



Número: 148/2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

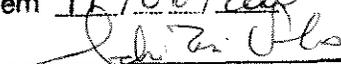
MIRIAN HASEGAWA

AVALIAÇÃO DAS CAPACITAÇÕES E DOS SPINOFFS GERADOS POR
PROGRAMAS DE P&D: O PROGRAMA CANA DO IAC

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como
parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Política Científica e Tecnológica.

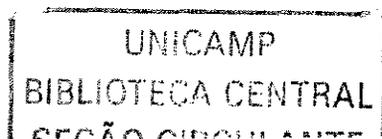
Orientador: Prof. Dr. André Tosi Furtado

Este exemplar corresponde
à redação final da tese defendida
por Mirian Hasegawa
e aprovada pela Comissão Julgadora
em 14/08/2005


ORIENTADOR

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2005



UNIDADE	RL
Nº CHAMADA	
	T/ UNICAMP
	H271a
V	EX
TELEFONO BOI	66370
PROC.	16-9-00086-05
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	11,00
DATA	24/11/05
Nº CPD	

SIBID: 373717

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

H271a	<p>Hasegawa, Mirian. Avaliação das capacitações e dos spinoffs gerados por programas de P&D : o programa cana do IAC / Mirian Hasegawa. -- Campinas, SP : [s.n.], 2005.</p> <p>Orientador: André Tosi Furtado. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.</p> <p>1. Instituto Agrônômico (SP). 2. Inovações tecnológicas. 3. Pesquisa agrícola. 5. Cana-de-açúcar – Melhoria genética. I. Furtado, André Tosi. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.</p>
-------	---

Tradução do título e subtítulo da tese em inglês: Evaluation of capabilities and spinoffs generated by R&D programs : the IAC's sugarcane program.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Innovation, Technological, Agricultural Research, Sugar-cane – Breeding.

✕ Área de concentração: Política Científica e Tecnológica.

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: Marcos Guimarães de Andrade Landell, José Vítor Bomtempo, Ligia Maria Soto Urbina, Sergio L. Monteiro Salles Filho.

Data da defesa: 11-08-2005



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTORA: MIRIAN HASEGAWA

AVALIAÇÃO DAS CAPACITAÇÕES E DOS SPINOFFS GERADOS POR
PROGRAMAS DE P&D: O PROGRAMA CANA DO IAC

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Tosi Furtado

Aprovada em: 11 / 08 / 2005

EXAMINADORES:

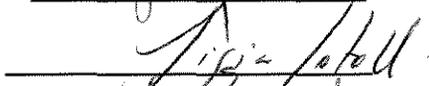
Prof. Dr. André Tosi Furtado

 - Presidente

Prof. Dr. Marcos Guimarães de Andrade Landell



Profa. Dra. Ligia Maria Soto Urbina



Prof. Dr. José Vitor Bomtempo



Prof. Dr. Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho



Campinas, 11 de agosto de 2005

AGRADECIMENTOS

Ao André, meu orientador, agradeço não só pela presença, disponibilidade e apoio constantes, mas principalmente pela sua paciência em me resgatar nas diversas vezes em que me perdi e desviei do caminho.

À FAPESP, agradeço pelo apoio financeiro concedido durante três anos de doutorado. E à CAPES, pelo financiamento do estágio de um ano em Estrasburgo, França.

Aos amigos do PROCANA – do IAC e das usinas.

Vocês foram a grande inspiração do trabalho! Quantas e quantas horas de entrevistas, conversas, pacientes explicações sobre o programa... Vocês foram sempre tão solícitos e me ajudaram tanto. Mas, sobretudo, agradeço pela sincera amizade e pelos momentos tão alegres que passei com vocês.

Ao Laurent Bach, agradeço por ter me recebido no BETA e pelas orientações e valiosas contribuições que fez ao meu trabalho. E também aos professores, colegas e secretárias do BETA que me apoiaram durante o ano que passei em Estrasburgo.

Ao Professor Sérgio Salles, agradeço pela oportunidade de participar do projeto da FAPESP: Metodologia de Avaliação de Impactos da Pesquisa, que foi a origem desta tese.

Ao Tuca e ao Zé Maria, porque sem o apoio e a ajuda de vocês eu não teria começado a trilhar esse caminho.

Aos Professores Sérgio Salles e Adriana Gomes de Freitas pelos apontamentos e contribuições valiosas que fizeram durante o exame de qualificação.

Aos professores do DPCT, por terem se mostrado sempre atenciosos e disponíveis para responder aos meus questionamentos e para me ajudar.

Aos queridos amigos que encontrei no DPCT e no IG, sempre companheiros e solidários e que me ajudaram a prosseguir e a não desanimar.

Aos funcionários do IG e da biblioteca, agradeço a boa vontade com que sempre atenderam aos meus pedidos e responderam às minhas dúvidas. Às secretárias Valdirene, Adriana e Edinalva, agradeço o carinho e apoio que me deram em todos os momentos.

Ao Rafael, meu companheiro, incentivador sempre presente, ouvinte paciente de todas as minhas lamúrias (e foram tantas). Obrigada por tudo!

À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, sem o qual eu não poderia ter chegado até aqui e nem poderia ter vencido mais esta etapa. Em especial à minha irmã, que sabe me compreender e apoiar como ninguém.

A todos vocês, o meu MUITO OBRIGADA!



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

**AValiação DAS CAPACITAÇÕES E DOS SPINOFFS GERADOS POR
PROGRAMAS DE P&D: O PROGRAMA CANA DO IAC**

RESUMO

Tese de Doutorado

Mirian Hasegawa

A proposta desta tese é desenvolver uma metodologia de avaliação de impactos de programas de P&D que incorpore a análise das capacitações e dos *spinoffs* – resultados que não eram previstos nos objetivos do programa. A metodologia desenvolvida é aplicada em um programa de P&D de um instituto de pesquisa agrícola: o Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar do Instituto Agronômico (PROCANA).

O intuito é contribuir para a compreensão do processo de transformação dos conhecimentos e capacitações (gerados nos programas de P&D) em resultados econômicos. O resultado mais claro da P&D é a inovação diretamente relacionada aos objetivos iniciais do programa, cuja difusão gera muitos impactos econômicos. O resultado mais “obscuro”, mas não menos importante, da P&D é a aplicação das capacitações e dos conhecimentos gerados e aprendidos durante o programa para equacionar outros objetivos (externos ao escopo do programa). Estes produtos obscuros, que constituem os resultados indiretos da pesquisa, geram relevantes impactos econômicos, os quais podem e devem ser mensurados para que se possa avaliar a real importância do investimento em P&D.

A metodologia de avaliação aqui proposta é composta de um conjunto de três metodologias. Duas delas são desenvolvidas na tese: uma para identificar e mensurar a criação ou aprofundamento de capacitações nos participantes de um programa de P&D, e outra para mapear os fluxos e transformações do conhecimento durante a execução de tal programa e os *spinoffs* gerados nesse processo. Ademais, os impactos econômicos do programa são quantificados através da metodologia criada pelo Bureau d’Economie Théorique et Appliquée (BETA).

As três metodologias são complementares e se interligam formando uma ferramenta capaz de avaliar os impactos econômicos do programa de P&D, as capacitações criadas e o processo de geração dos *spinoffs*. A aplicação dessa ferramenta ao PROCANA mostrou que este programa gerou impactos bastante altos tanto na criação de capacitações quanto na parte econômica. O PROCANA foi responsável pela criação de seis *spinoffs*, os quais geraram um impacto econômico 51 vezes maior que o impacto econômico da inovação principal. A metodologia desenvolvida foi capaz de criar a ponte entre competências e resultado econômico, de tal forma que foi possível indicar quanto do impacto econômico foi devido às capacitações geradas pelo programa.

O mapeamento das conversões do conhecimento na criação dos *spinoffs* lançou algumas luzes sobre os fatores que contribuem para o surgimento desse fenômeno. A proximidade do instituto de pesquisa (IAC) com os usuários da sua tecnologia foi o principal fator gerador do impulso inicial para a criação dos *spinoffs*. Outro aspecto que pôde ser observado é que os *spinoffs* são, sobretudo, novas combinações de conhecimentos já existentes no programa e não a criação de novos conhecimentos. Foi importante também a estratégia do PROCANA de aproveitar as suas capacitações para responder às oportunidades apresentadas pela demanda e, dessa forma, encontrar novas fontes de financiamento.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica**

**EVALUATION OF CAPABILITIES AND SPINOFFS GENERATED BY R&D
PROGRAMS: THE IAC'S SUGARCANE PROGRAM**

ABSTRACT

Doctorate Thesis

Mirian Hasegawa

This thesis aims at developing a methodology for evaluation of the impacts of R&D programs. This methodology incorporates the analysis of capabilities and spinoffs – results that were not predicted in the objectives of the program. The methodology is applied to an R&D program executed by an agricultural research institute: the sugar-cane breeding program of the Agronomic Institute (PROCANA).

The objective is to contribute to the understanding of the transformation of knowledge and capabilities (generated inside R&D programs) into economics results. The clearest result of R&D is the innovation directly related to the initial objectives of the project and whose diffusion generates several economic impacts. The most “obscure” result of R&D (but not less important) is the application of the capabilities and knowledge created and learned during the program to solve other problems (which are external to the scope of the program). These “obscure” products constitute the indirect results of the research. They generate relevant economic impacts, which, in turn, can and must be measured in order to assess the real importance of the investment in R&D.

The proposed methodology of evaluation is made of a set of three methodologies. Two of them are developed in the thesis: one to identify and measure the creation or deepening of capabilities among the participants of an R&D program, and the other to map the flow and the transformation of knowledge during the execution of such a program, and also the spinoffs generated in this process. Moreover, the economic impacts of the program are quantified by using the methodology created by the Bureau d’Economie Théorique et Appliquée (BETA) from the University of Strasbourg.

The three methodologies are complementary and have links among themselves. Together they form a tool that is able to assess the economic impacts of an R&D program, the capabilities created and the process of generation of spinoffs. The application of this tool to the PROCANA demonstrated that this program generated important impacts, both in the creation of capabilities and in the economic results. The PROCANA was responsible for the creation of six spinoffs, which generated an economic impact that was 51 times larger than the one due to the major innovation. The methodology here developed was able to create the link between competences and economic result, in such way that it was possible to show how much of the economic impact was due to the capabilities generated by the program.

The mapping of the knowledge conversion during the process of spinoffs creation shed lights on the factors that contribute to this process. The proximity of the IAC research institute with the users of its technology was the main factor behind the initial impulse for the creation of the spinoffs. Other aspect that could be observed was that the spinoffs are mainly new combinations of knowledge that already existed inside the program, and not the creation of new knowledge. Also important was the PROCANA’s strategy of exploiting its capabilities to respond to the opportunities introduced by the market, so that it could find new funding sources.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
PARTE 1.....	5
Capítulo I - Referencial Teórico	7
I.1 - Metodologias de avaliação de Impactos Econômicos.....	8
I.2 - Revisão dos autores com enfoque em competências/capacitações.....	16
I.3- Literatura sobre criação, circulação e transformação do conhecimento	23
I.4- Conclusão	33
Capítulo II – Desenvolvimento metodológico: Como capacitações e conhecimentos se transformam em impactos econômicos	37
II.1- Tipologia de identificação e mensuração de capacitações.....	37
II.2- Esquema analítico: Modelo de criação do conhecimento em redes de inovação.....	44
II.3- Identificação de spinoffs e relação entre capacitações e impactos econômicos	53
II.4 - Conclusão	58
Capítulo III – O PROCANA.....	61
III.1- Histórico da pesquisa em cana-de-açúcar.....	63
III.2- O PROCANA e sua área de atuação	67
III.3- Objetivos do PROCANA.....	69
III.4- Forma de Organização do PROCANA e equipe envolvida.....	69
III.5- Fontes de financiamento e recursos envolvidos.....	70
III.6- Resultados diretos e indiretos do PROCANA	74
III.7 - Os Treinamentos PROCANA e o Grupo Fitotécnico de Cana-de-açúcar.....	75
III.8- Conclusão.....	77
PARTE 2.....	79
Definição da Amostra.....	79
Capítulo IV– Levantamento das capacitações geradas pelo PROCANA	83
IV.1- Análise dos resultados para os Pesquisadores do IAC.....	84
IV.1.1 - Primeiro nível de impacto.....	85
IV.1.2- Análise dos impactos até o nível mais desagregado.....	86
IV.2 - Análise dos resultados para as Usinas.....	91
IV.2.1 - Primeiro nível de impacto.....	92
IV.2.2 - Análise dos impactos até o nível mais desagregado.....	93
IV.3 – Conclusão.....	96
Capítulo V – Mapeamento da criação e das conversões do conhecimento na geração dos resultados do PROCANA	99
V.1- Resultados diretos do PROCANA: criação de variedades para a agroindústria.....	99
V.2- Resultados indiretos do PROCANA	107
V.2.1- O AMBICANA	108
V.2.2- A cana forrageira	114
V.2.3- O software CAIANA	118

V.2.4- O SANICANA.....	120
V.2.5 - Método Biométrico de colher ensaios.....	123
V.2.6. O RHIZOCANA	125
V.3- Conclusão.....	128
Capítulo VI - Quantificação dos impactos econômicos diretos e indiretos do PROCANA e estabelecimento das relações entre capacitações e <i>spinoffs</i>	137
VI.1- Mensuração dos Impactos Indiretos.....	137
VI.1.1- O AMBICANA	137
VI.1.2- A cana forrageira IAC86-2480.....	146
VI.1.3- O software CAIANA	149
VI.1.4- O SANICANA	151
VI.2- Impactos Diretos	155
VI.3- Comparação entre impactos diretos e indiretos e agregação do impacto.....	161
CONCLUSÃO	169
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
BIBLIOGRAFIA	179
ANEXO 1: Planilha explicativa dos Indicadores de Capacitação	183
ANEXO 2: Passos para a elaboração do questionário	188
ANEXO 3: Questionário de levantamento de capacitações.....	189
ANEXO 4 : Axiomas para a funcionalidade da árvore de critérios.....	194
ANEXO 5: Planilha com os pesos atribuídos aos indicadores e subcritérios	196
ANEXO 6: O estado da arte do Procana frente a outros programas de melhoramento da cana-de-açúcar.....	197
ANEXO 7: A rede do PROCANA.....	199
ANEXO 8: Pesquisadores em dedicação integral ao Procana e suas áreas de atuação	200
ANEXO 9: Usinas conveniadas ao PROCANA	201
ANEXO 10: Empresas que contrataram o AMBICANA.....	202

Lista de quadros, figuras, tabelas e gráficos

Figura 1.1- O processo inovativo nos programas de P&D	35
Figura 2.1: Árvore de critérios.....	46
Figura 2.2: Espiral do Conhecimento.....	48
Figura 2.3: Criação de conhecimento numa rede de inovação	49
Figura 2.4: Coeficientes de contribuição (CC) e de paternidade (CP) – Exemplo	57
Figura 5.1: A criação da inovação principal e dos spinoffs do PROCANA	105
Figura 5.2: As conversões do conhecimento na criação dos spinoffs do PROCANA	133
Gráfico 6.1: Impacto do AMBICANA sobre a produtividade	141
Gráfico 6.2: Impacto do AMBICANA sobre o custo.....	143
Gráfico 6.3: Impacto do SANICANA no aumento do faturamento	153
Gráfico 6.4: Impacto das IAC sobre a pol e a TCH.....	159
Gráfico 6.5: Impacto das IAC sobre o custo.....	161
Gráfico 6.6: Participação das capacitações na criação dos impactos indiretos	165
Gráfico 6.7: Contribuição das capacitações geradas pelo PROCANA.....	165
Quadro 2.1: Possíveis <i>Spinoffs</i> do programa de P&D.....	54
Quadro 3.1: Produção de Cana-de-açúcar no Brasil, Centro-Sul e São Paulo	65
Quadro 4 : Amostra dos atores entrevistados	81
Quadro 4.1: Resumo dos impactos – Pesquisadores do PROCANA.....	84
Quadro 4.2: Resumo dos impactos – Usinas de cana-de-açúcar	91
Quadro 5.1: Interpretação das conversões do conhecimento na criação das variedades IAC.....	102
Tabela 3.1: Financiamento total recebido pelo PROCANA nos anos de 2000, 2003 e 2004	72
Tabela 3.2 : Financiamento total do PROCANA, de 1995 a 2004	73
Tabela 3.3: participação de recursos externos no financiamento total do PROCANA (de 1995 a 2004).....	73
Tabela 3.4: Recursos externos recebidos pelo PROCANA de 1995 a 2004	74
Tabela 6.1: Impactos diretos e indiretos do PROCANA.....	161
Tabela 6.2: Impactos indiretos do PROCANA divididos por capacitação	163
Tabela 6.3: Relação Impacto sobre Custo do PROCANA	167

INTRODUÇÃO

As mudanças cada vez mais rápidas que têm ocorrido recentemente na economia, tecnologia, organização da produção e nas formas de gestão estão desafiando e ameaçando as bases da vantagem competitiva das organizações. Pesquisadores acadêmicos e consultores de empresas estão produzindo um grande volume de literatura com o intuito de examinar como as firmas podem se alinhar às mudanças e manter a vantagem competitiva (Bielous, 1998). Muitos destes autores compartilham a idéia de que as organizações competem com base em competências, capacitações ou rotinas, que são acumuladas ao longo do tempo, por exemplo, Nelson e Winter (1982); Prahalad e Hamel (1990); Teece (1988). Esta literatura se baseia em pesquisas com empresas (enfoque microeconômico) e foi construída a partir do trabalho de Penrose (1959), que introduziu o conceito de base tecnológica da firma para descrever um conjunto de capacitações e de ativos que constituem o núcleo dos conhecimentos e habilidades que a empresa domina e sobre as quais se desenvolve, inclusive em suas estratégias de diversificação. Essa abordagem do núcleo de recursos, que são os ativos centrais sobre os quais se estrutura a estratégia competitiva da empresa, é reencontrada numa série de autores das correntes evolucionista e neo-institucionalista. Há uma idéia comum entre os autores de que o conhecimento possibilita a criação de competências e capacitações e que estas determinam a habilidade de fazer coisas. Conhecimento, acumulação de conhecimento e aprendizado são a base da criação, sustentação e reconstrução das competências (Bielous, 1998). E essas competências determinam a capacidade de inovar da firma ou instituição.

“Essencialmente, inovação diz respeito à busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos de produção ou novas formas organizacionais” (Dosi, 1988, pg. 222). A inovação envolve um elemento fundamental de incerteza, devido principalmente a: i) existência de problemas tecno-econômicos cuja maneira de solucionar é desconhecida, ii) impossibilidade de traçar precisamente quais serão as conseqüências das ações.

Aprendizado e inovação são relacionados e a causalidade funciona em ambas as direções. Por um lado, o aprendizado é um insumo importante e necessário ao processo inovativo. Por outro lado, a mudança (inovação) impõe aprendizado a todos os agentes afetados por ela. Neste ambiente, as empresas e países passam a depender cada vez mais de investimentos em P&D para garantirem a sua competitividade e sobrevivência no longo prazo. Isto porque a P&D cumpre um

duplo papel: gerar inovações e aumentar a capacidade de absorção (capacidade de assimilar e explorar os conhecimentos existentes) das organizações que a executam (Cohen e Levinthal, 1989). Independentemente de atingir ou não os resultados esperados, a P&D gera aprendizado e cria capacitações nos indivíduos envolvidos, portanto, vai além da inovação. Essas capacitações e conhecimentos aprendidos durante o projeto/programa de P&D podem ser aplicadas em outras atividades e para outros fins, gerando resultados inesperados pela proposta inicial do programa. Então, pode-se dizer que os programas de P&D geram dois tipos de produtos: um mais claro e mensurável que se expressa na forma de inovações que eram previstas nos objetivos iniciais, e outro mais nebuloso e de difícil mensuração que se expressa na forma de capacitações, competências, *know-how*, *spillovers*¹ e *spinoffs*.

Utilizando os conceitos propostos na metodologia de avaliação de impactos de grandes programas de P&D desenvolvida pelo BETA² (Bach et alii, 1992, 1994), vamos dividir os resultados da P&D em diretos e indiretos. Os resultados diretos são aqueles relacionados apenas aos objetivos iniciais do programa. Decorrem da aplicação em escala comercial do novo “produto” (processo ou serviço) gerado, o qual estava explicitamente mencionado nas metas iniciais do programa. Os resultados indiretos são os *spinoffs*, cuja definição engloba todo tipo de produto não previsto nessas metas iniciais, como novas tecnologias, mudanças organizacionais, novos métodos, novos serviços, etc. Estes resultados podem estar relacionados à mesma atividade que gerou o programa, desde que escapem ao escopo inicial. As capacitações e competências geradas pelos programas de P&D são aqui chamadas de resultados intermediários porque são elas que possibilitam que os *spinoffs* sejam criados.

O principal objetivo desta tese é desenvolver uma metodologia de avaliação de impactos de programas de P&D que incorpore a análise dos *spinoffs* e dos resultados intermediários gerados.³

São propostos também dois objetivos secundários:

- aplicar a metodologia desenvolvida em um estudo de caso: um programa tecnológico da área agrícola.

¹ Ganhos oriundos da inovação que “transbordam” uma organização e podem ser acessados por outras, como empresas concorrentes, consumidores finais, etc. Os *spillovers* não serão analisados no presente trabalho.

² Bureau d’économie théorique et appliquée, da Universidade Louis Pasteur, Estrasburgo.

³ Esta tese teve origem no Programa de pesquisa do GEOPI/DPCT financiado pela FAPESP: Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: métodos para avaliação de impactos da pesquisa.

- contribuir para a compreensão do processo de transformação do conhecimento (gerado nos programas de P&D) em resultados econômicos. Isto é, partindo da P&D até se chegar à inovação, qual o caminho percorrido pelo conhecimento?

De acordo com os objetivos da tese, são propostas três hipóteses que orientam a construção da metodologia e a sua aplicação ao estudo de caso.

Primeira hipótese: o programa de P&D gera, além da inovação, capacitações e resultados inesperados. Em muitos casos o objetivo do programa não é atingido e a inovação desejada não é alcançada, mas ainda assim, competências e resultados inesperados são gerados.

Segunda hipótese: os *spinoffs* podem gerar impacto econômico tão ou mais importante que a inovação prevista.

Terceira hipótese: as capacitações criadas durante a execução do programa são a principal ferramenta para a criação dos *spinoffs*.

Se essas hipóteses forem verificadas no estudo de caso, ficará claro que a análise dos resultados intermediários – como capacitações e conhecimentos – e dos resultados indiretos é tão importante para a avaliação de programas de P&D quanto a avaliação dos impactos diretos.

Pretende-se partir da metodologia BETA e complementá-la com outras abordagens para aprofundar a análise das capacitações e do processo de criação dos *spinoffs*. Escolheu-se tomar como base esta metodologia porque ela busca avaliar tanto os conhecimentos criados nas suas diversas formas (resultados codificados e tangíveis e também aqueles mais tácitos, como capacitações e *know-how*) quanto as mudanças na forma de agir das organizações (mudanças estruturais, organizacionais e de rotinas, criação de redes, formação de massa crítica) (Bach et. al., 1998).

A metodologia de avaliação aqui proposta será composta de um conjunto de três metodologias. Duas delas serão desenvolvidas na tese: uma para identificar e mensurar a criação ou aprofundamento de capacitações nos participantes de um programa de P&D, e outra para mapear os fluxos e transformações do conhecimento durante a execução de tal programa e os *spinoffs* gerados nesse processo. Ademais, a tarefa de quantificar os impactos econômicos se baseará na metodologia BETA, uma vez que esta dá grande atenção à mensuração de *spinoffs*.

As três metodologias serão complementares e se interligarão formando uma ferramenta capaz de avaliar os impactos econômicos diretos e indiretos do programa de P&D, as capacitações criadas e o processo de geração dos *spinoffs*. Serão aplicadas em um Programa

Tecnológico de um instituto público de pesquisa: o Programa de Melhoramento Genético da cana-de-açúcar do IAC⁴ (PROCANA). Este programa iniciou uma nova maneira de organizar a pesquisa, que rompeu com o modelo tradicional que imperava no IAC. Criou um estilo de organização flexível e dinâmico, que é mais apropriado para responder à insuficiência do financiamento estatal, à dispersão geográfica necessária à pesquisa agrícola e às necessidades dos usuários. As variedades de cana criadas pelo PROCANA não representam inovações radicais, mas sim incrementais. Este programa de pesquisa é constituído como uma rede de inovação, em que participam pesquisadores, usuários da tecnologia gerada (usinas de cana), universidades, a Copersucar⁵, empresas de insumos e outras instituições. Ele teve início em 1994 e criou fortes parcerias com diversas usinas, as quais contribuem para o financiamento e a execução da pesquisa sobre variedades. Sua organização pretende atender às demandas da agroindústria sucroalcooleira e se caracteriza pela forma interdisciplinar de desenvolver os projetos em cana-de-açúcar.

O PROCANA, além de alcançar o objetivo inicial de gerar novas variedades para a agroindústria canavieira, foi responsável pela criação de capacitações e pelo surgimento de seis resultados indiretos, que geraram impactos econômicos mais importantes que os resultados diretos. Esse programa constitui um excelente estudo de caso para nos ajudar a compreender quais são os mecanismos que levam à criação de *spinoffs* e ele deixa claro porquê é tão importante incorporar a análise das capacitações e dos *spinoffs* à avaliação dos impactos de programas de P&D.

Esta tese está dividida em duas partes, com três capítulos cada. A primeira parte apresenta o referencial teórico (no capítulo I), o desenvolvimento metodológico (no capítulo II) e o programa que será o estudo de caso (no capítulo III). A segunda parte se refere à aplicação do conjunto de metodologias desenvolvido ao programa tecnológico escolhido. No capítulo IV, a metodologia para mapear a criação de capacitações é aplicada nos atores participantes do PROCANA. A circulação e as conversões do conhecimento na criação dos resultados diretos e indiretos do PROCANA são explicadas no capítulo V. E no capítulo VI os impactos econômicos diretos e indiretos do programa são mensurados utilizando-se a metodologia BETA.

⁴ Instituto Agronômico de Campinas. É um instituto de pesquisa pertencente ao Estado de São Paulo.

⁵ Cooperativa dos produtores de cana, açúcar e álcool do Estado de São Paulo.

PARTE I

Esta primeira parte tem o objetivo de apresentar o referencial teórico, a metodologia desenvolvida e o programa que será o estudo de caso da tese.

O capítulo I apresenta uma revisão de literatura que parte das abordagens de avaliação dos impactos da P&D, mostrando que essas abordagens não analisam os resultados menos visíveis da P&D, como capacitações, conhecimentos tácitos e *spinoffs*. A metodologia BETA se baseia nos processos de aprendizado e criou uma forma de quantificar os impactos indiretos dos programas tecnológicos, por isso foi escolhida para ser a base da criação da metodologia que propomos nesta tese. Mas pretendemos ir além da metodologia BETA e tentaremos compreender como se dá o processo de criação dos *spinoffs*, enfocando a criação das capacitações e dos conhecimentos. Para isso, vamos incorporar à revisão alguns autores que trabalham com capacitações e competências e, em seguida, alguns trabalhos que enfocam a criação e circulação de conhecimentos.

O capítulo II apresenta o conjunto de metodologias desenvolvido na tese, que é composto por: i) tipologia para classificar e mensurar as capacitações criadas por programas de P&D; ii) modelo de criação e circulação do conhecimento em redes de inovação e iii) metodologia para identificar e quantificar os *spinoffs* (baseada no trabalho do BETA).

O capítulo III apresenta o Programa de Melhoramento Genético da cana-de-açúcar do IAC (PROCANA), explicando o contexto de seu surgimento, os seus objetivos, a forma de organização, a equipe que participa na execução do programa, as fontes de financiamento e os resultados obtidos.

Capítulo I - Referencial Teórico

Georghiou e Roessner (2000) colocam que é necessário que se criem métodos capazes de captar melhor os benefícios não-econômicos da P&D – ou pelo menos os benefícios que não podem ser facilmente traduzidos numa forma monetizada. Os autores incentivam trabalhos que enfoquem as características das redes e as ligações entre os produtores e os receptores de conhecimento como unidades de análise. Sugerem ainda que se enfatize o capital humano e o desenvolvimento institucional nas avaliações da pesquisa e o uso de estudos de caso e entrevistas como melhor método para se captar o que realmente ocorre no complexo processo de inovação tecnológica.

Dentro dessa linha de pensamento, a presente tese tem o objetivo de propor um conjunto de metodologias para: identificar resultados na forma de inovações, capacitações e *spinoffs*, compreender o processo inovativo (mapeando os fluxos e as conversões do conhecimento que deram origem aos resultados) e mensurar os impactos econômicos diretos e indiretos de um programa de P&D constituído na forma de uma rede de inovação.

A construção da base conceitual deste trabalho se apoiará em três pilares teóricos:

- A literatura com enfoque nos processos de criação, circulação e transformação do conhecimento e sua crescente importância para o desempenho e sucesso econômicos.
- A literatura que trata de capacitações/competências nas organizações e de como estes recursos influenciam no desempenho competitivo das mesmas.
- Metodologias de avaliação de impactos econômicos da pesquisa.

O que estaremos buscando em toda essa literatura são respostas para algumas questões, que desdobram o objetivo principal da tese.

- Que tipo de competências/capacitações são criadas ou aprofundadas por programas de P&D?
- Como mapear a criação, as conversões e os fluxos de conhecimentos?
- Como identificar a formação de *spinoffs* a partir de programas de P&D?
- Como as competências e *spinoffs* se transformam em impactos econômicos?
- Qual a melhor forma de mensurar esses impactos econômicos?

Este trabalho possui uma abordagem fundamentalmente evolucionista do processo de inovação, da criação de capacitações e conhecimentos e da maneira como a difusão da inovação se concretiza em impacto econômico⁶.

