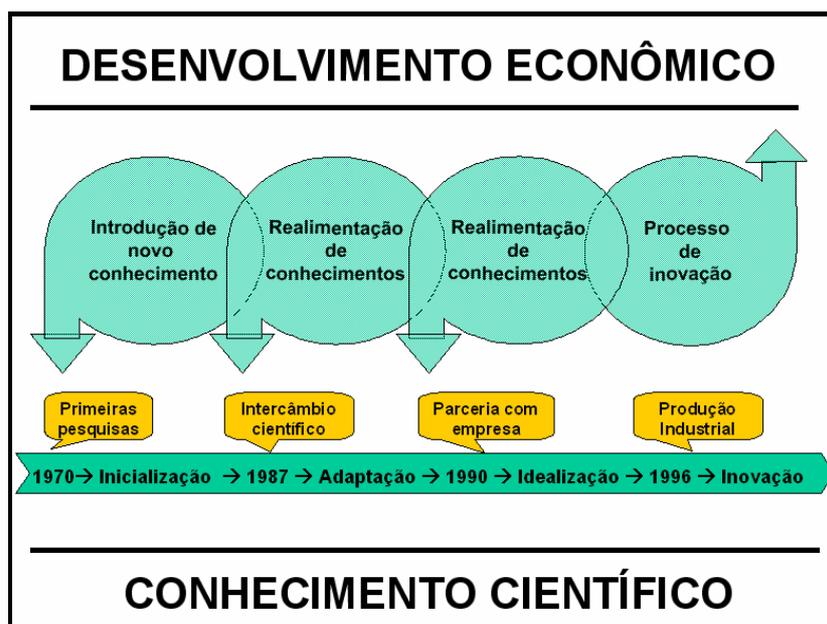


FIGURA 13: Evolução longitudinal das pesquisas e o processo de inovação da Amiréia

Fonte: desenvolvido pelo autor

Na Figura 13, visualizam-se as etapas que tornaram possível o processo de inovação da Amiréia. Elas foram as seguintes: a) inicialização: compreendendo o período que vai de 1970 a 1987, quando as pesquisas foram desenvolvidas exclusivamente no exterior; b) adaptação: período de 1987 a 1990, quando houve a importação dos conhecimentos para o Brasil; c) idealização: compreende o período que vai de 1990 até, aproximadamente, o ano de 2000, quando vigorou uma parceria da Universidade com uma grande empresa; d) inovação: a partir de 1996, quando os primeiros investimentos industriais para a produção e venda do novo produto foram realizados.

Entre o ano de 1970, quando houve a descoberta e o desenvolvimento em laboratório da Amiréia, até o ano de 1996, o conhecimento científico se aprimorou. Nesse período, as diversas pesquisas desenvolvidas a respeito do assunto enriqueceram a base que possibilitou o surgimento do produto. No entanto, este conhecimento somente contribuiu criando valor para a economia com a introdução efetiva do produto no mercado. Tal fato se deu em 1996, quando a descoberta se transformou em inovação.

4.1.1.1 Inicialização

A primeira pesquisa de que se tem registro, a respeito da Amiréia, foi desenvolvida por pesquisadores do *Kansas State University* (EUA), no ano de 1970. A denominação americana para o produto é *Starea*, resultante da união dos termos: *starch* (amido) e *urea* (uréia). A hipótese central que se buscava confirmar era se a união dos dois ingredientes em um único produto poderia reduzir a toxicidade da uréia pura, aumentando, assim, a síntese de proteína por meio do aumento do tempo de dissolução e o conseqüente aumento da permanência do novo elemento no rúmen do animal.

A junção das duas matérias-primas principais consistia em um processo conhecido como extrusão. A extrusão significava, portanto, uma tecnologia previamente desenvolvida e utilizada em diversos processos de produção, desde a indústria de cerâmica até a indústria de rações. Ela se trata da geração e o conseqüente uso de um elemento único resultante das matérias-primas empregadas. Essas matérias-primas são continuamente transformadas de um estado sólido a um estado fundido, mediante determinadas condições de pressão e temperatura. O domínio dessa tecnologia, por parte da indústria de rações animais, já representava algo amplamente sistematizado. No entanto, fora do laboratório, ela precisaria de muitas modificações para que o processo de extrusão fosse realizado adequadamente.

De acordo com Stiles et al. (1970), a extrusão provocou a incorporação da uréia na estrutura do amido, o que promoveu melhora na aceitabilidade, por parte dos animais, do concentrado.

Nesse contexto, a Starea foi vista como capaz de apresentar melhores características de manuseio, produzindo excelentes misturas ao ser incorporada na ração, já que, pelo processo de extrusão, ocorreria a redução no alto teor de toxicidade produzida pela uréia (Bartley & Deyoe, 1975).

A Starea foi considerada, segundo o resultado alcançado nessas primeiras pesquisas, um complexo de liberação lenta, podendo reduzir a toxicidade potencial e melhorando a aceitabilidade e a utilização de concentrados à base de uréia. A liberação gradual de amônia permitiria aos microrganismos do rúmen uma síntese contínua de proteína. Esse fato foi evidenciado por Helmer et al. (1970) que, em experimento *in vitro*, verificaram uma maior concentração de proteína microbiana e menor de amônia no fluido ruminal, o que pode ser consequência do aumento na eficiência dos microrganismos em usar a Amiréia como substrato na produção de proteínas.

Os resultados aferidos na ocasião levaram à conclusão de que o processo de extrusão de amido e uréia foi capaz de aumentar a digestibilidade do amido, por meio da gelatinização (Harman & Harper, 1974), aliado a uma liberação mais lenta da amônia, o que levaria à redução da toxicidade, produzindo mais nitrogênio microbiano (Stiles et al., 1970). Em outras palavras, confirmavam as hipóteses do início das pesquisas.

4.1.1.2 Adaptação

Passadas essas primeiras pesquisas, já no ano de 1987, o pesquisador brasileiro da área de nutrição de ruminantes e então professor da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), hoje Universidade Federal de Lavras (UFLA), Dr. Júlio César Teixeira, partiu para os Estados Unidos com o objetivo de

realizar o seu pós-doutorado. Na sua permanência na Universidade do Arizona por um ano, como professor visitante, o pesquisador alicerçou a idéia de dar continuidade às pesquisas sobre o produto oriundo da extrusão do amido com a uréia. A Starea se tornaria Amiréia.

No final da década de 1980, o produto obtido pela extrusão de uma fonte de amido com a uréia e enriquecido com enxofre, já com a denominação de Amiréia, foi desenvolvido na ESAL.

A primeira pesquisa desenvolvida no Brasil foi orientada pelo Dr. Júlio César Teixeira e realizada, como dissertação de mestrado, por Rogério Luz Alves Maia (Maia, 1988). A defesa desta dissertação se deu no ano de 1988 e seus resultados parciais foram publicados nos anais da XXIV Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia em 1987 (Maia, 1987). O trabalho consistiu em um experimento que avaliava a performance de coelhos em crescimento e atestou a possibilidade da substituição das fontes tradicionais de proteína pela Amiréia.

Nessa pesquisa e em outras desenvolvidas por alunos bolsistas de iniciação científica, as formulações experimentais basearam-se em diferentes fontes de amido (raspa de mandioca, farinha de mandioca, milho, sorgo) e enxofre experimentados em diversos níveis de equivalente protéico. A necessidade de trabalhar em condições de alta pressão e temperatura, levando à gelatinização do amido, já mostrada em trabalho antecedente de Bartley & Deyoe (1975), foi comprovada, no Brasil, por Teixeira et al. (1988b).

Nesse tipo de processamento, o grânulo de amido é gelatinizado e a uréia é modificada de uma estrutura cristalina para uma forma não-cristalina, sendo a maior parte das estruturas não-cristalinas encontrada dentro da porção gelatinizada.

Este fato, de transformar o grânulo da uréia de cristalino em não-cristalino, foi analisado pelos pesquisadores como uma forma de tornar a uréia

mais palatável do que as misturas não processadas, melhorando a aceitabilidade do animal ao concentrado. No entanto, essa aceitabilidade tem um significado mais profundo, que vai além das vantagens técnicas do produto. Está também, e talvez muito mais, ligada à aceitabilidade comercial da uréia. Esta questão teve importância fundamental para o sucesso do processo de inovação da Amiréia e será discutida mais profundamente em sessões posteriores deste trabalho.

4.1.1.3 Idealização

As pesquisas foram intensificadas a partir da década de 1990. Nesse período, a Petrobrás, por meio de um acordo com a Universidade, passou a financiar as pesquisas, o que foi um avanço importante para o desenvolvimento do produto. A Petrobrás via na Amiréia uma forma de alavancar as vendas de um de seus produtos derivados do petróleo: a uréia. Até o momento, a uréia pura, como alimento para rebanhos, encontrava certa resistência comercial, devido ao risco de intoxicação.

Na transcrição abaixo, o principal pesquisador responde, quando questionado a respeito da importância desse período para a continuidade das pesquisas e se houve ou não o interesse em patentear o produto.

“Sem dúvida, a participação da Petrobrás foi essencial para que se pensasse na Amiréia como um produto comercialmente viável. Ao confiança depositada por eles, nos animou bastante... (...). Tive o interesse em patentear mas na época não disponibilizava de muitas informações a respeito. Como tinha muita coisa publicada, acho que já era patrimônio público, não dava patente” (relato de entrevista – principal pesquisador, 2004).

Uma parte das publicações deste período foi oriunda de pesquisas realizadas por projetos de iniciação científica financiadas com recursos do convênio CNPq/Petrobrás. Entre estes, os que foram orientados pelo Dr. Júlio

César Teixeira foram: a) Vilela (1991): uso da Amiréia 45S na dieta de bezerras; b) Alquéres (1995): uso da Amiréia 150S na dieta de ruminantes; c) Barbosa (1996): uso de Amiréia 150S em mistura mineral para bovinos de corte e d) Silva (1996): uso da Amiréia 150S em mistura mineral para bovinos de corte.

As pesquisas que se sucederam buscavam atingir a formulação mais adequada para a utilização da Amiréia, uma vez que, apesar de seus benefícios não estarem bem definidos, a simples possibilidade do seu uso, aliada às teorias que apontavam a extrusão como uma forma de reduzir a toxicidade e melhorar o aproveitamento protéico já eram considerados suficientes para atestar a viabilidade do produto.

Teixeira et al. (1991) e Teixeira et al. (1992), em publicações resultantes de pesquisa de monografia realizada por alunos de graduação, classificaram a Amiréia como um suplemento nitrogenado, em que praticamente todo o nitrogênio é oriundo da uréia, ou seja, de uma fonte de nitrogênio não protéico (NNP). Dessa maneira, o uso da Amiréia estaria restrito ao nível de nitrogênio não-protéico na dieta dos animais ruminantes. As exigências nutricionais diárias estabelecidas como proteína bruta poderiam ser atendidas por fontes de NNP, devidamente sincronizados com a disponibilidade de energia, para uma melhor eficiência na síntese de proteína. Dessa forma, foi viabilizado o uso nutricional do produto.

Em pesquisa realizada com bovinos leiteiros, Teixeira et al. (1991) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras em lactação, alimentadas com dietas contendo diferentes fontes protéicas: farelo de algodão, farelo de soja e Amiréia. Os autores concluíram que, com a ingestão de matéria seca e proteína, a produção de leite, corrigido ou não para 4% o teor de gordura no leite, não diferiram entre os tratamentos, sugerindo, com base nesses resultados, a possibilidade da utilização de Amiréia na dieta de vacas leiteiras. Esta utilização não causaria problemas de desempenho ou de aceitabilidade.

Apesar de esta pesquisa apresentar-se como favorável à utilização da Amiréia, nota-se que o único resultado alcançado revela apenas que o produto pode ser utilizado, não evidenciando, no entanto, nenhuma vantagem a mais, se comparada às outras fontes de nitrogênio disponíveis.

Em outro caso, com bovinos de corte, o enfoque da suplementação protéica adquiriu uma importância especial, uma vez que os animais são criados em regime de pastejo, necessitando de nutrientes que a pastagem não fornece em quantidades suficientes para uma boa conversão alimentar e ganho de peso, que resulta em lucros para o criador.

Com o objetivo de avaliar a utilização da Amiréia como suplemento protéico para bovinos em pastejo, Teixeira et al. (1998) utilizaram 125 animais mestiços e castrados, distribuídos em cinco tratamentos que se baseavam na suplementação com diversas misturas. Neste experimento, o resultado foi surpreendentemente positivo, uma vez que constatou-se que a mistura contendo determinada quantidade de Amiréia provocou um ganho de peso de, em média, 65% a mais do que as outras misturas. Concluiu-se que a Amiréia é eficiente na suplementação de bovinos de corte em pastejo, podendo significar um aumento substancial de produtividade.

Para animais em regime de confinamento, as rações fornecidas são oriundas da combinação de diferentes alimentos, mas o custo dos concentrados dificulta a prática; portanto, esse fato implica na procura de ingredientes que proporcionem combinação adequada com maior economia. Os farelos protéicos naturais, como os de algodão, soja, amendoim e girassol, são eficientes na suplementação protéica, mas possuem a desvantagem de ter custo mais elevado por unidade de nitrogênio que as fontes de nitrogênio não-protéico, como a uréia e a Amiréia.

Com o objetivo de avaliar o desempenho de bovinos, porém, em regime de confinamento, Seixas et al. (1999) utilizaram rações suplementadas com

concentrados protéicos à base de farelo de algodão, uréia ou Amiréia, tendo como volumoso a silagem de milho. O confinamento teve duração de 80 dias. Neste experimento, o resultado não foi tão positivo como no experimento anterior. Apenas foi constatado que o uso de Amiréia em confinamento de bovinos poderia representar uma alternativa para a melhoria no desempenho animal.

Em outros experimentos, foram utilizados bezerros. A importância dos bezerros é grande, uma vez que, no Brasil, aqueles de origem leiteira ainda não são utilizados para o corte, e são sacrificados ao nascer, desperdiçando-se uma fonte de renda. O grande potencial do bezerro proveniente do rebanho leiteiro para a produção de carne deixa de ser explorado pelos produtores, com a finalidade de poupar o leite produzido na propriedade, destinando-o à venda.

Nas condições brasileiras, a criação de bezerros de rebanhos leiteiros baseia-se, principalmente, na alimentação com concentrados, cuja fração protéica tem alto custo. Torna-se, pois, importante dispor de alternativas viáveis, com vistas a minimizar o custo, promovendo o aproveitamento de bezerros oriundos de rebanhos leiteiros para a produção de carne.

Teixeira et al. (2000) avaliaram o desempenho de bezerros machos leiteiros, com idade inicial de 21 dias, alimentados com dietas à base de Amiréia. Os tratamentos testados visavam à substituição (50% e 100%) do farelo de soja, no concentrado, por Amiréia ou raspa de mandioca + uréia. O ganho de peso diário, o consumo de concentrado, o consumo de volumoso e a conversão alimentar dos bezerros foram semelhantes entre as diferentes fontes de nitrogênio.

Neste experimento, os autores concluíram que a utilização de Amiréia, em níveis de até 17,4% do concentrado, não afeta as características de desempenho, demonstrando ser uma fonte protéica viável no quesito custo,

quando comparada ao farelo de soja, no aproveitamento do macho leiteiro para a produção de carne.

O fato, não evidenciado cientificamente nas pesquisas, porém compartilhado entre os que integravam a comunidade científica da época, era que, sendo a Amiréia um produto com liberação lenta de amônia, isso maximizaria a síntese de proteínas. Esse seria o principal benefício técnico do produto. Dessa forma, a sua utilização na dieta dos ruminantes maximizaria o uso adequado do ecossistema ruminal.

A partir disso, novas hipóteses foram surgindo. Entre elas a afirmação de que uma adequada alimentação dos animais, quanto aos níveis de energia, minerais e carboidratos solúveis, proporcionaria a maximização do crescimento microbiano no rúmen, ideal para a manutenção da saúde do animal, e, conseqüentemente, um aumento no consumo de matéria seca, maior crescimento e produção.

Tais hipóteses emergiram da crença no resultado positivo de diversas pesquisas, uma boa parte desenvolvida pelo principal pesquisador. Os resultados alcançados pareciam testificar a eficiência do nutriente, em comparação às outras formas de suprir a necessidade dos animais.

No entanto, os resultados que serviram de base para a conclusão a respeito da eficiência do produto são controversos, uma vez que não houve uma distinção positiva muito clara entre o uso do novo produto, em relação ao uso da uréia pura. Além desse fato, os resultados dessas pesquisas não foram amplamente aceitos pela comunidade científica, uma vez que não existem publicações em *journals* mais influentes.

4.1.1.4 Inovação

A confiança na eficiência da Amiréia, seja no quesito performance, apesar dos resultados das pesquisas não indicarem claramente esta direção, seja

no quesito custo, se comparado o seu custo ao custo de fonte similar de nitrogênio como o farelo de soja, levou o principal pesquisador do produto a afirmar que:

A literatura tem mostrado a viabilidade de se usar Amiréia em dietas de bezerros(as), novilhas, vacas secas, vacas em lactação, bovinos de corte em pastejo, nas fases de cria, recria e terminação, cavalos e coelhos (Teixeira & Santos, 2002, p. 18)

A partir do ano de 1996 surgiria o primeiro investimento industrial dedicado à produção e comercialização da Amiréia. Neste período, o produto passou a ser utilizado como um ingrediente de rações concentradas, como componente de dietas nutricionais, em sal mineral e em misturas múltiplas. O apelo comercial se fundamentaria nos ótimos resultados alcançados nas pesquisas e na economia advinda do seu uso. O principal pesquisador do produto, que também veio posteriormente se unir ao grupo de investidores industriais do produto, teve um papel essencial na disseminação da nova tecnologia.

“...Naquela época estivemos presentes em quase todos os congressos de zootecnia, difundindo a tecnologia e angariando parceiros. Dei muitas palestras apresentando a Amiréia e defendendo o seu uso. A resposta foi tão positiva que me animou a produzir...” (Relato de pesquisa – principal pesquisador, 2004).

Neste período, várias indústrias de extrusão de amido e uréia seriam criadas no Brasil. Inclusive, seria desenvolvida uma tecnologia de extrusão voltada unicamente para a produção de Amiréia. Pecuaristas e fábricas de rações passariam a incorporar a Amiréia em suas formulações, disseminando assim o novo produto. Fotografias da vista interna e externa de uma das fábricas de

Amiréia construída na cidade de Campo Belo, MG, podem ser vistas na Figura 14.



FIGURA 14: Fábrica de Amiréia em Campo Belo, MG
Fonte: Dados de pesquisa

4.1.2 Processo de inovação

Por meio deste trabalho é possível identificar o momento em que o processo de inovação passou a ocorrer. Entretanto, é possível também reconhecer que o processo de inovação está estreitamente conectado com o conhecimento prévio vastamente desenvolvido. Apenas por meio deste vasto conhecimento latente, foi possível encontrar o espaço e o tempo adequados para que o processo ganhasse vida.

Alguns aspectos sobre a história do desenvolvimento do conhecimento prévio, que possibilitou o processo de inovação da Amiréia e a sua conseqüente inserção no mercado, revelam-se importantes. O primeiro deles seria o fato de a inovação apenas ter se tornado viável comercialmente no Brasil. Outro aspecto se referia ao fato de não ter sido encontrada nenhuma pesquisa, cujos resultados fossem relevantes a favor da utilização da Amiréia, publicada em *journals* internacionais ou em revistas científicas nacionais qualificadas, fora do eixo em torno do qual se desenvolveu grande parte das pesquisas. Seria natural que um

produto que surgisse da pesquisa científica fundamentasse seu argumento comercial no seu argumento científico.

No período que antecede a 1996, quando a Amiréia passou a ser produzida em escala industrial por meio de uma indústria localizada na cidade de Campo Grande, MS, houve um intenso trabalho de marketing que visava à difusão da nova tecnologia. O público alvo era composto de pecuaristas e industriais do setor de nutrição animal.

“...A publicidade da Amiréia estava em praticamente todos os congressos de zootecnia do Brasil. O argumento comercial se baseava nos seus benefícios técnicos...” (Relato de pesquisa – técnico)

Uma vez que o produto ganhou notoriedade nacional, o número de universidades e pesquisadores interessados em descobrir os “segredos” relacionados ao tema aumentou substancialmente. É natural esse aumento de interesse, uma vez que o produto não havia demonstrado, em sua fase de pesquisa prévia, resultados técnicos proporcionais à sua adoção pelo mercado.

Muitas foram as pesquisas que resgataram a temática da Amiréia utilizando-se de experimentos que contrastavam a sua utilização com a utilização de outras fontes de nitrogênio-não-protéico similares; entre elas está a uréia pura. Os resultados dessas pesquisas não avançaram além do que até então já era conhecido a respeito do tema. Em suma, evidenciaram, mais uma vez, que a eficiência de absorção de proteína alcançada com a utilização de Amiréia seria similar aos resultados alcançados com a utilização da uréia pura.

Entre os textos publicados recentemente, destacam-se Carmo (2002), Oliveira et al. (2004), Oliveira-Júnior et al. (2004a) e Oliveira-Júnior et al. (2004b). Os resultados mostraram que: 1) o processamento da uréia na tentativa de reduzir a velocidade de liberação de amônia no rúmen, não apresentou

vantagens em relação à uréia na forma convencional; 2) a substituição de uréia pela Amiréia não promoveu diferença no consumo e no desempenho de novilhos Nelore sob pastejo; 3) a Amiréia promove resultados similares aos da uréia convencional no consumo dos nutrientes, digestibilidade e parâmetros ruminais de bovinos de corte confinados e 4) a uréia promove concentração de amônia similar à Amiréia.

Outra possibilidade para explicar a ampla aceitação da Amiréia no Brasil poderia ser o fato de o custo desta ser inferior ao da uréia. No entanto, este fato não se confirmou, uma vez que o custo da Amiréia é aproximadamente o mesmo ou superior, se comparado ao da uréia pura. Dessa forma, torna-se difícil defender a tese de sugerir o aumento da competitividade por meio da introdução da Amiréia na alimentação dos animais. A maioria dos resultados não confirma este benefício. A confirmação de que não há melhoria da competitividade com o uso da Amiréia também esteve presente no discurso de pesquisadores.

Nas maiores fazendas de criação de gado do país não se compra Amiréia. Isso porque lá existem profissionais que sabem que não existe diferença entre Amiréia e uréia. Fica muito mais caro comprar Amiréia porque, junto com ela, se compra milho a preço de uréia” (Relato de pesquisa – pesquisador, 2006).

Cabe, portanto, questionar como um processo de inovação foi desencadeado a partir de uma descoberta que não demonstrou claramente nas pesquisas, nem performance nem benefícios técnicos superiores ao produto até então conhecido no mercado. Essa mesma questão veio à tona nas entrevistas realizadas com pesquisadores da área. Entre os comentários, um se destaca: “puro marketing”. No entanto, existem outras razões que este texto não pode deixar de abordar.

Como afirmam Kline & Rosenberg (1986), o sucesso técnico alcançado, por exemplo, por determinada pesquisa científica, apesar de ser necessário para

a introdução de uma inovação no mercado, não é suficiente para estabelecer o seu uso econômico. A própria pesquisa, segundo os autores, pode tornar-se dispensável, uma vez que a inovação, em muitos casos, é o produto da articulação de conhecimentos existentes. No entanto, há demandas que necessitam ser atendidas para que a viabilidade técnica seja complementada pelo uso econômico da tecnologia.

O caso estudado, além de confirmar as afirmações de Kline & Rosenberg (1986), de que apenas os avanços técnicos proporcionados por uma inovação não são suficientes para estabelecerem o uso econômico, vai além no sentido de afirmar que as outras demandas de mercado, como aspectos econômicos, demográficos e oportunistas, foram mais determinantes para a introdução da inovação do que a sua relevância técnica. Outro ponto importante, não considerado por Kline & Rosenberg (1986), é o fato de que o aspecto cultural - assim como os econômicos, demográficos e oportunistas - também exerce um papel fundamental para o sucesso da inovação.

A respeito dessa questão cultural, torna-se necessário recuperar do que se trata o processo de extrusão da uréia com o amido. Este processo transforma o grânulo de uréia, passando de uma estrutura cristalina (parecido com sal-grosso), para uma forma não-cristalina (um pó amarelo). Este fato passaria despercebido se não fosse uma outra questão, relacionada a uma crença culturalmente disseminada no Brasil, sem explicação objetiva, de que a utilização da uréia pura não seria benéfica ou seria perigosa.

Especificamente no Brasil, existe certo preconceito contra a utilização da uréia pura, explicado, em parte, pelo receio de que ela cause intoxicação nos animais. Na realidade, como afirmam os pesquisadores da área, qualquer utilização indiscriminada - sem que haja o devido controle nutricional - tanto da uréia, quanto da Amiréia, pode sim causar intoxicação. O fato de alguns pecuaristas não considerarem benéfica a utilização da uréia pura deve decorrer

deste receio. O detalhe é que o preconceito só se dá contra o grânulo cristalino de uréia pura - facilmente reconhecido em qualquer ração ou em qualquer composto. O receio deixou de existir no momento em que não se pôde mais reconhecer a presença da uréia na sua forma pura, mesmo que a mesma estivesse presente na sua forma transformada – extrusada com o amido.

No relato a seguir, pode-se reconhecer claramente a importância que o pesquisador dá à questão das crenças culturais compartilhadas no meio rural.

“O uso da Amiréia não tem nada a ver com os seus benefícios técnicos, mas, sim, tem a ver com uma questão cultural. Durante muitos anos, os pecuaristas brasileiros – na grande maioria os pequenos, que não recebem a devida orientação profissional – têm desenvolvido o conceito de que a uréia pura leva à contaminação tóxica do rebanho, podendo levar à morte dos animais. Esse tipo de contaminação aconteceu, acontece e vai continuar acontecendo se não houver um uso adequado da uréia pura (...). Por este motivo, o consumo de uréia pura no Brasil é muito baixo se comparado aos Estados Unidos ou à Europa (...). É fácil reconhecer quando uma ração tem uréia pura. Na cabeça dos caras, a uréia pura na ração significa que ela é uma ração ruim (...). Só no Brasil acontece isso” (Relato de entrevista – pesquisador, 2006).

Ao resgatar a evolução longitudinal e histórica do caso, pode-se perceber que os atributos relacionados às crenças culturais compartilhadas no meio rural ocupam um papel importante na utilização econômica da inovação. Percebe-se, no caso estudado, que essa crença foi determinante para a consolidação da inovação no mercado, em detrimento, inclusive, dos frágeis resultados apresentados, tanto na dimensão que se relaciona com a melhor performance alcançada, quanto na dimensão que se relaciona com a geração de impacto econômico positivo por meio de sua utilização.

Nesse sentido, o argumento comercial, sem encontrar amparo no argumento científico, encontrou, nas crenças culturais compartilhadas a respeito dos supostos malefícios do produto original, o campo fértil para apregoar os benefícios do novo produto.

Outro fato que este trabalho identificou como essencial para o sucesso do processo de inovação foi a parceria entre a Universidade e a Petrobrás para o financiamento das pesquisas. Apesar dos resultados científicos alcançados, as pesquisas que se sucederam a esta parceria estiveram muito mais próximas do desenvolvimento de uma solução para o mercado.

4.2 Caso II: Biotech

A ciência do solo está inserida no campo das ciências agrárias. As partes que lhe cabem se relacionam à nutrição, à fertilização e à conservação, dentre outras, relativas ao solo, sempre objetivando a melhora da sua performance e o seu uso adequado. Nesse sentido, a busca pelo desenvolvimento de meios adequados para o alcance desses objetivos torna-se uma atividade comum da área. Este fato leva ao desenvolvimento de pesquisas que visem à obtenção de processos e produtos que melhorem a performance do solo. Nesta área, portanto, há uma grande convergência entre a pesquisa e a aplicabilidade.

Silva et al. (2001) afirmam que a busca pela eficiência da utilização pelas plantas da disponibilidade dos nutrientes do solo constitui uma porta aberta para as pesquisas sobre o melhoramento e a nutrição mineral de plantas. Neste caso, há duas interfaces de pesquisa que se complementam: uma está relacionada à adição de fertilizantes químicos e a outra está na maximização dos recursos naturais do solo.