O processo de inovação é compreendido, nesta tese, como um processo interativo, repleto de *feedbacks* tanto entre os diversos estágios do desenvolvimento (fases de design) da inovação quanto entre os pólos científico, tecnológico e de mercado (Kline e Rosenberg, 1986, OCDE, 1992). A inovação não é resultado de um processo linear que se inicia com a pesquisa básica, passa pela pesquisa aplicada e termina com o desenvolvimento de um novo produto ou processo que é ofertado ao mercado. O processo inovativo não é determinista e não segue uma fórmula pronta, ele é socialmente construído pelos atores envolvidos ou interessados na geração da inovação. Ele deve ser entendido, do começo ao fim, como uma série de interações e trocas entre pesquisadores, usuários, técnicos, cientistas, governo, empresas, etc, que constituem a rede de inovação. Então, o conceito de rede de inovação aqui utilizado surge com a percepção de que o desenvolvimento de novos produtos ou processos não acontece apenas dentro dos limites de uma organização isolada, mas envolve muitos atores e trocas constantes entre eles.

A metodologia BETA se baseia no modelo interativo de inovação e na abordagem evolucionista, se apoiando portanto nos mesmos pressupostos que subjazem essa tese, o que a torna uma boa escolha para constituir o ponto de partida do trabalho. Então, primeiramente será feita uma breve revisão de literatura sobre metodologias de avaliação de impactos da P&D e sobre a metodologia BETA, em seguida a literatura sobre capacitações e competências será explorada para encontrarmos elementos para mensurar as capacitações criadas em programas de P&D, e finalmente a literatura com enfoque no conhecimento apoiará a construção da metodologia para mapear as conversões do conhecimento durante a geração da inovação e dos *spinoffs*.

1.1 - Metodologias de avaliação de Impactos Econômicos

Existe um crescente interesse por parte de diversos atores nas áreas de planejamento, gestão e política de ciência e tecnologia (e também no meio acadêmico) pela avaliação da P&D e de Programas Tecnológicos.

⁶ Para uma revisão da abordagem evolucionista, ver Nelson e Winter (1982), Teece (1986).

A demanda por avaliações tem sido motivada pela necessidade de: compreender os efeitos das políticas e dos programas de P&D, aprender com as experiências passadas e justificar a continuação dessas políticas e programas para a sociedade (Georghiou & Roessner, 2000). Diferentes abordagens de avaliação foram desenvolvidas para responder a esta demanda.

A avaliação é um processo social, o que significa que os métodos não podem ser resumidos a técnicas de coleta de dados e sua análise. A escolha do que é importante mensurar, como e quando mensurar e como interpretar os resultados é dependente do modelo de inovação subjacente que o avaliador está usando, seja implícita ou explicitamente (Georghiou & Roessner, 2000). Ou seja, a construção e a aplicação dos métodos de avaliação dependem de como o avaliador interpreta o processo de inovação.

Durante quase três décadas, o pensamento sobre ciência e tecnologia foi dominado por um modelo linear de inovação. Neste modelo, o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias seguiam uma seqüência temporal bem definida que se originava nas atividades de pesquisa, passava por uma fase de desenvolvimento de produto, então chegava à produção e eventual comercialização.

Estudos posteriores, baseados na corrente evolucionista, passaram a argumentar que a empresa era o lócus central do processo de inovação. Nesta abordagem, o processo de inovação foi reconhecido como sendo caracterizado por interações e *feedbacks* contínuos. O **modelo interativo de inovação** diverge significativamente do modelo linear, pois enfatiza o papel central do projeto realizado nas empresas, os constantes *feedbacks* do mercado para a tecnologia e as numerosas interações entre ciência, tecnologia e usuários em todas as fases do processo de inovação (Kline e Rosenberg, 1986, OCDE, 1992). Neste modelo

O enfoque neoclássico considera que o avanço do conhecimento científico é exógeno ao sistema econômico e social. Para os evolucionistas, o processo inovativo é socialmente construído e os avanços da ciência e da tecnologia são endógenos ao sistema econômico.

Outra limitação da abordagem neoclássica é que esta leva em consideração apenas o conhecimento codificado (informação), que é tratado como um bem público, não rival – que pode ser utilizado por muitas pessoas ao mesmo tempo (Arrow, 1962 a e b). A corrente evolucionista dá grande atenção ao caráter tácito e específico do conhecimento. Esta abordagem confere grande importância às habilidades, ao aprendizado, às redes de pesquisadores e organizações e ao desenvolvimento de novas capacitações nos atores e instituições do sistema de inovação.

Salter & Martin (2001) dividem as metodologias de avaliação econômica da P&D em três tipos de abordagens: estudos econométricos, *surveys*⁷ e estudos de caso.

Similarmente, Campos (1999) divide as metodologias de avaliação de impactos econômicos em, de um lado, avaliações econométricas e *surveys* (baseados na abordagem neoclássica) e, de outro lado, avaliações alternativas (normalmente estudos de caso), as quais se baseiam no modelo interativo de inovação.

Estudos econométricos são caracterizados pela análise de bases de dados relativamente extensas. Dentre as linhas da literatura surgida a partir dos anos 60, Mairesse & Mohnen (1994) ressaltam: 1- estimações de função de produção de conhecimento, onde a produtividade da pesquisa pode ser expressa segundo patentes, inovações ou valores de ações; 2- estimativas aproximadas do valor do capital intangível em conhecimento através da análise de patentes e inovações e 3 – estudos dos determinantes da produção de patentes e de atividades de P&D. Em linhas gerais, pode-se dizer que esta literatura avalia o papel dos gastos em P&D na contabilização do crescimento econômico.

Outra tradição mais recente desta literatura é a análise do efeito *spillover*. Ou seja, do benefício que uma firma obtém advinda da atividade científica executada nas várias instituições de pesquisa que sejam geograficamente próximas ou que atuem em área correlata à sua. Em particular, as evidências levantadas por esta literatura indicam relevante efeito de benefício às firmas geograficamente próximas de laboratórios de pesquisa (Martin et al., 1996). Entretanto, os modelos para mensurar os *spillovers* se apóiam na elaboração teórica de funções de produção e fazem pouco uso de dados empíricos. Esses modelos mostram que conhecimentos e tecnologias transbordam pelos seus setores e áreas, porém é difícil de se criar medidas úteis da extensão desses *spillovers* (Salter & Martin, 2001).

Os autores acima também apontam que as abordagens econométricas de avaliação econômica da P&D, as quais se apóiam na corrente neoclássica, envolvem hipóteses irrealistas sobre a natureza do processo inovativo. Esta corrente possui vários pressupostos e hipóteses simplificadoras que são descoladas da realidade⁸ e que enrijecem as possibilidades de análise e de

⁷ Levantamentos através de questionários.

⁸ Algumas hipóteses são: a tecnologia é completamente assimilada se houver informação disponível; os agentes são racionais e maximizadores; não existe aprendizagem (todos os agentes se adaptam idênticamente a qualquer tecnologia de maneira instantânea e sem custos); a problemática global da análise econômica é estática por natureza e consiste em encontrar, para uma dada tecnologia, a alocação ótima dos recursos que garanta o equilíbrio (Bach et. al., 1999)

um entendimento mais profundo da natureza (e diversidade) das capacidades e habilidades incorporadas nos seres humanos, dos processos de criação, acumulação e destruição dessas capacidades, das suas aplicações econômicas e da sua importância na criação da inovação.

Surveys relacionam a P&D com a economia através de um enfoque metodológico distinto dos estudos econométricos. O objeto principal desta vertente são as unidades microeconômicas. Os dados são levantados com o emprego de questionários a amostras de setores industriais ou unidades fabris, sendo eventualmente secundados por entrevistas. A interlocução direta se presta tanto à elucidação do conteúdo dos questionários aplicados quanto ao estabelecimento de variáveis de *input* e *output*. Tais análises apresentam maior detalhamento do processo inovativo do que a metodologia econométrica. Segundo Martin et al. (1996), estes estudos tentam demonstrar o quanto a pesquisa básica contribui para o desenvolvimento de produtos e processos. Porém, os *surveys* apresentam várias limitações, especialmente porque os respondentes das firmas podem ter um desvio em relação às atividades internas da sua própria empresa e, ao mesmo tempo, um conhecimento muito limitado do seu setor e da sua tecnologia (Salter & Martin, 2001).

Os estudos econométricos e *surveys*, e seus respectivos objetos de investigação, tendem a enfatizar a análise dos resultados codificados do processo de inovação. Ou seja, os resultados da P&D manifestos na produção econômica interpretados por estes enfoques são expressos sob a forma de documentos (patentes), registros de valores financeiros (gastos públicos e privados em P&D, receita obtida com a comercialização de inovações e o valor de ações) e artefatos materializados em inovações.

Tais objetos de análise correspondem aos impactos diretos do processo de inovação, pois são previstos na medida em que a firma tem a expectativa de que, por meio de determinada atividade de pesquisa, obtenha-se retorno financeiro através da inovação ou de receitas associadas à sua patente. Os impactos indiretos, ou seja, os produtos, processos, serviços, competências e conhecimentos que não eram previstos nos objetivos do projeto/programa são negligenciados por esse tipo de abordagem.

Segundo Salter & Martin (2001), estudos de caso são a melhor ferramenta para se examinar diretamente o processo inovativo e a trajetória de uma determinada tecnologia. Eles conseguem mostrar, por exemplo, como os financiamentos do governo influenciam na criação de

inovações-chave. Entretanto, estudos de caso são caros para se executar, podem tomar um longo período para análise e fornecem apenas um limitado retrato da realidade.

Hertzfeld (1992) coloca que os estudos de caso são os mais promissores tipos de estudo para se mensurar os retornos econômicos da P&D, pois fornecem exemplos relativamente claros de retornos dos investimentos em pesquisa.

Avaliações alternativas, que normalmente se apóiam em estudos de caso, são procedimentos metodológicos adotados pelos autores que assumem que a pesquisa possui múltiplas formas de interação com o sistema econômico. As várias formas de benefício econômico que podem surgir da pesquisa são: o aumento do estoque de conhecimentos úteis, novas instrumentações e metodologias, pós-graduados habilitados, criação de redes, melhoria na capacidade de resolver problemas tecnológicos e criação de novas firmas (Salter & Martin, 2001).

No enfoque alternativo, são considerados os impactos econômicos da P&D sob uma perspectiva mais ampla, englobando os efeitos associados às interações das diversas etapas do processo de inovação, com uma abordagem mais próxima dos evolucionistas.

Neste enfoque, Bozeman & Rogers (2000) e Bozeman & Klein (1999) propõem uma abordagem pré-econômica para avaliar a produção de conhecimento científico, a qual será complementar às avaliações econômicas. Segundo estes autores, a inovação e os fluxos de conhecimentos devem ser avaliados considerando os arranjos coletivos de pessoas qualificadas, seu laboratório e instrumentos, suas instituições e suas redes sociais de comunicação e colaboração. Para este enfoque, a unidade de análise adequada é a rede de indivíduos conectados pelo uso de um específico conjunto de conhecimentos com o objetivo de criar uma tecnologia ou conhecimento científico.

Bozeman & Dietz (1999) se propõem a analisar a contribuição dos projetos de pesquisa na formação do capital humano em C&T, utilizando uma abordagem holística focada na trajetória dos indivíduos. Estes autores colocam que a dimensão tácita do conhecimento é crucial para o capital humano de C&T, pois as carreiras científicas são construídas tacitamente e experimentalmente. A metodologia criada por esta abordagem se baseia na análise de currículos dos pesquisadores e em entrevistas e questionários focados nas redes de contatos dos pesquisadores. Como os próprios autores colocam, este tipo de análise fornece outros indicadores (diferentes dos monetários) – como a formação de competências ao longo do tempo e a evolução

das áreas científicas – que são dinâmicos e capazes de captar os fluxos e a acumulação de conhecimentos.

Callon et al. (1994, 1997) criaram o conceito de redes tecno-econômicas para caracterizar de uma maneira dinâmica a natureza, os tipos e a durabilidade das alianças entre institutos de pesquisa e empresas. Esta abordagem pretende mostrar como as redes se organizam para desenvolverem inovações de uma maneira coletiva.

Estas abordagens não monetárias e com enfoque nas redes são um bom caminho para se apreender muitos dos resultados e produtos não codificados da P&D.

A metodologia de avaliação de impactos econômicos desenvolvida pelo BETA (Bach et alii, 1992, 1994) se apóia em enfoque similar, mas é de corte quantitativo. A inclusão desta abordagem no enfoque alternativo decorre da importância conferida pelo método ao elemento humano e à aprendizagem no processo de inovação. Esta metodologia enfatiza, na avaliação de programas públicos de P&D, a quantificação dos *spinoffs*. É adotado um enfoque microeconômico, que se apóia em entrevistas aplicadas a uma amostra representativa de projetos para captar o processo de aprendizagem das empresas envolvidas na execução de um programa. É essencialmente *ex post* e deve ser aplicado depois que os impactos do programa puderam ser sentidos nas organizações participantes.

“Esta abordagem se apóia em pesquisa de campo junto a empresas e não no uso de agregados econômicos. Além do mais, esse enfoque restringe a avaliação dos impactos apenas aos participantes do projeto/programa, deixando de lado o que a literatura econômica convencionou chamar de *spillover*, isto é, os ganhos apropriados pelos concorrentes, pelos usuários e pelos consumidores (Jaffe, 1996)” (Furtado et al., 1999, pg. 156).

Os programas públicos de pesquisa e desenvolvimento estudados pelo BETA são definidos por Bach et. al. (1999) como programas: i) financiados ao menos em parte pelo Estado; ii) que executam alguma atividade de P&D; iii) em que os atores envolvidos estão de acordo sobre o domínio e a natureza da pesquisa realizada, bem como dos resultados esperados; iv) que ocorrem num período de tempo determinado; v) que são normalmente divididos em projetos específicos.

Bach et. al. (1999) colocam que a metodologia BETA pode ser considerada um método que avalia a criação de conhecimentos a partir de um programa de P&D entre os participantes do mesmo. Considera-se que a atividade das organizações que participam de programas de P&D –

firmas, universidades, institutos de pesquisa – é fundamentalmente a de criar conhecimentos, os quais assumem formas muito diversas. Esta criação se dá durante um processo cumulativo determinado pelas formas organizacionais e pelas rotinas que são próprias a essas organizações e/ou às relações estabelecidas entre elas. Toda atividade empreendida por essas organizações durante o programa cria conhecimentos, modifica a própria organização e modifica o ambiente dentro do qual elas estão evoluindo (Bach et. al., 1999)

A metodologia BETA busca avaliar tanto os conhecimentos criados nas suas diversas formas (resultados codificados e tangíveis e também aqueles mais tácitos, como capacitações e *know-how*) quanto as mudanças na forma de agir das organizações (mudanças estruturais, organizacionais e de rotinas, criação de redes, formação de massa crítica).

Então, para essa metodologia, “o verdadeiro output não é o produto, mas a tecnologia (ou o conhecimento) que pode assumir diversas formas (*know-how*, conhecimento científico, modelos cognitivos, arquitetura de sistemas, interface entre sistemas...)” (Bach et. al., 1999, pg. 26)

O aspecto mais inovador da metodologia BETA é a fórmula para calcular os impactos indiretos que podem surgir: da transferência de tecnologia do programa para outras atividades dos participantes, dos novos negócios obtidos graças à reputação ou aos contatos criados pelo programa, das melhorias organizacionais ou gerenciais e do aumento no capital humano devidos ao projeto/programa. Eles dividem os resultados ou impactos indiretos dos programas em quatro tipos, que variam de acordo com as distintas formas de aprendizagem e acumulação de conhecimento. Essas formas de aprendizagem condicionam diversos tipos de impactos, que são explicados a seguir com base em Furtado et al. (1999).

- Impactos Tecnológicos

Dizem respeito à transferência de conhecimentos tecnológicos oriundos do programa/projeto para outras atividades. Pode consistir em qualquer tipo de transferência dos conhecimentos adquiridos para uma aplicação que não estava dentro dos objetivos iniciais do projeto. A transferência tecnológica ocorre das seguintes formas: novos produtos, novos processos, serviços tecnológicos, patentes.

- Impactos Comerciais

Consistem no aumento de atividade econômica que não incorpora propriamente um aporte significativo de novo conhecimento tecnológico proveniente do projeto. São os seguintes:

- a) impactos de rede – provenientes das relações entre participantes de um mesmo consórcio, que conduz ao estabelecimento de laços de colaboração depois do projeto concluído;
- b) impactos de reputação – que ocorrem quando os participantes obtêm, a partir das atividades do projeto, um maior reconhecimento e visibilidade externa, a qual se traduz num aumento das vendas. Um caso possível é a obtenção de certificado de qualidade que repercute na imagem externa da empresa.
- c) impactos concorrenciais – que decorrem de novas parcerias e novas oportunidades de mercado obtidas em função da aprendizagem resultante do projeto. Muitas vezes a execução do projeto permite à empresa aprender como funcionam determinados mercados e ter maior acesso aos competidores. Com isto, as condições concorrenciais desses mercados, que costumam ser monopolizados por certos fornecedores estrangeiros, melhoram para a contratante principal nacional.

- Impactos Organizacionais e de Métodos

A introdução do projeto deixa suas marcas na cultura e na estrutura organizacional dos participantes. A forma como são conduzidas as atividades rotineiras que resultam em inovações e melhoramentos vê-se alterada de forma importante. Os impactos que podem ser abordados são:

- a) habilidade em gerenciar projetos – a partir da implantação do projeto, a entidade envolvida adquire maior capacidade para gerenciar novos projetos de pesquisa;
- b) impactos organizacionais – quando o projeto implica numa mudança da estrutura organizacional da firma. Por exemplo, quando o projeto conduz à formação de um departamento de P&D ou de Qualidade.
- c) impactos metodológicos, quando novos métodos organizacionais implementados no projeto são transferidos para outras atividades.

- Impactos em Recursos Humanos

A execução das diversas tarefas do projeto implica na contratação de novos recursos humanos e na realização de um esforço de treinamento específico da entidade envolvida. Ademais, os quadros adquirem um importante volume de experiência que resulta da aprendizagem adquirida durante a execução do projeto. Esses impactos implicam em maior competência e capacitação tecnológica, aumentando o volume de ativos intangíveis da firma ou entidade.

Devido às diversas características específicas da metodologia BETA, que foram explicadas até aqui, consideramos que ela é a mais apropriada para servir de ponto de partida deste trabalho, dados os objetivos de focar os *spinoffs* e as capacitações desta tese.

O impacto em Recursos Humanos não será analisado no presente trabalho da mesma forma que os outros três tipos de impactos propostos pela metodologia BETA. Isto porque consideramos os impactos em recursos humanos, isto é, a formação de capacitações, o primeiro resultado do programa de P&D, que possibilitará que grande parte dos outros resultados surja. Explicando melhor: a execução da P&D consiste na troca, combinação, transformação e criação de conhecimentos, ela representa um processo de aprendizagem para todos os seus participantes. Desta aprendizagem, os executantes adquirem ou aprofundam capacitações (impacto em recursos humanos), as quais serão aplicadas para diversos fins e gerarão novos produtos, processos, formas organizacionais, métodos, etc.

Então, os *spinoffs* são considerados neste trabalho como resultantes de uma combinação de diferentes capacitações. Diferentemente da metodologia BETA, na presente tese a formação de recursos humanos será analisada separadamente da criação dos *spinoffs*, num nível anterior.

No próximo item vamos nos apoiar na literatura sobre competências e capacitações para aprofundarmos a compreensão de quais tipos de capacitações são geradas num programa de P&D, uma vez que tal análise não é aprofundada nos trabalhos do BETA.

1.2 - Revisão dos autores com enfoque em competências/capacitações

A metodologia BETA coloca que os *spinoffs* são gerados pelo aprendizado organizacional, comercial ou tecnológico mas não explica como se dá esse processo. Ela subentende que capacitações e conhecimentos são criados no processo mas não esclarece quais e nem de que maneira. Além disso o impacto nos recursos humanos está ao lado dos outros *spinoffs* e não numa etapa anterior. Nós propomos que o aumento da qualificação de recursos humanos vem numa etapa anterior e vai servir como principal ferramenta para a criação dos outros impactos. Assim, pretendemos ir além da metodologia BETA e tentaremos compreender como se dá o processo de criação dos *spinoffs*, enfocando a criação das capacitações e dos conhecimentos. Neste item vamos estudar alguns autores que trabalham com capacitações e competências para

criarmos uma tipologia das capacitações que podem ser geradas por programas de P&D, mensurando assim os resultados intermediários. No próximo item vamos nos apoiar nos autores com enfoque no conhecimento para desvendarmos como é o processo de criação dos *spinoffs*.

Alguns ativos estratégicos que contemplam fortes doses de conhecimento acumulado são responsáveis pela formação das capacitações ou competências centrais das firmas, e tais ativos determinam a habilidade para sobreviver, adaptar-se e competir em ambientes em mutação. Estes ativos são chamados de ativos de conhecimento. Eles são estratégicos no sentido de que não se pode comprá-los prontos no mercado e, portanto, diferenciam uma organização estrategicamente (Teece e Pisano, 1998). Os ativos de conhecimento são dificilmente reproduzíveis porque se apóiam em conhecimentos de caráter tácito e são incorporados em indivíduos experientes.

Mas como podemos distinguir entre conhecimentos e capacitações?

Baseando-nos em Leonard-Barton (1992), definimos as capacitações ou competências como um sistema de conhecimentos⁹ interligados e interdependentes, o qual engloba, além das habilidades e conhecimentos dos trabalhadores, equipamentos, infra-estrutura, valores e normas.

O conceito de capacitação foi, primeiramente, desenvolvido pela corrente dos recursos. Este conceito engloba o conjunto de habilidades que permite a uma empresa fazer uso de seus recursos de forma criativa. Entre esses recursos estão incluídas as competências tecnológicas. O conceito de competência foi criado para descrever aqueles recursos e conhecimentos tecnológicos que dão a vantagem competitiva de uma firma sobre as concorrentes. Entretanto, a literatura sobre competência reconheceu progressivamente que esse conceito não era suficiente para dar conta da capacidade competitiva de uma empresa ou organização. A capacidade organizacional foi apontada como um elemento essencial para que a organização se mostrasse apta a gerar inovações e difundi-las em um ambiente cada vez mais caracterizado pela incerteza. Teece (1986) chama de ativos complementares o primeiro círculo de capacitações que rodeiam o núcleo central de tecnologias básicas, os quais são essenciais na intermediação que se processa entre conhecimento tecnológico e desenvolvimento econômico. Os ativos complementares podem assumir formas variadas. São capacitações fortemente especializadas em matéria de marketing, produção, uso da propriedade intelectual e assistência técnica que permitem a uma inovação chegar com sucesso ao mercado. Ao reconhecer a importância dessas outras capacidades, o conceito de competência foi evoluindo para incorporar novas formas que não sejam apenas

⁹ A definição de conhecimento é mais bem explorada no próximo item.

tecnológicas, e hoje se aproxima cada vez mais ao de capacitação. “Apesar das diferenças iniciais entre os conceitos de capacitações e competências, esses conceitos são normalmente usados no mesmo sentido e, muitas vezes, são indistinguíveis (Bielous, 1998, pg 27)”. Devido a essa aproximação, no presente trabalho, utilizam-se os conceitos de capacitação e competência como sinônimos.

Durante um programa de P&D, são criados tanto conhecimentos tácitos quanto codificados. Os primeiros são responsáveis pela formação de capacitações e competências, que se encontram, em grande parte, incorporadas nas pessoas e nas rotinas organizacionais e, portanto, numa forma intangível; já os segundos são expressos na forma de produtos e resultados tangíveis, como artefatos, protótipos, artigos, patentes, etc.

Os produtos codificados da P&D podem ser medidos pelos indicadores tradicionais, como artigos, patentes, novos produtos, processos e todo tipo de artefatos tangíveis, os quais podem ser simplesmente contabilizados.

Mensurar ativos intangíveis, entretanto, é tarefa bem mais complexa. Estudando a literatura sobre capacitações e competências, percebemos que é possível agrupar os tipos de capacitações citadas pelos autores revisados em três grandes grupos: capacitação/competência científico-tecnológica, relacional e organizacional.

A escolha pela divisão nesses três tipos de capacitações se apóia na metodologia BETA (Bach et alii, 1992), que divide os resultados ou impactos indiretos dos programas em quatro tipos (tecnológico, organizacional, comercial e RH), como já foi explicado.

Embora a metodologia BETA utilize essa classificação para analisar os impactos dos programas tecnológicos, a base para a criação dessa divisão foram os processos de aprendizagem que ocorrem durante os programas de P&D. Portanto, pode-se usar classificação semelhante para se designar as competências formadas durante os mesmos processos de aprendizagem, as quais, ao serem aplicadas, serão responsáveis pela criação dos impactos indiretos.

Consideramos que os impactos tecnológicos são resultado da utilização de conhecimentos ou capacitações tecnológicas; os impactos comerciais decorrem da utilização de capacitações relacionais e os impactos organizacionais e de métodos refletem a utilização de capacitações organizacionais.

Para definir melhor no que consistem essas capacitações, nos apoiamos em diversos autores.

Capacitação organizacional

Refere-se à capacidade da instituição se organizar internamente de forma a otimizar os processos de aprendizagem, aprofundar a base interna de conhecimento e, ao mesmo tempo, estar apta a se adaptar a mudanças.

Chandler (1990) chama a atenção para o fato de que a capacidade de gerir de forma integrada um conjunto de unidades de produção dispersas espacialmente constitui um elemento central da formação da grande corporação moderna. Essa capacitação é chamada de organizacional, pois possibilita a mobilização de ativos de natureza diversa direcionados ao processo de inovação.

Bessant et alii (1996) definem a capacitação como uma combinação de habilidades que permite valorizar um conjunto de competências que a empresa dispõe. O conceito de capacitação desenvolvido por estes autores está muito próximo da capacitação organizacional de Chandler.

Teece e Pisano (1998) desenvolveram o conceito de capacidades dinâmicas das firmas, as quais enfatizam o papel chave da administração estratégica em adaptar, integrar e reconfigurar capacidades organizacionais, recursos e competências funcionais – internas e externas – quando o ambiente está em mutação. Eles colocam que essas vantagens têm sua origem em capacidades dinâmicas enraizadas em rotinas de alta performance que operam no interior da firma e que estão incorporadas nos processos e condicionadas pela história da firma.

Capacitação relacional

Refere-se à capacidade de criar e manter contatos com atores externos, com quem a instituição possa interagir, aprender coletivamente e trocar ativos tangíveis (dinheiro, artigos, artefatos, etc) e intangíveis (conhecimento, experiências, etc).

Munier (1999 a e b) destaca o papel das redes e das relações inter-organizacionais dentro do processo inovativo e introduz o conceito de competências relacionais. A competência relacional tem participação fundamental na criação de inovações, tanto para garantir a aquisição e adaptação de conhecimentos externos quanto para conseguir recursos e insumos. Esta competência constitui um elemento chave para a competitividade das firmas.

A capacitação relacional e o conhecimento tácito compartilhado (culturas, valores) são conceitos bem explorados na abordagem do capital social. Nahapiet e Ghoshal (1998) definem o

capital social como um estoque de confiança ou boa vontade mútuas resultante de relações de cooperação, o qual pode ser acessado pelos participantes de uma rede para garantir recursos e resultados desejados. Então, o capital social pode ser possuído tanto por um indivíduo quanto por uma organização ou empresa. Os autores acima argumentam que o capital social facilita o desenvolvimento das competências da organização uma vez que afeta decisivamente as condições necessárias para trocas e combinações de recursos (tangíveis e intangíveis) ocorrerem. Portanto, pode-se dizer que a criação de capital social é um importante fator para se adquirir capacitação relacional.

A Capacitação Relacional engloba as capacidades de difundir conhecimentos, de conhecer e escolher parceiros (*know-who*), de codificar o *know-who* e de adquirir visibilidade ou reputação.

A capacitação em transferir tecnologia e conhecimentos do laboratório à produção ou de um local para outro é uma forma de capacitação tecnológica descrita por Teece (1986) como um ativo central para a estratégia competitiva das organizações. Consideramos que esta capacitação faz parte da capacitação relacional, já que, para aprender coletivamente, é preciso que as instituições sejam capazes de transferir conhecimentos.

Capacitação científico-tecnológica

É a habilidade de usar os conhecimentos científicos e tecnológicos para assimilar, usar, adaptar e mudar as tecnologias existentes. Inclui também a capacidade de desenvolver novas tecnologias e novos produtos e processos.

Kim (1999) define capacitação tecnológica como um conjunto de três capacidades: produção, investimento e inovação. A capacidade de produção se refere a numerosas habilidades requeridas para se operar e manter a produção. A capacidade de investimento se refere às habilidades requeridas para se estabelecerem novas práticas de produção e para se expandir a capacidade produtiva. A capacidade de inovação consiste das habilidades para se criarem e adotarem novas possibilidades tecnológicas.

Bessant et alii (1996) define as competências tecnológicas como blocos de uma fortaleza. Estes são muito importantes mas não são suficientes para definir a posição competitiva da empresa, pois esta posição deriva da habilidade de se construir diferentes tipos de estrutura com o mesmo material e da habilidade de se reconstruir os fragmentos da estrutura quebrada em uma

nova fortaleza. Ou seja, a capacitação tecnológica precisa ser complementada pela capacitação organizacional.

Prahalad e Hamel (1990) introduziram o conceito de competência essencial, que se refere a um grupo de expertises detido por uma empresa na fabricação e desenvolvimento de novos produtos. “As competências essenciais são o aprendizado coletivo na organização, especialmente como coordenar as diversas habilidades de produção e integrar as múltiplas correntes de tecnologia...” (Prahalad e Hamel, 1990, pg.298). A competência essencial engloba as capacitações tecnológicas centrais, que conferem a vantagem competitiva para a firma.

Cohen e Levinthal (1989) colocam que, através da P&D, as firmas desenvolvem a capacidade de absorção, isto é, a capacidade de absorver conhecimentos externos existentes e utilizá-los em benefício da empresa para gerar inovações. Segundo esses autores, esta capacidade depende diretamente dos gastos em P&D realizados pela firma e, também, das características do conhecimento tecnológico. E tende a ser específica à área do conhecimento em que a pesquisa é desenvolvida. Kim (1999) coloca que a capacidade de absorção depende de dois elementos: o conhecimento existente ou acumulado na organização e a intensidade do esforço, que se refere ao montante de energia empregada pelos membros da firma na resolução de problemas. A contribuição de Kim (1999) complementa o entendimento da aquisição de capacidade de absorção, pois mostra que além de investir em P&D é preciso esforço dos recursos humanos para solucionar os problemas da pesquisa e, por outro lado, ressalta a natureza cumulativa da aquisição de capacitações.

Nesta tese, consideramos que a capacidade de absorção faz parte da capacitação científico-tecnológica, uma vez que é fundamental para o aprendizado tecnológico e para a capacidade de gerar novos conhecimentos.

Firmas ou Institutos públicos de pesquisa?

Como vimos até aqui, todos os autores tratam da constituição de capacitações e competências de **firmas**, e estamos interessados em analisar as capacitações criadas como resultado de um programa de P&D nos atores que participam da execução do mesmo. Na presente tese, esses atores são, principalmente, institutos públicos de pesquisa, além de firmas, universidades e outros institutos de pesquisa.

Embora os autores se refiram à criação de capacitações e competências em firmas, os conceitos desenvolvidos podem ser aplicados para outras organizações, como institutos públicos de pesquisa, uma vez que essas organizações precisam, cada vez mais, buscar recursos no mercado e garantir que as suas pesquisas estejam em concordância com as necessidades dos usuários da tecnologia desenvolvida¹⁰. Como coloca Salles-Filho et. al. (2000), os institutos públicos de pesquisa, como participantes de redes de inovação, precisam trabalhar com uma lógica de mercado. “As instituições públicas de pesquisa têm como tarefa urgente desenvolver habilidades para ampliar suas relações institucionais e manejar mecanismos de apropriabilidade que as qualifiquem a interagir nas redes e nos sistemas de inovação (idem, pg. 85)”. Ou seja, mesmo não tendo o objetivo de gerar lucro, as instituições públicas de pesquisa precisam buscar eficiência e criar ou aprofundar capacitações que lhes permitam desempenhar bem o seu papel no sistema de inovação. E cada vez mais, essas instituições precisam buscar outras fontes de financiamento fora do âmbito público para fazerem frente ao encurtamento dos recursos do Estado para as mesmas.

“Uma nova concepção de instituto público de pesquisa deve se basear no princípio de organizações que aprendem e evoluem, não apenas científica e tecnicamente, como também do ponto de vista organizacional – no âmbito interno e em suas interações externas. Esse contexto enfatiza o aprendizado como elemento central na qualificação das organizações como entidades que criam conhecimento específico, incluindo competências organizacionais e tecnológicas (segundo o mesmo preceito dos autores evolucionistas¹¹, que chamaram atenção para o caso das firmas)” (Mello, 2000, pg. 66).

Assim, da mesma forma que as firmas, os institutos de pesquisa precisam construir capacitações: i) organizacionais – para gerenciarem eficientemente seus recursos e seus programas/projetos de pesquisa; ii) científico-tecnológicas – para serem capazes de criar inovações e solucionar problemas do seu campo de pesquisa – e de absorção – para estarem aptas a absorver conhecimentos do ambiente externo; iii) relacionais – para interagirem nas redes de inovação, etc. Como colocam Nelson & Winter (1982), muito do detalhado conhecimento das

¹⁰ Um instituto público de pesquisa não é estritamente uma organização econômica do capitalismo, porque não é *profit seeking*. Porém, ele opera indiretamente (e às vezes diretamente) com o mercado. Nessas condições, ele internaliza elementos de racionalidade econômica, o que o aproxima de uma organização econômica do capitalismo (Salles-Filho et. al., 2000).

rotinas das organizações é tácito, portanto só pode ser adquirido através da experiência. Então, as capacitações precisam ser desenvolvidas internamente.

Além de mensurar as competências criadas ou aprofundadas em programas de P&D, esta tese propõe também ajudar na compreensão do processo de geração dos *spinoffs* através da análise das conversões do conhecimento. Então, no próximo item nos enfocamos nos autores que abordam os tipos de conhecimento e seus processos de criação, circulação e transformação.

I.3- Literatura sobre criação, circulação e transformação do conhecimento

O interesse na produção de conhecimento no processo de inovação tem aumentado consideravelmente desde o início dos anos noventa entre os economistas, particularmente os evolucionistas, que têm analisado as condições em que novos conhecimentos são produzidos e têm enfatizado que o desenvolvimento de novas tecnologias é um processo fundamentalmente localizado, interativo e *path-dependent*.

“O conhecimento pode ser considerado um ativo único que aparece tanto como *output* do processo produtivo (como analisado pela teoria da inovação) quanto como *input* desse processo (como analisado pela teoria das competências). Como tal, o conhecimento apresenta algumas poderosas propriedades econômicas” (Amin & Cohendet, 2003, pg 15).

Os autores acima explicam que, como um *output*, a produção de novos conhecimentos se refere aos resultados da atividade científica (como publicações) ou do esforço tecnológico (como patentes, novos produtos e processos). A inovação pode ser considerada o principal resultado da produção de conhecimento. Na mesma linha, os *spinoffs* formam outro importante resultado.

O conhecimento como *input* é cumulativo e integrativo. A geração de um novo pedaço de conhecimento aumenta a probabilidade de se criarem produtos, processos e idéias que podem surgir de novas e imprevisíveis combinações entre pedaços de conhecimento anteriormente independentes.

A acumulação de conhecimento como um *input* permite o reconhecimento de competências, pois a noção de competências, como colocam Malerba & Orsenigo (2000), busca

¹¹ A Economia da Inovação vem buscando ampliar sua análise conceitual sobre processo inovativo e seus determinantes, incorporando discussão sobre organizações não lucrativas e demais instituições que concorrem pra o processo de inovação tecnológica (Cohen et. al., 1996).

capturar as formas em que os agentes estruturam o seu conhecimento e gerenciam as interações entre diferenciados fragmentos de conhecimentos dispersos.

Então, estudando a criação e as conversões do conhecimento será possível compreender tanto a criação dos resultados diretos da P&D (inovação) quanto dos resultados indiretos (*spinoffs*). Assim, a análise dos fluxos de conhecimentos nesta tese vem complementar a avaliação dos impactos econômicos e de capacitação gerados por programas de P&D, pois desvendará o processo através do qual esses impactos foram criados.

O conhecimento pode ser dividido em duas formas básicas: tácito e explícito ou codificado. O conhecimento tácito é um conceito amplo e difícil de ser definido e, normalmente, ele é explicado em termos de oposição ao conhecimento explícito. Em contraste ao conhecimento explícito, que é codificável, objetivo, desincorporado e exprimível de forma clara, normalmente em palavras faladas ou escritas, o conhecimento tácito é implícito, contextual e subjetivo.

A identificação do conhecimento tácito por muitos autores é baseada no trabalho seminal de Michael Polanyi.

Segundo Polanyi (1966), o conhecimento tácito pode ser expresso como uma capacidade de podermos saber mais do que podemos dizer. Polanyi (1958) coloca que as habilidades (como andar de bicicleta, jogar tênis, nadar) são a “arte de fazer” e o ‘expertise’ possuído por especialistas é a “arte de saber”. No exercício tanto da habilidade quanto do expertise, o indivíduo segue um conjunto de regras sem perceber que o faz, ou seja, conhece-as apenas tacitamente.

Nonaka e Takeuchi (1997) definem o conhecimento como “crença verdadeira justificada”, mas fazem algumas observações. “Primeira, o conhecimento, ao contrário da informação, diz respeito a *crenças e compromissos*. O conhecimento é função de uma atitude, perspectiva ou intenção específica. Segunda, o conhecimento, ao contrário da informação, está relacionado à *ação*. É sempre o conhecimento “com algum fim”. E terceira, o conhecimento, como a informação, diz respeito ao *significado*. É específico ao contexto e relacional.” (pg. 63). Podemos perceber, então, que para estes autores a definição de conhecimento se baseia na dimensão tácita do mesmo, pois diz respeito a crenças e compromissos, é contextual e direcionado para um objetivo.

Na mesma direção, Amin & Cohendet (2003, p. 19) afirmam que, enquanto a informação é fragmentada e transitória, o conhecimento é estruturado, coerente e de significado durável.

Além disso, a informação é adquirida através da coleta e agregação, já o conhecimento pode ser adquirido através da ação e da reflexão.

Polanyi (1958) expande a idéia de conhecimento tácito para a integração de qualquer ato do conhecer humano, e não apenas para as habilidades físicas ou para o expertise. O autor amplia a idéia da internalização de conceitos, teorias, etc, e coloca que um quadro referencial interpretativo é também uma ferramenta, uma ferramenta intelectual. Ele é composto de suposições e pressuposições que subjazem o método ou o formalismo através do qual chegamos às afirmações científicas. Assimilamos essas pressuposições quando aprendemos a falar das coisas em uma certa língua, a qual utiliza certos nomes para tipos de objetos, que os classifica de uma determinada forma, como por exemplo em vivos ou mortos, passados ou presentes. Não temos, em geral, um conhecimento claro de quais são nossas pressuposições, é difícil formulá-las explicitamente. Por serem nosso quadro referencial interpretativo, são essencialmente não-articuladas. O estudante de ciência assimila esse referencial e, através dele, dá sentido à experiência que vivencia ou observa. Como diz Polanyi, esse dar sentido à experiência é um ato que envolve talento, habilidade e é um ato pessoal. É, portanto, um ato que envolve um coeficiente tácito (Polanyi, 1958).

Nonaka & Takeuchi (1997) segmentam o conhecimento tácito em duas dimensões. A primeira é a **dimensão técnica**, que abrange um tipo de capacidade informal e difícil de definir ou habilidades capturadas no termo “*know-how*”, as quais estão relacionadas à arte de fazer e à arte de saber definidas por Polanyi. Ao mesmo tempo, o conhecimento tácito contém uma importante **dimensão cognitiva**. Consiste em esquemas, modelos mentais, crenças e percepções tão arraigadas que os tomamos como certos. A dimensão cognitiva do conhecimento tácito reflete nossa imagem da realidade (o que é) e nossa visão do futuro (o que deveria ser). Apesar de não poderem ser articulados muito facilmente, esses modelos implícitos moldam a forma com que percebemos o mundo à nossa volta (são o quadro referencial interpretativo de Polanyi).

Indo um pouco além na segmentação dos tipos de conhecimento, Lundvall e Johnson (1994) definem quatro formas:

- *Know-what* – (codificado) refere-se a informações sobre fatos
- *Know-why* – (codificado) refere-se a conhecimentos sobre as leis e fenômenos da natureza
- *Know-how* – (tácito) refere-se à capacidade ou habilidade de fazer algo

- *Know-who* – (tácito) refere-se à habilidade relacional, de saber quem conhece o quê e quem sabe como fazer algo

O conhecimento tácito e o codificado são complementares, ou seja, a codificação nunca é completa, portanto, alguma forma de conhecimento tácito desempenhará sempre papel importante. Mas a divisão e as formas de complementaridade entre os dois tipos de conhecimento estão em constante mutação (Foray e Lundvall, 1996).

Ancori et. al. (2000) colocam que a produção crescente de conhecimentos codificados é acompanhada e mediada por atividades sociais e redes que servem para reproduzir as capacitações de compreender e utilizar tais conhecimentos. Pode-se, então, perceber que o conhecimento codificado não substitui o tácito, pois a produção de informações (codificadas) demanda a construção de mecanismos sociais que possibilitem que o conhecimento seja compreendido e efetivamente transferido.

Malerba & Orsenigo (2000) ressaltam que as competências organizacionais – um importante tipo de conhecimento – não são codificáveis e representam a principal fonte de variação na performance das organizações. Portanto, é a acumulação e troca de conhecimentos tácitos que permite às empresas construir recursos que vão lhes conferir vantagem competitiva. Estes recursos são capacitações, capital humano e competências.

A circulação e transformação do conhecimento em redes de inovação

Para entender os processos de criação, transformação e circulação do conhecimento, vamos nos basear principalmente no modelo proposto por Nonaka e Takeuchi (1997).

Estes autores centram sua análise no processo de criação e transformação do conhecimento dentro da organização e propõem uma nova abordagem para este processo, baseados na experiência japonesa. É enfatizada a importância do aprendizado tanto a partir da experiência direta quanto por tentativa e erro. Aprende-se não só com a mente, mas também com o corpo, “é preciso sentir”. “Criar novos conhecimentos não é apenas uma questão de aprender com outros ou adquirir conhecimentos externos. O conhecimento deve ser construído por si mesmo, muitas vezes exigindo uma interação intensiva e laboriosa entre os membros da organização.... As empresas no Japão acreditam que o conhecimento novo não pode ser criado sem uma interação intensiva entre externo e interno. Para criar conhecimento, o aprendizado que vem dos outros e as habilidades compartilhadas com outros precisam ser internalizados – isto é,

modificados, enriquecidos e traduzidos de modo a se ajustarem à identidade e auto-imagem da empresa.” (Nonaka e Takeuchi, 1997, pg. 10).

O modelo de criação do conhecimento de Nonaka e Takeuchi está apoiado no pressuposto de que o conhecimento humano é criado e expandido através da interação entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito.

O conhecimento tácito se transforma em explícito (codificado) e o explícito se transforma em tácito de uma forma dinâmica e interativa. Existem quatro modos de conversão (transformação) do conhecimento:

- socialização – quando o conhecimento tácito é coletivizado e absorvido por outros indivíduos
- externalização – quando o conhecimento tácito é explicitado, codificado
- combinação – é a sistematização de conjuntos diferentes de conhecimento explícito
- internalização – é a incorporação do conhecimento explícito no conhecimento tácito individual

Nesta abordagem, o conhecimento de uma organização está constantemente se transformando, se difundindo e sendo criado e recriado.

“Em primeiro lugar, o modo da socialização normalmente começa desenvolvendo um “campo” de interação. Esse campo facilita o compartilhamento das experiências e modelos mentais dos membros. Segundo, o modo de externalização é provocado pelo “diálogo ou pela reflexão coletiva” significativos, nos quais o emprego de uma metáfora ou analogia significativa ajuda os membros da equipe a articularem o conhecimento tácito oculto que, de outra forma, é difícil de ser comunicado. Terceiro, o modo de combinação é provocado pela colocação do conhecimento recém-criado e do conhecimento já existente proveniente de outras seções da organização em um mesmo corpo, cristalizando-os assim em um novo produto, serviço ou sistema gerencial. Por fim, o *learning-by-doing* provoca a internalização” (Nonaka e Takeuchi, 1997, pg. 80).

Como já foi dito, esse processo não é linear, mas sim interativo e circular.

Uma organização não pode criar conhecimento por si, então a base do processo é o conhecimento tácito dos indivíduos. “A organização tem de mobilizar o conhecimento tácito criado e acumulado no nível individual. O conhecimento tácito mobilizado é ampliado “organizacionalmente” através dos quatro modos de conversão do conhecimento e cristalizado

em níveis ontológicos [níveis organizacionais] superiores. Chamamos isso de “espiral do conhecimento”, na qual a interação entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito terá uma escala cada vez maior na medida em que subirem os níveis ontológicos. Assim, a criação do conhecimento organizacional é um processo em espiral, que começa no nível individual e vai subindo, ampliando comunidades de interação que cruzam fronteiras entre seções, departamentos, divisões e organizações” (Nonaka e Takeuchi, 1997, pg. 82).

Durante o desenvolvimento da inovação, há muitas trocas de conhecimentos codificados e tácitos e muitas conversões do conhecimento em vários níveis de interação. Como resultado dessas interações surge a inovação e, além disso, criam-se muitas competências, capacitações e *spinoffs* (que podem ser inovações também, mas não estavam contempladas nos objetivos iniciais do projeto).

Para que o conhecimento flua e se difunda entre indivíduos é preciso que a conversão do mesmo se efetue de maneira eficaz não só na dimensão tácito/codificado, mas também na dimensão individual/coletivo, uma vez que a inovação é fruto de um processo coletivo.

O conhecimento tácito é mais facilmente compartilhado dentro de uma organização do que entre indivíduos de organizações diferentes, pois ele depende de elementos culturais, específicos a um ambiente ou a uma visão de mundo – os quais estão ligados ao quadro referencial interpretativo – que podem ser melhor compreendidos pelas pessoas que convivem no mesmo ambiente.

Já o conhecimento codificado é mais facilmente coletivizado, pois ele tem a característica de ser não-rival¹² e pode ser utilizado por muitos indivíduos ao mesmo tempo, e a transferência do conhecimento explícito exige poucos esforços e implica baixos custos. Ademais, com o avanço das tecnologias da informação, esses custos tendem a diminuir ainda mais.

Então, para que o conhecimento possa ser transferido para muitos indivíduos e com rapidez, ele precisa ser codificado. Ou seja, o conhecimento codificado passa da forma individual para a coletiva pela simples e rápida transferência, já o conhecimento tácito passa do individual para o coletivo somente pela socialização (convivência, interação).

Aqui é importante observar que o conhecimento codificado pode ser facilmente transferido mas isso não significa que ele seja facilmente compreendido e utilizado. Para poder utilizar o conhecimento codificado, o agente precisa conhecer o código para compreender essa

¹² Um bem não rival é aquele que pode ser usado por muitas pessoas ao mesmo tempo.

informação, e essa capacidade de saber o código é baseada em conhecimentos tácitos (Cohendet & Meyer-Kramer, 2001). Ou seja, o conhecimento tácito é complementar ao codificado.

O papel do Hardware

Nonaka & Takeuchi, na sua análise, negligenciam o papel dos objetos, artefatos e infraestrutura no processo de criação de conhecimentos e do desenvolvimento da inovação.

Até aqui, mostramos que o conhecimento pode circular ou ser transferido sob duas formas: tácito ou codificado. O tácito é incorporado em pessoas e transferível somente de um indivíduo para outro(s), já o codificado é desincorporado e pode assumir a forma de livros, palavras, desenhos, fórmulas, bancos de dados, softwares, etc.

Então, os suportes do conhecimento, isto é, os elementos que incorporam e transportam o conhecimento no seu “corpo” são: pessoas, livros, fitas, artigos, bancos de dados, etc.

Nelson e Romer (1996) chamaram a atenção para um outro suporte do conhecimento: os objetos. O conhecimento também pode ser encontrado incorporado a máquinas, instrumentos, bens de consumo, produtos, etc.

Esses objetos também representam uma explicitação do conhecimento e, portanto, poderiam entrar na categoria dos conhecimentos codificados. Mas, para que a análise das transformações do conhecimento seja mais detalhada e mais fiel às formas reais que o mesmo incorpora, vamos acrescentar esta última categoria ao nosso estudo.

Os autores acima focam sua análise em três tipos de insumos duráveis na produção. A nomenclatura desses insumos é inspirada na linguagem digital: *hardware*, *wetware* e *software*. “O *hardware* inclui todos os objetos não humanos usados na produção – tanto bens de capital, como equipamentos e estruturas, quanto recursos naturais, como terra e matérias-primas. O *wetware* – coisas que estão armazenadas na mente humana – engloba o capital humano, que os economistas do *maistream* têm estudado, e o conhecimento tácito, que os evolucionistas, cientistas cognitivos e filósofos têm enfatizado. O *software* representa conhecimento ou informação em um formato que pode ser armazenado fora da mente humana. Pode ser um texto no papel, dados num disquete, imagens no filme, desenhos num projeto, música na fita ou até um discurso humano, no entanto, todo *software* possui a característica em comum de poder ser copiado, comunicado e reaproveitado” (Nelson e Romer, 1996, pg. 59).

As várias combinações possíveis dos três insumos estão constantemente gerando novos conhecimentos (incorporados em uma das três formas). Ou seja, uma determinada combinação de *hardware* mais *software* mais *wetware* pode gerar um novo objeto, ou uma nova idéia explícita ou uma nova habilidade.

“O papel do *hardware*, *wetware* e do *software* pode ser percebido em uma ampla variedade de atividades econômicas. Juntos, eles podem produzir novos *software*, como quando um escritor usa seu talento, um computador e um programa Word para escrever um livro. Eles podem produzir um novo *hardware*, por exemplo, quando um engenheiro usa um *software* e um *hardware* especiais para produzir a máscara fotográfica que é usada para marcar as linhas em um chip semicondutor. Quando um simulador de voo e um programa de treinamento são usados para ensinar novas habilidades aos pilotos, produz-se um novo *wetware*” (Nelson e Romer, 1996, pg. 59).

Assim como estas, muitas combinações podem ser feitas nos processos de transformação e circulação do conhecimento.

Pode-se perceber que os conceitos de *software* e *wetware* propostos por Nelson e Romer são muito semelhantes aos conceitos definidos aqui como codificado e tácito, respectivamente. O fato de haverem ressaltado a criação de conhecimento como a combinação de insumos, que também são formas de conhecimentos, os aproxima da teoria de Nonaka e Takeuchi. A novidade importante trazida por estes autores é o papel do *hardware* na criação de novos conhecimentos e como suporte do conhecimento.

Redes heterogêneas, tradução e homogeneização

Diferentemente de Nonaka & Takeuchi, que analisam a criação de conhecimentos dentro de uma empresa, queremos ampliar nossa análise para uma rede de inovação formada por atores heterogêneos. Para tanto, é preciso incorporar outros conceitos que nos ajudem a compreender o fenômeno da geração da inovação dentro de um programa de P&D. A importância de se tomar como objeto de análise uma **rede** voltada para o desenvolvimento de uma inovação é o fato de que “novas tecnologias são cada vez menos o resultado de esforços isolados de um indivíduo ou uma firma individual. Elas são, cada vez mais, criadas, desenvolvidas, lançadas nos mercados e difundidas através de complexos mecanismos baseados em ligações e relações inter-organizacionais. No caso das atividades de P&D e de inovação, a necessidade de cooperação

resulta de particulares aspectos da “informação” científica e tecnológica e da forte tendência de fusão de disciplinas e de campos técnicos anteriormente separados” (OCDE, 1992, pg. 68).

A inovação surge de um processo de interação entre diversos atores, como pesquisadores, técnicos, usuários, laboratórios, capitalistas, institutos de pesquisa etc. Como coloca Callon (1994), cada ator possui uma linguagem própria, modelos mentais, visões de mundo, interesses e outras características particulares que dificultam a comunicação e a compreensão mútua entre eles. Então, para que estes atores possam se comunicar e trabalhar juntos são necessárias muitas traduções, que são difíceis e trabalhosas. É necessário um processo de homogeneização (coordenação e alinhamento) da linguagem dos participantes da rede para que as traduções se tornem mais fáceis e imediatas, facilitando a comunicação e o trabalho conjunto.

Para explicar o processo de inovação, Callon (1994) introduz o conceito de rede tecno-econômica, que é formada por um conjunto de atores heterogêneos que participam coletivamente na concepção, desenvolvimento, produção e distribuição de novos produtos e serviços. O ator é qualquer entidade capaz de transformar e de criar (através de combinações, misturas, etc) um conjunto de intermediários. O intermediário é qualquer elemento que passa de um ator para outro, e que constitui a forma e a substância da relação criada entre eles. Podem ser classificados em quatro tipos: textos; artefatos técnicos (instrumentos científicos, máquinas, robôs, bens de consumo, etc); habilidades ou capacidades incorporadas em seres humanos (conhecimentos); dinheiro.

A rede tecno-econômica engloba três pólos:

- Pólo científico: constituído de universidades e outros centros de pesquisa independentes (públicos ou privados).
- Pólo tecnológico: desenvolve ou transforma artefatos destinados a servir propósitos específicos. São modelos, projetos piloto, protótipos, testes, patentes e padrões. Os membros deste pólo são laboratórios de empresas, centros de pesquisa cooperativos e plantas piloto.
- Pólo de mercado: constituído de usuários.

As trocas e interações entre esses pólos envolvem atividades de intermediação e tradução, pois cada pólo possui linguagens e interesses distintos.

Na rede tecno-econômica, devido à sua heterogeneidade, cada ator participante tem a sua linguagem própria (pesquisadores científicos, técnicos, vendedores, usuários, etc), e para que esta

rede possa funcionar, os atores precisam se comunicar e trocar conhecimentos, daí a necessidade da tradução. Quanto melhor os atores se compreenderem (boa tradução), mais informações corretas serão trocadas, mais benefícios eles tirarão destas ligações, portanto, mais forte e efetiva será esta rede (mais convergente).

Quanto mais convergente é uma rede, mais os seus atores trabalham juntos em empreendimentos comuns, sem ambigüidades na comunicação, possibilitando retirar a máxima eficiência de cada ator.

Além das traduções e da boa comunicação, a confiança é um elemento fundamental no estabelecimento de redes, pois, sem ela, os atores vão tentar se proteger do comportamento oportunista uns dos outros e vão reter conhecimentos e informações para si, tornando mais difícil a troca de conhecimentos e os ganhos mútuos.

Nas redes convergentes, nas quais os atores estão dispostos a trabalharem em cooperação, a reciprocidade¹³ é um elemento chave e necessariamente presente na base de sustentação das mesmas, uma vez que cooperar não é uma decisão individual e independente, mas sim uma atitude conjunta: “eu coopero porque/desde que todos cooperem”. Os atores começam a participar de redes com o objetivo de ganhar algo (conhecimentos, dinheiro, contatos importantes, etc) ou porque não são capazes de (ou não estão dispostos a) realizar algum empreendimento sozinhos, então buscam parceiros, pois percebem que vão ganhar com isso. E a rede só será efetiva e terá uma vida longa se os participantes estiverem satisfeitos com os ganhos obtidos nesta cooperação. Neste caso, eles se sentirão incentivados a dividir os seus conhecimentos, pois percebem que a troca é vantajosa (há reciprocidade). Caso os participantes não se sintam recompensados pela cooperação, então eles deixarão de dividir os seus conhecimentos e sairão da rede e, se muitos se sentirem assim, a rede se desfará.

Pode-se perceber que existe uma forte relação entre a rede convergente e o *know-who* dos atores. Esta habilidade significa que o indivíduo é capaz de acessar pessoas que possuam o conhecimento que ele precisa e que estejam dispostas a ajudá-lo, ou seja, participar de uma ou várias redes convergentes significa possuir *know-who*.

Na teoria das redes tecno-econômicas, o conhecimento poderia ser visto como um intermediário, pois ele é o principal elemento trocado entre as pessoas que participam de uma

¹³ De acordo com Davenport e Prusak (1998), as pessoas dividem conhecimentos por três motivos: reciprocidade, ou seja, para ganhar algo em troca; reputação – para ganhar ou aumentar sua fama de conhecedor de algum assunto; altruísmo (menos comum).

rede. Os atores combinam várias formas de conhecimento, como textos e capacitações, e os transformam em novos intermediários (produtos, artigos, habilidades, etc). A tradução transforma conhecimentos tácitos em codificados ou codificados em outros codificados, de maneira que todos os atores compreendam a linguagem, possibilitando o processo de homogeneização da linguagem.

Então, dentro das redes de inovação, as quais envolvem atores heterogêneos, são necessárias muitas traduções, interações, socialização, compartilhamento de experiências e confiança mútua antes que os atores consigam se comunicar eficientemente e possam trocar conhecimentos.

Nonaka & Takeuchi (1997) não analisam as interações entre o pólo tecnológico (desenvolvimento) e o pólo científico (universidades, instituições de pesquisa, etc). Porém, um elemento novo trazido pelo seu modelo de criação do conhecimento é a percepção da crescente explicitação e coletivização do conhecimento no decorrer do processo de desenvolvimento da inovação. O início do processo é marcado pela utilização de formas tácitas e individuais de conhecimento, mas no seu decorrer (com a socialização e externalização) o conhecimento coletivo e explícito passa a predominar cada vez mais até chegar à inovação. Ou seja, o conhecimento se transforma de tácito individual em social codificado, gerando a inovação, que é uma combinação de conhecimentos que foram sendo explicitados. Mas, durante todo o processo, há retro-alimentações, e o explícito recém-criado é internalizado pelos atores através do *learning by doing* e transformado em tácito individual, dando continuidade à espiral do conhecimento.

1.4- Conclusão

Esta tese é uma proposta de avaliação da P&D que se encaixaria no conceito das abordagens alternativas, baseada no modelo interativo de inovação e na corrente evolucionista. O enfoque deste trabalho, assim como os estudos de Callon e Bozeman, é centrado nas redes de atores que executam a P&D. E nosso olhar recai não somente sobre os resultados codificados da pesquisa (patentes, artigos, produtos comercializáveis), mas principalmente sobre os conhecimentos gerados em formas intangíveis. Ademais, pretendemos contribuir para o entendimento do processo de circulação e transformação de conhecimentos que leva à criação dos resultados.

Os resultados são divididos em diretos e indiretos, como na metodologia BETA. Mas pretende-se mesclar uma abordagem qualitativa – enfocando, de um lado, os **processos** de transformação do conhecimento nas redes de inovação e, de outro lado, os **resultados** na forma de capacitações, inovações e *spinoffs* – com a abordagem quantitativa de mensuração de impactos econômicos do BETA.

Então, vamos analisar três dimensões do programa de P&D: o **processo** de criação da inovação, os **resultados**, com enfoque nas capacitações e nos *spinoffs*, e o **impacto** econômico.

Para mensurar quais capacitações estão sendo geradas pelo programa de P&D, vamos construir uma tipologia das capacitações, baseando-nos na literatura sobre o tema, que mesure quanto de cada competência foi criada pelo programa nos atores participantes.

Continuando na identificação dos resultados do programa, vamos criar uma lista dos possíveis *spinoffs* que poderiam ser gerados por um programa tecnológico da área agrícola apoiando-nos na definição dos impactos indiretos da metodologia BETA.

Para compreender a fundo os processos de criação de conhecimentos, utilizaremos o modelo de Nonaka & Takeuchi, complementado com conceitos de outros autores, para mapear a circulação de conhecimentos no programa de P&D. Esse mapeamento permitirá desvendar os processos de geração da inovação (resultado direto) e dos *spinoffs* (resultados indiretos).