No que se refere ao aproveitamento dos recursos naturais do solo, existe um processo em que, quando as plantas crescem em ambientes com deficiência de nutrientes, as raízes exsudam substâncias funcionais, como os ácidos

orgânicos, contribuindo, então, para a formação de um importante mecanismo adaptativo de absorção de elementos (LI et al., 1997). É nesse ponto que entra a atuação do ácido orgânico.

Os ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, por exemplo, podem ser utilizados na reação da solubilização de fósforo de reservas naturais pouco disponíveis para as plantas. Esse ácido, aplicado no solo, reage com outros elementos, permitindo a sua utilização pelas plantas, o que, até então, não era possível pois, apesar dos elementos estarem presentes no solo, estavam inativos. Para que seja possível tornar esses elementos disponíveis para as plantas, torna-se necessário o uso de mecanismo bioativador que não implique na alteração de forma negativa da acidez do solo (Silva et al., 2001). Nesse sentido, ele atua interagindo com a planta, no sentido de maximizar o aproveitamento de nutrientes.

É nesse contexto que se desenvolveram as pesquisas que deram origem ao produto conhecido no mercado especializado como Biotech. Materializando um vasto conhecimento empírico e científico acumulado durante muitos anos, o Biotech surgiu como um produto que pode possibilitar a adubação orgânica de larga escala. Este fato une o interesse da atual onda ecológica mundial ao interesse econômico, uma vez que a viabilização do seu uso apresenta importante redução nos custos com adubação química.

O Biotech é um bioativador da fertilidade do solo, constituído por ácidos orgânicos de baixo peso molecular e mais um complexo enzimático obtido pela fermentação de tecidos vegetais. Trata-se, portanto, de um produto orgânico, não tóxico, ambientalmente seguro, biodegradável, que tem por função ativar a microbiota do solo.

Entre os seus benefícios estariam: a) aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas; b) liberação de nutrientes acumulados

no solo por adubações sucessivas ao longo de anos; c) redução do custo de adubação, e; d) melhora da relação custo/benefício para o agricultor.

O Biotech segue o mesmo princípio da adubação com material orgânico como, por exemplo, o esterco. A diferença está na equivalência, pois o resultado que se alcança com um litro de Biotech requer uma quantidade muito maior de esterco, tornando a utilização deste último inviável para grandes escalas de produção. Entretanto, os seus princípios cientificamente desenvolvidos não deixam de estar conectados a uma prática empirista milenar, tornando válida, neste caso, a definição de ciência feita por Zawislak (2006), de que ela seja a decomposição epistemológica da ação.

Apesar do amplo conhecimento existente a respeito do assunto, o desenvolvimento do Biotech não deixa de ser original, uma vez que, antes dele, não havia sido desenvolvido nenhum produto similar no Brasil.

Já em outros países, segundo o que relata o principal pesquisador e criador do produto, o uso de ácidos orgânicos como bioativadores do solo não é uma novidade. Na Índia, por exemplo, essa prática assumiu uma enorme dimensão e importância para a agricultura daquele país. Também nos EUA, um produto parecido com o Biotech pode ser encontrado na Califórnia. Esses fatos, aliados à inexistência de iniciativas parecidas no Brasil, encorajaram o pesquisador a se munir de um “espírito empreendedor” e desenvolver o produto a partir dos seus conhecimentos.

A retomada da adubação orgânica, seja de forma exclusiva, seja sua utilização mista, conjugada com a adubação química, torna a sua utilização, por meio do Biotech, uma inovação incremental. Enquanto a adubação orgânica tradicional apresenta desvantagens que a inviabilizam economicamente, as vantagens oferecidas pelo Biotech possibilitam a melhora da performance econômica desse tipo de adubação.

Diversas pesquisas foram e continuam sendo realizadas em todo o mundo, buscando aferir a viabilidade de utilização dos ácidos orgânicos no solo. A subseção seguinte abordará o assunto da evolução histórico-científica do produto.

4.2.1 Evolução longitudinal das pesquisas

A evolução das pesquisas que tornaram possível o processo de inovação do produto Biotech está sintetizada na Figura 15, em que foram separadas as fases desta evolução até o momento que a invenção se torna inovação, por meio da produção industrial e comercialização.

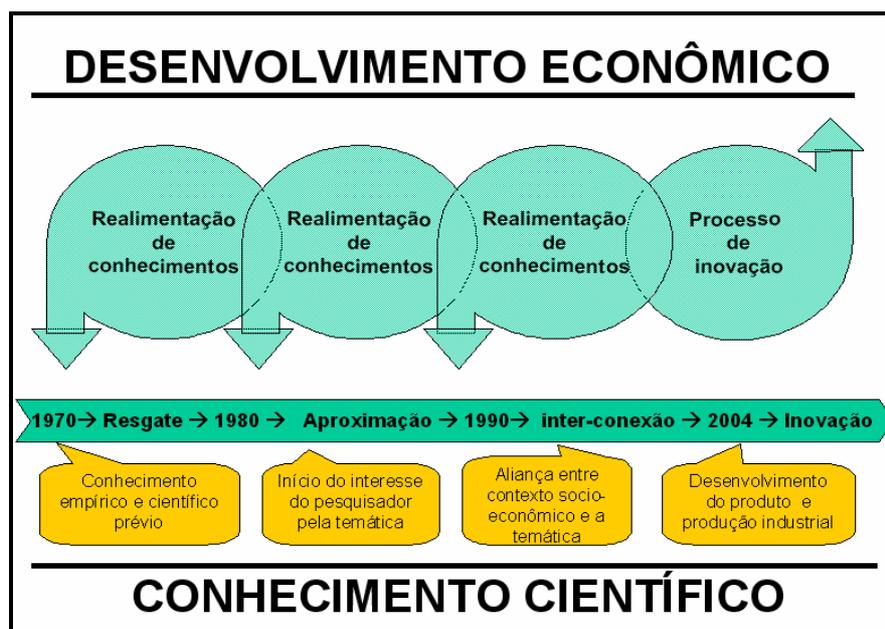


FIGURA 15: evolução longitudinal das pesquisas e processo de inovação do Biotech

Fonte: desenvolvido pelo autor

Na Figura 15 estão indicadas as etapas que tornaram possível o processo de inovação do Biotech. Elas foram as seguintes: a) resgate: compreendendo o período que vai de 1970 a 1980, quando foram desenvolvidas diversas pesquisas no Brasil e no exterior resgatando a importância da utilização de ácidos orgânicos na melhoria do nível nutricional do solo. Antes desse período, o uso desses ácidos, em geral, estava restrito à prática empírica; b) aproximação: período entre 1980 e 1990, quando houve a aproximação definitiva entre o pesquisador/criador do produto (Dr Francisco Dias Nogueira) e a temática dos ácidos orgânicos; c) interconexão: período que vai de 1990 até, aproximadamente, o ano de 2004, quando houve uma aliança definitiva entre a temática e o contexto sócio-econômico em transformação e d) inovação: a partir de 2004, quando o pesquisador requereu a patente do produto e este passou a ser produzido e comercializado.

Assim como no primeiro caso investigado, até certo momento, o conhecimento científico se aprimorou. Nesse período, as diversas pesquisas desenvolvidas a respeito do assunto enriqueceram a base que possibilitou o surgimento do produto. No entanto, este conhecimento somente contribuiu criando valor para a economia, com a introdução efetiva do produto no mercado. Tal fato, neste caso, se deu no ano de 2004, quando a articulação dos conhecimentos se materializou em forma de inovação.

4.2.1.1 Resgate

Neste estudo de caso, os conceitos científicos que exploram a ação dos ácidos orgânicos, no que se refere ao melhor condicionamento do solo para a nutrição das plantas, ligam-se, de uma forma muito evidente, à prática empírica milenar da utilização de compostos orgânicos na agricultura. Somente em 1937, com o bioquímico alemão Hans Krebs, foi possível avançar na exploração científica do tema.

Krebs (1937) descobriu o fenômeno que veio a ser conhecido como ciclo de Krebs ou ciclo do ácido tricarbóxico, como são o cítrico e outros de cadeias orgânicas similares. A partir deste momento, passou-se a reconhecer que o ciclo de Krebs revelava a mais importante via metabólica celular. Sob a regência de enzimas produzidas nas mitocôndrias das células, desencadeava-se um processo por meio do qual se processava uma cadeia de reações químicas fundamentais para a respiração dos organismos vegetais. Esta descoberta foi fundamental para os futuros estudos científicos sobre os ácidos orgânicos.

Na fase do avanço da indústria da fertilização química, que se deu a partir da metade do século XX, a preocupação em atuar de forma natural nos processos de nutrição do solo foi ficando de lado. A necessidade imposta pelo mercado e os avanços do agronegócio, que exigiam a produção em quantidades cada vez maiores, suprimiu a preocupação a respeito dos problemas relacionados ao uso de elementos químicos prejudiciais à vida.

A partir do ano de 1970, observa-se um resgate, na literatura, da busca pela utilização dos meios orgânicos como forma de minimizar os problemas relacionados ao uso indiscriminado de elementos tóxicos.

A fase foi marcada pelo aprofundamento científico sobre o tema, uma vez que os estudos realizados até então eram relativamente superficiais. Alguns trabalhos, como Crisóstomo & Castro (1970), Mielniczuk & Selbach (1978) e Oliveira et al. (1971), sustentaram a tese da utilização de elementos orgânicos como meios biotivadores do solo. Desde essa época até a atualidade, o principal argumento para a utilização destes estava baseado na sua biodegradabilidade.

4.2.1.2 Aproximação

Entre os anos de 1980 e 1990, ocorreu o período da aproximação entre o pesquisador/criador do produto Biotech (Dr. Francisco Dias Nogueira) e a

temática. Nesse período, o pesquisador desenvolveu suas primeiras pesquisas, que abordavam a utilização dos bioativadores orgânicos no solo.

No ano de 1979, o pesquisador orientou a sua primeira dissertação, cujo tema estava ligado à utilização de meios orgânicos de fertilização (Nogueira, 1979). No entanto, foi o ano de 1983 que se tornou fundamental para determinar a vertente científica que seria adotada em toda a sua vida acadêmica. Naquele ano, o pesquisador orientou três pesquisas de mestrado sobre o tema. Em suma, estas pesquisas buscavam explorar a viabilidade dos solos para fornecer os nutrientes necessários para cultivos distintos (Alfaia, 1983; Arantes, 1983; Davide, 1983).

Davide (1983), por exemplo, explorava a aplicação de nutrientes naturais, como o fosfato de Araxá e o gesso, na produção de mudas de *Eucalyptus*. Arantes (1983), por sua vez, aferiu os níveis de potássio de diversos tipos de solo diante da aplicação de outros elementos orgânicos. Já Alfaia (1983) estudou a potencialidade de trocas químicas em três diferentes níveis de solo da Amazônia central.

Suas pesquisas se sustentavam em dados obtidos na literatura internacional, que defendiam a tese da utilização dos elementos naturais presentes no solo, como o potássio, por exemplo. Entre essas teses, destacam-se Rao et al. (1977) e Sparks (1980).

Nesta época, o pesquisador estava vinculado institucionalmente à Embrapa. No entanto, a proximidade existente entre esta instituição e a Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) hoje, Universidade Federal de Lavras (UFLA), permitiu que o pesquisador não se desvinculasse totalmente do mundo acadêmico, auxiliando o desenvolvimento das pesquisas.

Durante o período que se iniciou por meio do encontro entre o pesquisador e a temática até a fase que se sucederia, o pesquisador permaneceu vinculado à Embrapa, trabalhando nas linhas de pesquisas de fertilidade do

solo e nutrição mineral de plantas. Este período, apesar de não ter sido tão produtivo como o pesquisador esperava, foi de grande valia para o desenvolvimento de conhecimentos aprofundados sobre a temática.

4.2.1.3 Interconexão

Este período, entre os anos de 1990 e 2004, foi marcado pela aliança entre o contexto sócio-econômico em transformação e a temática adotada pelo pesquisador. No que se refere ao contexto, percebia-se a existência de uma preocupação crescente com a questão ambiental e o desenvolvimento sustentável de longo prazo. Diversos países buscaram o diálogo no sentido de elaborar acordos de proteção à natureza e à vida na Terra. Os temas relacionados à camada de ozônio e ao aquecimento global, assim como os resíduos tóxicos da agricultura e a redução da água potável do planeta, foram colocados no centro do debate mundial.

Diante deste contexto, cresce a importância dada aos meios agrícolas de produção limpa. Estes meios são caracterizados por proporcionarem a não contaminação do solo e da água por resíduos tóxicos, prejudiciais à vida.

O conhecimento científico que estava sendo desenvolvido pelo pesquisador atendia plenamente a essas emergências. Nesse sentido, o conhecimento poderia proporcionar duas alternativas. A primeira seria viabilizar o cultivo totalmente orgânico por meio da ativação dos nutrientes inativos, presentes no solo, na forma de precipitados químicos ou adsorvidos às superfícies coloidais. A segunda seria diminuir a necessidade de aditivos químicos por meio da melhora do nível de nutrientes disponíveis para as plantas, os quais seriam então disponibilizados por compostos orgânicos.

Diante desse cenário, o pesquisador emvidou esforços científicos no intuito de clarificar o seu entendimento a respeito de aspectos ainda pouco explorados da temática.

Entre as pesquisas de mestrado, orientadas ou co-orientadas pelo pesquisador/criador do produto nesse período, estavam: Carvalho (1995), Marques (1995), Mesquita (1993), Melo (1997), Silva (1995) e Silva (1999). Entre as pesquisas de doutorado estavam: Andrade (1997), Cirilo (2001), Guimarães (1995), Neto (2000), Reis (1997), Silva (1999), Souza (1997), Souza (1999), Souza (2000).

Essas pesquisas se dedicavam a estudar o comportamento de solos, muitos deles conhecidos popularmente como cansados¹², em resposta à fertilização e à nutrição mineral. Essas pesquisas, segundo o que relata o pesquisador, forneceram as bases fundamentais para o desenvolvimento do produto. Em suma, o produto é o resultado de todos estes conhecimentos prévios acumulados.

4.2.1.4 Inovação

Em 2004, a partir da combinação dos conhecimentos científicos e da experiência adquirida em campo durante os vários anos de dedicação, o pesquisador conseguiu sintetizar uma fórmula que julgou suficiente para dar entrada no pedido de patente do novo produto.

Nesse estágio, o eixo dos acontecimentos se firmou, fundamentalmente, em torno do know-how do pesquisador. A fórmula do Biotech, em suma, é uma mistura de ácidos orgânicos e de uma substância enzimática. O segredo do produto está justamente nesta substância. A esse respeito, o pesquisador/criador do produto afirma que, além do conhecimento desenvolvido em diversas pesquisas científicas...

¹² A expressão “solo cansado” é popularmente utilizada em referência ao solo que não responde bem à fertilização, devido a sua intensa exploração em anos prévios sucessivos.

“...tem o nosso conhecimento paralelo, que buscamos em outro baú, que possibilitou associar ácidos orgânicos e um complexo enzimático” (Relato de entrevista – principal pesquisador, 2006).

A partir dessa afirmação, pode-se dizer que o conhecimento tácito, adquirido durante o vasto período de experiência do pesquisador e que não pode ser mensurado por experimentos científicos ou transmitidos facilmente por meio de publicações, desenvolveu um importante papel para a materialização do produto.

Sob a forma de uma solução líquida, que deveria ser diluída em água, produto passou a ser produzido em laboratório construído com investimentos privados pertencentes ao principal pesquisador (Dr Francisco), em sociedade com outro pesquisador (Dr Paulo Tácito Gontijo Guimarães) e suas esposas. Assim, passaram a comercializar o produto diretamente para a produtores rurais. Ilustrações sobre a apresentação comercial do produto encontram-se na Figura 16.



FIGURA 16: Marca e embalagens do Biotech
Fonte: dados de pesquisa

4.2.2 Processo de inovação

A existência de vasta literatura a respeito do aproveitamento de ácidos orgânicos como vetores de ativação dos nutrientes naturais do solo, assim como a existência de inúmeras pesquisas que se coadunam com a interface das pesquisas que partem para a defesa da adubação biológica, tornam-se o pano de fundo para o surgimento do Biotech. Esse conhecimento científico prévio e amplamente desenvolvido, aliado ao profundo empenho pessoal e amplo conhecimento tácito do pesquisador, adquirido durante anos de trabalho com a temática, possibilitaram o processo de inovação que deu origem ao produto.

A história do produto confunde-se com a história do seu principal pesquisador. A sua atuação individual contrasta com a forma ideal encontrada na literatura, em que ambiente institucional assume um papel determinante no processo de inovação tecnológica, o que, de certa forma, facilita a ação dos pesquisadores que demonstram espírito empreendedor.

Características pessoais do pesquisador/criador do produto o distinguem do escopo tradicional dos teóricos habituais. Sua vida sempre esteve relacionada com a busca de soluções práticas. A necessidade de aliar, desde cedo, estudo e trabalho, certamente exerceu uma forte influência que veio marcá-lo para o restante de sua vida profissional.

Talvez por razão de sua própria história, de constante empenho para a superação dos desafios, o pesquisador sempre teve por princípio aplicar os conhecimentos adquiridos para o bem comum de toda a sociedade.

Na sua trajetória de vida, uma coisa sempre o incomodou, chegando a fazer com que ele se desligasse de uma das instituições nas quais trabalhou. O motivo se relaciona ao fato da não priorização de aplicabilidade prática das pesquisas desenvolvidas em tal instituição. A esse respeito, o pesquisador afirma:

“...muito resultado de pesquisa, pesquisa em cima de pesquisa, repetição de pesquisas, pesquisas engavetadas e não saía tecnologia” (Relato de pesquisa – principal pesquisador, 2006).

Segundo o que afirmou o pesquisador, a partir da onda ecológica, quando houve um aumento de interesse, tanto por produtos como por métodos orgânicos de cultivo, já enxergava a possibilidade de desenvolver meios que atendessem a essas emergências. Sempre acreditou na superioridade dos métodos orgânicos de cultivo. Segundo ele, o motivo da superioridade do método orgânico de adubação do solo em relação à fertilização química é o fato de poder prevenir a degradação da fertilidade do solo, fazendo com que sua utilização e produtividade sejam sustentáveis e prolongadas.

Com o despertar da importância dada à agricultura orgânica, o pesquisador aderiu definitivamente à busca científica por processos de cultivo dessa natureza. O despertar foi primeiramente percebido na sociedade. Sucessivamente, o mercado veio a demonstrar interesse em atender a uma demanda específica por produtos diferenciados. Por tal motivo, o pesquisador viu na pesquisa que focasse a melhora da performance do processo de fertilização orgânica, uma oportunidade de contribuir efetivamente para atender ao interesse da sociedade.

Desde então, o seu empenho científico tem se pautado pela busca da maximização da eficiência do método do cultivo orgânico. Nesse sentido, demonstra uma preocupação essencial, a de aliar o conhecimento científico até então desenvolvido, adicionando a sua contribuição pessoal, à geração de resultados práticos e que possam ser colocados em uso pela atividade agrícola de fertilização orgânica do solo.

A busca científica do pesquisador focalizou o aproveitamento dos ácidos orgânicos, que são naturais e biológicos, na melhora do suprimento de nutrientes

pelo solo e de sua aquisição pelas plantas, o que ocorre na interface raízes e ambiente, denominada por rizosfera. Segundo ele, o tema de suas pesquisas se inspirou no conhecimento bastante difundido na área a respeito do Ciclo de Krebs.

Em linhas gerais, o ciclo ajudou no trabalho de reconhecer a importância das enzimas na transformação de elementos inaproveitáveis pelas plantas, como o fósforo orgânico, então transformado ou convertido em fósforo inorgânico, que é a forma absorvida pelas plantas. Nesse sentido, a hipótese central, relacionada à possibilidade de disponibilização do fósforo para as plantas, passou a ser confirmada pelas pesquisas, o que aumentou a importância do tema, uma vez que cerca de 40% a 60% do fósforo total do solo está na forma orgânica.

Esse problema, o de melhor aproveitar elementos naturais do solo, se resume numa forma capaz de reduzir substancialmente os custos com adubação química em cultivos diversos. No que se refere ao potássio, por exemplo, cerca de 85% de todo o potássio utilizado como fertilizante na agricultura brasileira é importado (ANDA, 1997). Uma tecnologia que favorecesse a utilização dessas reservas presentes no solo, porém indisponíveis para as plantas, poderia representar uma saída para diminuir a dependência externa do elemento.

Dessa forma, o problema assume uma dupla importância. No que se refere ao atendimento de uma demanda social e mercadológica, proporcionando a possibilidade de cultivo orgânico em escalas maiores, o que não seria possível pelos métodos de adubação até então conhecidos e no que se refere à diminuição da importação de fertilizantes e proporcionar a utilização de reservas naturais de nutrientes presentes no solo.

A pesquisa, nesse contexto, deixa de ser apenas produtora de conhecimento básico, desarticulado das necessidades sociais e econômicas. Pelo contrário, adquire um status de relativa importância para o avanço tecnológico

estratégico do país e da região, além de adquirir importância no que se refere ao bem-estar geral da população por meio da oferta de alimentos mais saudáveis.

Durante o período que se sucedeu ao interesse inicial do pesquisador/criador do produto a respeito do tema, até o desenvolvimento do produto para a comercialização no mercado, as pesquisas desenvolvidas com a sua participação basearam-se na busca de meios de maximizar a eficiência da utilização. Para o pesquisador, a única via para atingir esse objetivo passava pela utilização dos ácidos orgânicos.

Essas pesquisas, indistintamente, desenvolveram-se dentro de uma estrutura intradisciplinar e centraram-se na questão da comprovação da efetividade das enzimas para a ativação dos nutrientes para as plantas, ou seja, na comprovação da hipótese inicial.

Não se observaram, em períodos posteriores ao interesse no desenvolvimento do produto, tipos diferentes de pesquisa alinhando-se a fases diferentes da evolução do processo de inovação, como prefigura o modelo interativo. Ao contrário, a pesquisa desenvolvida no período de existência do produto realimenta, mais uma vez, a procura por confirmar as mesmas hipóteses trabalhadas em períodos anteriores.

A busca pela resolução de problemas relativos ao desenvolvimento de mercados e adequação dos processos de produção não se emoldurou pelo aparato científico. Mesmo na fase atual, em que o foco deveria estar na criação de mercados pela difusão tecnológica e na viabilização da produção em maior escala, a preocupação científica, ainda assim, está centrada na confirmação da viabilidade técnica do produto. Esse fato revela as limitações que os pesquisadores empreendedores têm de reconhecer a necessidade de outras áreas do conhecimento para a efetivação de qualquer processo inovativo.

Apesar disso, as pessoas que estão envolvidas atualmente na difusão dos benefícios do novo produto reconhecem bem onde deve estar o foco de suas

ações. O apelo comercial do produto encontra-se apoiado em três questões comentadas.

A primeira está relacionada à necessidade crescente de se produzir em grande escala a partir da fertilização orgânica, para um número cada vez maior e exigente de consumidores. Essa meta não pode ser atingida pelos métodos tradicionais de fertilização orgânica, como a utilização de esterco, por exemplo. Nesse sentido, a viabilização do cultivo orgânico em grande escala, por meio de um produto que tenha o transporte e a aplicação similares aos adubos químicos encontrados no mercado, representa uma grande transformação para o setor de alimentos orgânicos.

A segunda questão está relacionada à preocupação, também atual, que diz respeito ao aspecto ambiental. A utilização da adubação química, além de prejudicar a preservação da integridade do solo, tem sérias implicações no que se refere à manutenção da saúde pública. Em contraposição, a adubação orgânica revitaliza o solo e proporciona às pessoas alimentos mais saudáveis e livres de resíduos químicos.

A terceira questão se relaciona ao aspecto econômico. Como observado, o Brasil poderia reduzir substancialmente a importação que faz de fertilizantes. Isso seria possível com o aproveitamento de recursos naturais próprios e de outros que poderiam ser desenvolvidos biotecnologicamente para o suprimento de nutrientes às plantas. Ainda no aspecto econômico, a utilização de uma fertilização mista (organomineral) poderia fazer com que houvesse uma redução na necessidade de alguns nutrientes, gerando, portanto, economia por meio de sua adoção como maximizador da eficiência dos fertilizantes.

Além dos aspectos positivos observados que dão ao produto um alto potencial de mercado, soma-se o fato de que ele pode ser utilizado no cultivo de qualquer planta. A esse respeito o pesquisador comenta:

“Não é um produto desenhado para uma cultura específica. Ele tanto serve para o cultivo de cogumelos como para o cultivo de eucaliptos” (Relato de pesquisa – principal pesquisador, 2006).

Os atributos verificados no produto se coadunam com os atributos atribuídos por Kline & Rosenberg (1986) para uma inovação comercial. Nesse caso, a inovação alia, por um lado, a viabilidade técnica comprovada por meio de diversos estudos científicos nacionais e internacionais, e, por outro, a possibilidade de inserção no mercado, numa condição a ela favorável, positivada por melhoras econômicas e sociais. Dessa forma, a inovação passa a operar num sistema técnico e social, chamado por Kline & Rosenberg de “sistema sociotécnico”.

Diante da combinação de tantos aspectos positivos da inovação, seria natural que se observassem, durante o período de desenvolvimento do conhecimento que antecedeu ao desenvolvimento do produto, parcerias com empresas que encontrassem tanto nos resultados das pesquisas como no potencial de mercado, uma oportunidade explorável. Entretanto, essas parcerias ainda não ocorreram. Uma explicação para o fato poderia ser o desconhecimento por parte dos possíveis parceiros a respeito dos benefícios do produto. Esse desconhecimento pode ter sido causado pela preocupação excessiva dos pesquisadores em comprovar viabilidade técnica, em detrimento da disseminação eficiente das descobertas.

É necessário, no entanto, esclarecer o que se quer dizer quando se propõe uma disseminação eficiente. Esta disseminação pode ser tanto por meio da divulgação científica, como por meio da publicação de artigos em outros jornais, revistas ou por meio da participação em congressos e encontros não necessariamente técnicos. A finalidade da disseminação seria a criação de uma rede que difundiria os aspectos positivos da descoberta, tanto aqueles que

atendam necessidades técnicas como aqueles que atendam a outras necessidades sócio-econômicas. O destino da disseminação pode estar situado, por exemplo, nas empresas, entre os investidores ou em qualquer outro elemento que possa se tornar aliado, seja participando diretamente do desenvolvimento do produto, seja contribuindo indiretamente por meio da promoção.

Com o desenvolvimento do produto, seria de se esperar que as parcerias com investidores privados poderiam surgir com maior facilidade, uma vez que o investimento realizado até o momento tenha sido apenas do pesquisador e de um sócio no empreendimento. O principal pesquisador e também investidor afirma que, incentivadas pela comprovação de resultados da aplicação do produto, algumas empresas estão demonstrando interesse em desenvolver parcerias para a comercialização ampla do produto. Por enquanto, essa comercialização está limitada pela produção ainda pequena, se comparada à demanda inerte.

No entanto, no que se refere à parceria com o governo, pôde-se identificar uma com o governo municipal. Por meio de convênio entre a empresa criada a partir do desenvolvimento do produto e a prefeitura local, pôde-se viabilizar um terreno destinado às futuras instalações de uma unidade produtora. A partir dessa nova unidade, a meta é expandir a comercialização que, atualmente, está restrita a destinos específicos, permitindo, assim, que se possa atender a uma demanda ainda inerte, porém, muito promissora.

5 FATORES CRÍTICOS E HEURÍSTICA

Esta parte visa integrar os resultados da investigação dos casos estudados aos modelos lineares e interativos do processo de inovação. Dessa forma, busca conciliar a trajetória histórico-científica das duas inovações estudadas com o arcabouço teórico tomado como marco de referência. Pretendeu-se identificar fatores que influenciam, de forma positiva ou negativa, a articulação de conhecimentos científicos alcançados pela pesquisa dentro da universidade, para a geração de inovações comerciais. A análise desses fatores críticos oferece a base para a construção da heurística.