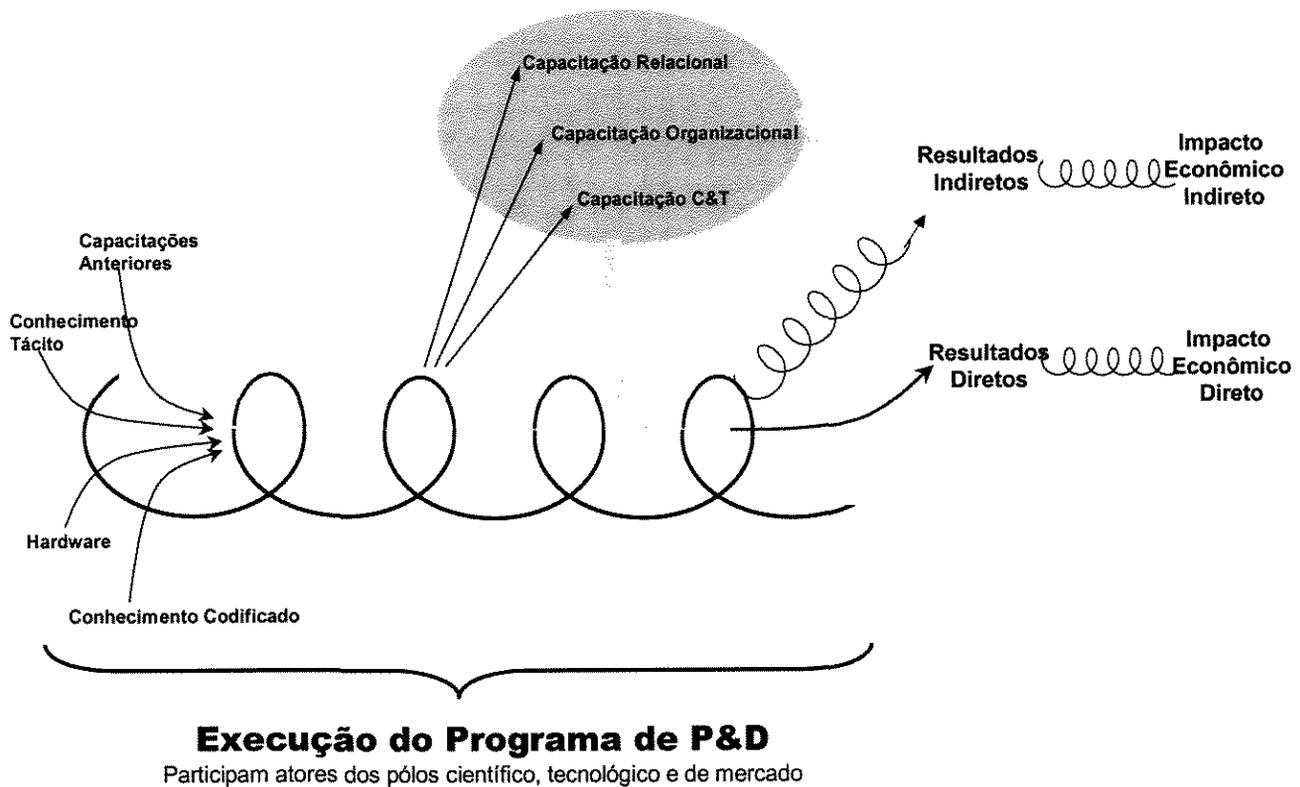
Uma vez compreendido o processo de criação dos resultados diretos e indiretos do programa de P&D, a metodologia BETA será utilizada para quantificar os impactos econômicos decorrentes desses resultados. Além da quantificação do impacto, será criado um coeficiente de paternidade das capacitações em relação a cada *spinoff*, possibilitando mostrar quanto do impacto econômico foi devido às competências criadas pelo programa.

A figura 1.1 sintetiza o modelo analítico utilizado para a compreensão do processo de inovação em programas de P&D. Durante a execução da P&D, capacitações, conhecimentos e hardware entram como inputs do processo inovativo, criando novos conhecimentos e novas (ou aprofundadas) capacitações, as quais estão sempre realimentando o processo. Dentro do processo central é desenvolvida a inovação prevista nos objetivos do programa, e da comercialização da mesma, surgem os impactos econômicos diretos. Paralelamente, a partir da aplicação das capacitações e dos conhecimentos criados pelo programa para outras finalidades, surgem os resultados indiretos (produtos, processos, serviços, métodos etc não previstos). E com a

comercialização ou utilização econômica desses “produtos” inesperados, surgem os impactos econômicos indiretos.

No próximo capítulo, serão explicadas as metodologias construídas para mapear os fluxos de conhecimentos, mensurar as capacitações e quantificar os impactos econômicos.

Figura 1.1- O processo inovativo nos programas de P&D



Capítulo II – Desenvolvimento metodológico: Como capacitações e conhecimentos se transformam em impactos econômicos

A criação de competências e de *spinoffs* é um aspecto essencial na avaliação dos impactos decorrentes do investimento em pesquisa. No capítulo anterior, foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de encontrar instrumentos para se mensurar a criação de capacitações/competências, identificar a criação de *spinoffs* e mostrar como conhecimentos e capacitações se transformam em impactos econômicos. A partir dessa revisão, foi desenvolvido um esquema de análise para avaliar programas de P&D que segue os passos metodológicos abaixo:

1- As capacitações criadas pelo programa de pesquisa são mensuradas através de uma tipologia das capacitações

2- Identificam-se os *spinoffs* gerados pelo programa e atribui-se um coeficiente de paternidade das capacitações na criação dos mesmos, ou seja, determina-se qual a influência de cada capacitação na geração dos resultados inesperados

3- Com o intuito de contribuir para a compreensão do processo de transformação de inputs em outputs durante o programa de P&D, são analisadas as conversões do conhecimento e as suas combinações com as capacitações na criação dos *spinoffs* (essa etapa é realizada simultaneamente à etapa anterior)

4- Quantificam-se os impactos econômicos dos *spinoffs* e da inovação “principal” usando a metodologia BETA

Este capítulo está dividido em três partes. Na primeira, apresentamos a tipologia para classificar e mensurar as capacitações criadas por programas de P&D; na segunda, apresentamos o modelo de criação e circulação do conhecimento em redes de inovação; e na terceira parte, explicamos como os *spinoffs* são identificados e mensurados e como é criado o coeficiente de paternidade das capacitações em relação aos mesmos.

II.1- Tipologia de identificação e mensuração de capacitações

A partir da revisão de literatura, foi construída uma tipologia das diferentes capacitações que podem ser geradas por programas de P&D. Esta tipologia está vinculada a processos de aprendizagem decorrentes da execução de tais programas. O processo de aprendizagem contribui

para a construção de capacitações de determinados tipos. A tipologia constitui uma hierarquização dos aspectos que caracterizam um determinado tipo de capacitação, por isso foi construída com critérios, subcritérios e assim por diante, mostrando como cada capacitação pode ser desdobrada até os seus elementos constituintes básicos, os quais vão ser utilizados como indicadores para medir a criação, o aumento ou a diminuição de capacitações¹⁴.

Durante um programa de P&D, são criados tanto conhecimentos tácitos quanto codificados. Como foi explicado, os conhecimentos codificados, na forma de produtos, artefatos, protótipos, artigos, patentes etc, representam os resultados mais visíveis ou tangíveis da P&D; já os conhecimentos tácitos acumulados e estruturados na organização, que formam a essência das capacitações/competências, são os resultados mais obscuros ou intangíveis da P&D.

Na tipologia aqui apresentada, a aquisição de capacitação decorrente de um programa de P&D será mensurada através da análise da criação dos resultados tanto tangíveis quanto intangíveis da P&D. Tais resultados são classificados em três grandes grupos de capacitações: Capacitação Relacional, Capacitação Organizacional e Capacitação Científico-tecnológica. Assim, a criação de capacitações é percebida e mensurada a partir do aumento ou diminuição desses três grandes grupos ou critérios.

A seguir, cada um desses grandes critérios será explicado e a construção da tipologia será apresentada.

Construção da tipologia na forma de uma árvore de critérios, subcritérios e indicadores¹⁵

¹⁴ Essa metodologia para mensurar a criação de capacitações foi desenvolvida no âmbito do projeto de Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa, financiado pela FAPESP, do qual a presente tese faz parte. Para mais informações sobre a construção da metodologia, ver GEOPI (2003).

¹⁵ Para a construção da estrutura de impactos (que chamamos aqui de árvore), “o processo consiste no detalhamento das diferentes dimensões iniciais [três grandes critérios], via decomposição de seus impactos mais gerais em componentes relevantes para o contexto de avaliação. A partir de cada dimensão D admite-se que ela possa ser analisada em um conjunto de n impactos mais detalhados ID1, ID2,..., IDn, que se supõe como um conjunto de componentes capazes de substituir o impacto ID. Por sua vez, cada i-ésimo elemento IDi pode ser novamente descrito em n elementos IDi1, IDi2,..., IDin e assim por diante até um limite finito de modo que se forme toda a hierarquia ramificada da estrutura de impactos. O nível mais desagregado da hierarquia corresponde a seus componentes básicos, identificados com impactos a serem mensurados no campo por meio de variáveis apropriadas. A profundidade da desagregação não é pré-definida nem precisa ser a mesma em diferentes ramos da hierarquia... Na estrutura de impactos [árvore], cada elemento está associado a um determinado aspecto da realidade e possibilita uma interpretação do impacto correspondente a seu respectivo nível de detalhamento.” (pg 16, GEOPI, 2003).

- Capacitação Relacional

Capacidade dos atores criarem e manterem relações inter-institucionais, isto é, trocar ativos tangíveis (dinheiro, artigos, artefatos, etc) e intangíveis (conhecimento, experiências, etc) com o ambiente externo, seja dentro da rede ou fora dela.

A Capacitação Relacional engloba as capacidades de difundir conhecimentos, de conhecer e escolher parceiros (*know-who*), de codificar o *know-who* e de adquirir visibilidade ou reputação e, no presente trabalho, foi dividida em: **capacidade de transferência de conhecimentos**, **visibilidade** (que pode influenciar as relações comerciais) e **capacidade de criar e participar de redes de P&D**.

A capacidade de transferência de conhecimentos reflete a capacidade da organização de transferir conhecimentos tácitos e codificados para outros agentes, o que é fundamental para o processo de transferência de tecnologia, para a difusão de inovações e para melhorar as relações usuário-produtor. Cada tipo de conhecimento possui mecanismos específicos de transferência, isto é, o tácito requer contato, convivência e interação, já o codificado pode ser transferido via circulação de artigos, textos, CD's, etc para muitas pessoas ao mesmo tempo. As variáveis que mensuram a capacidade de transferência são: aumento/diminuição da *transferência de conhecimentos tácitos* entre os participantes do programa e aumento/diminuição da *transferência de conhecimentos codificados*.

A capacidade de criar e participar de redes de P&D envolve muitos esforços por parte da firma ou instituição, os quais podem ser mensurados pelas variáveis: ampliação e aprofundamento dos contatos com pessoas e firmas com quem se possa trocar conhecimentos ou recursos (aumento do *know-who*); o estabelecimento de *novas parcerias* para P&D, sejam elas formais ou informais; a frequência e intensidade com que os parceiros da P&D se encontram, interagem e compartilham equipamentos de P&D (*reuniões de P&D* e *compartilhamento de hardware*); a *confiança que os parceiros depositam uns nos outros*.

A visibilidade adquirida devido à participação no programa de P&D pode ser mensurada através das variáveis: aumento na *reputação* da instituição; melhoria ou piora das *relações comerciais* entre os participantes do programa e seus clientes e fornecedores; obtenção de *novas fontes de financiamentos*; obtenção de *novos clientes e fornecedores*.

- Capacitação Organizacional

Capacidade dos atores manterem e desenvolverem mecanismos que assegurem o perfeito funcionamento das atividades internas da organização.

Refere-se à capacidade da firma se organizar internamente de forma a otimizar os processos de aprendizagem, aprofundar a base interna de conhecimento e, ao mesmo tempo, estar apta a se adaptar a mudanças. A capacitação organizacional tem seu escopo de análise voltado para o interior da instituição que abriga o programa de pesquisa cujos impactos estão sendo mensurados. Entende-se que quaisquer esforços realizados pela instituição em direção à melhoria de condições internas de gestão do projeto de pesquisa, tais como os que envolvem a organização de pessoal da P&D ou a adoção de novos métodos de gestão e/ou de controle de qualidade são variáveis úteis para que se possa contemplar os ganhos de capacitação institucional neste nível de análise dos impactos de capacitação de um programa de pesquisa.

O primeiro grupo de variáveis organizacionais focaliza os ganhos de capacitação derivados da **organização** do trabalho humano propriamente dito. Contemplam o processo de capacitação a partir do modo como os atores são alocados no exercício de suas funções, em termos: i) da capacidade de integração dos atores, em grande parte revelada pela presença de *agentes principais que exercem a função de integradores* entre diferentes unidades especializadas ou entre diferentes bases de conhecimentos; ii) da intensidade com que são organizados *times multifuncionais* e interdisciplinares, igualmente favorável à aprendizagem; iii) das *mudanças na estrutura organizacional* fomentadas pelo programa de pesquisa.

O segundo grupo, dos **métodos**, se refere à criação ou utilização de novos métodos organizacionais, seja de maneira formal ou de maneira tácita. Neste grupo estão contemplados: *métodos de gestão*, tanto administrativos quanto de processos produtivos e *métodos de qualidade*.

- Capacitação C&T

Capacidade dos atores gerarem e absorverem novos conhecimentos necessários à criação de inovações.

Esta capacitação consiste no domínio das tecnologias de produção e na aptidão em inovar e em gerar novos conhecimentos técnico-científicos. Ela é constituída por muitos recursos e conhecimentos em várias áreas, como: **capacidade de absorção, capacidade de geração de conhecimentos, recursos humanos disponíveis e infra-estrutura (hardware)**.

a) capacidade de absorção: capacidade de absorver conhecimentos externos existentes e utilizá-los em benefício da empresa para gerar inovações. Segundo Cohen e Levinthal (1989), esta capacidade está diretamente relacionada aos gastos em P&D realizados pela firma e, também, às características do conhecimento tecnológico. Considera-se que a atividade de pesquisa implica esforços dedicados que são fundamentais para alimentar a capacidade de absorção (Furtado & Freitas, 2001). Nesse sentido, a criação da capacidade de absorção depende, basicamente, da *participação em congressos e treinamentos*; do esforço de aprendizagem através da leitura de livros e revistas científicas (*dedicação a leituras*) e do estudo de tecnologias e de conhecimentos disponibilizados por universidades, empresas ou outras entidades (*absorção de conhecimentos externos*).

b) capacidade de geração de conhecimentos. Esta capacidade é intimamente relacionada à capacidade de absorção, uma vez que a absorção de conhecimentos permite a utilização dos mesmos em novas combinações que criarão os insumos para as atividades inovativas das firmas e instituições. Porém, analiticamente, separamos a capacidade de absorção da de geração de conhecimentos. Consideramos que a geração depende mais do *aprendizado de conhecimentos críticos* relacionados à tecnologia utilizada pela instituição e à *diversidade destes conhecimentos*, pois tal aprendizado se reflete na capacidade de criação de conhecimentos tácitos e codificados. E a capacidade de geração de conhecimentos de uma equipe de pesquisa também pode ser mensurada através dos tradicionais indicadores de C&T, uma vez que estes são o resultado formal da criação de conhecimentos na forma de artigos, patentes, etc. Então, a *produção científica* e as *patentes e variedades* lançadas pelo programa também são usadas como indicadores da capacidade de geração.

c) contratação e qualificação de recursos humanos. Os recursos humanos alocados no programa de P&D são um indicador da capacitação científica e tecnológica (incorporada em capital humano) disponível e potencial dos atores envolvidos neste programa. O grau de qualificação deste capital humano detalha ainda mais os recursos disponíveis e o potencial de geração de inovações e de novos conhecimentos. Portanto, uma variação nos recursos humanos contratados e no seu grau de qualificação se reflete diretamente num aumento ou diminuição da capacitação científica-tecnológica detida pelos participantes do programa de P&D.

d) aquisição de instalações e equipamentos para P&D (Hardware). As *instalações e equipamentos* são fundamentais para a execução da pesquisa e desenvolvimento, portanto, a

ampliação ou melhoria desta parte de *hardware* dentro das organizações que participam do programa indica um importante ganho de capacitação científica e tecnológica proporcionado pelo programa. Neste ponto cabe uma observação importante: embora as capacitações e competências tenham sido definidas como conhecimentos tácitos incorporados nos indivíduos, elas também englobam os recursos necessários para que os indivíduos possam aplicar e desenvolver as suas habilidades e conhecimentos. Isto porque as inovações não podem ser criadas apenas com conhecimentos tácitos dos pesquisadores; eles precisam interagir com os objetos, artefatos, equipamentos e laboratórios para poderem criar novos produtos, processos e conhecimentos. Portanto, possuir todo esse *hardware*, necessariamente, faz parte da capacidade de gerar inovações.

Com o objetivo de detalhar todos os indicadores criados para mensurar o impacto na geração de capacitações por programas de P&D, fizemos uma tabela que explica cada indicador, a questão que o representa nas entrevistas e a forma de mensuração do impacto.

É importante esclarecer aqui que a mensuração do impacto do programa através dos indicadores foi feita de duas maneiras¹⁶:

1) Qualitativa, na qual utilizamos uma escala de sete pontos, que varia de -3 (máximo impacto negativo) a +3 (máximo impacto positivo), de modo a servir para a leitura de resultados tanto no nível dos indicadores quanto naquele dos subcritérios e critérios. Os indicadores qualitativos são obtidos através de perguntas aos participantes do programa que podem ser respondidas diretamente na escala, a qual é traduzida para eles como:

3 = grande aumento na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

2 = moderado aumento na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

1 = pequeno aumento na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

0 = não houve alteração na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

-1 = pequena diminuição na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

-2 = moderada diminuição na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

-3 = grande diminuição na capacitação x da organização graças ao programa de P&D

¹⁶ Maiores detalhes sobre a construção da metodologia e suas formas de mensuração das capacitações estão em GEOPI (2003).

2) Quantitativa, na qual os indicadores se baseiam em dados numéricos, como número de artigos, de reuniões, de treinamentos assistidos etc, que são respondidos pelos participantes do programa. Esses números absolutos também são convertidos para a escala de -3 a +3 através de fórmulas de conversão que foram criadas com a ajuda de especialistas nas áreas de planejamento e gestão da P&D¹⁷. Assim, esses especialistas, para cada indicador, ponderaram qual valor corresponderia ao máximo impacto (3), qual valor corresponderia ao moderado impacto (2) e assim por diante¹⁸. Essas fórmulas de conversão têm que ser criadas levando-se em consideração a área e o contexto do programa que está sendo estudado, então, as fórmulas apresentadas na planilha foram feitas especificamente para o Programa Cana IAC, cujos principais atores participantes são o IAC e as usinas de cana-de-açúcar¹⁹. Foi considerado que, dadas as diferenças de papéis e de objetivos entre empresas e institutos públicos de pesquisa, aquilo que representaria um alto impacto para um nem sempre seria alto para o outro, assim como o que seria baixo para um nem sempre o seria para o outro.

A decisão de trabalharmos com indicadores qualitativos e quantitativos teve o objetivo de ampliarmos a análise da criação de capacitação de modo a captar aspectos objetivos, como a quantidade de reuniões de P&D, e subjetivos, como a confiança depositada nos parceiros. Desse modo, o papel dos programas de P&D como geradores de competências pode ser retratado de forma mais completa.

No anexo 1, apresentamos a planilha que explica todos os indicadores construídos e sua forma de mensuração da criação de capacitações. A partir de tal planilha, foi elaborado um questionário²⁰, o qual foi aplicado numa amostra selecionada de pesquisadores do IAC e de usinas de cana, fornecendo respostas para as vinte e cinco perguntas que quantificam os indicadores (ver questionário no anexo 3). As respostas foram divididas em dois grupos: IAC e usinas. Depois, foram agregadas obtendo-se um único valor na escala para cada indicador, sendo um valor para as usinas e um para o IAC. Para deixar mais clara a apresentação dos resultados, que poderiam variar de -3 a +3, eles foram transformados em -1 a +1 através de uma função linear simples, de tal modo que:

¹⁷ Durante um workshop realizado em 2002, três especialistas (do IAC, IEA e MCT) responderam quais resultados de um programa de pesquisa na área agrícola corresponderiam a um alto, médio e baixo impacto.

¹⁸ Por exemplo: participação em dois congressos graças ao programa corresponderia ao impacto 3 na escala; participação em um congresso corresponderia ao impacto 2 na escala e etc.

¹⁹ O Programa Cana IAC será explicado detalhadamente no capítulo 3.

²⁰ Ver forma de elaboração do questionário no anexo 2.

$I = 1$: máximo impacto positivo (desejável);

$I = -1$: máximo impacto negativo (indesejável);

$I = 0$: inexistência de impacto.

A árvore de critérios da Tipologia de Capacitações ficou composta da forma como se apresenta na figura 2.1. Para todos os ramos da árvore os impactos são aditivos, ou seja, suas medidas são somadas para compor a medida de impacto de nível superior a que se referem²¹. Como nem sempre todos eles tem a mesma importância explicativa, é necessário adotar ponderações específicas. Assim, a agregação dos valores dos indicadores para formar o resultado dos subcritérios e, depois, para formar o resultado dos três grandes critérios foi feita atribuindo-se um peso para cada indicador, de forma que a somatória dos pesos dos indicadores que compunham um dado subcritério seria igual a um (ou cem por cento). Da mesma maneira, a somatória dos pesos dos subcritérios que compunham um critério seria igual a um (ou cem por cento). Os pesos de cada impacto em seu ramo são ajustados de acordo com o entendimento conceitual de sua importância para a descrição do impacto diretamente acima²² (ver planilha com pesos no anexo 5).

No capítulo IV, essa tipologia das capacitações é aplicada no Programa Cana IAC e revela importantes resultados sobre a criação de competências nos atores participantes deste programa.

II.2- Esquema analítico: Modelo de criação do conhecimento em redes de inovação

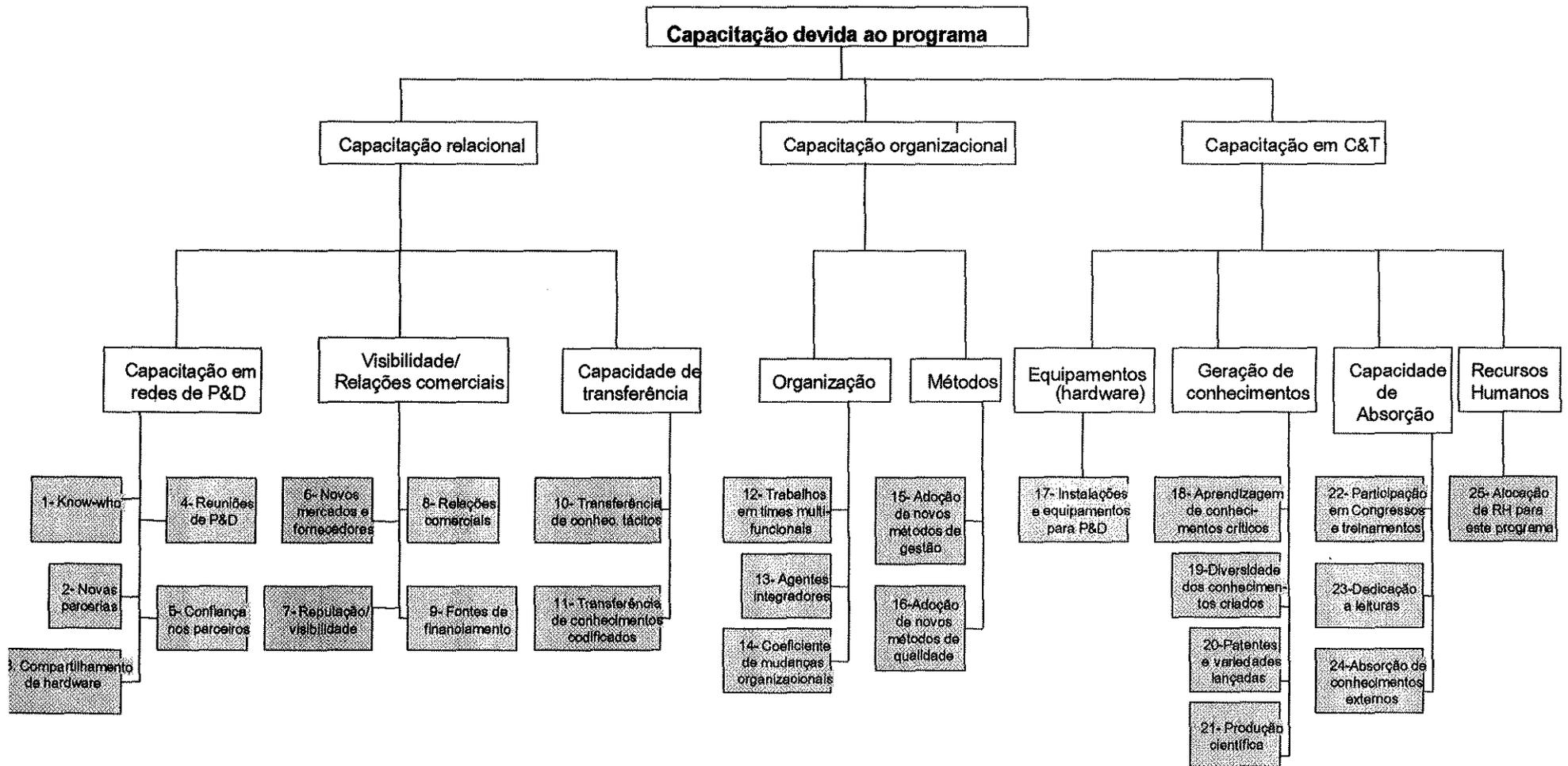
A tipologia das capacitações mostra os resultados intermediários criados pelo programa de P&D, e a identificação dos *spinoffs* e dos seus impactos econômicos (explicados no próximo

²¹ A operação matemática na árvore que permite a síntese dos impactos depende da obediência a três propriedades fundamentais (axiomas): axioma de exaustividade, de não redundância e de coesão. Esses axiomas são explicados no anexo 4.

²² Os pesos para cada indor e subcritério foram atribuídos pela equipe do Projeto da Metodologia de Avaliação ESAC.

item) revela os resultados indiretos. Mas além dos resultados, queremos compreender o processo de transformação de inputs em outputs na atividade inovativa. Neste sentido, o mapeamento dos caminhos do conhecimento contribuirá para esclarecer o processo de criação dos resultados inesperados e a forma como as competências influenciam nesse surgimento.

Figura 2.1: Árvore de critérios



Este item, que se apóia em Hasegawa (2001), se propõe a juntar alguns conceitos expostos no capítulo I para formar um referencial analítico capaz de explicar como o conhecimento é criado, circula e se transforma dentro de redes de inovação.

As redes são formadas por muitos atores heterogêneos, que possuem diferentes linguagens, visões de mundo, interesses, culturas organizacionais, etc. Como vimos em Callon (1994), estas redes podem ser mais ou menos convergentes, dependendo da qualidade das traduções entre os atores.

O primeiro passo para que os atores possam trabalhar juntos é possibilitar a comunicação entre eles. Para isto, o processo de homogeneização da linguagem é fundamental. E como se dá esta homogeneização?

Através da convivência, de constantes interações e da troca de experiências, ou seja, da socialização. O tipo de conhecimento tácito socializado aqui é o cognitivo, isto é, modelos mentais, crenças, visões de mundo, maneiras de encarar os problemas. São percepções e pensamentos tão arraigados e implícitos que o próprio indivíduo não pode explicitá-los, mas, através da convivência, vão sendo revelados aos poucos, o que vai ampliando a compreensão mútua entre os indivíduos. Durante o convívio, os atores expressam sua visão de mundo, compartilham idéias, opiniões e desenvolvem a confiança mútua, o que propicia um ambiente de cooperação e cria um estoque de capital social. Neste ambiente, é possível criar regras que orientam as traduções, ou seja, a coordenação se torna possível.

Nesta primeira fase, que possibilita que os atores se comuniquem e possam trabalhar juntos, as traduções não ficam perfeitas e sem ambigüidades. Durante o trabalho em cooperação, as traduções vão melhorando aos poucos e tornam a rede mais convergente. Algumas redes podem chegar a ser muito convergentes e ter uma vida longa, outras podem ser pouco convergentes e se desfazerem logo.

Dentro de uma organização, a espiral do conhecimento (proposta por Nonaka e Takeuchi, 1997) se inicia com a socialização²³, desenvolvendo um “campo” de interação entre os indivíduos. Através do diálogo e da reflexão coletiva, provocam a externalização, isto é, articulam o conhecimento tácito oculto e criam conceitos. Estes conceitos recém criados são

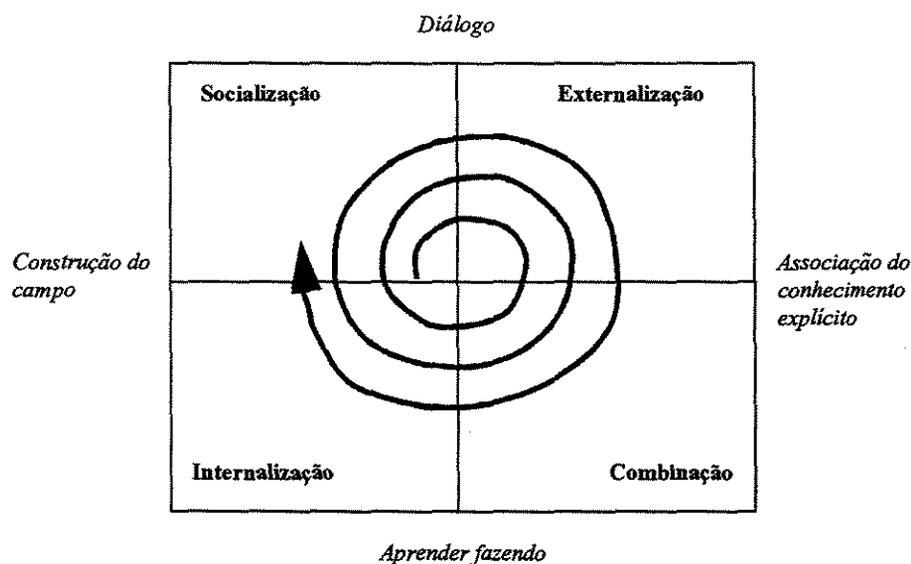
²³ As conversões do conhecimento que são usadas para explicar a criação das inovações foram detalhadas no capítulo I. Para relembrar o leitor: socialização – compartilhamento do conhecimento tácito individual; externalização – explicitação, através de uma idéia, metáfora ou conceito, do tácito que foi coletivizado; combinação – junção dos conhecimentos em um mesmo corpo; internalização – incorporação dos conhecimentos criados ao tácito individual.

combinados aos conhecimentos explícitos existentes e geram um novo produto, serviço ou sistema gerencial (conhecimento sistêmico). Os novos conceitos e novas idéias que foram criados são internalizados pelos indivíduos através da participação neste processo, ou seja, através do “aprender fazendo”. Ver a espiral do conhecimento (figura 2.2).