5.1 Identificação dos fatores críticos

Por meio do modelo linear de Bush (1945), foi possível abordar importantes aspectos do processo de inovação. Um deles, por exemplo, está no fato de esse modelo considerar tanto pesquisa básica como aplicada, partes integrantes do mesmo processo. Isso é devido à falha compreensão de que qualquer exploração científica, estando ela conectada ou não ao contexto sócio-econômico, geraria inovações tecnológicas em um futuro incerto. O presente trabalho, no entanto, compartilha da opinião de Kline & Rosenberg (1986) quando afirmam que o conhecimento prévio, seja ele empírico ou científico, pode ser utilizado e articulado para fundamentar futuros processos de inovação, não sendo portanto, parte integrante dos mesmos.

A produção de conhecimento básico pode e deve ser planejada, com o objetivo de articular-se melhor ao contexto sócio-econômico e a outras áreas da ciência. Se assim ocorrer, se integram ambos, o processo de produção e a realimentação de conhecimentos e o processo de inovação, sob a égide de um mesmo propósito bem definido.

Para tornar este objetivo possível de ser implementado, este trabalho inicia a sua análise utilizando-se do arcabouço teórico e empírico para identificar alguns fatores críticos do processo de inovação que se fundamenta em conhecimentos científicos.

No que se refere à influência exercida na cultura e nos valores dos pesquisadores pelo modelo linear de inovação, é possível perceber que este modelo revela-se amplamente compartilhado pelas comunidades científicas em geral. Este fato está revelado na crença de que não importa o tipo de pesquisa que façam, sempre estão contribuindo efetivamente para que surjam inovações no futuro. Este fato ajuda a identificar o primeiro fator crítico do tipo de processo de inovação aqui estudado, denominado de “cultura”.

No que se refere ao modelo interativo proposto por Kline & Rosenberg (1986), percebe-se a necessidade de articulação e de gestão do conhecimento científico existente - dentro da chamada fronteira tecnológica - com as oportunidades percebidas no mercado. Esses fatos ajudam a identificar o segundo e o terceiro fatores críticos do processo de inovação. Eles foram denominados de “integração das viabilidades” e “quebra do domínio científico”.

A posição tomada pelas esferas institucionais, como lembram Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), ajuda a identificar o ambiente que mais favorece o surgimento de inovações. Assim, o modelo da tripla hélice de relações entre universidade–empresa–governo ajuda na identificação do quarto fator crítico envolvido no processo de inovação, denominado de “comunicação entre esferas institucionais”.

De forma geral, estes fatores representam núcleos que sintetizam a maioria dos problemas encontrados na gestão dos processos de inovação que se fundamentam no conhecimento científico. Tanto os aspectos culturais como os que estão relacionados à dinâmica endógena e exógena do processo de inovação

serviram como base para a identificação desses fatores críticos. Eles serão abordados nas seções seguintes.

5.1.1 Os valores (Fator I)

Como abordado na subseção anterior, o modelo linear de processo de inovação, presente nas políticas de geração de inovação da maioria dos países desde a época pós-guerra, representa muito mais do que uma forma de conceber o processo de inovação tecnológica. A literatura, em geral, aborda esse assunto. Apesar de o fenômeno ser representado de maneira excessivamente simplista, se comparado à realidade envolvida no processo, a presença do modelo linear está disseminada entre os cientistas por meio do compartilhamento de valores que admitem a importância da ciência básica como forma independente de se atingir objetivos no longo prazo.

Nos casos estudados, percebeu-se a presença de alguns elementos que fazem aproximar as suas trajetórias científico-históricas ao conceito amplamente disseminado do modelo linear. A maior evidência disso foi o fato de terem sido observadas realimentações constantes de temáticas parecidas. No entanto, não se observou, nos casos, a mudança por inércia própria da pesquisa básica para a aplicada e assim por diante, como preconizado pelo modelo linear. Ao contrário, a pesquisa se realimentou, sob roupagens diferenciadas, da mesma problemática. Condições relacionadas ao tempo e ao espaço foram fundamentais para o desencadeamento de processos inovativos.

Em geral, a busca científica realimentada em círculos está relacionada à confirmação da viabilidade técnica das novas tecnologias. Assim, uma vez alcançados resultados técnicos favoráveis, não se observaram novas abordagens ligadas a problemas distintos, especialmente os que pudessem envolver necessidades de mercado, demanda potencial, meios de produção, dentre outros.

Dessa forma, houve uma realimentação teórica de objetivos repetidos, o que contribuiu muito pouco para que as inovações atingissem definitivamente o mercado e nele se tornassem viáveis.

Ao se desconsiderar a ação dos principais pesquisadores, que reconheceram a importância da união dos atributos científicos com as necessidades do mercado, não se observou entre outros pesquisadores, dos tantos envolvidos, a manifestação dessa mesma atitude. Nesse sentido, segue a afirmação de um dos pesquisadores:

“... faço pesquisa básica. Por isso não espero que minhas pesquisas sejam absorvidas (no mercado). O que interessa é o aumento do conhecimento sobre o assunto. Talvez no futuro elas possam ser muito úteis” (relato de pesquisa – pesquisador, 2006).

Portanto, a presença da concepção linear é uma realidade. Ela está nos valores compartilhados pelos cientistas que levam a crer na evolução inercial da ciência, até que seja possível a sua utilização prática na sociedade. Este fato não está relacionado necessariamente a um problema ou ao fato de que não existe a necessidade de se desenvolver conhecimentos básicos em determinadas áreas. O que ele indica é que deve haver a preocupação de se justificar a inserção desses novos conhecimentos em um sistema multidisciplinar, que funciona de forma complexa e articulada. Além disso, é preciso lembrar a respeito do viés de fazer com que tanto objetivos como resultados de pesquisas caminhem em círculos, em vez de progredir de uma forma normal ou acumulativa.

Enquanto presente, a concepção linear torna o entendimento da forma como ocorre o processo de inovação obscurecido. Impede, portanto, a admissão que o processo de inovação inicia-se a partir da articulação do conhecimento existente. Em vez disso, faz acreditar que problemáticas desarticuladas do sistema multidisciplinar mais amplo, em um momento incerto do futuro, fazem

parte do processo de geração de inovações. Essa crença tem sido o subsídio para a legitimação de um modo de agir diferente do que se observa na realidade. Em geral, pesquisas realizadas dentro dessa filosofia linear - intradisciplinares e alienadas do sistema multidisciplinar no qual deveriam se inserir - são pouco promissoras. A respeito disso, cabe repetir o comentário de um dos entrevistados:

“...muito resultado de pesquisa, pesquisa em cima de pesquisa, repetição de pesquisas, pesquisas engavetadas...” (relato de pesquisa – pesquisador, 2006)

O modelo linear leva ao primeiro dos fatores críticos presentes no tipo de processo de inovação aqui estudado. Esse fator crítico se relaciona ao fato de que a influência conceitual do modelo linear alimenta a desarticulação entre resultados intradisciplinares de pesquisas e o sistema multidisciplinar amplo no qual elas se inserem. Dessa forma, a concepção linear age como “legitimadora” de pesquisas que não se articulam bem com o sistema. Disso decorre de valores compartilhados levam ao descompromisso entre a geração do conhecimento e a geração do desenvolvimento, por considerar a geração de conhecimento como parte integrante e não como base para o processo de inovação.

Nos dois casos, apesar de, muitas vezes, eles revelarem o seu viés linear, especialmente por meio da realimentação constante de pesquisas cujos objetivos e os resultados foram demasiadamente repetitivos, o sucesso das inovações deveu-se à clara integração, de certa forma acidental, entre os objetivos das pesquisas e a busca por soluções no sistema mais amplo, representado pelo momento vivido pela sociedade e pelas características do mercado no qual os produtos deveriam se inserir. Esse fato não significa que o processo ocorreu de forma ideal.

Diminuir os efeitos deste primeiro fator crítico não deve ser uma tarefa muito fácil. Isso porque o que ele revela está ligado, muito intimamente, a atributos culturais disseminados no próprio ambiente de pesquisa e partilhados, por um grande período de tempo, por pesquisadores das mais diversas áreas. No entanto, a simples consciência da sua existência pode em muito ajudar em qualquer processo de inovação que se dê, em parte ou completamente, dentro desse ambiente. Isso porque, por seu intermédio, torna-se possível prever e compreender possíveis resistências filosóficas que vêm à tona diante do empenho por tornar a ciência descontinuada em aplicação efetiva para a sociedade e o mercado.

5.1.2 A integração das viabilidades (Fator II)

Em linhas gerais, para haver inovações de sucesso, há a necessidade de inserção dos resultados técnicos alcançados, em um sistema multidisciplinar amplo. Isso quer dizer que, a menos que se quebrem os limites intradisciplinares que impedem a integração das pesquisas com outras variáveis multidisciplinares, não se pode alcançar a inovação. A contribuição do modelo de Kline & Rosenberg nesse sentido está centrada na necessidade de comunicação entre a fronteira tecnológica, ou os conhecimentos científicos disponíveis, com as necessidades de mercado, incluindo a capacidade e a possibilidade para o mercado absorver a nova tecnologia. Nesse sentido, a prova quanto à viabilidade técnica da descoberta científica não garantiu o seu uso econômico. Este fato foi observado, especialmente no primeiro caso.

Comprovando a importância que Kline & Rosenberg (1986) dão a este assunto, o primeiro caso investigado apresenta uma situação curiosa. As descobertas, apesar de não comprovarem, de forma uníssona, a viabilidade técnica do produto, encontraram, em atributos da sociedade e do mercado em geral, o campo fértil para a sua disseminação. Assim, mercado e outras

características subjetivas da sociedade adquiriram importância maior do que a própria prova científica. No segundo caso, a aliança entre as descobertas científicas e os atributos do mercado e da sociedade também representou um importante fator para o sucesso do produto.

Assim, Kline & Rosenberg (1986) contribuem para a identificação do segundo fator crítico. Ele está relacionado ao fato de que a simples prova da viabilidade técnica de um determinado produto ou descoberta não leva ao uso econômico. Em outras palavras, para que uma inovação alcance o sucesso econômico, traduzido pela sua absorção pelo mercado, existem atributos, presentes no mercado, como os aspectos econômicos, demográficos e oportunistas, que podem ser mais importantes do que a própria descoberta científica em si. Entretanto, outro aspecto, não sinalizado por Kline e Rosenberg, foi identificado por este trabalho, especialmente por meio do estudo do primeiro caso. Ele se refere à existência de um sistema de crenças que favoreceu a disseminação e o uso do produto. Portanto, no que se refere à integração entre a viabilidade científica e a viabilidade de mercado, este último adquire um novo componente, além dos já apontados aspectos econômicos, demográficos e oportunistas. Ele é o aspecto cultural.

Diferentemente do primeiro caso, cuja administração dos conflitos se torna difícil por lidar com atributos subjetivos do processo de inovação, este segundo fator crítico, ao contrário, pode ser gerido de maneira mais objetiva. Essa gestão se dá por meio do levantamento de qual inovação realmente é viável para o mercado e para a sociedade. Essa viabilidade, como visto, não deve ser medida apenas analisando-se o avanço do produto ou descoberta, mas a sua capacidade de integrar-se positivamente aos elementos externos. Há de se considerar para isso, como afirmam Kline & Rosenberg (1986), não apenas a existência de uma possível demanda, mas o potencial de a descoberta criar demanda, por meio dos avanços prometidos.

5.1.3 A quebra do domínio científico (Fator III)

Ainda sob a perspectiva de Kline & Rosenberg (1986), há que se destacar o terceiro fator crítico do processo de inovação. Em um determinado projeto de inovação, deveriam existir tipos diferenciados de pesquisas para atender a demandas distintas em cada um dos estágios do processo. Isso significa que a ciência zootécnica, por exemplo, ao desenvolver, pela pesquisa, uma nova raça, não permaneça buscando realimentar as mesmas hipóteses. O passo seguinte é interagir com outras ciências, como a engenharia da produção, para a determinação do processo mais adequado para a produção, ou a administração, para a prospecção de mercado ou de parceiros, objetivando a inserção do produto. Assim também a biotecnologia do solo poderia se aproximar de outros ramos da ciência com intuítos parecidos.

Para os exemplos investigados, o fato de as descobertas terem se tornado produto e atingido o mercado não diminui a importância das intercomunicações entre áreas científicas distintas. Pelo contrário, revelam que, ao considerar o universo complexo que cerca qualquer processo de inovação, de forma hipotética é possível afirmar que muitas descobertas científicas que seriam viáveis no mercado podem não atingir o status de inovação pela falta de intercomunicação entre ramos complementares da ciência. A identificação deste fator pode, portanto, auxiliar de forma essencial para o êxito de qualquer projeto de inovação. Nesse sentido, a universidade assume uma posição privilegiada ao dispor de várias áreas científicas que podem se tornar complementares.

Neste fator, torna-se relevante um aspecto que deve ser levado em conta. Ele está relacionado ao fato, também abordado por Kline & Rosenberg, de que muitos pesquisadores apenas consideram ciência, por exemplo, a sua própria área de atuação ou apenas as ciências naturais. No entanto, considerando-se o processo de inovação na íntegra, cada parte ou cada pesquisa demandada em fases distintas contribuem com uma parcela importante para o sucesso do

projeto. Nesse sentido, para que se tome qualquer ação no sentido de tornar resultados de pesquisa em aplicações práticas, há de se considerar a necessidade da utilização de outros conhecimentos além daqueles que se constituem na base para a descoberta.

5.1.4 A comunicação entre as esferas institucionais (Fator IV)

Até aqui, foram considerados apenas os aspectos que são endógenos ao processo de inovação. No entanto, existem elementos que estão numa outra dimensão exógena, que dão ao processo um olhar institucionalizado.

Dentre os modelos interativos institucionais, este trabalho optou pelo da tripla hélice de relações universidade-indústria-governo (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995, 1997, 2000). Ao expor as condições institucionais ideais que, teoricamente, proporcionariam o incremento dos recursos para o surgimento de inovações, presumiu-se a possibilidade de contrastá-las com os casos estudados.

Ao se considerar estes casos, pode-se afirmar que o modelo da tripla hélice emoldurou de forma frágil apenas o primeiro. Neste, houve o encontro de necessidades recíprocas apenas entre empresa e universidade, sem a presença de ações da terceira esfera – o governo. Entretanto, apesar dessa comunicação entre esferas, o surgimento de novas formas organizacionais nas suas interfaces, necessárias para absorver as demandas por informações relevantes como prefiguram Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), não ocorreu. Diante disso, nos dois casos, houve forte dependência da iniciativa empreendedora dos próprios pesquisadores, em detrimento do papel que deveria ser assumido pelo sistema como um todo. Apesar de a movimentação das esferas e dos arranjos institucionais preconizar, muitas vezes, a mudança de papel original dos atores, o fato de o pesquisador se tornar investidor ou empreendedor caracteriza de forma inadequada, essa premissa.

Portanto, o quarto fator crítico do processo de inovação está ligado ao nível de relacionamento existente entre as três esferas institucionais: universidade, empresa e governo. Caso se busque a inovação por meio da aplicação do conhecimento, o fato de essas esferas não se articularem harmoniosamente responsabiliza de forma demasiada o detentor do conhecimento pela articulação. Isso significa que, para que o conhecimento alcance o status de inovação, há uma firme dependência da iniciativa empreendedora de quem o detém.

Uma maneira de diminuir esta dependência é promover o estreitamento das relações entre as esferas constituintes do modelo. Na realidade, além do estreitamento, torna-se necessário fazer com que as comunicações evoluam a tal ponto, que seja possível o surgimento de novas formas organizacionais na interface dessas esferas. No entanto, essas transformações passam tanto pela superação da dicotomia entre o público e o privado como pela eventual troca dos papéis originais destinados a cada esfera.

Os fatores que influenciaram os processos de inovações aqui investigados podem ser visualizados na Figura 17. Estes fatores oferecem a base para a concepção da heurística.

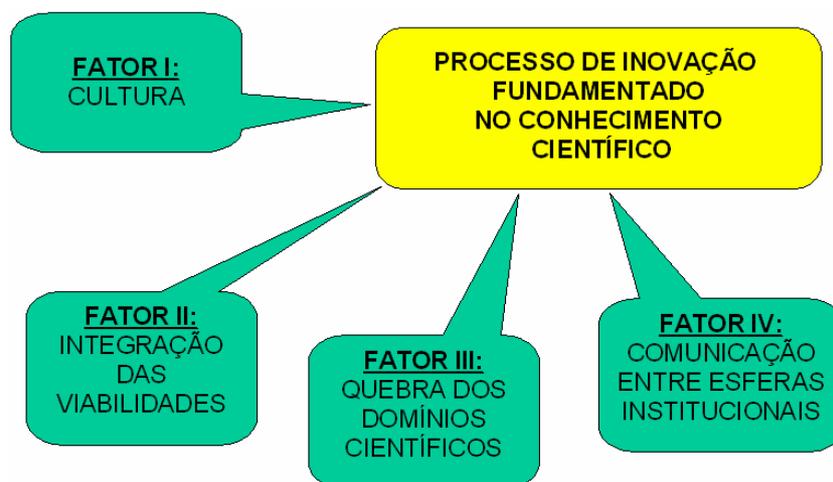


FIGURA 17: Fatores-chave de sucesso do processo de inovação com base no conhecimento científico
 Fonte: pesquisa de campo, inspirado em Joia (2004)

De maneira geral, utilizando-se do conceito de “oportunismo controlado” que permite estabelecer generalizações a partir de estudos de casos (Ensenhardt, 1989), é possível afirmar que os fatores aqui evidenciados exercem influência sobre o tipo de processo de inovação estudado neste trabalho. No entanto, a intensidade da influência exercida por cada fator de forma individualizada pode variar de acordo com as circunstâncias. A aferição dessa intensidade não faz parte dos objetivos desta investigação.

Identificados os fatores, este trabalho prossegue para o seu principal objetivo, ou seja, a proposição de uma heurística para o processo de inovação no contexto universitário. Cabe lembrar que não é pretensão deste trabalho desenvolver um modelo amplo que aborde todos os fatores que exercem influência sobre o tipo de processo aqui estudado. No entanto, a heurística aponta para fatores que podem auxiliar a leitura conceitual sobre fatores que podem estar presentes em qualquer processo de inovação fundamentado em conhecimento científico. A próxima seção trata desse assunto.

5.2 A heurística proposta

A partir dos fatores críticos identificados, o presente trabalho propõe uma heurística que possa servir de referencial para a ação de gestores públicos de ciência e tecnologia, ou como fonte de auxílio na formulação de estratégias organizacionais de atuação na área. Esta heurística está sintetizada na Figura 18.

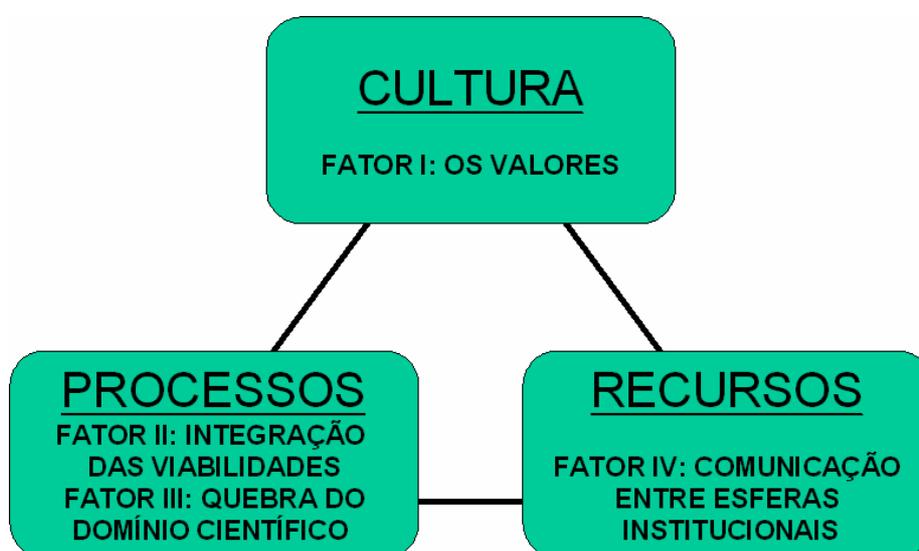


FIGURA 18: Heurística proposta
Fonte: pesquisa de campo, inspirado em Joia (2004)

A heurística resume-se em três vértices que integram os temas centrais discutidos neste trabalho. Esses vértices são: a) cultura, b) processos e c) recursos (CPR). As subseções seguintes tratam de elucidar o conteúdo de cada um desses vértices.

5.2.1 Cultura

A cultura disseminada e compartilhada por um extrato específico da sociedade, no caso deste trabalho, pelas comunidades científicas, dizem respeito às influências subjetivas que influenciam a tomada de decisões na área.

A cultura da organização, como afirma Joia (2004), forma os padrões subjacentes ou define como as pessoas na organização alocam suas prioridades, decidem, julgam e percebem se uma determinada forma de agir representa uma vantagem ou uma ameaça. Neste trabalho, os valores definem se as pessoas que proporcionam a base para o tipo de processo de inovação aqui estudado, ou seja, os pesquisadores e cientistas, contribuem de forma positiva ou de forma negativa para o surgimento de inovações. Em outras palavras, se eles ajudam ou sabotam, mesmo que passivamente, este fenômeno.

O primeiro fator crítico identificado na seção anterior (Fator I – os valores) se insere amplamente neste item. Como visto, o pano de fundo do fator “valores” é o modelo linear. Este modelo pode ser percebido a partir de uma leitura ideológica que alimenta a desarticulação entre os resultados de pesquisas e a necessidade de gerar desenvolvimento econômico por meio da sua aplicação. A concepção linear age como “legitimadora” de uma crença que faz desvincular a ciência da sua aplicação, contribuindo, assim, para a disseminação de uma cultura que leva à falta de compromisso entre a geração do conhecimento e geração do desenvolvimento. Isso se deve ao fato de considerar a geração de conhecimento como parte integrante do processo de inovação e não base para tal.

Diante da sua abrangência, o pano de fundo deste vértice, ou seja, o fator “valores”, encontra-se imerso em meio a um universo socialmente construído. Isso faz com que o comportamento de passividade, nem sempre proposital, seja legitimado entre os cientistas e pesquisadores e se torne uma característica inerente entre os que partilham os valores e crenças amplamente aceitos.

5.2.2 Processos

Os processos estão relacionados às transformações de *inputs* em *outputs*. Neste trabalho, os *inputs* essenciais são traduzidos pelos conhecimentos científicos e os *outputs* são os produtos, processos e serviços inovadores resultantes. Kline & Rosenberg (1986) exploram este tema, abordando variados aspectos envolvidos no processo de inovação. Por isso, a teoria sugerida por estes autores mais o teste empírico oferece os meios para a compreensão do que trata este vértice. Como o próprio nome antecipa (processos), a dinâmica do processo de inovação se relaciona bem com este quesito.

Dentre os fatores críticos identificados nos estudos dos casos e sustentados por Kline & Rosenberg (1986), por meio de sua teoria interativa, o segundo e terceiro foram incluídos neste vértice da heurística. Esses fatores são o fator II (integração das viabilidades) e o fator III (quebra do domínio científico).

O fator II, “integração das viabilidades”, representa uma parte essencial para que qualquer processo de transformação de conhecimento em inovação atinja o sucesso. Como já discutido em seção anterior, essa integração representa a comunicação entre as demandas sociais e mercadológicas com a fronteira técnico-científica. É demasiado reduzida a possibilidade de se aplicar certos conhecimentos desnecessários às pessoas, sem que se crie ou se perceba nelas alguma necessidade. Da mesma forma, muitas idéias, se aplicadas, facilitariam em muito a vida das pessoas. No entanto, elas esbarram na fronteira do avanço científico. Portanto, o processo de inovação depende da integração dessas viabilidades, tanto a mercadológica como a científica.

Ainda no que se refere ao item “processos”, é importante inserir outro fator crítico relacionado, ou seja, o fator III - “quebra do domínio científico”.

Para que a pesquisa atinja o objetivo da aplicação por meio do desenvolvimento de inovações, torna-se necessário reconhecer que o ramo do

conhecimento que deu origem à descoberta (especialmente aqueles ligados aos casos estudados) não se encontra suficientemente capaz de levar esta descoberta ao mercado. Isso se deve à necessidade de que outros ramos de conhecimento sejam disponibilizados para atender a demandas distintas que surgem no decorrer do processo. Para isso, torna-se necessária a comunicação com outros ramos da ciência. Em outras palavras, para atingir o mercado, uma descoberta científica, que teoricamente poderia representar um grande benefício para a sociedade, depende de muitos conhecimentos além unicamente daqueles intradisciplinares.

Esses conhecimentos podem estar relacionados a ciências distintas, ligadas, por exemplo, à produção, à tecnologia, ao marketing ou a qualquer outra. O reconhecimento da importância de se fazer a comunicação entre a ciência que deu origem à descoberta e aquelas que tornam a descoberta viável no mercado é essencial para o incremento de inserções do tipo de inovação aqui estudado.

5.2.3 Recursos

Joia (2004) afirma que o que se entende por recursos está relacionado a tudo o que possa ser comprado ou capacitado. Assim, pessoas, hardware, ativos fixos e recursos monetários se enquadram nessa categoria. Esses recursos podem ser contratados ou dispensados, comprados ou vendidos, depreciados ou melhorados.

O fator crítico IV – “comunicação entre as esferas institucionais” - se insere amplamente nesse vértice da heurística. Isso se deve ao fato de, por meio do fator IV, ser possível alcançar o incremento de recursos necessários para tornar o ambiente propício ao surgimento de um número maior de processos de inovação. Tais recursos, como afirma Joia (2004), não se limitam apenas aos

financeiros. Além daqueles já citados, outros, como o *know how*, por exemplo, desempenham papel de grande importância para o surgimento de inovações.

A proposta de Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000), de promover um ambiente institucional que seja propício à inovação, está na direção de suprir a necessidade dos recursos distintos para o incremento de inovações.

O estreitamento da comunicação entre Universidade e Empresa, por exemplo, possibilita à empresa o acesso a laboratórios de pesquisa e a pesquisadores competentes. De outra forma, muitas empresas não teriam a oportunidade de acessar este tipo de recurso. Ao mesmo tempo, o estreitamento possibilita à Universidade o *know how* de mercado e de produção. Estas áreas estão fora dos domínios das universidades, entretanto, fazem parte do universo de domínio da iniciativa privada.

No que se refere ao papel do Governo, uma das formas para a sua atuação poderia ser por meio do desenvolvimento de legislações específicas. Neste quesito, a lei de inovação é um bom exemplo de uma boa iniciativa nessa direção.

A Lei nº 10.973/04 foi formulada com o objetivo de criar um ambiente propício para aumentar o envolvimento das empresas no desenvolvimento de projetos inovadores que levem a novos produtos e processos. O que se espera com a lei é que as parcerias entre empresas, universidades e institutos científicos e tecnológicos ganhem força e estimulem o processo de inovação. A União incentivaria as empresas a apoiar e investir em atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico por meio da concessão de recursos financeiros, humanos, materiais e de infra-estrutura.

Em declarações à imprensa, o então ministro de Ciência e Tecnologia, Eduardo Campos, disse que a chamada Lei de Inovação "permitirá que o conhecimento acumulado nas instituições de pesquisa seja oferecido à economia

brasileira, para melhorar a produtividade e a capacidade de competir com o mercado global". Para isso, o triângulo formado por ciência, tecnologia e inovação é fundamental para um projeto de nação com inserção mundial soberana. Essa necessidade de melhorar a relação entre produção do conhecimento e setor empresarial poderia ser, pelo menos em grande parte, atendida com esse projeto (Di Giulio & De Paulo, 2004).

No contexto dos casos estudados, pode-se afirmar que a promulgação da Lei 10.973/04 alteraria substancialmente a trajetória percorrida por cada processo de inovação aqui investigado. Essa alteração poderia estar especialmente no que se refere a assuntos relacionados aos direitos de propriedade. No primeiro dos casos estudados, certamente o pesquisador encontraria o respaldo da lei para solicitar a patente do produto e para participar economicamente dos seus resultados. No segundo caso, o pesquisador poderia encontrar maiores informações e apoio, tanto no que se refere ao ônus do pedido de patente, como no que se refere às possibilidades de estabelecer contratos de cooperação com o setor industrial.