Durante a análise das conversões do conhecimento no estudo de caso, percebeu-se que a explicitação de uma idéia ou conceito acontece num momento separado da codificação dos mesmos na forma de um documento escrito ou gravado. Por isso, separamos a externalização de idéias ou conceitos da codificação desses conhecimentos, de forma que incorporamos mais uma conversão ao esquema analítico. Assim, ficamos com cinco conversões do conhecimento: socialização, externalização, combinação, codificação e internalização.

Figura 2.2: Espiral do Conhecimento

(Nonaka & Takeuchi, 1997)



Numa rede de inovação, a espiral do conhecimento vai englobando diferentes organizações e atores em vários níveis de interação. Por exemplo, na primeira fase de desenvolvimento de um novo produto, vários atores participam; na segunda fase entram novos atores e permanecem somente alguns, na terceira fase mudam novamente e assim por diante. Mas o conhecimento criado em cada fase vai se cristalizando nos níveis seguintes e sendo ampliado até chegar à inovação. Antes de alcançar esse objetivo final, o aprendizado fomentado na espiral gera capacitações e resultados inesperados. A inovação, por sua vez, será difundida por todos os

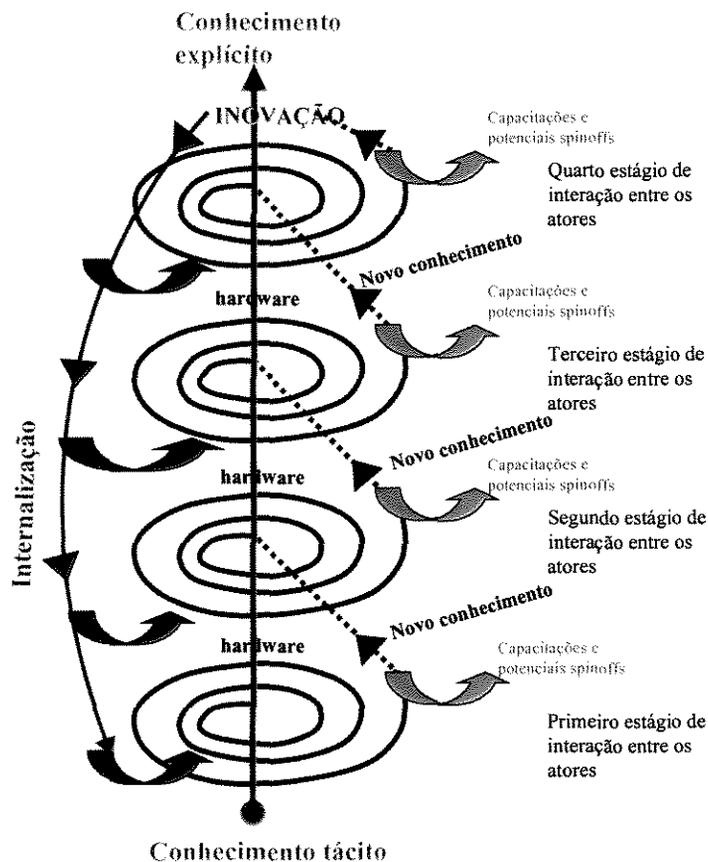
atores que participam do processo e estes a internalizarão. Desta internalização surge o conhecimento tácito do usuário da inovação, que será compartilhado por toda a rede e desencadeará um novo ciclo de criação de conhecimento, cujo resultado pode ser uma melhoria incremental no mesmo produto ou um produto (processo ou serviço) completamente novo.

Mas isso tudo acontecerá apenas se a rede funcionar de forma eficiente e vantajosa para todos, ou seja, com um bom grau de convergência e confiança. Se os atores não conseguirem se entender e a rede não atingir um mínimo de convergência, então esta se desintegrará antes mesmo de chegar a um primeiro resultado.

É importante complementar que, na criação de inovações, não só os conhecimentos tácitos e codificados são importantes. Ao passar de uma fase de desenvolvimento para outra, uma parte do conhecimento transferido está incorporado em hardware (objetos, produtos, instrumentos, etc), e não apenas em pessoas ou livros e artigos (Nelson & Romer, 1986).

O esquema de análise da criação e transformação do conhecimento em redes de inovação está representado na figura 2.3.

Figura 2.3: Criação de conhecimento numa rede de inovação



Este esquema foi aplicado no PROCANA do IAC para analisar o desenvolvimento da inovação almejada pelo programa – as novas variedades de cana²⁴. O mapeamento das transformações do conhecimento esclareceu como se dá o processo de geração da inovação “principal”. Considera-se que esse tipo de análise também é capaz de explicar a criação de *spinoffs* do programa de P&D. Porém, na criação dos resultados inesperados é importante analisar, além dos conhecimentos e do hardware, o papel de mais um insumo do processo: as capacitações (organizacional, relacional e científico-tecnológica).

Nonaka & Takeuchi (1997) não tratam do papel das capacitações e do hardware na criação de novas combinações, mas consideramos importante incorporar ao esquema de análise os artefatos e as competências que participam desse processo. Isto porque, a partir do aprendizado causado durante o desenvolvimento da inovação “principal”, muitas capacitações e competências são geradas ou aprofundadas nos atores participantes. Elas são necessárias para a execução da pesquisa, mas, no decorrer do programa, são aprofundadas ou, em muitos casos, novas capacitações podem ser criadas a partir dos conhecimentos que são gerados no movimento da espiral. E essas capacitações, ao serem aplicadas e combinadas com outros conhecimentos, formam a base da criação dos *spinoffs*. Por isso, além de estudar as conversões do conhecimento, consideramos importante também analisar as capacitações que contribuíram para a criação do mesmo.

Mas como diferenciar entre conhecimentos e capacitações?

As capacitações envolvem a combinação de muitos conhecimentos e também podem englobar a infra-estrutura ou hardwares necessários para a sua atuação. A capacitação relacional se baseia principalmente em conhecimentos do tipo *know-who*, que são essencialmente tácitos, mas engloba também conhecimentos codificados (como listas de contatos) e as capacidades de difundir conhecimentos, de adquirir visibilidade ou reputação. Grant (1996) coloca que a essência da capacitação organizacional é a capacidade de integração dos conhecimentos especializados (*expertise*) dos indivíduos. Esta capacidade de integração se baseia fortemente em habilidades tácitas do gerente, mas se apóia também em conhecimentos codificados, uma vez que muitas rotinas organizacionais podem se basear em regras codificadas e também em algumas ferramentas, como softwares, que ajudam a sistematizar a base de conhecimentos da organização.

²⁴ A aplicação do esquema na rede do PROCANA foi explicada na dissertação de mestrado da autora (Hasegawa, 2001).

E, finalmente, a capacitação científico-tecnológica é constituída não só por conhecimentos do tipo *know-what*, *know-why* e *know-how* (habilidades e expertise) mas também pela infra-estrutura (ou hardware) que permite a aplicação desses conhecimentos.

As capacitações são, ao mesmo tempo, insumo e resultado dos programas de P&D e, ao serem aplicadas, contribuem decisivamente para a formação de *spinoffs*. Mas elas contribuem para a criação dos resultados de maneira um pouco diferente dos conhecimentos e do hardware, pois as capacitações são as ferramentas que vão transformar, combinar e recriar os conhecimentos e os objetos. Então, ressaltamos que na criação dos *spinoffs*, além dos conhecimentos tácitos e codificados e do hardware, as capacitações são também um importante fator, que deve ser considerado. Por exemplo, na criação de um novo produto (*spinoff*) pode-se mostrar que a capacitação científico-tecnológica desenvolvida graças ao programa combinou conhecimentos técnicos de diferentes pesquisadores com um protótipo, possibilitando o desenvolvimento de um produto não planejado. Assim, as capacitações também vão estar presentes nas descrições que serão feitas das combinações entre hardware, conhecimentos tácitos e codificados.

Método para proceder ao mapeamento do conhecimento

O método empregado para se proceder ao mapeamento dos fluxos e combinações de conhecimentos e capacitações foi através de entrevistas muito detalhadas e aprofundadas com todos os pesquisadores do Programa Cana IAC e com alguns gerentes de usinas que participam mais ativamente do programa. As entrevistas eram abertas e buscavam estimular os entrevistados a lembrarem e descreverem detalhadamente todo o processo de criação e execução do programa, bem como a geração dos *spinoffs*. Não havia uma seqüência de perguntas, mas os pontos principais que foram levantados estão sintetizados abaixo.

- Como começou o programa (histórico)?
- Qual é o objetivo do programa?
- Quais foram os atores participantes desde o início e até hoje?
- Qual a especialidade de cada participante? Quais são as principais capacitações de cada um?
- Como é feito o desenvolvimento da tecnologia (variedades), explique todas as etapas.

- Quais são os equipamentos, materiais e artefatos utilizados em cada etapa, e em que local elas são realizadas?
- Quem participou de cada etapa e com quais conhecimentos e capacitações cada um contribuiu?
- Como o trabalho era dividido?
- Como se deu a interação entre os atores em cada fase (se encontravam sempre e trocavam idéias ou cada um fazia a sua parte separadamente?; a equipe era multifuncional?)
- Havia objetos “intermediários” gerados em cada fase (como protótipos, maquetes e outros artefatos)?
- Qual era o interesse das empresas que colaboraram? Por que elas colaboraram?
- Além da inovação desejada, surgiram outros resultados imprevistos – como produtos, processos, serviços, métodos, softwares, projetos de pesquisa – graças ao programa? (mostrar a tabela dos potenciais *spinoffs*, que é explicada no próximo item)
- Explique como foi o processo de criação de cada resultado inesperado. Assim como foi perguntado para a inovação “principal”, questionar, para cada *spinoff*, sobre: atores que participaram, etapas de criação, conhecimentos e capacitações que foram utilizados, hardware, interação entre os atores etc (mesmas perguntas feitas para a tecnologia principal).

Como já foi explicado, o mapeamento das conversões dos conhecimentos durante a criação da inovação principal (prevista pelo PROCANA- IAC) foi descrito na dissertação de mestrado da autora (Hasegawa, 2001). A partir da experiência do mestrado, no presente trabalho foi realizado o mapeamento das conversões do conhecimento e das suas combinações com capacitações e hardware na criação dos *spinoffs* do programa Cana, como veremos no capítulo V.

II.3- Identificação de spinoffs e relação entre capacitações e impactos econômicos

Para facilitar a identificação dos *spinoffs*, é preciso defini-los e ilustrá-los da forma mais detalhada possível, portanto criamos uma lista dos possíveis *spinoffs* que podem ser encontrados no programa de pesquisa estudado.

Para identificarmos os tipos de resultados indiretos que podem ser gerados, nos baseamos na metodologia de avaliação de impactos econômicos desenvolvida pelo BETA, explicada no capítulo anterior. Essa metodologia divide os *spinoffs* em quatro tipos: tecnológicos, comerciais (relacionais), organizacionais e recursos humanos.

Neste trabalho, não vamos dividir os *spinoffs* nessas quatro categorias, pois queremos focar a combinação de capacitações (relacionais, organizacionais e científico-tecnológicas) que originou tais resultados. Isto é, não classificamos o *spinoff* em uma categoria, pois consideramos que ele é o resultado da combinação dos três tipos de capacitações. Então, criamos uma lista dos possíveis *spinoffs*, apoiados em Bach et alii (1992, 1994), e vamos investigar no caso empírico se algum desses possíveis resultados se concretizou.

Quadro 2.1: Possíveis *Spinoffs* do programa de P&D

Novos ou melhorados produtos
Novos ou melhorados processos
Novos ou melhorados serviços
Novos cultivares lançados
Novos métodos de pesquisa
Criação de manuais ou livros (sobre as tecnologias desenvolvidas)
Criação de novos cursos ou disciplinas
Novos tipos de testes
Novos métodos ou ferramentas gerenciais (como softwares)
Novos projetos de pesquisa
Criação de departamento novo
Reorganização na estrutura organizacional da empresa/instituição
Laboratório Novo

A lista dos possíveis *spinoffs* orienta a identificação dos mesmos no estudo de caso uma vez que ela ilustra para os entrevistados que tipo de resultados estamos buscando.

Quantificação dos impactos econômicos

Após a identificação dos *spinoffs*, procederemos à quantificação dos impactos econômicos indiretos do programa através da metodologia BETA²⁵. Com o intuito de estabelecer um padrão de comparação para os impactos indiretos e também para ter uma idéia mais abrangente dos impactos econômicos gerados pelo Programa Cana IAC, serão mensurados igualmente os impactos diretos.

A metodologia BETA quantifica os impactos diretos e indiretos da P&D em termos da variação do valor adicionado provocada pelo aumento nas vendas ou pela redução dos custos. Quando se torna muito difícil quantificar os impactos nesses termos, usa-se o custo como valor *proxy*. Por exemplo: para uma nova patente, utiliza-se o custo de registro e de obtenção; para os impactos em RH, emprega-se o custo de manutenção de uma dada competência após o projeto findar ou os gastos de treinamento; para os impactos organizacionais, é necessário o orçamento do novo departamento criado a partir do projeto.

O objetivo dessa quantificação é o de fornecer uma estimativa mínima do volume de impactos diretos e indiretos do programa e não o de calcular um valor preciso para esses impactos (Bach et al., 1992). Um dos princípios dessa metodologia é escolher sempre a menor estimativa do impacto quando há qualquer tipo de incerteza sobre os resultados do programa.

Segundo Bach et. al. (1999), são os participantes do programa (aqueles que executam a P&D) que possuem as melhores condições de fazer as estimativas dos impactos, o que torna indispensável a realização de entrevistas. As questões colocadas para os participantes do programa são sempre em relação a uma situação hipotética na qual o programa não existiria. Ou seja, os entrevistados devem comparar a situação real (em que o programa existe) com uma situação em que não haveria programa e nem qualquer substituto.

Assim como na metodologia BETA, nesta tese restringimos a avaliação dos impactos apenas aos participantes do programa de pesquisa, deixando de lado os *spillovers* – ganhos apropriados pelos concorrentes, usuários e consumidores (Jaffe, 1996).

Relação entre capacitações e os impactos econômicos indiretos

Já é amplamente reconhecido por muitos autores que o conhecimento tácito e as competências têm papel chave na criação de inovações, no desenvolvimento tecnológico e no

²⁵ Para uma explicação mais aprofundada da quantificação dos impactos econômicos da metodologia BETA, e algumas aplicações, ver Bach et al. (1992, 1994), Georghiou et al. (2005), Cunningham et al. (2003).

desempenho das organizações. Porém, ainda não é possível identificar quais capacitações geraram determinados resultados. Por exemplo: um novo método de qualidade criado durante um programa de pesquisa gerou resultados econômicos de \$x, mas não se sabe quais conhecimentos e competências originaram este novo método. Existem ferramentas para quantificar os impactos econômicos de produtos, processos, métodos, serviços, etc, mas não existem metodologias para se relacionar o impacto econômico do “produto” com as devidas competências que o geraram. Portanto, não é possível saber qual é o retorno econômico das competências. Esta tese tenta estabelecer esta ponte entre impacto econômico e competências/capacitações. Nesta tarefa, vamos nos basear em duas variáveis criadas pela metodologia BETA para solucionar a questão da atribuição do impacto ao programa de P&D. As variáveis são:

- Q1: representa quanto cada tipo de aprendizado (organizacional, comercial e tecnológico) contribuiu para a criação do *spinoff*. De tal forma que a somatória da contribuição dos três tipos de aprendizado será igual a 100%. Ou seja, $Q1O + Q1C + Q1T = 100\%$.

- Q2: diz respeito à influência direta do programa na criação do impacto, isto é, quanto o programa contribuiu na geração do *spinoff*. Varia de 0 a 100%. Os entrevistados respondem diretamente (em faixas de 0 a 10%, 10% a 20%, etc) quanto o programa estudado contribuiu para a criação de determinado produto, processo, serviço, etc.

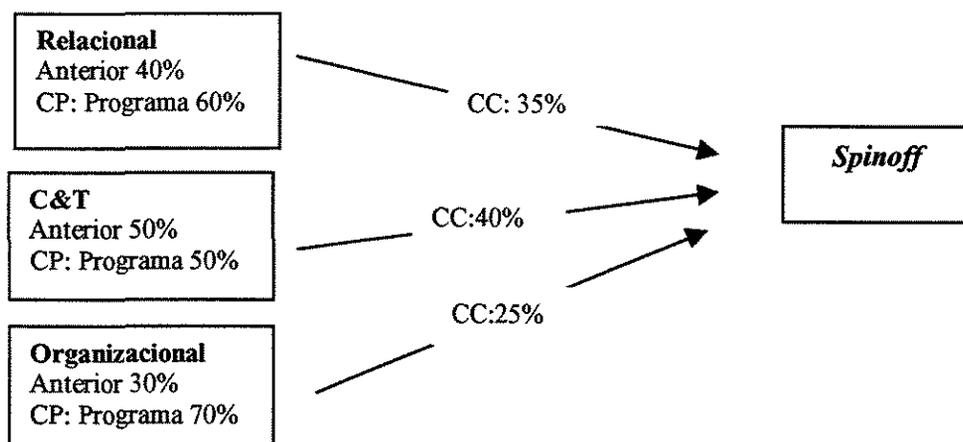
Para os objetivos desse trabalho, adaptamos a variável Q1 para que ela mostre a contribuição das capacitações relacional, organizacional e científico-tecnológica em relação a cada *spinoff*, ou seja, teremos uma variável que indica quanto cada capacitação contribuiu para a criação do resultado indireto. Chamaremos essa variável de coeficiente de contribuição (CC) das capacitações. A variável Q2 não será usada aqui da mesma maneira, pois não perguntaremos diretamente qual é o grau de paternidade do programa em relação ao *spinoff*. Como o enfoque desse trabalho é na relação entre as capacitações criadas pelo programa e os resultados indiretos, criamos uma variável que indica quanto de cada capacitação é devida ao programa e quanto é anterior ao mesmo. Chamaremos essa variável de coeficiente de paternidade (CP) do programa em relação às capacitações.

Após identificarmos, durante as entrevistas, os *spinoffs* que foram gerados pelo programa, pedimos aos entrevistados que estimem qual foi a contribuição da capacitação científico-tecnológica na criação de cada “produto”, bem como a contribuição das capacitações organizacional e relacional (coeficiente de contribuição). Também pedimos que eles dividam,

dentro dessas capacitações, quanto delas corresponde à capacitação criada pelo programa (coeficiente de paternidade) e quanto era anterior ao mesmo. Desse modo, podemos indicar quais foram as capacitações responsáveis pela criação dos *spinoffs* do programa. Além disso, podemos detalhar quanto dessas capacitações pode ser atribuída ao programa e quanto é anterior ao mesmo.

Na figura abaixo, apresenta-se um exemplo de como são atribuídos os coeficientes de contribuição das capacitações em relação aos *spinoffs* e de paternidade do programa em relação a essas competências.

Figura 2.4: Coeficientes de contribuição (CC) e de paternidade (CP) – Exemplo



Os impactos econômicos dos *spinoffs* serão multiplicados pelo coeficiente de contribuição das capacitações que lhes deram origem. Assim, será possível indicar quanto do impacto econômico de cada “produto” inesperado da P&D foi devido à capacitação relacional, quanto foi devido à organizacional e quanto foi devido à científico-tecnológica. Além disso, mostraremos qual foi a parte do impacto devida exclusivamente às capacitações criadas ou aprofundadas dentro do programa, multiplicando os resultados pelos respectivos coeficientes de paternidade. Desse modo, teremos uma idéia da importância econômica do aprendizado e das competências gerados pelo programa de P&D.

Usando o exemplo acima, suponhamos que o impacto econômico do novo produto foi de 100.000. Para se estimar quanto as capacitações geradas pelo programa contribuíram para a criação desse impacto, multiplica-se o valor pelos coeficientes de contribuição e de paternidade. Isto é: Impacto x CC x CP.

- Contribuição da capacitação relacional gerada pelo programa:
 $100.000 \times 35\% \times 60\% = 21.000$
- Contribuição da capacitação C&T gerada pelo programa:
 $100.000 \times 40\% \times 50\% = 20.000$
- Contribuição da capacitação organizacional gerada pelo programa:
 $100.000 \times 25\% \times 70\% = 17.500$

No capítulo VI realizamos a quantificação dos impactos econômicos do PROCANA, a atribuição do coeficiente de paternidade para cada *spinoff* e o cálculo da contribuição das capacitações para o impacto.

II.4 - Conclusão

Em resumo, a metodologia de avaliação desenvolvida nesta tese se compõe das seguintes etapas:

- Aplicação da metodologia para identificação e mensuração de capacitações, a qual mostrará, de forma objetiva, quais foram os resultados do programa em termos de geração ou aprofundamento de competências entre os participantes da execução da pesquisa. Então, ao aplicarmos tal tipologia numa amostra de atores participantes do programa, teremos um mapa das capacitações que foram geradas e dos atores que foram mais afetados.

- Mapeamento dos fluxos de conhecimentos, através do qual compreenderemos como foi o processo de criação dos resultados indiretos dentro do programa. E a lista dos potenciais *spinoffs* contribuirá para a identificação dos mesmos pelos entrevistados. A geração desses *spinoffs* será explicada de acordo com as capacitações – anteriores e posteriores ao programa – e conhecimentos que foram combinados para a sua formação.

- Atribuição do coeficiente de contribuição de cada capacitação em relação aos resultados indiretos e do coeficiente de paternidade do programa em relação às competências.

- Quantificação dos impactos econômicos dos *spinoffs*.

Aplicando o conjunto de metodologias explicado acima no estudo de caso (na parte II da tese: capítulos 4, 5 e 6), vamos mostrar quais foram as capacitações e os *spinoffs* gerados pelo

PROCANA IAC, qual o seu impacto econômico, como esses *spinoffs* foram criados e qual a sua relação com as competências.

Capítulo III – O PROCANA

A forma e o conteúdo da rede de inovação dependem das circunstâncias da sua formação e dos objetivos para os quais as ligações foram estabelecidas.

O caso que será estudado aqui é o de uma rede voltada para a geração de tecnologia para a agricultura: o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar do IAC (PROCANA). Este programa, realizado em parceria com usuários, universidades e outras instituições, objetiva criar novas e melhoradas variedades de cana-de-açúcar, adaptadas ao seu ambiente de produção e acompanhadas de uma “bula” com instruções sobre manejo, técnicas de cultivo, doenças, adubação, etc.

O melhoramento genético é feito através da hibridação intervarietal e seleção das plantas que vão apresentando desempenho superior ao longo de um período de tempo.

“O melhorista de cana-de-açúcar busca, em última instância, a elevada produtividade. Porém, para isso, ele terá que considerar uma série muito grande de fatores isolados ou interativos, desde aspectos morfológicos e fisiológicos, até resistência/tolerância a pragas e doenças. A mensuração de todas as características que determinam o potencial produtivo final é bastante difícil, especialmente porque muitos deles não se manifestam isoladamente, mas sim por efeitos interativos... Toda experimentação é feita para que esse complexo efeito interativo do ambiente, que leva à variabilidade na produção, seja captado a um nível tal que dê um mínimo possível de informações sobre o comportamento da variedade sob as variadas condições que poderão influir na sua produtividade ao longo do tempo de seu cultivo. Como a cana-de-açúcar é cultivada em muitas condições edáficas, climáticas e geográficas, não se pode dispensar a seleção e experimentação num número razoável daquelas condições, inclusive em”. anos distintos” (Matsuoka, 2000, pg.7).

Resumidamente, o desenvolvimento de variedades pelo PROCANA pode ser dividido em quatro etapas:

- 1) Realização de cruzamentos entre diversas variedades de cana-de-açúcar (que estão depositadas num banco de germoplasmas da Copersucar) e posterior produção de sementes.
- 2) Germinação das sementes numa estação experimental do IAC; envio das mudas para plantio em sete estações experimentais do IAC. As plantas são observadas e selecionadas durante quatro anos.

3) Envio das plantas selecionadas para várias usinas conveniadas que participam dos ensaios de competição regionais (experimentos montados em usinas da mesma região em que foram selecionadas as plantas). As plantas serão observadas e comparadas às variedades padrão (variedades comerciais) e, durante quatro anos, aquelas que apresentarem um desempenho igual ou superior às variedades padrão serão selecionadas.

4) As plantas selecionadas nos ensaios regionais são consideradas pré-variedades, pois tiveram um ótimo desempenho nas regiões em que foram selecionadas. A última etapa é chamada de Ensaios de competição estaduais, os quais têm o propósito de avaliar o desempenho das pré-variedades em várias usinas com diferentes contextos edafoclimáticos e validar a utilização das mesmas num âmbito maior. Após este teste das plantas em âmbito estadual, aquelas de desempenho igual ou superior às variedades padrão serão lançadas como variedades.

De acordo com Evenson (1974), variedades de plantas incorporam tecnologias genéticas na forma de resistência a doenças, resposta ao uso de fertilizantes, adaptação a diferentes ambientes e outras características. Este autor coloca que o princípio da especificidade tecnológica deve ser enfatizado antes de se discutir a criação e difusão de tecnologias para a agricultura. Este princípio significa que uma técnica ou conjunto de técnicas é economicamente superior a uma técnica alternativa somente sob determinadas condições de solo, clima e aspectos econômicos. Ou seja, as tecnologias geradas são específicas a um determinado ambiente. Por isto, cada sistema de pesquisa agrícola é organizado em uma base regional, em estações experimentais. A tecnologia criada em uma estação é transferida para outras estações para ser testada em outras condições edafoclimáticas. Posteriormente, ela será transferida aos produtores para que seu desempenho seja testado frente ao desempenho das tecnologias existentes. Assim, “há um forte incentivo ao desenvolvimento de uma rede de estações de pesquisa, onde o germoplasma possa ser intercambiado e, também, onde possa ocorrer uma comunicação científica ativa” (Evenson, 1974, pg. 59)²⁶, e existe também um estímulo à formação de parcerias com os produtores agrícolas para que a tecnologia (variedade) possa ser testada em mais ambientes e para que esta seja comparada às tecnologias existentes.

O PROCANA foi criado nesta forma de rede descrita acima, com uma cultura organizacional totalmente voltada às demandas da agroindústria canavieira e com uma

²⁶ “there are a strong incentive for the development of a network of research stations in which germplasm is exchanged and where active scientific communication is undertaken” (Evenson, 1974, pg. 59).

característica fortemente multidisciplinar (integrando várias áreas do conhecimento) na condução dos projetos em cana-de-açúcar, como veremos mais à frente.

Este capítulo visa apresentar o PROCANA, explicando o contexto de seu surgimento, os seus objetivos, a forma de organização, a equipe que participa na execução do programa, as fontes de financiamento e os resultados obtidos.

III.1- Histórico da pesquisa em cana-de-açúcar

O melhoramento genético da cana-de-açúcar passou a se desenvolver no final do século 19 e começo do século 20, principalmente em razão da preocupação em obter materiais resistentes a sérias doenças da época, especialmente “sereh” e escaldadura das folhas. Posteriormente, epidemias severas de Mosaico, Carvão e outras doenças induziram o aparecimento de vários programas de melhoramento genético no mundo todo. Hoje, uma cultura de tamanha dimensão, e ainda por ser semipermanente, não teria condições de sobrevivência se não contasse com plantas híbridas resistentes à grande maioria dessas doenças (Matsuoka, 2000).

A introdução e estudo de coleções de germoplasma originários de outros centros mundiais consiste na maneira mais rápida e econômica de obter acréscimos na produção agrícola, via melhoramento genético de plantas. Esse método, muito utilizado no desenvolvimento inicial de uma cultura, deve ser acompanhado de estudos que avaliem a adaptação desses germoplasmas às novas condições edafoclimáticas. Outro modo, mais eficiente e seguro, é a criação de variedades próprias, por meio de técnicas de hibridação e seleção. Esses foram os principais métodos utilizados no decorrer dos estudos com cana-de-açúcar no Instituto Agrônomo, visando ao melhoramento da cultura no Estado de São Paulo.

O Instituto Agrônomo iniciou a pesquisa com cana-de-açúcar em 1892 com Franz W. Dafert, cientista austríaco contratado para implantar a Estação Imperial em 1887, com um ensaio de 42 variedades de cana nobre, em duas condições de cultivo. No final do século passado, a gomose nas lavouras do sul da Bahia e de Pernambuco preocupava o setor canavieiro paulista devido à susceptibilidade da cana CAIANA. No final da década de 20, a crise (devida ao mosaico) incentivou a criação de programas de melhoramento genético, que eram feitos através da introdução de variedades importadas e da adaptação das mesmas ao ambiente. Em 1930, Frederico de Menezes Veiga liderou, em Campos-RJ, o programa de melhoramento que resultou nas variedades CB. Concomitantemente, em Piracicaba-SP, José Manuel de Aguirre Jr. começou

com a introdução de genótipos e, a partir de 1934, instalou o primeiro programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo no IAC, juntamente com as primeiras experimentações de métodos de cultivo da cultura.

Variedades de cana importadas de Java (POJ) e Índia (Co) vieram nessa época a substituir as variedades plantadas em São Paulo susceptíveis ao mosaico. Nas décadas de quarenta e cinquenta, também foram avaliados genótipos desenvolvidos em Campos (RJ), que posteriormente foram muito plantados no Estado de São Paulo, juntamente com as variedades IAC48-65, IAC50-134, IAC51-205 e IAC52-150. A partir desta época, os estudos de adubação, calagem e uso de vinhaça na cana-de-açúcar também tiveram grande desenvolvimento.