A Lei 10.973/04, ao alterar o ambiente institucional por meio do estímulo à cooperação entre as instituições públicas científicas e tecnológicas e empresas nacionais, coloca à disposição tanto de pesquisadores como de investidores, mecanismos facilitadores e impulsionadores da transferência de tecnologia. A lei também promove o comportamento empreendedor, tanto das empresas que investem e produzem novas tecnologias a partir de relações cooperativas com as instituições públicas, como dos pesquisadores dessas instituições que passam a poder participar dos resultados econômicos dos processos de inovação.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho buscou, sob a ótica das teorias que abordam os processos inovativos, recuperar a evolução histórico-científica de dois casos de inovação que se tornaram possíveis devido à pesquisa científica. A partir disso, o trabalho objetivou a construção de uma heurística parcial que apontasse para alguns pontos importantes de processos similares de inovação. Esta heurística tem a pretensão de articular melhor a teoria e a prática, provendo auxílio para as formulações estratégicas organizacionais e para orientar políticas de atuação no campo da ciência e tecnologia.

Por meio deste objetivo central, pretendeu-se preencher uma lacuna em relação às abordagens comumente encontradas na literatura sobre os processos de inovação. Numa abordagem singular, este trabalho dirigiu seus esforços para articular o arcabouço teórico existente sobre as condições necessárias ao incremento do número dos processos e a trajetória evolutiva de inovações que se apóiam no conhecimento científico. Entendeu-se que esta abordagem é necessária diante das transformações institucionais atuais que fazem aproximar cada vez mais a universidade e os institutos de pesquisa financiados com recursos públicos do mercado e da sociedade.

Considerando os limites da revisão bibliográfica apresentada, não foram encontrados estudos que buscassem a compreensão da dinâmica do processo, a partir da articulação dos resultados das pesquisas agropecuárias até a geração de inovações tecnológicas, em particular investigando o papel desempenhado pelas esferas institucionais e pelas ações organizacionais. Este fato revela que, considerada a relevância do tema, ele ainda tem sido pouco abordado.

Diante das mudanças institucionais, que trazem à tona uma maior necessidade de se extrair, dos conhecimentos científicos, inovações úteis à sociedade, este trabalho procurou evidenciar a importância da

complementaridade entre a historicidade dos casos inovações e a teoria dos processos. O novo ambiente institucional em desenvolvimento representa a quebra de paradigmas assimilados e compartilhados durante décadas.

No sentido de fornecer compreensão para estes entraves da transposição de conhecimentos científicos para desenvolvimento econômico, o trabalho adotou o marco teórico dos processos de inovação.

Para descortinar e entender o que se passa atualmente no ambiente institucional de ciência e tecnologia, resgataram-se as concepções ideológicas influenciadas pelo modelo linear. A partir disso, compreendeu-se que estas transformações são resultado da ruptura com este modelo linear que, em linhas gerais, legitimou o afastamento entre a ciência e as necessidades sociais e econômicas.

O estudo sobre o modelo linear de inovação ofereceu a este trabalho a base para a compreensão de dois aspectos importantes. O primeiro foi o desvendamento do pano de fundo no qual se descerra a atual mudança institucional vivenciada pelo campo da ciência e da tecnologia. O segundo está relacionado à possibilidade da influência deste modelo na cultura compartilhada pelos pesquisadores e cientistas que lidam com recursos públicos.

O trabalho também levantou a questão do estreitamento da comunicação entre as esferas, Governo, Universidade e Empresa, assim como evidenciou a necessidade da comunicação entre ramos distintos da ciência e de ligação entre as viabilidades científicas e mercadológicas. Diante desse contexto, este trabalho tocou em temas essenciais na direção de superar entraves históricos que travam o desenvolvimento econômico do país.

No que se refere ao elemento endógeno à organização, considerou-se que o processo deve ser interativo. No que se refere ao elemento exógeno, relacionado ao ambiente institucional da organização, considerou-se a necessidade de inserção das organizações em um arranjo institucional propício.

Os dois modelos interativos do processo de inovação tecnológica adotados por este trabalho foram: a) o *chain-linked model*, de Kline & Rosenberg (1986) e b) modelo da tripla hélice de relações universidade-empresa-governo, de Etzkowitz & Leydesdorff (1995, 1997, 2000).

A escolha se deveu ao fato de, enquanto o primeiro buscava dar ao processo de inovação a compreensão dos aspectos organizacionais, o segundo explorava a sua dimensão institucional. Assim, foi possível abordar tanto os elementos endógenos como os exógenos do processo. Dessa forma, ao considerar essas perspectivas, a análise dos casos tornou-se possível, assim como a concepção da heurística.

A escolha dos casos para o estudo empírico foi realizada em razão das similaridades encontradas entre eles. A principal delas foi o fato de que as inovações resultantes foram possíveis a partir do conhecimento científico previamente desenvolvido. Essas similaridades possibilitaram a geração da heurística.

Tanto o primeiro quanto o segundo caso são histórias de inovações incrementais do setor agropecuário que se tornaram viáveis a partir da acumulação do conhecimento científico em suas respectivas áreas. O caso I, do produto Amiréia, por exemplo, representa o resultado de muitas décadas de estudos, somadas a conhecimentos técnicos de outras áreas. Descobriu-se, por exemplo, que a viabilidade de mercado da Amiréia não está ancorada na sua viabilidade técnica. Ou seja, não foram as provas científicas que proporcionaram o sucesso da Amiréia no mercado. Estas, por sua vez, apenas descobriram que o uso da Amiréia não promove uma performance diferenciada, se comparado ao uso da uréia pura. O fato revelou que as características culturais presentes nos mercados exercem um papel fundamental no que se refere ao sucesso ou ao fracasso de inovações.

No caso II, sobre o produto Biotech, observou-se que ele sintetizou resultados de anos de pesquisa científica. Somam-se a este fato dois elementos: o primeiro refere-se à importância do contexto econômico e social para a inserção do produto no mercado e o segundo está relacionado ao comportamento de resistência à imobilidade, por parte do pesquisador/criador do produto em relação aos resultados de suas pesquisas.

Este trabalho também reforçou algumas teses já defendidas nas teorias dos processos interativos de inovação. Entre elas está a importância da integração das viabilidades científicas aos anseios sociais e mercadológicos. Também reforçou, embora de forma tímida, a necessidade de se desenvolver um ambiente em que outros atores institucionais, como o Governo e a Empresa, interajam com a Universidade em resposta às necessidades emergentes no decorrer do processo de inovação.

No entanto, também avançou ao oferecer uma realidade que se contrapõe ao modelo ideal proposto pela teoria da tripla hélice. Em ambos os casos estudados, a inovação surgiu com uma excessiva dependência da iniciativa do próprio pesquisador em áreas nas quais ele não é competente, o que explica por que muito conhecimento científico viável permanece engavetado.

No que se refere ao atendimento do objetivo central deste trabalho, está a geração da heurística CPR (cultura, processos e recursos). O seu alcance está fundamentado no estudo dos casos empíricos e no arcabouço teórico escolhido. Para a sua construção, foi necessário identificar, previamente, os fatores críticos do tipo de processo de inovação aqui investigado. Eles foram quatro: a) os valores, b) a integração das viabilidades, c) a quebra dos domínios científicos e d) a comunicação das esferas institucionais.

A identificação do primeiro fator, os valores, está amparada pela abordagem linear do processo de inovação. Foi identificado, no estudo empírico, que este modelo influenciou e continua influenciando a cultura de pesquisadores

e cientistas, ao fazê-los acreditar que a pesquisa, mesmo aquela que não tem compromisso com a aplicação, desempenha o primeiro elo do processo. Como visto, esta posição reflete um período que antecede as atuais transformações institucionais do campo e representa o principal desafio à implementação de ações estratégicas e políticas que foquem o incremento de inovações.

Este primeiro fator inseriu-se totalmente no primeiro vértice da heurística CPR (cultura).

A integração das viabilidades foi considerada como fator II. A contribuição de Kline & Rosenberg (1986) e as observações empíricas reforçaram a importância deste fator para o sucesso dos processos de inovação estudados. Por integração das viabilidades, entende-se a união das viabilidades da descoberta científica com as viabilidades sociais e mercadológicas. Apenas essa união é capaz de transformar determinada descoberta em inovação economicamente viável. Isso pode evitar que um projeto que seja excelente no aspecto científico, mas inviável para o mercado, ou vice-versa, seja levado a cabo.

A quebra do domínio científico foi considerada como o fator III. Este fator preconizou a necessidade do reconhecimento, por parte da disciplina científica que deu origem à descoberta, da importância do papel de outras disciplinas na transformação da descoberta em inovação. O papel destas outras disciplinas não é menos importante do que o da disciplina original. Estes outros ramos da ciência são essenciais para a transferência dos conhecimentos desenvolvidos em pesquisas para o mercado.

Os fatores II e III, exhaustivamente abordados por Kline & Rosenberg (1986) e continuamente recorrentes nos estudos empíricos, constituíram a base para o segundo vértice da heurística CPR (processos).

A comunicação entre esferas institucionais foi considerada o fator IV. Ela se refere à constituição do ambiente institucional propício ao surgimento de

inovações. A teoria adotada para sustentar este fator foi o modelo da tripla hélice de relações entre governo, universidade e empresa, de Etzkowitz e Leydesdorf (1995, 1998, 2000). Por meio do contraste entre o ambiente ideal e a realidade empírica, observou-se o potencial que deve advir da aproximação entre essas esferas no que se refere ao surgimento de inovações.

O fator IV se inseriu totalmente no último vértice da heurística CPR (recursos). Isso porque o rearranjo institucional contínuo, somado ao surgimento de novas formas organizacionais na interface das esferas, nada mais é do que a busca pela maximização de recursos distintos, necessários a cada esfera em particular.

De forma geral, a heurística proposta e as reflexões contidas neste trabalho, além de reforçarem a tese de que qualquer ação na área da gestão de ciência e tecnologia envolve altos níveis de complexidade, também apontam, mesmo de uma forma parcial, para um meio adequado para tomá-las. Ao propor esta heurística, isso não significa que se pretenda desvendar todos os problemas e oportunidades que ocorrem em um eventual processo de inovação, ou seja, a melhor forma para agir quando se busca atingir o desenvolvimento por meio de conhecimentos produzidos em pesquisas científicas. O que se pretendeu foi evidenciar alguns pontos por meio dos quais se possam apontar direções viáveis para a tomada de decisão na área.

6.1 Sugestões para futuras pesquisas

As conclusões reunidas neste trabalho poderão contribuir para ampliar o debate a respeito da problemática associada aos processos de inovação, especialmente em tempos como os atuais, nos quais as instituições passam a assumir um novo papel, desligando-se de conceitos e práticas desenvolvidas durante um vasto período de tempo e ligando-se a novas formas de agir, necessárias para a sua legitimação na sociedade. Diante disso, seria desejável

que enfoques interpretativos e institucionalistas, que resgatem especialmente o contexto histórico dessas transformações, fossem desenvolvidos de forma que seja possível relacioná-los aos problemas da resistência à mudança e da adaptação das organizações ligadas à pesquisa e à inovação.

Nesse sentido, muito ainda há para se avançar por meio de abordagens históricas. Acredita-se ser possível, a partir disso, desenvolver teorias que não se prendam nem à realidade dura das análises endógenas organizacionais, nem às nuances desconexas das análises exógenas institucionais. O avanço, neste caso, provém da síntese entre os dois pólos. As organizações que atuam em ciência e tecnologia são particularmente atrativas para estudos dessa natureza. Os atuais contextos institucionais e organizacionais nos quais operam oferecem a possibilidade única de dedicar a elas estudos aprofundados. Além disso, há o fato de que, dos estudos na área de ciência e tecnologia, têm surgido inovações teóricas importantes para a atualidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S. **Determinação da capacidade de troca de cátions de três solos da Amazônia Central e sua correlação com as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos.** 1983. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

ALQUÉRES, M. M. **Uso de Amiréia 150S na dieta de ruminantes.** 1995. 0 f. Monografia. (Aperfeiçoamento/Especialização em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, W. E. B. **Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da Região Norte Fluminense.** 1997. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas)) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ARANTES, E. M. **Efeitos da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e equilíbrio catiônico do milho (*zea mays* L.).** 1983. 62 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS - ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes:** 1996. São Paulo, 1997. 152 p.

BARBOSA, A. C. **Uso de Amiréia 150S em mistura mineral para bovinos de corte.** 1996. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. Starea as a protein replace for ruminants. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 47, n. 30, p. 42-44, July 1975.

BRITO, M. J. de. **Mudança e cultura organizacional: a construção social de um novo modelo de gestão de P&D na EMBRAPA.** 2000. 239 p. Tese (Doutorado em administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

BOGDAN, R. C.; BIKKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação.** Porto: Porto Ed., 1994. 335p.

BOURDIEU, P. **O poder simbólico**. Lisboa e Rio de Janeiro: Difel e Bertrand, 1989.

BRUYNE, P. de; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. de. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica**. Tradução de Ruth Joffily. 5. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991. 252 p.

BUSH, V. **Science, the endless frontier: a report to the president by Vannevar Bush, director of the office of Scientific Research and Development, July 1945**. Government Printing Office, Washington.

CARVALHO, L. G. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Gigante de Lavínia**. . 1995. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARMO, C. A. **Substituição do farelo de soja por uréia ou Amiréia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação**. 2002. 198 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CAVALCANTI NETO, A. A. **Fatores relevantes na construção de processos “government-to-government” no Banco Central do Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Ebape/FGV, Rio de Janeiro.

CHRISTENSEN, C. M. **The Innovator’s dilemma**. Cambridge: Harvard Business school Press, 1997.

CIRILO, M. P. G. **Influencia da adubação potássica e da torra nos teores de amins bioativas em café**. 2001. Tese (Doutorado em Ciencia de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CONDE, M. V. F.; ARAÚJO-JORGE, T. C. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 727-741, ago. 2003.

COZZENS, S.; HEALEY, A. R.; RIP, A.; ZIMAN, J. **The research system in transition**. Boston: Kluwer academic publishers, 1990.

CRISÓSTOMO, L. A.; CASTRO, L. F. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil. **Turrialba**, São José, v. 20, n. 4, p. 425-433, oct./dic. 1970.

DAVIDE, A. C. **Influência do fosfato de Araxá e do gesso na produção de mudas de Eucalyptus saligna Smith, em casa de vegetação.** 1983. 91 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

DI GIULIO, G.; DE PAULO, M. **Projeto de Lei tenta vencer o desafio da inovação.** 2004. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/08/02.shtml>>. Acesso em: 08 maio 2006.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

EBNER, A. **Schumpeterian theory and the sources of economic development: endogenous, evolutionary or entrepreneurial?** In: INTERNATIONAL SCHUMPETER SOCIETY CONFERENCE, 2000, Manchester. **Trabalho apresentado...** . Manchester, 2000.

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

ERBER, F. S. Perspectivas da América Latina em Ciência e Tecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 8, p. 181-200, maio 2000.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from national systems “mode 2” to a tripe helix of university-industry-government relations. **Research Policy**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The triple helix-university-industry-government relations: a laboratory for knowledge-based economic development. **European Association Study Science and Technology Review**, London, v. 14, n. 1, p. 14-19, 1997.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **Universities in the global economy: a triple helix of University-Industry-Government relations.** London: Cassel Academic, 1995.

FAGERBERG, J. Technology and international differences in growth rates. **Journal of economic literature**, v. 32, September, 1994.

FAPEMIG, Propriedade intelectual. **Minas Faz Ciência**, Belo Horizonte, v. 23, p. 6-11, set./nov. 2005.

- FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985.
- FREEMAN, C. The economics of technical change: critical survey. **Cambridge Journal of Economics**, London, v. 18, n. 5, p. 463-514, Oct. 1995.
- FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, London, v. 19, n. 1, p. 5-24, Feb. 1995.
- GASSET, J. O. Breve história de la idea de ciencia. In: **Invitacion a la filosofía de la ciencia**. Porto Rico: Humanación, 2001.
- GIBBONS, M. et al. **The new production of knowlege**: the dynamics of science in contemporary societies. London: Sage, 1994.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.
- GODIN, B. The Linear Model of Innovation: The historical construction of an analytical framework. **Project on the history and sociology of S&T statistics**. Montreal, 2005. (Working paper ; n. 30).
- GONÇALVES, C. C. M.; TEIXEIRA, J. C.; SALVADOR, F. M. Uréia na alimentação de ruminantes. **Boletim agropecuário**, Lavras, n. 48, 2003.
- GUIMARÃES, R. J. **Formação de mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.): efeitos de reguladores de crescimento e remoção de pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimentos de mudas**. 1995. 133 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- GUSTON, D. H.; KENISTON, K. **The fragile contract**. Cambridge: MIT Press, 1994.
- HARMAN, D. V.; HARPER, J. M. Modeling a forming foods extruder. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, n. 6, p. 1099-1104, Nov./Dec. 1974.
- HELMER, L. G.; BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W.; MEYER, R. M.; PFOST, H. B. Feed processing. V- Effect of expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 53, n. 3, p. 330-335, Mar. 1970.

JACKSON, C. Technology innovation, transfer, and commercialization: need for a nonlinear approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY POLICY & INNOVATION, 3., 1999, Austin. **Annual...** Austin, 1999. Disponível em: <<http://www.ki-soft.com.htm>>. Acesso em: 12 out. 1995.

JOHNSON, A. G. **Dicionário de sociologia: guia pratico da linguagem sociológica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997. 300 p.

JOIA, L. A. Geração de modelos teóricos a partir de estudos de casos múltiplos: da teoria à prática. In: _____. **Pesquisa qualitativa em administração**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.

JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004. 312 p.

KLING, R. An overview of innovation. In: LANDAU, R; ROSENBERG, N. **The positive sum strategy**. Washington: National Academy Press, 1986. p. 275-306.

KNOOP, R. **Utilização da uréia para a alimentação de ruminantes**. 2000. Disponível em: <http://www.serrana.com.br/n_boletins.asp?Tipo=n&id=53> Acesso em: 15 set. 2006.

KNOR-CETINA, K. Scientific communities or transepistemics arenas of research? A critique of quasi economic models of science. **Social Studies of Science**, London, v. 12, p. 101-130, 1982.

KREBS, H. A.; JOHNSON, W. A. The role of fumarate in the respiration of bacteri uon coli coiinurne. **Biochemistry Journal**, London, v. 31, n. 3, p. 645-660, 1937.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2006. 260 p.

LATOUR, B.; WOLGAR, S. **A vida de laboratório**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1997.

LI, M. G.; SHINANO, T.; TADANO, T. Distribution of exsudates of lupin roots in the rhizosphere under phosphorus deficient conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 43, n. 1, p. 237-245, Mar. 1997.

LIPSET, S. M.; TROW, M.; COLEMAN, J. **Union democracy: the inside politics of the international typographical union.** New York: The Free Press, 1956.

LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning.** London: Pinter, 1992. p. 146-168.

MAIA, R. L. A. **Obtenção da Amiréia por extrusão da raspa de mandioca integral e uréia e sua avaliação pela estimativa da síntese de proteína microbiana in vitro e utilização na alimentação de coelhos em crescimento.** 1988. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MAIA, R. L. A.; TEIXEIRA, J. C.; PEREZ, J. R. O.; MORAN, I. R.; VEIGA, R. D. Utilização da amirea 45S (produto da extrusão amido-uréia) como suplemento protéico para coelhos em crescimento. II- Características de carcaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1987b. p. 47.

MARQUES, E. S. **Calcário e gesso na nutrição mineral e produção do cafeeiro.** 1995. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTIN, B. R.; ETZKOWITZ, H. The origin and evolution of university species. *Journal for Science and Technology Studies*, Oslo, v. 13, n. 3/4, p. 9-34, 2000.

MELO, E. M. de. **Efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco na produção e na composição mineral das folhas do cafeeiro (Coffea arabica L.).** 1997. 66 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MESQUITA, H. A. de. **Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (oryza sativa L.).** 1993. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

MIELNICZUK, J.; SELBACH, P. A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 115-120, maio/ago. 1978.

NELSON, R. **National innovation systems: a cross-industry analysis.** New York: Pergamon, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.

NETO, J. C. P. **Doses e Modos de Aplicação de Potássio na Cultura da Soja (Glicine max L. Merrill) sob duas condições edafoclimáticas de Minas gerais**. 2000. 75 p. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NOGUEIRA, I. C. C. **Efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada sobre as características morfológicas, fisiológicas e produção de alho (Allium sativum L.) cultivar Juréia**. 1979. 64 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, L. O. F.; SALIBA, E. O. S.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; AMARAL, T. B. Intake and digestibility of Nelore steers grazing pasture and supplemented with multiple mixture. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 1, p. 61-68, fev. 2004. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352004000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 ago. 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R.; SUSIN, J.; SANTOS, F. A.; ARAÚJO, R. C. Total replacement of soybean meal by urea or Starea in high grain diets on nitrogen metabolism, ruminal ammonia-N concentration and blood parameters in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 738-748, 2004. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000300023&lng=en&nrm=iso>. Access on: 01 Aug 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, J.; FERNANDES, J. J. R.; SANTOS, F. A.; ARAÚJO, R. C. Digestibilidade de nutrientes em dietas de bovinos contendo uréia ou Amiréia em substituição ao farelo de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 173-178, May/June 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000200011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01 ago. 2006.

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E.; BEATTY, M. T. Potassium removed from some southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 35, n. 5, p. 763-767, Sept./Oct. 1971.

RAO, D. N.; MIKKELSEN, D. S. Effect of rice straw additions on production of organic acids in a flooded soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 42, n. 2, p. 202-311, June 1977.

REIS, D. R. **Gestão da inovação tecnológica**. São Paulo: Manole, 2004.

REIS, M. S. **Resposta de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação à adubação nitrogenada**. 1997. 102 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RIP, A.; VAN DER MEULEN, B. The post-modern research system. **Science and Public Policy**, London, v. 23, p. 343-352, Dec. 1996.

SABATO, J.; BOTANA, N. **La ciencia e la tecnologia en el desarrollo futuro de America Latina**. 1968.

SEIXAS, J. R. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; ARAÚJO, W. de A.; RESENDE, F. D.; JUNIOR, A. M.; KRONTA, S. N.; SILVA, L. D. F.; DOURADO, J. B.; SOARES, W. V. B. Desempenho de bovinos confinados alimentados com dietas à base de farelo de algodão, uréia ou Amiréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 432-438, mar./abr. 1999.

SHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. 1942.

SILVA, E. de B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas**. 1999. 105 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, E. de B. **Potássio para o cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto**. 1995. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, F. A. M.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUIMARÃES, M. J. L.; GODINHO, A.; MALTA, M. R. Uso de fosfato natural e ácido cítrico e seu efeito na exsudação de ácidos orgânicos em rizosfera de cafeeiros. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001. p. 2645-2652. 1CD-ROOM,

SILVA, L. S. **Uso da Amiréia 150S em mistura mineral para bovinos de corte**. 1996. Monografia. (Aperfeiçoamento/Especialização em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA V. A. da. **Potássio em solos de regiões cafeeiras de Minas Gerais: Formas e ciética de liberação por ácidos orgânicos.** 1999. 104 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SIMON, H. **Models of man:** social and rational. New York: Wiley, 1957.

SIRILLI, G. **Conceptualising and mensuring technological innovation.** II conference on technology policy and innovation, Lisboa: agosto de 1998.

SOBRAL, F. Desafios das ciências sociais no desenvolvimento científico e tecnológico contemporâneo. **Revista Sociologias**, Porto Alegre, n. 11, jan/jun. 2004.

SOUZA, A. B. de. **Populações de Plantas, Niveis de adubação e calagem para o feijoeiro (Phaseolus vulgarisL) num solo de baixa fertilidade.** 2000. 69 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, C. A. S. de. **Aplicação de zinco via solo em Plantas de Cafeeiro (Coffea arabica L) em casa de vegetação.** 1999. 159 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, J. A. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita de Poços de Caldas (MG).** 1997. 104 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SPARKS, D. L. Chemistry of soil potassium in Atlantic Coastal Plain Soils: a review. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 11, n. 5, p. 435-449, Mar. 1980.

STILES, D. A.; BARTLE, F. E.; MEYER, R. M.; DEYOE, C. M.; PFOST, H. B. Feed processing. VII- Effect of na expansio-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization in cattle and urea toxicity. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 53, n. 10, p. 1436-1447, Oct. 1970.

TEIXEIRA, J. C.; CORREIA, L. de F. A.; FALCO, J. E.; PEREIRA, P. C.; HIDALGO, R. Changes in blood serum, urine, and cecum parameters in rabbits fed a ration containing amirea (product of starch/urea extrusion). **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 66, p. 338, 1988a. Supplement, 1.

TEIXEIRA, J. C.; CORREIA, L. de F. A.; FALCO, J. E.; PEREIRA, P. C.; HIDALGO, R. Use of amirea in rabbits as nitrogen source in partial substitution for soybean meal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 337-338, Feb. 1988b. Supplement, 1.

TEIXEIRA, J. C.; CORREIA, L. de F. A.; FALCO, J. E.; PEREIRA, P. C.; HIDALGO, R. Utilização da amirea 45S (produto da extrusão amido-uréia) na alimentação de coelhos em crescimento, como fonte de nitrogênio em substituição parcial ao farelo de soja. II- Características de carcaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1988c. p. 73.

TEIXEIRA, J. C.; CORREIA, L. de F. A.; FALCO, J. E.; VILELA, E. R. Utilização da amirea 45S (produto da extrusão amido-uréia) na alimentação de coelhos em crescimento, como fonte de nitrogênio em substituição parcial ao farelo de soja. II- Desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1988d. p. 89.

TEIXEIRA, J. C.; DELGADO, E. F.; CORREA, E. M. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta da semente e farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1992. p. 491.

TEIXEIRA, J. C.; DELGADO, E. F.; EVANGELISTA, A. R.; JUNIOR, R. F. Degradabilidade “in situ” da proteína (nitrogênio) e taxa de degradação de diferentes fontes de proteína e misturas grão/uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1991a. p. 200.

TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; ALQUERES, M. M.; BARBOSA, A. C.; REIS, S. T.; PAIVA, A. C.; COSTA, G. R.; KORAN, J. R. Utilização da Amiréia-150S como suplemento nitrogenado para bovinos em sistema de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1998. v. 1, p. 482-484.

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, A. I. G. de; BARCELOS, A. F. Performance de vacas leiteiras em lactação alimentadas com diferentes fontes de proteína. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1991b. p. 290.

TEIXEIRA, J. C.; PEREZ, J. R. O.; MORON, I. R.; VEIGA, R. D.; SANTOS, R. M. Aproveitamento do macho leiteiro utilizando dietas à base de amiréa 45S. II- Desempenho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 203-207, jan./mar. 2000.

TEIXEIRA, J. C.; SANTOS, R. A. **Utilização da Amiréa na alimentação animal**. Lavras: UFLA, 2002. (Boletim Agropecuário, n. 45).

TONELLI, D. F.; ZAMBALDE, A. L. Da pesquisa à inovação: o estudo da trajetória de uma pesquisa até a efetivação de uma inovação. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2005.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatório de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1998. 90 p.

VIEIRA, M. M. F. V. Introdução à pesquisa qualitativa em administração: questões teóricas e epistemológicas. In: _____. **Pesquisa qualitativa em administração**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.

VILELA, G. L. **Uso da Amiréa 45S na dieta de Bezerros**. 1991. Iniciação Científica (Graduando em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WIKIPEDIA. Rumen. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Rumen>>. Acesso em: 15 set. 2006a.

WIKIPEDIA. Urea. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Urea>>. Acesso em: 15 set. 2006b.

ZAWISLAK, P. A relação entre conhecimento e desenvolvimento: essência do progresso técnico. **Departamento de administração da UFRS**. Porto Alegre-RS. Disponível em: <<http://disciplinas.adm.ufrgs.br/adp722/PUB010.PDF>> Acesso em: 02 abr. 2006.

ZIMAN, J. **Prometheus bound: science in a dynamic steady state**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 298 p.