A contribuição também se estendeu com a participação dos pesquisadores Carlos Arnaldo Krug e Hermindo Antunes Filho na formação dos programas de melhoramento da Planalsucar e Copersucar no final dos anos sessenta. A criação destes dois programas dinamizou a pesquisa canavieira no País; por outro lado, o IAC passou a priorizar outros ramos da agricultura, trazendo grande desmotivação interna na área de cana-de-açúcar. Mesmo assim, neste período, o IAC manteve vinte projetos na Seção de Cana-de-Açúcar. Em 1972, foi firmado um convênio entre a Copersucar e o IAC para a introdução de material vegetal, possibilitando, até 1983, a introdução de 678 genótipos de vários países. A partir de 1976, tem sido possível a utilização dos campos de cruzamentos de Camamu, BA, pertencentes à Copersucar, por especial deferência desta ao IAC. Esses campos apresentam condições climáticas para a hibridação da cana-de-açúcar superiores às de Ubatuba (SP), onde eram realizados os cruzamentos do IAC até então.

Na década de oitenta, o pesquisador Raphael Alvarez iniciou o projeto de regionalização do melhoramento. No final desta década, o recuo dos programas Planalsucar e Copersucar permitiu que o programa do IAC se reposicionasse, eliminando a forma administrativa estanque de seção e se incorporando à Divisão de Estações Experimentais, aumentando a interface regional com a agroindústria sucroalcooleira de forma descentralizada²⁷.

A eficiência da agroindústria canavieira do Brasil deve muito às pesquisas desenvolvidas por estes três programas. Segundo Marcos Landell, a produtividade da cultura da cana saltou de 55 toneladas por hectare na década de 60 para 80 toneladas por hectare atualmente. A

²⁷ As informações sobre o histórico da pesquisa em cana realizada pelo IAC foram obtidas em Landell e Alvarez (1993) e em Rossetto et. al. (2000).

longevidade dos canaviais também aumentou, de 3 cortes para 5,7 cortes por talhão. Atualmente, no país, há 40 variedades de cana lançadas nos últimos seis anos. O desenvolvimento das mesmas visa a maturação mais cedo ou mais tarde, o alto teor de sacarose e a resistência a pragas e doenças. Isso possibilita o plantio o ano todo, com variedades de ciclo precoce, médio e tardio. É importante ressaltar que as variedades melhoradas são a tecnologia que mais contribuiu para os ganhos de produção e produtividade verificadas nos últimos 40 anos. Mais do que a ampliação da produtividade, a geração de novas linhagens de cana tem ajudado na diversificação de variedades plantadas, o que contribui para dar mais sustentabilidade econômica ao setor sucroalcooleiro. "Esta diversidade funciona quase como uma barreira genética para a entrada de novas pragas", explica o coordenador do PROCANA.

Segundo Isaías Macedo, o Brasil conta hoje com 308 usinas de açúcar e álcool, cada uma processando uma média de 1 milhão de toneladas de cana por ano. O Estado de São Paulo, maior produtor de açúcar e álcool do país, responde sozinho por 120 dessas unidades, sendo que cada uma processa perto de 1,5 milhão de toneladas de cana anualmente. No quadro 3.1, estão as últimas cinco safras de cana no Brasil, no centro-sul e em São Paulo.

A agroindústria canavieira, como um todo, responde por 3,5% do PIB brasileiro, aproximadamente, e emprega, direta e indiretamente, 3,6 milhões de pessoas. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo. Os principais produtos da cana são o açúcar e o álcool. O Estado de São Paulo produz 60% de toda a cana-de-açúcar do Brasil, usando tecnologias e métodos de gestão modernos .

Quadro 3.1: Produção de Cana-de-açúcar no Brasil, Centro-Sul e São Paulo

PRODUÇÃO DE CANA (em toneladas)			
SAFRA	SÃO PAULO	CENTRO-SUL	BRASIL
99/00	194.234.474	263.948.899	306.965.623
00/01	148.226.228	207.068.849	257.591.809
01/02	176.574.250	244.219.523	293.050.543
02/03	192.486.643	270.406.693	320.650.076
03/04	207.810.964	299.120.591	359.315.559

Fonte: Portal Única, www.unica.com.br

Com relação à história recente do Instituto Agrônomo, segundo Mello (2000), o que mais se destaca é a relativa dificuldade em internalizar as alterações do ambiente externo,

adaptando as áreas técnicas para atuar nas novas tecnologias e buscando formas que permitam maior flexibilidade na administração dos recursos e do quadro de pessoal. As origens dessas dificuldades se encontram no modelo de atuação do Estado e na forma de organização da pesquisa que tem prevalecido desde o pós-guerra.

Desde este período até a década de oitenta, aproximadamente, a concepção do processo de inovação que subjazia as políticas e instituições de ciência e tecnologia era o modelo linear de inovação, segundo o qual as inovações surgem de um processo linear que tem início em conhecimentos científicos (pesquisa básica), que passam por uma fase de aplicação (pesquisa aplicada) e, finalmente, geram novos produtos ou processos, que poderão ser posteriormente difundidos. A atuação do Estado, neste caso, deveria se dar preferencialmente nas fases de pesquisa básica, admitindo-se que a aplicação e o desenvolvimento de inovações seriam feitos “espontaneamente” pelo setor privado. Este modelo de atuação do Estado é chamado de ofertista, pois oferta (financia) a pesquisa básica à sociedade e deixa os desdobramentos (aplicação, inovação, difusão) por conta do mercado.

“O paradigma institucional que prevaleceu nos últimos 35 a 40 anos quase desobrigava as organizações e seus membros a planejarem a captação e a geração de recursos financeiros fora do âmbito da dotação pública (estatal). Mesmo naquelas organizações cujas atribuições implicavam a prática de venda de serviços, era raro encontrar metas de autonomia financeira. Hoje, a situação se inverteu, sendo raras as organizações que não estejam buscando alternativas para diversificar suas fontes de financiamento” (Mello, 2000, pg.30).

Nos anos oitenta e noventa, nota-se em diferentes países uma busca de novos modelos de atuação do Estado na área de ciência e tecnologia. O modelo linear de inovação foi contestado por muitos pesquisadores que estudam novas alternativas e políticas para a área de ciência e tecnologia, como Kline e Rosenberg (1986), OCDE (1992). Como foi explicado no item 1.5, estes autores colocam que o processo de inovação é caracterizado por muitas interações entre diferentes atores, é repleto de *feedbacks* (efeitos de retroalimentação) e não tem uma seqüência linear, pois seus desdobramentos dependem dos atores que participam do processo, da relação entre eles e com o ambiente, da natureza da inovação em questão e outros fatores.

“Em 1996, foi iniciado no IAC um processo de reorganização baseado nos procedimentos de planejamento estratégico, que permitiu a avaliação da missão, diretrizes, pontos fracos e fortes do Instituto. Em 1997 novo projeto é iniciado, o qual, dando continuidade aos trabalhos

realizados no período anterior, buscou elaborar um amplo projeto para os principais problemas do Instituto... [Porém] na verdade, pode-se afirmar que os resultados até o momento alcançados são mais importantes para estimular projetos futuros mais ousados de mudança institucional, visto que se criou um clima mais favorável à mudança, especialmente quando são levados em conta os resultados alcançados por alguns grupos e/ou programas de pesquisa” (Mello, 2000, pg.135).

O PROCANA é um dos programas que conseguiu maior flexibilidade, buscou financiamento externo (como veremos nas fontes de financiamento) e construiu uma forte interação com os atores participantes do processo inovativo (setor privado, usuários, universidades).

III.2- O PROCANA e sua área de atuação

Nesta nova realidade do final dos anos oitenta e início dos anos noventa, surgiu o PROCANA. A criação deste programa foi resultado da conjunção de vários fatores. Por um lado, houve uma reorganização institucional dentro do IAC que, no final da década de oitenta, extinguiu a Seção de Cana e criou o Programa Cana, incorporando-o à Divisão de Estações Experimentais e envolvendo a infra-estrutura das diversas estações. Havia também uma forte vontade de fortalecer a pesquisa em cana-de-açúcar por parte dos pesquisadores Marcos Landell (lotado em Ribeirão Preto), Mário Campana (lotado em Jaú) e Pery Figueiredo (lotado em Campinas). Em final de 1993, a estrutura do Programa Cana foi redefinida e uma nova estratégia para captação de recursos foi planejada. Em 1994 foram contratados três pesquisadores para este programa, sendo um especialista em melhoramento genético, uma especialista em solos e nutrição de plantas e uma especialista em fitopatologia e entomologia.

Por outro lado, havia um interesse demonstrado pelos agrônomos das usinas da região de Ribeirão Preto, os quais incentivaram Marcos Landell a formar um programa de cooperação junto aos produtores de cana, visando a obtenção de recursos que dotassem o IAC de uma melhor estrutura para atingir suas metas na canavicultura. Deve-se ressaltar que a capacitação relacional (o *know-who*) dos pesquisadores do IAC foi muito importante para o surgimento da rede de cooperação do programa.

Então, por um lado, houve uma reorganização institucional e uma vontade interna de revitalizar a pesquisa em cana-de-açúcar, por outro lado, houve uma demanda por parte dos

usuários “puxando” a criação de um programa de cooperação para o desenvolvimento de novas variedades. Assim, em outubro de 1994, se efetivou o PROCANA - um convênio de cooperação entre o IAC, as empresas da agroindústria do açúcar e do álcool e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG).

O programa integra em suas atividades várias áreas da pesquisa sobre cana-de-açúcar. O projeto principal é o de melhoramento genético visando a obtenção de cultivares de cana-de-açúcar mais produtivos, com maior riqueza em açúcar e com adicionalidades que proporcionem vantagem econômica. Assessoram e complementam o estudo de melhoramento genético vários outros projetos que visam estudar o manejo desses cultivares antes e também depois da sua liberação comercial. São os projetos da área de fitotecnia que envolvem estudos de fisiologia, fitopatologia, entomologia, pedologia, fertilidade, adubação, climatologia e matologia.

O convênio de pesquisa PROCANA abrange extensas regiões do estado de São Paulo, expandindo-se para os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Os trabalhos de melhoramento genético incluem mais de 200 experimentos²⁸ de campo anuais, distribuídos entre as Estações Experimentais do IAC e as 37 empresas atualmente conveniadas, o que reflete a preocupação do IAC em analisar o desempenho e caracterizar o material genético desenvolvido em cada ambiente de produção. Anualmente são feitos cruzamentos genéticos na Estação da Copersucar em Camamu (Convênio IAC/Copersucar) e, posteriormente, sementes desses cruzamentos irão compor experimentos de campo básicos, que iniciam-se nas Estações Experimentais do IAC a cada ano.

As Estações Experimentais representam regiões do Estado cultivadas com a cana-de-açúcar e com grande variabilidade de clima e solo, a saber: Piracicaba, Ribeirão Preto, Jaú, Pindorama, Assis, Mococa e Adamantina. Após alguns anos de seleção, os clones promissores são cultivados em experimentos de competição regionais nas usinas conveniadas e, depois de mais alguns anos, são testados em usinas conveniadas localizadas nas mais diversas regiões do Estado de São Paulo e também em Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Então, o desenvolvimento do PROCANA ocorre em ciclos, iniciando anualmente um novo ciclo, que se estende por oito anos (no mínimo) para seleção local, regional e estadual, avaliando o potencial dos clones daquela série como possíveis variedades. Todo o processo é

²⁸ A cada ano, o número de ensaios do projeto de melhoramento vai aumentando. Em 2004 o programa contou com: 74 ensaios nas Estações Experimentais do IAC, 25 ensaios em usinas nos testes regionais, 197 ensaios em usinas nos testes estaduais. Num TOTAL de 296 ensaios.

ainda exclusivamente baseado no melhoramento clássico, que seleciona as melhores variedades a partir do cruzamento entre elas. Para uma explicação mais detalhada do estado da arte da tecnologia do PROCANA frente a outros programas de melhoramento de cana, ver anexo 6.

Os conhecimentos em biotecnologia e engenharia genética têm avançado muito rapidamente nos últimos anos e, se os programas de melhoramento não capacitarem recursos humanos para trabalharem com este novo paradigma, em pouco tempo poderão ficar marginalizados. A capacitação nessas novas áreas começa a ser formada no PROCANA a partir de 2005, com a contratação de novos recursos humanos.

III.3- Objetivos do PROCANA

- Obter variedades produtivas, ricas em sacarose, resistentes a pragas e doenças e que apresentem adicionalidades que representem vantagens econômicas;
- Desenvolver pacote tecnológico (caracterização ambiental ou regionalização de variedades, técnicas de cultivo, sistemas de produção) que acompanha a variedade melhorada;
- Validar a tecnologia ou acompanhar o desempenho da variedade nos locais onde é introduzida;
- Gerar tecnologia fitotécnica;
- Difundir as tecnologias geradas.

III.4- Forma de Organização do PROCANA e equipe envolvida

A organização do PROCANA baseia-se em um **programa** de pesquisa, configurado como uma rede, e não num **centro** de pesquisa, por isto não tem sede própria, é descentralizado e seus pesquisadores estão lotados em três Estações Experimentais nas regiões de Piracicaba, Ribeirão Preto e Jaú. A relação entre os pesquisadores do programa não é hierárquica, mas sim horizontal, e as atividades são coordenadas de forma consensual e participativa. Numa visão bastante moderna, poderia se dizer que o programa possui um centro virtual, no qual a programação definida em conjunto e a disciplina de trabalho fazem com que seus pesquisadores estejam

sempre em contato, mesmo não trabalhando no mesmo local sede²⁹. Dessas três estações as ações se multiplicam para outras regiões do Estado, através do deslocamento constante dos pesquisadores para outras quatro Estações Experimentais do IAC e para as trinta e sete empresas parceiras do programa.

O PROCANA se organiza na forma de uma rede, que engloba as sete Estações Experimentais, as empresas conveniadas, a Copercana (cooperativa dos fornecedores de cana de Sertãozinho), a Copersucar e universidades (principalmente UNESP)³⁰. As atividades e as pessoas não estão concentradas em um único local, elas estão dispersas, e as ações se realizam em diversos locais, com os pesquisadores circulando entre eles durante cada ciclo do programa.

Onze pesquisadores e três técnicos trabalham no PROCANA em tempo integral (ver lista com toda a equipe no anexo 8).

As empresas conveniadas ao PROCANA também fazem parte da equipe que executa o programa, uma vez que os agrônomos destas empresas participam ativamente e opinam durante o desenvolvimento das variedades. As usinas e destilarias conveniadas são consideradas co-autoras das variedades IAC. É claro que as empresas são diferentes umas das outras, algumas têm uma estrutura própria para a condução de experimentos e conseguem aprender rápido, participar ativamente e, por isso, se sentem parte do PROCANA. Outras não têm uma boa estrutura para conduzir os ensaios (falta de agrônomos), precisam da presença constante dos pesquisadores do IAC para tocarem os experimentos e não opinam sobre o programa. Tudo depende de fatores históricos, econômicos, conjunturais e culturais das usinas, os quais as tornam mais inovadoras e dispostas a investir em pesquisas ou mais conservadoras. Mas no geral, segundo os pesquisadores do IAC, o convívio com as empresas tem sido muito frutífero.

Atualmente, são 37 as empresas conveniadas ao PROCANA no total, e 30 só do Estado de São Paulo. Ver, em anexo 9, a lista das empresas conveniadas.

III.5- Fontes de financiamento e recursos envolvidos

²⁹ Em março de 2005 foi criado o Centro de Cana em Ribeirão Preto e, neste ano, foram contratados mais sete pesquisadores para o programa. Mas como o programa foi estudado de 2000 a 2004, essas mudanças não estão contempladas na tese.

³⁰ Ver figura que representa a rede do PROCANA no anexo 7.

No período 1995 a 2004 (excluindo 2001 e 2002, para os quais não havia dados disponíveis), as usinas e destilarias que firmaram convênio com o PROCANA contribuíram com o montante de R\$ 1.582.512,00.

Além do pagamento desse convênio ao PROCANA, as usinas também contribuem fornecendo mão-de-obra para instalação, manutenção e colheita dos ensaios, máquinas e insumos agrícolas necessários, hospedagem em alguns casos, refeições esporádicas, e técnicos ou agrônomos para assessoramento.

A Copersucar tem participação fundamental no PROCANA, uma vez que as hibridações que originarão as futuras variedades são feitas na estação de cruzamentos de Camamu (BA) da Copersucar, utilizando os germoplasmas pertencentes a esta. Este convênio para a utilização da estação de Camamu foi informal desde 1976 até 1993, quando firmou-se um contrato para utilização destas instalações, o qual estabelece que as variedades lançadas pelo PROCANA a partir desta data deverão levar a sigla IACSP, e não mais apenas IAC. A Copersucar empresta sua infra-estrutura (física e humana) de Camamu (BA) durante uma semana por ano para que os melhoristas do IAC escolham e realizem os cruzamentos que iniciarão um novo ciclo do PROCANA. Os recursos envolvidos são o banco de germoplasmas, mão-de-obra especializada para realizar os cruzamentos, o software da Copersucar que cataloga os germoplasmas, hospedagem, refeições e pesquisadores para assessoramento. O valor estimado desta contribuição ao PROCANA nos anos de 2000, 2003 e 2004 foi de R\$95.000,00 (tabela 3.1).

Em alguns anos, houve suporte financeiro da EMBRAPA ao PROCANA.

Vejamos, na tabela 3.1, as fontes de financiamento do PROCANA e o montante de recursos recebidos nos anos de 2000, 2003 e 2004 (dados disponíveis somente para esses anos).

As unidades regionais são as sete estações experimentais do IAC onde são conduzidos os ensaios, ou seja, toda a infraestrutura para se montar os testes com os clones, na primeira fase, é fornecida pelo IAC. O valor dos serviços prestados por esta infraestrutura, em 2004, foi estimado em R\$402.801,40. Além desta infraestrutura, o IAC investiu R\$493.357,41 no PROCANA, correspondendo ao pagamento dos salários dos pesquisadores e às despesas administrativas em 2004.

A principal parte dos recursos externos provém da anualidade paga pelas usinas conveniadas (PROCANA 1) e dos serviços prestados pelos pesquisadores às usinas conveniadas ou não-conveniadas (PROCANA 2). São computados também os aportes do Grupo Fitotécnico, o

qual é financiado por empresas fornecedoras de insumos para a agroindústria canavieira. Grande parte dos recursos do grupo fitotécnico é utilizada para melhorar a infra-estrutura e tornar mais eficiente a comunicação do grupo, mas são os pesquisadores do PROCANA que organizam as reuniões e administram os recursos³¹.

Tabela 3.1: Financiamento total recebido pelo PROCANA nos anos de 2000, 2003 e 2004

(valores em R\$ correntes)

INVESTIMENTO IAC	2000	2003	2004
UNIDADES REGIONAIS	402.801,40	370.000,00	402.801,40
Salários Pesquisadores	217.967,24	218.000,00	283.357,41
ADMINISTRATIVO	150.000,00	150.000,00	210.000,00
SUB-TOTAL IAC	770.768,64	738.000,00	896.158,81
CAPTAÇÃO EXTERNA através da FUNDAG			
PROCANA1 (convênios com usinas)	215.040,00	400.000,00	530.000,00
PROCANA2 (serviços)	150.000,00	160.000,00	60.000,00
G.FITOTÉCNICO	23.100,00	31.200,00	60.000,00
EMBRAPA	20.000,00	20.000,00	----
OUTROS	5.000,00	5.000,00	35.000,00
SUB-SUB-TOTAL (1)	413.140,00	616.200,00	685.000,00
APOIO INFORMAL EXPERIMENTOS			
ENSAIOS EM USINAS	168.000,00	240.000,00	330.000,00
COPERSUCAR	30.000,00	35.000,00	30.000,00
SUB-SUB-TOTAL(2)	198.000,00	275.000,00	360.000,00
SUB-TOTAL EXTERNO	611.140,00	891.200,00	1.045.000,00
TOTAL	1.381.908,64	1.629.200,00	1.941.158,81

Fonte: Coordenadoria do PROCANA

Como se pode perceber na tabela 3.1, as usinas contribuem com o PROCANA tanto de maneira formal (pagando convênios e serviços) quanto de maneira informal (montando ensaios e fornecendo toda a infra-estrutura física e humana). Somando a contribuição monetária das usinas em 2004 (PROCANA 1 e PROCANA 2: R\$590.000,00) e os recursos empregados nos

³¹ O Grupo Fitotécnico será explicado com detalhes no item 3.7.

experimentos que elas instalam em suas propriedades (R\$330.000,00), temos o valor de R\$920.000,00, o que corresponde a 47% do total de recursos investidos no PROCANA. Ou seja, as usinas têm uma participação fundamental no PROCANA e são as principais parceiras do IAC no desenvolvimento de novas variedades de cana, por este motivo, são chamadas de co-autoras das variedades geradas pelo IAC.

Na tabela 3.2 é apresentado o financiamento total recebido pelo PROCANA desde o seu início. Desse montante, 59% corresponde ao financiamento estatal e 41% provêm de fontes externas, principalmente as usinas (ver tabela 3.3). Mas, a cada ano, a participação do financiamento externo tem aumentado, chegando a ser maior que o financiamento do Estado em 2003 e 2004, como se pode averiguar no quadro 3.2. Em 2004, o financiamento externo representou 54% do financiamento total do programa.

Tabela 3.2 : Financiamento total do PROCANA, de 1995 a 2004

(valores em R\$ correntes)

1995	902.000,00
1996	916.080,00
1997	950.016,00
1998	993.264,00
1999	1.026.112,00
2000	1.381.908,00
2001	1.438.000,00
2002	1.528.000,00
2003	1.629.200,00
2004	1.941.158,00
TOTAL	12.672.970,00

Fonte: Coordenadoria do PROCANA

Tabela 3.3: participação de recursos externos no financiamento total do PROCANA (de 1995 a 2004)

(valores em R\$ correntes)

Financiamento total	12.672.970,00	100%
Recursos do IAC	7.477.052,30	59%
Recursos Externos	5.195.917,70	41%

Fonte: Coordenadoria do PROCANA

Vejamos, na tabela 3.4, os recursos recebidos pelo IAC de 1995 a 2004, englobando o total recebido de empresas conveniadas, de empresas de insumos (financiadoras do Grupo fitotécnico) e de outros, dos quais o principal é a Embrapa. Devido à falta de alguns dados sistematizados, nesta tabela, não estão incluídos os valores do PROCANA 2, os recursos das usinas empregados nos experimentos e a contribuição da Copersucar com a sua infraestrutura. Também não entram os dados de 2001 e 2002. Assim mesmo, fica claro o papel chave das usinas conveniadas no financiamento do PROCANA desde o seu início. E nota-se que a participação das usinas no financiamento do programa cresce a cada ano, principalmente depois de 1999, tanto através do número de empresas conveniadas quanto pelo aumento no valor do convênio.

Tabela 3.4: Recursos externos recebidos pelo PROCANA de 1995 a 2004

(valores em R\$ correntes)

Anos	No Empresas conveniadas	Valor do convênio	Total PROCANA 1	G.Fitotécnico	OUTROS	TOTAL/ANO
1995	17	4.000,00	68.000,00	0	5.000,00	73.000,00
1996	19	4.320,00	82.080,00	15.000,00	15.000,00	112.080,00
1997	18	5.112,00	92.016,00	17.000,00	25.000,00	134.016,00
1998	17	6.192,00	105.264,00	18.000,00	25.000,00	148.264,00
1999	16	5.632,00	90.112,00	18.600,00	25.000,00	133.712,00
2000	24	8.960,00	215.040,00	23.100,00	25.000,00	263.140,00
2001	dados indisponíveis					
2002	dados indisponíveis					
2003	30	13.333,00	400.000,00	31.200,00	25.000,00	469.533,00
2004	37	14.324,00	530.000,00	60.000,00	35.000,00	639.324,00
Total recebido nos 8 anos			1.582.512,00	182.900,00	180.000,00	1.973.069,00

Fonte: Coordenadoria do PROCANA

III.6- Resultados diretos e indiretos do PROCANA

Resultados diretos (aqueles que eram previstos nos objetivos iniciais):

- Lançamento e disponibilização de quatro variedades em 1997.
- Pré-lançamento de cinco variedades em março de 2000.
- Lançamento e disponibilização de quatro variedades em 2004.

- Viabilidade do uso de resíduo industrial como fonte de nutrientes.
- Foi realizada a caracterização das principais variedades comerciais em relação às principais espécies de nematóides que atacam a cultura, bem como a resposta de cada variedade aos nematicidas registrados comercialmente.
- Foram avaliados os danos provocados pelas cigarrinhas das raízes a alguns cultivares comerciais e diversos clones promissores.
- Foi realizada a caracterização das principais variedades comerciais e clones IAC quanto à tolerância aos principais herbicidas comerciais.
- Caracterização de ambientes de produção da cana em São Paulo.
- Recomendação de adubação para a cana em São Paulo (Boletim 100 - IAC, 1996).
- Recomendações fitotécnicas para a cana em São Paulo (Boletim 200 – IAC, 1998).

Resultados Indiretos do PROCANA (spinoffs)

- AMBICANA: projeto de prestação de serviços de levantamento de solos e treinamento pedológico às empresas conveniadas ou não ao PROCANA. Este projeto surgiu dentro do PROCANA mas se desvinculou dele e passou a ser um serviço independente.
- Cana Forrageira: variedade de cana desenvolvida para a alimentação animal.
- Software CAIANA: ferramenta desenvolvida para organizar e sistematizar as informações geradas nos ensaios do PROCANA
- SANICANA: serviço oferecido às usinas de treinamento na área de reconhecimento e manejo de pragas e nematóides
- Método Biométrico de medição de ensaios: metodologia de medição do desempenho dos clones dos ensaios através da amostragem
- RHIZOCANA: serviço oferecido às usinas de análise da relação raízes/solo dentro da propriedade para orientar as decisões de preparo de solo e subsolagem

III.7 - Os Treinamentos PROCANA e o Grupo Fitotécnico de Cana-de-açúcar

Abaixo, são explicados dois mecanismos que contribuem para intensificar e melhorar as relações dos pesquisadores do PROCANA com as usinas. Tais mecanismos desempenham um papel importante para o sucesso do programa e para a criação dos resultados indiretos.

A fase inicial de interação com as usinas que participam do desenvolvimento de novas variedades é o Treinamento PROCANA, que promove a homogeneização da linguagem entre os participantes através da socialização de conhecimentos. Os treinamentos PROCANA (que foram realizados quatro vezes) consistem em palestras ministradas pelos pesquisadores do IAC visando transferir para as usinas conveniadas procedimentos, conceitos e critérios para a montagem e o acompanhamento de experimentos com os clones IAC. Durante o treinamento, também são apresentados os resultados alcançados pelo programa, como: desempenho dos clones muito promissores, contribuições das pesquisas na área de manejo da cultura, doenças, etc. Os agrônomos das usinas são chamados a participar e opinar durante as palestras. Ao final do treinamento, que normalmente dura dois dias, o IAC fornece às usinas apostilas contendo todos os assuntos que foram abordados.

Assim, há uma transferência dos conceitos básicos para se montar e conduzir um ensaio. Essa transferência aumenta a capacidade de absorção dos agrônomos das usinas, que poderão participar mais ativamente do processo de geração de novas variedades, dando opiniões e *feedbacks* do usuário.

O Grupo Fitotécnico de Cana-de-açúcar, que se formou em abril de 1992, congrega fitotecnistas de usinas, destilarias e cooperativas, pesquisadores de universidades e instituições de pesquisa e pessoas de empresas que produzem e comercializam insumos, matérias-primas, máquinas e equipamentos, projetos e outros fatores de produção ligados à cultura da cana-de-açúcar. O grupo se reúne a cada dois meses, em instalações do IAC na regional de Ribeirão Preto, para discutir temas de relevância para a agroindústria do açúcar e do álcool. Foi uma iniciativa de agrônomos de usinas da região de Ribeirão Preto e de Marcos Landell (pesquisador do IAC na estação de Ribeirão) com o intuito de criar um espaço para a troca de idéias (técnicas e de conjuntura) sobre a agroindústria sucroalcooleira.

O Grupo Fitotécnico é uma rede que funciona separadamente ao PROCANA e, inclusive, é anterior e mais ampla que este. O grupo constituiu-se, em grande parte, devido ao *know-who* do pesquisador do IAC, Marcos Landell, que mantinha muitos contatos com os agrônomos das usinas da região de Ribeirão Preto. Após a formação do grupo, nos encontros freqüentes, os agrônomos expunham suas opiniões e problemas e revelaram uma demanda pela formação de um programa de melhoramento voltado para as necessidades da agroindústria canavieira, e apoiaram Marcos Landell na criação do PROCANA.

As duas redes passaram a funcionar paralelamente, mas pode-se dizer que o conjunto de atores participantes do PROCANA está contido no conjunto de atores participantes do Grupo Fitotécnico. As interações dentro do Grupo afinam as comunicações entre os atores participantes do PROCANA, por isso tornam esta rede mais convergente. Além disso, as experiências trocadas nas reuniões servem a três propósitos para o PROCANA: aumentar o conhecimento sobre as variedades existentes (caracterização); mostrar as necessidades e demandas dos usuários da tecnologia produzida pelo IAC, que adapta o seu processo de seleção; deixar os pesquisadores do IAC a par dos problemas do dia-a-dia da cultura da cana, ou seja, recebem conhecimentos empíricos sobre manejo.

III.8- Conclusão

O PROCANA pode ser considerado um programa pioneiro dentro do IAC, visto que representa uma nova forma de organizar a pesquisa, de forma descentralizada, desburocratizada, baseada em parcerias e priorizando a demanda e a interação com o usuário no direcionamento dos trabalhos. Pode-se perceber que a forma de financiar a pesquisa dentro do PROCANA também é através do estabelecimento de parcerias, ou seja, através da busca de recursos no mercado e não apenas esperando financiamento do Estado. Para tanto, a grande mudança ocorrida na organização da pesquisa experimentada neste programa foi o rompimento com o modelo predominantemente ofertista que imperava na Instituição à época de sua idealização.

Os objetivos do Programa – obtenção de novas variedades, adaptadas ao ambiente de produção e acompanhadas de pacote tecnológico contendo informações sobre o manejo da cultura, adubação, doenças, etc. – colocam a forte necessidade da multidisciplinaridade na condução do mesmo.

A especificidade tecnológica variedade/ambiente, a forma de organização descentralizada e próxima do usuário do PROCANA e a interação de várias áreas do conhecimento nas suas atividades tornam imperativa a formação de uma rede que integre usuários das mais diferentes regiões, pesquisadores de diferentes especialidades, tanto do IAC quanto de universidades e outras instituições. Assim, o PROCANA é inerentemente uma rede voltada para o desenvolvimento de inovações, cuja dinâmica é dada pela circulação dos pesquisadores, das

plantas e, essencialmente, pelo intenso fluxo de conhecimentos incorporados e desincorporados que enriquecem e transformam os atores participantes desta rede.

Devido às características explicadas acima e aos diversos *spinoffs* e capacitações derivados deste programa, consideramos que ele constitui um ótimo estudo de caso para aplicarmos a metodologia de avaliação desenvolvida nessa tese.

Nacionalmente, existem dois outros programas de melhoramento da cana; um pertencente à Copersucar e outro à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, antigo Planalsucar). Os dois programas possuem dimensões maiores que o PROCANA e suas variedades ocupam 96% da área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. As variedades do IAC ocupam 4% da área do Estado, aproximadamente.

O fato do PROCANA contar com menos recursos que os dois programas concorrentes o obriga a buscar outras vantagens competitivas, como o relacionamento muito próximo com as usinas para perceber as necessidades e demandas da agroindústria sucroalcooleira. A estratégia adotada pelo PROCANA é a de diversificar os serviços oferecidos às usinas, buscando ocupar nichos que não são explorados pelos outros dois programas. Essa estratégia favorece a criação de *spinoffs*, como veremos no capítulo V.

PARTE 2

Esta parte mostra a aplicação das metodologias desenvolvidas para avaliar a criação de capacitações e conhecimentos, o impacto econômico e a relação entre competências e resultado econômico no estudo de caso escolhido: o Programa Cana do IAC. Está dividida em três capítulos: um com o levantamento das capacitações criadas pelo programa, outro que mostra os *spinoffs* gerados pelo programa (com seus respectivos coeficientes de paternidade das capacitações) e quantifica os impactos econômicos indiretos e diretos; o último capítulo é sobre o mapeamento da circulação dos conhecimentos na criação dos *spinoffs*.

A amostra do estudo de caso em que foi aplicado o esquema analítico desenvolvido é apresentada a seguir.

Atores participantes do Programa

Após a delimitação dos atores participantes da rede do PROCANA (citada no capítulo 3 e apresentada no anexo 7), procedeu-se à definição da amostra.

Tomando o Programa como um todo, participaram da rede de pesquisa os seguintes atores:

- IAC,
- Usinas conveniadas ao PROCANA,
- Copersucar,
- Copercana³²,
- Unesp,
- Esalq/USP,
- Embrapa,
- empresas fornecedoras de insumos e máquinas para esta agroindústria.

Definição da Amostra

A partir de discussões com os pesquisadores do IAC e de acordo com a percepção que se teve durante as primeiras entrevistas, tornou-se claro que os atores mais diretamente impactados

pelo programa são as usinas conveniadas e os pesquisadores do PROCANA. Este fato pode ser explicado observando-se o esquema de desenvolvimento de variedades do PROCANA (capítulo 3), o qual mostra que as estações experimentais do IAC e as usinas formam o coração deste programa, pois são responsáveis pelo cultivo e pela seleção das plantas que se tornarão variedades.

Levando-se em consideração as colocações acima, definiu-se que o objeto das análises e entrevistas para a avaliação desse programa seria formado por usinas conveniadas e por pesquisadores do programa. A partir deste grupo, foi definida a amostra do estudo de caso.

Segundo dados da Única (União da Agroindústria canavieira de São Paulo), estima-se que existam cerca de 120 usinas e destilarias no estado de São Paulo. Destas 120 usinas, 30 são conveniadas ao PROCANA³³ e, deste grupo, foram selecionadas 12 para compor a amostra (40% do número de conveniadas no Estado de São Paulo).

A amostra de usinas foi escolhida segundo dois critérios:

i) As regiões canavieiras mais importantes do Estado de São Paulo, que são: Ribeirão Preto e Piracicaba. Porém, como a região de Ribeirão Preto agrupa a maior concentração de usinas do Estado e também mais de 60% das usinas conveniadas ao PROCANA, decidiu-se concentrar a amostra nesta localidade.

ii) O tempo de utilização das tecnologias desenvolvidas pelo programa. Foram selecionadas as usinas que já tiveram tempo de observar impactos das variedades IAC e dos serviços tecnológicos AMBICANA, SANICANA e RHIZOCANA.

Os pesquisadores alocados em tempo integral no PROCANA são onze e, desse universo, foram todos entrevistados (100% do total de pesquisadores do programa). Cada um respondeu às perguntas dentro das áreas em que atuava mais intensamente.

Outros seis atores de outras instituições foram entrevistados para complementar as informações necessárias para a validação da metodologia ou para esclarecer alguns aspectos do programa ou do setor canavieiro.

De acordo com os critérios expostos acima, a amostra para a avaliação de impactos do PROCANA ficou composta como apresentado abaixo.

³² Cooperativa de Fornecedores de Cana de Sertãozinho.

³³ 30 conveniadas no Estado de São Paulo e 37 no total de convênios do PROCANA.

Quadro 4 : Amostra dos atores entrevistados

Entrevistado	Região	Assunto da entrevista							
		PROCANA e setor canavieiro	Tipologia Capacitação	SPINOFFS					
				AMBICANA	Forageira	SANICANA	Método Biométrico	CAIANA	RHIZOCANA
Usinas³⁴									
Ester	Piracicaba		X						
Ferrari	Piracicaba			X					
Santa Luiza	Jaú			X					
São João	Piracicaba	X	X	X					
Grupo V.O.	Piracicaba		X						
Vale do Rosário	R. Preto	X	X	X					X
São Martinho	R. Preto		X	X			X		
Colorado	R. Preto					X			
Alta Mogiana	R. Preto	X		X					
Dedini	Mococa	X							
Corona	R. Preto		X						
Viralcool	R. Preto		X						
Pesquisadores PROCANA									
M. Landell - diretor	R. Preto	X	X	X	X	X	X	X	X
R. Rossetto	Piracicaba	X	X						
M. Silva	Jaú	X					X		
P. Figueiredo	Campinas	X		X	X				
H. Prado	Piracicaba			X					
A.C. Vasconcelos	R. Preto							X	X
M. Campana	Jaú	X			X				
L. Dinardo	R. Preto					X			
M. Xavier	R. Preto		X				X	X	
M. Bidóia	R. Preto						X	X	
D.N. Silva	R. Preto				X				
Outros									
	Instituição								
A.Veiga Filho	IEA	X	X		X		X		
A.L. Assad	MCT		X						
J.P. Feijão	IAC	X	X						
Isaias Macedo	Unicamp	X							
Amauri E. Xavier	Sindicato Rural de Itapetininga				X				
Renée P.	Copersucar	X							
29 entrevistados		13 entrevistas	13 entrevistas	9 entrevistas	6 entrevistas	3 entrevistas	6 entrevistas	4 entrevistas	3 entrevistas
Total de entrevistas realizadas: 57									

³⁴ Ver nome completo e localização das usinas em anexo 9.

A metodologia para levantar as capacitações geradas pelo programa foi aplicada em sete usinas (quatro da região de Ribeirão e três de Piracicaba) e três pesquisadores; a quantificação dos impactos econômicos indiretos e diretos exigiu diversas entrevistas com sete pesquisadores e nove usinas, além de obtenção de dados por e-mail e telefone; o mapeamento da circulação dos conhecimentos e a atribuição do grau de paternidade das capacitações em relação aos *spinoffs* demandou entrevistas com todos os onze pesquisadores do IAC alocados em tempo integral ao PROCANA e com duas usinas. Entrevistas com outros seis atores complementaram as informações necessárias para a avaliação.

No total, foram realizadas 57 entrevistas, ao longo de quatro anos (2001 a 2004), paralelamente ao desenvolvimento metodológico da tese e ao avanço na identificação de novos resultados do PROCANA. Ressalta-se que a pesquisa, muitas vezes, exigiu a aplicação dos questionários e roteiros de entrevista mais de uma vez ao mesmo entrevistado e demandou intervalos de tempo para a análise dos dados e refinamento da metodologia.

O trabalho de coleta de informações foi realizado em quatro etapas que tinham pontos de sobreposição, mas, em linhas gerais, teve a seguinte seqüência:

1. Entrevistas introdutórias para conhecer o setor canavieiro e compreender o programa e sua dinâmica através do mapeamento dos fluxos de conhecimentos.
2. Aplicação do questionário de identificação de capacitações.
3. Mapeamento das conversões e combinações de conhecimentos e capacitações na criação dos *spinoffs*. Atribuição dos coeficientes de contribuição das capacitações e de paternidade do programa.
4. Quantificação dos impactos econômicos diretos e indiretos. Levantamento de algumas informações junto às usinas por e-mail ou telefone.

O trabalho de campo teve que ser dividido em quatro partes e quatro modelos de entrevistas porque não seria possível levantar todas as informações necessárias em uma única entrevista. Cada entrevista durava três horas em média e exigia bastante esforço de tradução do entrevistador para que o entrevistado compreendesse e pudesse responder adequadamente às perguntas sobre conhecimentos, capacitações, impactos econômicos etc. Não seria possível unificar os questionários e aplicá-los em uma só vez porque, após três horas de perguntas, o entrevistado mostrava um desgaste grande e, se a entrevista fosse prolongada, poderia prejudicar a qualidade das respostas.

Capítulo IV– Levantamento das capacitações geradas pelo PROCANA

A seguir são apresentados os resultados da aplicação da metodologia de identificação de capacitações no PROCANA. Por um lado, os pesquisadores aprendem durante a busca de resultados e de soluções no desenvolvimento da tecnologia e, por outro lado, as usinas aprendem durante o uso da tecnologia e nas interações com o IAC, uma vez que elas são colaboradores do PROCANA. Os dois grupos de impactados – IAC e usinas – participam de maneira bastante distinta nos programas e, conseqüentemente, sofrem impactos bem diferentes. Assim, faz sentido optar por um desdobramento da análise, de modo que o impacto sofrido pelos pesquisadores será analisado em separado daquele sofrido pelas empresas.

Como foi explicado no capítulo II, a escala de impacto vai de -1 (máximo impacto negativo) a $+1$ (máximo impacto positivo). Os questionários foram aplicados em três pesquisadores do PROCANA e sete usinas, sendo três da região de Piracicaba e quatro da região de Ribeirão Preto. As entrevistas desta parte foram realizadas de março de 2002 a maio de 2003.

Na leitura e análise dos resultados na escala, consideramos que:

- 0: ausência de impacto
- $]0; 0,35]$: baixo impacto
- $]0,35; 0,70]$: médio ou moderado impacto
- $]0,70; 1,0]$: alto impacto

IV.1- Análise dos resultados para os Pesquisadores do IAC

Quadro 4.1: Resumo dos impactos – Pesquisadores do PROCANA

Impacto na Capacitação Geral = 0,80		Impacto ao nível dos subcritérios	Impacto nas quatro grandes dimensões
Indicadores	Impacto		
1- <i>Know-who</i>	1,00	Capacitação em redes de P&D 0,91	Capacitação relacional 0,96
2-Novas parcerias	1,00		
3-Compartilhamento de hardware	0,89		
4-Reuniões de P&D	1,00		
5-Confiança nos parceiros	0,67		
6-Novos mercados e fornecedores	1,00	Visibilidade e relações comerciais 1,00	
7-Reputação/ visibilidade	1,00		
8-Relações comerciais	1,00		
9-Fontes de financiamento	1,00	Capacidade de Transferência 1,00	
10-Transferência de Conhec. Tácitos	1,00		
11-Transferência de Conhec. Codificados	1,00		
12-Trabalho em times multi-funcionais	1,00	Organização 0,80	Capacitação organizacional 0,84
13-Agentes integradores	0,00		
14-Mudanças organizacionais	1,00		
15-Novos métodos de gestão	0,78	Métodos 0,89	
16-Novos métodos de qualidade	1,00		
17-Instalações e equipamentos para P&D	1,00	Hardware 1,00	
18-Aprendizagem de conhecimentos críticos	1,00	Geração de conhecimentos 0,80	
19-Diversidade dos conhecimentos aprendidos	1,00		
20-Patentes e variedades	0,33		
21-Produção Científica	0,67		
22-Participação congressos/ treinamentos	0,44	Capacidade de absorção 0,09	
23-Dedicação a leituras	-0,08		
24-Absorção de conhecimentos externos	-0,08		
25-Alocação de RH	0,67	Recursos Humanos 0,67	

O programa teve um impacto importante na criação ou aprofundamento de competências entre os seus participantes do IAC. O aumento da capacitação dos pesquisadores do PROCANA foi da ordem de 0,80. Primeiramente, serão analisados, de maneira geral, os impactos sobre a capacitação relacional, organizacional e científico-tecnológica. Em seguida, os impactos em cada um dos três critérios serão analisados desagregadamente até o último nível de impacto.

IV.1.1 - Primeiro nível de impacto

O programa gerou um alto impacto na capacitação Relacional (0,96), seguida pela capacitação organizacional (0,84). A capacitação C&T teve o menor impacto das três (0,60).

O grande impacto na capacitação Relacional pode ser explicado pelo fato deste programa iniciar uma rede de pesquisa que não existia antes, pois o PROCANA, desde o seu início, buscou formar parcerias para viabilizar tanto a execução quanto o financiamento das suas pesquisas. Os pesquisadores passaram a ter contato e a trabalhar com usinas, cooperativas, universidades e outros atores com os quais tinham pouca ou nenhuma interação antes do programa. Um importante mecanismo de criação e manutenção dos contatos entre o IAC e os diversos atores do setor sucro-alcooleiro foi o Grupo Fitotécnico de Cana-de-açúcar. Este grupo cria visibilidade para o trabalho do PROCANA e aprofunda as relações entre pesquisadores e técnicos de usinas. O impacto na capacitação relacional foi da ordem de 0,96.

A forma em rede do programa e a sua organização espacialmente difusa representou uma inovação organizacional dentro do IAC, uma vez que os programas deste instituto se organizavam, tradicionalmente, na forma de centros de pesquisa. A capacitação organizacional aumentou muito graças ao *learning-by-doing* dado pela necessidade de organizar o programa de maneira a atender as necessidades dos seus parceiros/ clientes. As usinas estão localizadas em diversas regiões do Estado de São Paulo e também em estados vizinhos, mas, para o desenvolvimento de variedades de cana adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, é necessário que os pesquisadores visitem regularmente essas usinas. Durante as visitas, são colhidos e gerados muitos dados e informações sobre os clones IAC, e é necessário sistematizar e gerenciar esses dados. Então, no esforço de organizar visitas, sistematizar e gerenciar dados e de maximizar os resultados gerados por estes trabalhos, o PROCANA gerou muita capacitação organizacional no IAC (impacto de 0,84).

A capacitação científica e tecnológica gerada pelo programa foi de 0,60. Todos os pesquisadores aprenderam sobre o manejo da cana na agroindústria, o que veio complementar fortemente os seus conhecimentos sobre ensaios, experimentos e pesquisa agrícola. E foi a união dos conhecimentos mais científicos dos pesquisadores com o conhecimento empírico dos técnicos das usinas que definiu o tipo de melhoramento e o tipo de trabalho que seria feito pelo PROCANA. Os pesquisadores aprenderam muito sobre o comportamento da cana na produção, na prática. Porém, devido ao trabalho intensivo de campo, os pesquisadores tiveram menos tempo para se dedicar ao estudo e à leitura, que são atividades muito importantes para o aperfeiçoamento da capacitação científica e tecnológica.

IV.1.2- Análise dos impactos até o nível mais desagregado

Capacitação relacional

O programa gerou o máximo impacto na *capacidade de transferência* e na *visibilidade e relações comerciais* (1,0), e teve alto impacto na *capacitação em redes de P&D* (0,91). O alto impacto nestes três critérios reflete a grande capacidade do programa de criar uma rede convergente, em que todos os atores participam ativamente, trocando conhecimentos e aprofundando relações, sejam elas de cooperação ou comerciais. A capacidade de trocar conhecimentos, que é fundamental para a transferência de tecnologia e para a comunicação eficiente com parceiros, clientes e fornecedores, aumentou muito graças a este programa, assim como a visibilidade da instituição.

A capacidade de *transferência de conhecimentos tácitos* e também de *conhecimentos codificados* sofreu o máximo impacto (1), o que mostra que os pesquisadores do programa passaram a compartilhar e trocar mais idéias com os parceiros e, paralelamente, aperfeiçoaram os seus mecanismos de codificação e de divulgação de informações codificadas.

O desenvolvimento de novas variedades baseia-se em dois processos principais: a seleção e a caracterização das plantas. A seleção baseia-se, principalmente, na observação das plantas e no acompanhamento do seu desempenho. Os melhoristas do IAC fazem a seleção segundo as suas próprias observações e segundo a percepção dos técnicos das usinas, por isso, eles precisam interagir sempre e trocar conhecimentos tácitos sobre as plantas. A caracterização é a criação de conhecimentos codificados sobre os clones, isto é, dados sobre o seu desempenho (altura, peso,

teor de açúcar, época de maturação, necessidade de água etc) em diferentes regiões. Para criar essa “bula” com as características de cada planta, os pesquisadores precisam unir os seus dados com os dados dos ensaios de todas as usinas conveniadas, ou seja, precisam trocar muitas informações codificadas. Essa troca de conhecimentos tácitos e codificados começou com o início do PROCANA e, durante o programa, essa transferência foi melhorando e se tornando cada vez mais rápida e eficiente.

Três componentes da capacidade de formar redes tiveram máximo impacto junto ao IAC – o *know-who*, *novas parcerias e reuniões de P&D*. Isto porque os pesquisadores ampliaram muito os contatos e as parcerias desde a criação do programa, o qual se baseou num grande número de encontros e reuniões para consolidar e estreitar a cooperação entre os parceiros do PROCANA. Estes, inclusive, compartilham intensamente instalações e equipamentos de pesquisa (*compartilhamento de hardware*: 0,89). Isto porque são realizados ensaios com clones IAC tanto nas estações experimentais quanto nas usinas, as quais cedem a sua área para os experimentos do PROCANA. Os equipamentos para colher, medir e pesar os ensaios são os mesmos, e o IAC os empresta para algumas usinas. Além disso, devem ser feitas várias análises de laboratório das plantas, e algumas usinas fazem as análises no seu próprio laboratório e depois mandam os dados para o IAC.

Porém, o *grau de confiança* que os pesquisadores depositam nos seus principais parceiros (usinas) é médio (0,67) devido à falta de experiência e de cuidado de algumas usinas na condução dos ensaios do IAC. Algumas usinas possuem setor de P&D e demonstram um grande interesse pelos ensaios, alocando pessoas exclusivamente para esta atividade; portanto, os experimentos são conduzidos de acordo com as recomendações do IAC e mostram resultados confiáveis. Porém, outras usinas não demonstram grande interesse pela experimentação e os ensaios são conduzidos de maneira errada, produzindo dados não muito confiáveis ou, até mesmo, invalidando o experimento. Essa heterogeneidade explica porque os pesquisadores não confiam plenamente nos seus parceiros.

O programa encontrou muitos novos clientes (usinas conveniadas) e fornecedores de insumos a partir do seu esforço no sentido de criar parcerias que possibilitassem o desenvolvimento da sua pesquisa. Graças ao trabalho desse grupo para atender às necessidades dos seus clientes e também graças ao papel do Grupo Fitotécnico, o PROCANA aumentou muito a visibilidade e reputação do trabalho do IAC em cana-de-açúcar. Devido a essa reputação, as

relações comerciais do programa com fornecedores e clientes se tornou muito mais fácil, ou seja, houve uma redução nos custos de transação; e também a capacidade de conseguir novos financiamentos foi beneficiada pela visibilidade do programa. Então, os quatro indicadores – *novos mercados e fornecedores, reputação/visibilidade, relações comerciais e fontes de financiamento* – obtiveram máximo impacto (1,0).

Capacitação organizacional

O aprendizado do IAC em termos de *métodos* foi alto (0,89) e as mudanças na estrutura organizacional do programa também foram significativas (*organização*: 0,80).

O PROCANA criou vários mecanismos para melhorar a qualidade dos seus ensaios. O primeiro mecanismo foi o treinamento PROCANA, que foi ministrado cinco vezes com o intuito de transferir e homogeneizar os conceitos e a experiência empírica sobre a condução de ensaios nas usinas conveniadas, as quais não tinham conhecimentos sobre experimentação e geravam resultados de má qualidade. Um segundo esforço foi empreendido juntamente com uma doutoranda da Unesp de Jaboticabal, que criou normas e conceitos para avaliar a qualidade dos ensaios e a qualidade dos dados gerados por estes. A partir de tal avaliação, seria possível racionalizar o acompanhamento das usinas para ajudá-las a atingir melhores padrões na sua experimentação, o que daria informações mais acuradas para o IAC. Graças a estes esforços, a qualidade dos ensaios melhorou muito desde o início do programa (impacto 1 em *novos métodos de qualidade*), mas ainda precisa melhorar mais, segundo os pesquisadores.

Devido à necessidade de gerenciar o programa, suas diversas regiões de experimentação e a massa de dados produzida, o coordenador foi melhorando os métodos de gestão do PROCANA e, inclusive, desenvolveu um software para sistematização de todas as informações sobre os clones IAC (*novos métodos de gestão*: 0,78).

A maneira como o programa foi organizado exigiu fortemente a multidisciplinaridade e o *trabalho em times multi-funcionais* por parte da sua equipe, já que o trabalho era intenso e os pesquisadores, poucos (inicialmente, seis, e depois, onze). Portanto, o impacto na criação desse tipo de equipe foi máximo (1). Também foi máximo o impacto nas *mudanças organizacionais* ocorridas no programa, pois este criou uma nova forma de organizar a pesquisa (especialmente difusa), diferente da maneira tradicional do IAC de organizar os programas em centros, onde eram concentrados todos os recursos. Também ampliaram a sua pesquisa para novas áreas, como

pedologia e climatologia, as quais passaram a fornecer informações para o pacote tecnológico criado pelo PROCANA e também passaram a solucionar problemas das usinas parceiras.

O programa não criou agentes integradores - responsáveis pela comunicação entre um time e outro internamente à instituição – porque a equipe é pequena e os pesquisadores interagem muito e se comunicam diretamente (*agentes integradores*: 0).

Capacitação C&T

A capacidade de *geração de conhecimentos* e as instalações e equipamentos para a P&D (*hardware*) tiveram um alto impacto devido ao programa (0,80 e 1,0 respectivamente). O impacto sobre a alocação de *recursos humanos* foi médio (0,67) e, divergindo dos critérios expostos até aqui, a *capacidade de absorção* praticamente não variou (0,09).

A ampliação das *instalações e equipamentos para P&D* foi muito grande (impacto 1,0). Isto porque o IAC passou a utilizar estações que não eram utilizadas para os ensaios em cana – Mococa, Pindorama, Assis e Adamantina. Com o financiamento do programa puderam comprar equipamentos essenciais para a execução da pesquisa: carros para visitarem e colherem experimentos nas usinas, computadores, equipamentos para pesar talhões de cana, entre outros. Graças ao programa também, puderam reformar a sede da estação experimental de Ribeirão Preto.

A capacidade de *geração de conhecimentos* é explicada pelo volume de *conhecimentos críticos* (relacionados com a área de pesquisa do programa) que o grupo de pesquisa domina e pela *diversidade desses conhecimentos*, e se reflete na criação de tecnologias (*patentes e variedades*) e de artigos (*produção científica*). Esta capacidade aumentou muito (impacto 0,80) porque a *aprendizagem de conhecimentos críticos* pelos pesquisadores foi muito alta (1,0) e eles passaram a dominar áreas que não dominavam antes do programa (*diversidade dos conhecimentos*:1,0). Aprenderam sobre o manejo da cana nas usinas, seus problemas e desafios, através da convivência com os técnicos das usinas. Aprenderam novas disciplinas através da intensa convivência com os outros pesquisadores (pedologia, estatística, climatologia...), alguns dos quais iniciaram um novo campo de estudo no programa. Essa capacidade de gerar conhecimentos se reflete nas variedades criadas pelo programa e na sua produção científica. O PROCANA lançou, desde o seu início (1994), oito variedades, o que significa pouco menos de uma variedade por ano. Por conta deste número, as *patentes e variedades* registraram um baixo

impacto (0,33)³⁵. A *produção científica* teve impacto médio neste programa (0,67), uma vez que a equipe publicou, em média, cinco artigos por ano³⁶.

A alocação de *recursos humanos* para o PROCANA foi média (0,67), o que prejudica a capacidade de realizar mais pesquisas, de aprender e de gerar novos conhecimentos neste programa. Inicialmente, estavam alocados sete pesquisadores para este programa, depois saiu um, foi alocado mais um do IAC e foram contratados mais quatro via Fundag. Ou seja, atualmente, onze pesquisadores trabalham no PROCANA, e três técnicos. Para o volume de trabalho desta pesquisa, a equipe é pequena e os pesquisadores estão sobrecarregados.

A *capacidade de absorção* é medida pela *participação em congressos e treinamentos* (0,44), pelo *tempo dedicado a leituras* – que diminuiu um pouco (-0,08) – e pelo tempo dedicado ao estudo de outras tecnologias (*absorção de conhecimentos externos*: -0,08). Como foi explicado acima, os pesquisadores estão sobrecarregados de trabalho e, portanto, não têm tempo para se dedicar a estudos, seja de livros e revistas ou de outras tecnologias, e também não conseguem participar de muitos congressos ou treinamentos. Um dos pesquisadores entrevistados diminuiu o tempo dedicado a leituras por causa do programa, e os outros não variaram. Por isso a *capacidade de absorção* praticamente não variou (0,09).

³⁵ Seria considerado um alto impacto a partir de três variedades por ano.

³⁶ Seria considerado um alto impacto a partir de sete artigos por ano.

IV.2 - Análise dos resultados para as Usinas

Quadro 4.2: Resumo dos impactos – Usinas de cana-de-açúcar

Impacto na Capacitação Geral = 0,31		Impacto ao nível dos subcritérios	Impacto nas quatro grandes dimensões	
Indicadores	Impacto			
1-Know-who	0,86	Capacitação em redes de P&D 0,64	Capacitação relacional 0,53	
2-Novas parcerias	0,33			
3-Compartilhamento de hardware	0,33			
4-Reuniões de P&D	0,67			
5-Confiança nos parceiros	1,00			
6-Novos mercados e fornecedores	0,33	Visibilidade e relações comerciais 0,30		
7-Reputação/ visibilidade	0,67			
8-Relações comerciais	0,14			
9-Fontes de financiamento	0,00	Capacidade de Transferência 0,66		
10-Transferência de Conhec. Tácitos	0,81			
11-Transferência de Conhec. Codificados	0,43			
12-Trabalho em times multi-funcionais	0,00	Organização 0,00	Capacitação organizacional 0,05	
13-Agentes integradores	0,00			
14-Mudanças organizacionais	0,00	Métodos 0,10		
15-Novos métodos de gestão	0,14			
16-Novos métodos de qualidade	0,05	Hardware 0,33		Capacitação em C&T 0,36
17-Instalações e equipamentos para P&D	0,33			
18-Aprendizagem de conhecimentos críticos	0,86		Geração de conhecimentos 0,31	
19-Diversidade dos conhecimentos	0,71			
20-Patentes e variedades	0,00			
21-Produção Científica	0,00		Capacidade de absorção 0,38	
22-Participação congressos/ treinamentos	0,33			
23-Dedicação a leituras	0,33			
24-Absorção de conhecimentos externos	0,48	Recursos Humanos 0,43		
25-Alocação de RH	0,43			

O aumento da capacitação dos agrônomos e técnicos das usinas conveniadas ao PROCANA foi da ordem de 0,31, ou seja, o programa teve um impacto baixo na criação ou aprofundamento de competências entre os seus participantes do pólo mercado. Tal resultado já era esperado devido ao comportamento passivo das empresas frente à P&D. Apesar das usinas serem parceiras fundamentais no desenvolvimento de novas variedades no PROCANA, a maioria delas depende fortemente dos pesquisadores do IAC na condução dos experimentos, ou seja, elas não têm uma equipe qualificada para atuar na área de pesquisa. Normalmente, são os agrônomos e técnicos de outras áreas que ajudam na condução dos ensaios, e eles não têm tempo para se dedicar e aprender sobre experimentação. Ainda assim, o PROCANA aumentou a capacitação relacional e científica e tecnológica das usinas de maneira moderada.

IV.2.1 - Primeiro nível de impacto

A capacitação relacional teve o maior impacto (0,53), seguida pela capacitação C&T (0,36). Já a capacitação organizacional não teve mudança (0,05).

O maior impacto na capacitação relacional se deveu ao fato explicado anteriormente do programa iniciar uma importante e convergente rede de pesquisa. As usinas puderam ampliar os seus contatos e parcerias graças, principalmente, ao Grupo Fitotécnico. Além disso, as constantes visitas dos pesquisadores às usinas aprofundaram a cooperação e a troca de conhecimentos entre usinas e IAC.

A capacitação científica e tecnológica gerada pelo programa nas usinas foi de moderada para baixa (0,36). Ainda assim, os agrônomos aprenderam muito sobre condução de ensaios, receberam treinamentos e aprenderam novos conhecimentos sobre as práticas do setor canavieiro. Os cinco Treinamentos PROCANA ministrados até o momento tiveram o papel de iniciar o processo de transferência de conhecimentos sobre experimentação para as usinas e de homogeneizar a linguagem entre pesquisadores e técnicos. As visitas dos pesquisadores às usinas aprofundaram a capacidade dos técnicos de conduzirem adequadamente os ensaios. E o Grupo Fitotécnico tem o papel de difundir conhecimentos mais abrangentes, que englobam todos os problemas enfrentados pelo setor sucroalcooleiro, sejam técnicos, econômicos ou sociais. As usinas vêem nos pesquisadores uma fonte importante de informações e de soluções para os problemas enfrentados na cultura da cana.

A capacitação organizacional não foi impactada pelo programa porque as empresas possuem linhas de gerenciamento e rotinas estabelecidas de implantação de novas práticas organizacionais, o que as torna menos receptivas ao aprendizado externo. Além disso, o próprio IAC não tinha rotinas organizacionais estabelecidas e de grande eficácia que pudessem ser transferidas para as usinas.

IV.2.2 - Análise dos impactos até o nível mais desagregado

Capacitação relacional

A *capacidade de transferência e a capacitação em redes de P&D* tiveram impacto moderado para as usinas (0,66 e 0,64), já o critério *visibilidade/ melhoria das relações comerciais* teve um baixo impacto (0,30). O impacto na capacitação relacional foi mais baixo para as usinas que para o IAC devido, em parte, à diferente natureza do interesse desses dois atores. O IAC depende da parceria das usinas para financiar e para executar o programa, já as usinas têm interesse no PROCANA, mas não dependem dele, pois a Copersucar e a UFSCar também desenvolvem novas variedades que são disponibilizadas para o setor³⁷. Então, os agrônomos das usinas se relacionam e participam das reuniões organizadas pelo IAC quando a carga de trabalho permite, portanto, a rede formada pelo PROCANA tem apenas um impacto moderado na capacidade de se relacionar das empresas parceiras.

A *capacidade de transferência de conhecimentos tácitos* teve um impacto alto (0,81), o que mostra que as usinas passaram a trocar mais idéias, experiências, *know-how* e percepções a partir da sua participação no PROCANA. Durante as reuniões do Grupo Fitotécnico, os agrônomos têm a oportunidade de trocar experiências com os colegas de outras usinas e, durante as visitas dos pesquisadores às empresas, os técnicos participam do processo de seleção de clones, transmitindo suas percepções sobre a planta e aprendendo sobre experimentação.

A *capacidade de transferência de conhecimentos codificados* sofreu um impacto menor que a anterior (moderado, 0,43), o que pode ser facilmente compreendido uma vez que a troca de codificados exige o esforço da codificação, a qual demanda um tempo que os agrônomos normalmente não dispõem. Ainda assim, as usinas tiveram um aumento na sua transferência de codificados devido à necessidade de gerar dados sobre os ensaios e enviá-los para o IAC. Os

pesquisadores ensinaram que tipos de dados eles precisavam (análises de laboratório, medidas e peso das plantas, teor de sacarose, de fibra etc) e as usinas passaram a produzi-los e a enviá-los a cada corte da cana.

Como já foi explicado, as reuniões e encontros propiciados pelo PROCANA ampliaram muito os contatos das pessoas que participam desta rede. Por este motivo, o impacto no *know-who* das usinas foi alto (0,86) e o impacto no aumento das *reuniões de P&D* foi moderado (0,67). Embora os contatos tenham aumentado muito, as usinas não formaram outras parcerias além daquela com o IAC, por isso as *novas parcerias* tiveram baixo impacto (0,33). Nesta direção, pode-se compreender também que as usinas considerem o *compartilhamento de hardware* baixo (0,33), uma vez que elas compartilham apenas com o IAC, enquanto este divide equipamentos com todas as usinas conveniadas.

O grau de *confiança* que as usinas depositam no IAC é alto (1,0), pois elas podem contar com a ajuda dos pesquisadores para solucionar qualquer problema técnico. São problemas de doenças, adubação, produtos a serem utilizados, interação cana/ solo etc, os quais são solucionados durante as visitas ou em contatos telefônicos com os pesquisadores.

As usinas tiveram contato com fornecedores de insumos e equipamentos durante as reuniões do Grupo Fitotécnico e algumas, eventualmente, passaram a comprar insumos destes fornecedores. Porém, os seus clientes e o mercado em que atuam não sofreram grande influência do PROCANA (*novos mercados e fornecedores*: 0,33). Graças ao Grupo Fitotécnico, os agrônomos das usinas encontraram um local para expor os problemas e as soluções criadas nas suas empresas, o que aumentou significativamente a *visibilidade* das mesmas (0,67). As *relações comerciais* e as *fontes de financiamento* das usinas, praticamente, não foram afetadas pelo PROCANA.

Capacitação organizacional

O PROCANA não acarretou mudanças na estrutura organizacional das usinas (*organização*: 0) e teve impacto muito baixo sobre os *métodos* gerenciais das mesmas (0,10), pois estas são grandes empresas que, em geral, possuem consultores específicos para as suas áreas organizacional e gerencial. Além disso, o objetivo do IAC, como instituto de pesquisa, é

³⁷ Muitas usinas conveniadas ao PROCANA são também conveniadas aos programas da UFSCar e/ou da Copersucar.

transferir conhecimentos nas áreas técnica-agrícola e de condução de ensaios e não na área gerencial. Portanto, as usinas não sofreram quase impacto na sua capacitação organizacional.

Capacitação C&T

A capacidade de absorção e a alocação de Recursos Humanos tiveram impactos moderados (0,38 e 0,43), e os critérios hardware e capacidade de geração de conhecimentos apresentaram impactos baixos (0,33 e 0,31 respectivamente).

Capacidade de absorção

A *participação em congressos e treinamentos* e o *tempo dedicado à leitura* aumentaram pouco (0,33 cada um) devido ao PROCANA. Os agrônomos das usinas participaram dos treinamentos PROCANA e passaram a ler e estudar assuntos que eram levantados nas reuniões do Grupo Fitotécnico. Ou seja, o programa os estimulou a se atualizarem, a buscarem outras fontes de informação e a estudarem outras tecnologias (*absorção de conhecimentos externos*: 0,48). Nessa busca por conhecimentos externos, algumas usinas aprenderam e incorporaram um método de analisar solo e de classificar o ambiente de produção, outras assimilaram o método biométrico para medir e pesar os ensaios e outras ainda aprenderam a controlar a cigarrinha e diversas doenças.

Recursos humanos

A *alocação de recursos humanos* das usinas para a pesquisa do PROCANA foi moderada (0,43). Em média, cinco pessoas de cada usina interagem com os pesquisadores, supervisionam os ensaios e participam das reuniões do Grupo Fitotécnico. Mas o tempo dedicado às atividades do programa é muito reduzido, o que deve justificar este resultado.

Hardware

Na maioria das usinas foi ampliada a área utilizada para o plantio dos ensaios do IAC. Algumas compraram o aparelho para pesar os talhões de cana; porém, a compra de equipamentos de pesquisa praticamente não foi afetada pelo programa. Portanto, o impacto nas *instalações e equipamentos para P&D* foi baixo (0,33).

Geração de conhecimentos

A *aprendizagem de conhecimentos críticos* pelos agrônomos e técnicos das usinas foi alta (0,86) e eles aprenderam formas de manejo, soluções para pragas e doenças etc que não conheciam antes do programa. As reuniões do Grupo Fitotécnico abordam assuntos muito

variados, o que diversifica os conhecimentos dos indivíduos que participam dessas reuniões (*diversidade dos conhecimentos:0,71*). As usinas não geraram *resultados científicos* (artigos) nem tecnológicos (*patentes e variedades*) graças ao programa. Isto pode ser explicado pelo seu comportamento passivo na execução da pesquisa e pelos seus objetivos nessa parceria, que são: receber informações e assessoria da equipe do PROCANA e conhecer com antecedência as variedades que estão sendo geradas; ou seja, as usinas não pretendem gerar artigos ou variedades. Elas preferem colaborar com a tecnologia gerada pelos programas de pesquisa.

IV.3 – Conclusão

Nos dois grupos, a principal capacitação gerada foi a Relacional, pois eles formaram uma rede de pesquisa que envolve os atores importantes do setor canavieiro – empresas produtoras, universidades, institutos de pesquisa etc. Dentro dessa rede, as trocas de conhecimentos foram intensas e as parcerias foram aprofundadas, gerando um ambiente de confiança e cooperação.

O PROCANA teve um alto impacto na Capacitação Organizacional do IAC. Isto pode ser explicado pelo fato do PROCANA iniciar uma nova linha de pesquisa em cana, numa nova forma de organizar a pesquisa, ou seja, este programa inaugurou um novo grupo de pesquisa dentro do IAC, o qual deu fôlego à área de cana-de-açúcar, que andava abandonada no Instituto.

A Capacitação Científica e Tecnológica teve impacto moderado tanto no IAC quanto nas usinas. Nos dois grupos, houve um importante aprendizado ocasionado pela forte interação pesquisadores/ setor produtivo, o que aprofundou os conhecimentos dos pesquisadores sobre a relação tecnologia/usuário. O programa teve alto impacto na geração de infra-estrutura e na aprendizagem de conhecimentos críticos, o que mostra o papel fundamental dos programas de P&D na criação de recursos (físicos e humanos) que são cruciais para a condução de pesquisas no setor em questão.

As patentes/variedades e a produção científica tiveram impacto nulo para as usinas e baixo e moderado (respectivamente) para a equipe do PROCANA. Tal resultado, analisado por uma metodologia que considere apenas os produtos codificados da P&D, acarretaria uma avaliação pouco favorável para o caso estudado. Porém, a partir da presente metodologia, é possível avaliar o programa de maneira sistêmica e perceber que o baixo impacto na geração de resultados codificados (artigos e patentes/variedades) é contrabalançado pelo alto impacto na geração de resultados menos visíveis – conhecimentos tácitos, capacitações e competências. E, no

caso da pesquisa agrícola, é importante observar que a criação de produtos acabados é um processo lento porque as tecnologias precisam ser testadas em diversos ambientes de produção e durante vários anos, de modo que o desempenho da tecnologia possa ser correlacionado com as características da planta e com as diferentes condições edafoclimáticas. Em relação a cana-de-açúcar, o desenvolvimento de uma variedade demora de oito a doze anos, e cada planta deve ser testada em várias regiões diferentes. O PROCANA tem nove anos de existência, tempo suficiente para gerar muitas capacitações e competências, mas ainda insuficiente para gerar resultados substanciais na forma de produtos.

Esta metodologia conseguiu explicitar os aspectos menos abordados do processo de geração de capacitações e competências em programas de P&D.

Os resultados apresentados neste capítulo corroboram a idéia de que é possível e necessário estruturar metodologias de avaliação de impacto da pesquisa capazes de verificar a variação do estoque de competências para a execução de P&D num âmbito que extravasa a instituição pública de C&T, comumente vista como único *loci* da inovação.

Esta análise compreensiva do conjunto de aspectos relativos ao impacto de programas públicos de pesquisa na capacitação dos atores envolvidos, em especial de seus fatores intangíveis, pode colaborar para um melhor entendimento dos resultados intermediários gerados no processo inovativo e para a elaboração de políticas de C&T.

Capítulo V – Mapeamento da criação e das conversões do conhecimento na geração dos resultados do PROCANA

Neste capítulo, a criação e as conversões do conhecimento serão mapeadas e as capacitações aplicadas na geração dos *spinoffs* serão explicadas, com o intuito de compreendermos o processo de geração dos impactos indiretos pelo PROCANA. Tais *spinoffs* surgem quando conhecimentos, hardware e competências (relacionais, técnico-científicas e organizacionais) aprofundadas ou criadas pelo programa são aplicadas em outras finalidades, o que acaba gerando resultados inesperados.

As conversões e combinações que deram origem aos resultados diretos do PROCANA – as variedades melhoradas de cana para a agroindústria – foram detalhadas em Hasegawa (2001) e serão explicadas resumidamente aqui, pois o enfoque desta tese é nos resultados indiretos do programa. Serão explicados, um a um, os fluxos e transformações do conhecimento que deram origem aos *spinoffs* do PROCANA e as capacitações que serviram de ferramenta para a criação dos mesmos.

Ao estudar o processo de criação de novas variedades, queremos entender o processo inovativo que se dá em um programa de P&D; já ao estudarmos o surgimento dos *spinoffs*, queremos olhar os subprodutos deste processo ou as suas ramificações. Ou seja, o caminho seguido pela “inovação principal” (resultados diretos) forma o tronco da árvore e os *spinoffs* são pequenas ramificações, que podem, eventualmente, tornar-se grandes.

V.1- Resultados diretos do PROCANA: criação de variedades para a agroindústria

O Programa de Melhoramento genético da cana-de-açúcar do IAC está configurado na forma de uma rede de inovação, como foi explicado no capítulo três. Esta rede vai mudando sua configuração (os atores envolvidos, a participação e as trocas entre eles) durante cada fase do processo de desenvolvimento de novas variedades. Tal processo pode ser dividido em quatro etapas: Cruzamentos entre diferentes variedades (na estação da Copersucar, em Camamu), germinação das sementes e início do processo de seleção das melhores plantas (nas Estações Experimentais do IAC), ensaios de competição de clones selecionados para caracterizá-los e selecionar os melhores (nas usinas do Ensaio Regional), ensaios de competição dos melhores

clones para caracterizá-los e validá-los em muitas regiões diferentes (nas usinas do Ensaio Estadual). Ao final das quatro etapas, apenas as plantas que apresentarem resultados iguais ou superiores às variedades padrão (variedades comerciais mais plantadas), segundo vários critérios, serão lançadas como variedades.

O melhoramento genético da cana-de-açúcar se baseia em dois processos principais, seleção e caracterização, que são aqui separados conceitualmente, mas na prática se encontram muito entrelaçados. A **seleção** corresponde, em grande parte, às “escolhas intuitivas” dos melhoristas (especialistas em melhoramento genético), que se baseiam principalmente no seu conhecimento tácito, expertise adquirido com a experiência, para dizer que uma planta deve ser selecionada e outra não. O tipo de conhecimento usado na seleção é o mesmo que usamos para identificar um rosto entre milhares, é a capacidade explicada por Polanyi (1966) de reconhecermos o todo lançando mão das particularidades, mas sem podermos identificar estas particularidades. Os melhoristas observam o “jeitão” das plantas e selecionam, mas não são capazes de descrever totalmente em palavras aquilo que vêem e os critérios que usaram. Num dado momento, os melhoristas passam a considerar também conhecimentos explícitos sobre os clones para realizar a seleção, mas é a utilização do *expertise* que permite a interpretação e integração das informações. Cada melhorista possui um *expertise* particular, individual, específico ao contexto e à vivência de cada um, e é esse conhecimento tácito que possibilita a seleção de plantas com as características desejadas pelo programa.

A **caracterização** corresponde à criação de conhecimentos explícitos sobre as plantas, ou seja, caracterizá-las significa criar informações a seu respeito, como: definir a porcentagem de sacarose, o diâmetro do colmo, a resistência ou suscetibilidade a doenças, a adaptação a solos, climas, etc. O processo de caracterização engloba muitas áreas do conhecimento sobre agronomia: defesa fitossanitária, fertilidade do solo/pedologia, fitotecnia, matologia, climatologia, e utiliza também conhecimentos sobre estatística. Os pesquisadores envolvidos neste processo são especialistas em cada uma dessas áreas e criam conhecimentos sobre as plantas relativos à sua especialidade, ou seja, o conhecimento explícito vai surgindo de forma fragmentada. A caracterização de uma variedade (definição de suas principais características) é a união de todos estes conhecimentos que surgiram separadamente.

A seleção não pode ser dividida em várias partes conduzidas separadamente, pois ela consiste numa escolha que deve ser feita por pessoas que tenham uma visão geral e ampla das

plantas. Já a caracterização é um processo que pode ser dividido em várias partes, cada especialista foca sua atenção em uma particularidade, lança mão de instrumentos de trabalho objetivos (análises de laboratório, medidas físicas, aparelhos de medição...) e, utilizando o *know-how* da sua especialidade, cria conhecimentos codificados fragmentados, relativos a um aspecto. No final, juntam-se todos os pedaços e tem-se uma planta caracterizada. Como colocam Nelson e Romer (1996), é da combinação das habilidades com *softwares* (conhecimentos codificados) e *hardwares* que surgem novos conhecimentos.

Durante o processo de geração da inovação (variedades), a seleção e a caracterização acontecem simultaneamente e se complementam, assim como o conhecimento tácito e o codificado interagem e se complementam. No início, a seleção é o processo principal, portanto são utilizados primordialmente conhecimentos tácitos; no final, a caracterização é principal e são utilizados mais conhecimentos codificados. Mas a seleção utiliza as informações geradas pela caracterização, portanto os dois processos se misturam e se confundem. À medida que as características das plantas vão sendo explicitadas, os melhoristas passam a contar também com conhecimentos codificados para fazer a seleção. O esquema e as explicações do processo de desenvolvimento de variedades no PROCANA são sintetizados no quadro abaixo.³⁸

³⁸ As conversões do conhecimento que são usadas para explicar a criação das inovações foram detalhadas nos capítulos I e II. Para relembrar o leitor, as conversões tratadas são: socialização – compartilhamento do conhecimento tácito individual; externalização – explicitação, através de uma idéia, metáfora ou conceito, do tácito que foi coletivizado; combinação – junção dos conhecimentos em um mesmo corpo; codificação – ato de colocar por escrito, ou em gravação, as idéias e conceitos; internalização – incorporação dos conhecimentos criados ao tácito individual.

Quadro 5.1: Interpretação das conversões do conhecimento na criação das variedades IAC

Processo

Através da experiência e observações das variedades existentes, os pesquisadores do IAC percebem ou intuem quais variedades serão boas progenitoras, quais transmitem suas características para as filhas e quais seus pontos fortes e fracos. A partir disto planejam os próximos cruzamentos.

Apenas alguns cruzamentos planejados são possíveis, devido ao florescimento das plantas. Os pesquisadores do IAC trocam observações, opiniões e experiências com os pesquisadores da Copersucar. Cada pesquisador sabe algumas variedades que se cruzaram bem, como algumas se comportam em diferentes tipos de solo e clima e com relação a algumas doenças. Utilizam o software Varcar da Copersucar para saber as principais características dos germoplasmas e quais vão estar florescidos. Além disso, as informações fornecidas pelo IAC sobre algumas variedades alimentam o Varcar.

Na estação de Jaú, as sementes são germinadas e as mudas são separadas em caixas.

Cada estação (Ribeirão Preto, Piracicaba, Jaú, Assis, Adamantina, Mococa, Pindorama) receberá uma caixa e plantará as mudas. Depois da planta crescer e ser cortada, começa o processo de seleção (que dura 4 anos nesta fase). Na seleção há um intenso contato entre os melhoristas, tentativa de padronização e troca de informações.

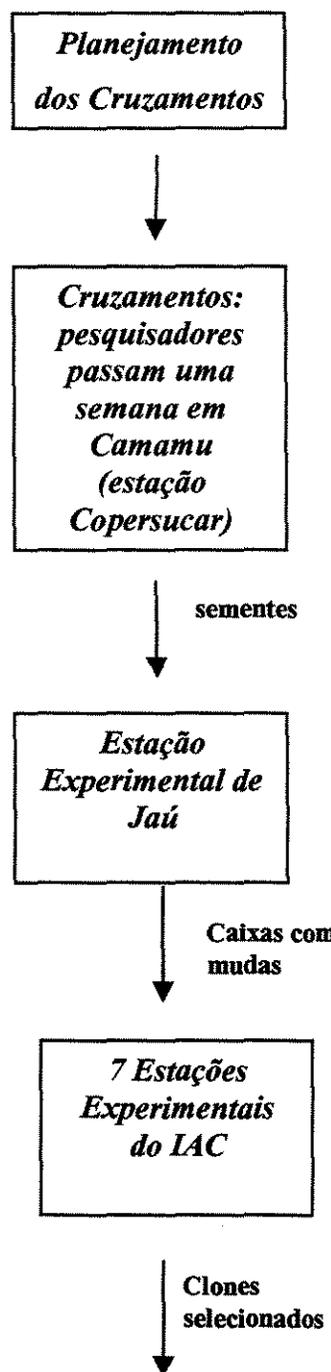
Interpretação

Atores participantes: melhoristas do IAC
A partir de um conhecimento essencialmente tácito elaboram os planejamentos e externalizam o conhecimento adquirido com a experiência.

Predomínio da Seleção.
Atores: IAC e Copersucar.
Intensa socialização de conhecimentos tácitos entre o IAC e a Copersucar e externalização através de sugestões concretas. A socialização do tácito possibilitou a elaboração de novos cruzamentos, utilizando também informações codificadas. Da interação entre conhecimentos tácitos, explícitos germoplasmas foram geradas as sementes.

Atores participantes: pesquisadores e técnicos do IAC da estação de Jaú.

Predomínio da Seleção.
Atores: melhoristas e técnicos do IAC e Copercana
Processo de homogeneização do "olhar" e dos "gostos" dos melhoristas, para que eles selecionem as mesmas características. É uma forma de socialização do conhecimento tácito e internalização de um padrão por parte dos melhoristas.



Montagem de ensaios para testar os clones nas Usinas conveniadas.
Treinamento aos agrônomos das usinas.
Visitas freqüentes dos pesquisadores do IAC às usinas e convivência e interação com os agrônomos. Estes fornecem *feedback* dizendo quais variedades foram melhor, como se comportaram no solo, clima. As usinas fazem análise tecnológica das canas e mandam dados para IAC.
São realizados ensaios específicos para fazer a caracterização de solos, clima, doenças, maturação. Começam a criar a “bula” que contém todas as informações sobre as variedades.

Usinas: Ensaio Regional

Potenciais variedades

Predomínio da Caracterização.
Atores: usinas conveniadas, IAC, Unesp, Copercana.
Troca de observações e experiências entre usuários e produtor da tecnologia (socialização). Codificação das informações geradas sobre as plantas. Pesquisadores da Unesp sistematizam todos os dados gerados sobre as plantas. Transferência de dados (análises tecnológicas) das usinas para IAC, os quais possibilitam traçar a curva de maturação das plantas.
Seleção das potenciais variedades.

O IAC ensina os procedimentos para se montar os ensaios nas usinas que participam do ensaio estadual.
Visitas dos pesquisadores às usinas e interação com os agrônomos.
São realizados, adicionalmente, ensaios de época e de colheita mecanizada. E podem ser feitos ensaios de adubação, resistência a defensivos, etc. Há uma intensa troca de observações e os agrônomos fornecem *feedback* e ajudam os pesquisadores do IAC a completarem a “bula” que acompanha a variedade.

Usinas: Ensaio Estadual

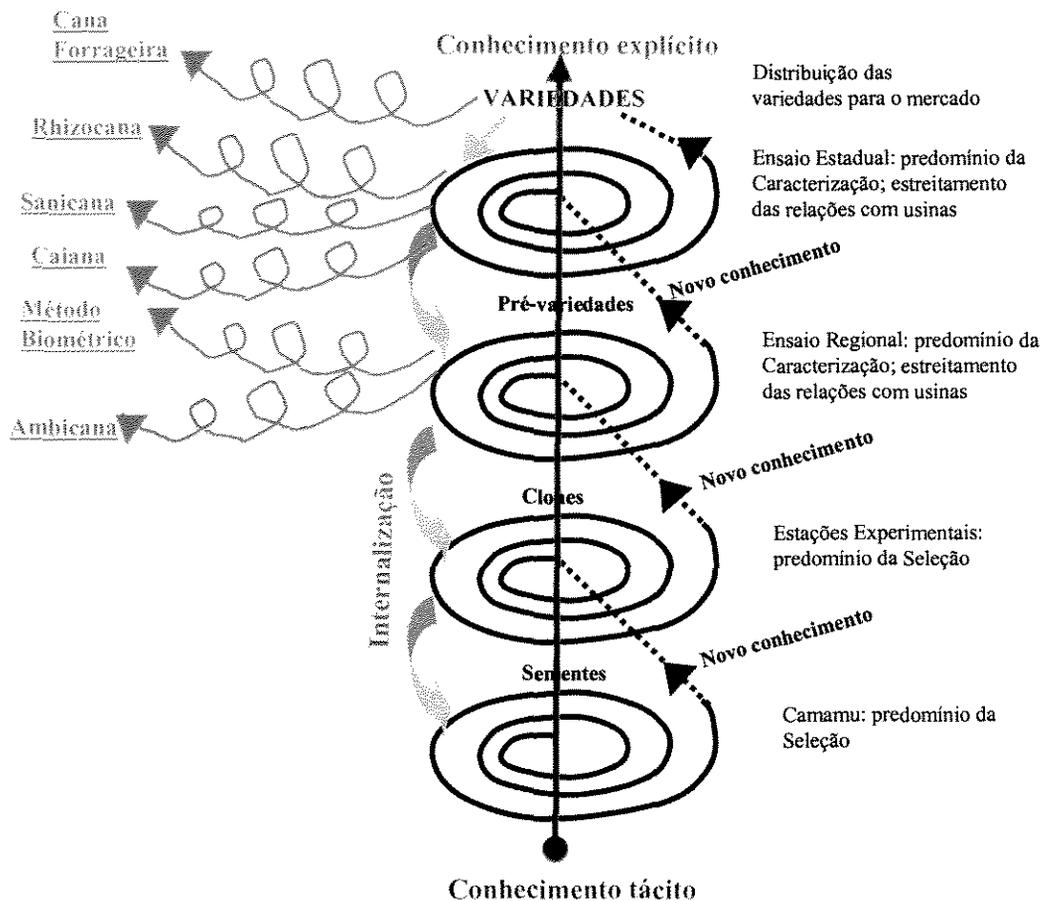
Predomínio da Caracterização.
Atores: IAC, usinas, Copercana, Unesp, Esalq, empresas produtoras de máquinas e insumos para a cana.
Nesta fase, são realizados muitos experimentos com as universidades, com empresas privadas e com as usinas para se testar novos insumos, utilização de resíduos, etc.
Desses testes saem os dados (através da codificação) que, ao serem combinados, geram a caracterização completa das variedades.
E finalmente são selecionadas e lançadas as novas variedades.

Variedades caracterizadas e comercializáveis: INOVAÇÃO

Como já foi dito, a caracterização vai transformando conhecimentos tácitos em explícitos, e em contrapartida, os conhecimentos explícitos vão sendo difundidos e internalizados por todos os atores participantes do processo inovativo. Nesta fase de caracterização, outros produtos vão surgindo a partir de espirais do conhecimento que derivam da espiral principal. Isto significa que é quando os conhecimentos vão sendo explicitados e quando já existem vários resultados codificados que os *spinoffs* surgem, pois estes se baseiam na combinação de capacitações (essencialmente tácitas) e hardware (codificado).

Na figura 5.1 ilustramos a criação de conhecimentos passando por vários níveis de interação entre os diversos atores até chegar à inovação e mostramos as espirais derivadas que vão gerar os *spinoffs*.

Figura 5.1: A criação da inovação principal e dos spinoffs do PROCANA



O PROCANA construiu uma rede convergente agregando atores dos pólos tecnológico, científico e de mercado, promoveu uma intensa troca de conhecimentos entre os atores que participam do processo de desenvolvimento de novas variedades e criou parcerias que permitiram a captação de recursos externos para o financiamento do programa (que lhe conferiram maior flexibilidade), de tal forma que os objetivos do programa foram atingidos – lançar variedades acompanhadas de um pacote tecnológico – e, além disso, foram criados competências, capacitações e produtos inesperados.

V.2- Resultados indiretos do PROCANA

A geração de uma inovação tem seu ponto de partida em conhecimentos tácitos individuais – cognitivos, que possibilitam a criação de confiança e o início da homogeneização da linguagem, e técnicos (*know-how*) – que vão sendo socializados, externalizados, combinados com codificados e passam a ser compartilhados por um grupo de pessoas. Ao serem explicitados e difundidos, estes conhecimentos recém-criados são também, simultaneamente, internalizados pelos atores participantes do processo, através do *learning by doing*. A internalização gera um novo conhecimento tácito individual, que será socializado e externalizado e dará continuidade à espiral do conhecimento. Tal processo realimenta a espiral principal e, ao mesmo tempo, gera novas espirais que derivam da principal e seguem outros caminhos, os quais podem resultar em um novo produto, processo ou serviço. A internalização alimenta as capacitações nos indivíduos e quando os conhecimentos e as competências (relacionais, técnico-científicas e organizacionais) criadas pelo programa são aplicadas em outras finalidades, surgem os *spinoffs*.

O PROCANA é um programa de P&D fértil na criação desses *spinoffs*. A sua organização está voltada para captar e atender às necessidades dos usuários. Tal proximidade com a demanda confere uma boa percepção das necessidades dos usuários e das oportunidades que se apresentam de criar novas maneiras de prestar serviços, o que, por um lado, ajuda os produtores de cana (cumprindo a sua função de instituto público de pesquisa) e, por outro lado, contribui para a captação de mais recursos que vão possibilitar a continuidade do programa. Esse comportamento organizacional pode ser considerado uma estratégia de sobrevivência do PROCANA, uma vez que este não recebe recursos suficientes do Estado para a sua execução. Essa estratégia de tentar atender às demandas expressas pelas usinas conveniadas e de explorar oportunidades de captação de recursos foi responsável pelo brotamento de cinco das seis ramificações que vão derivar desse programa. O AMBICANA, o SANICANA, o RHIZOCANA e o Método Biométrico têm como incentivo inicial a demanda das usinas conveniadas ao PROCANA, e a cana Forrageira se inicia graças à demanda de pecuaristas que procuraram os pesquisadores. Os quatro primeiros são inovações de processo, uma vez que representam três novos serviços e um método que serão responsáveis pela transmissão de novos procedimentos para as usinas, os quais as ajudarão a melhorar seu processo de produção. A Cana Forrageira e o software CAIANA são inovações de

produto, a primeira para ser vendida para um novo mercado (pecuaristas) e o segundo, de uso interno, para aumentar a eficiência do programa.

Essas seis inovações geradas inesperadamente pelo PROCANA representam muito mais a aplicação de conhecimentos e competências já existentes e que, na sua maioria, foram gerados durante o processo principal de desenvolvimento de variedades, do que a criação de novos conhecimentos. É claro que alguns novos conhecimentos foram criados, mas a reutilização e a nova aplicação do que já existia têm papel central na criação dos *spinoffs*.

As capacitações criadas pelo programa e descritas no capítulo IV são uma ferramenta fundamental na geração dos *spinoffs*. A execução do PROCANA causou um impacto alto na criação de capacitações na equipe de pesquisa (0,80 no total, 0,96 na capacitação relacional, 0,84 na organizacional e 0,60 na científico-tecnológica) e tais competências contribuem de maneira diferenciada na geração de cada um dos resultados indiretos. Para cada *spinoff*, encontramos um grau de contribuição das três capacitações diferente.

Pode-se dizer que o PROCANA tem uma estratégia deliberada de maximizar a utilização das suas competências através da ocupação de novos nichos de mercado revelados pelas usinas (que são parceiras muito próximas do programa) e, dessa forma, encontrar novas fontes de recursos. Isso pode ser explicado pelo fato deste programa ter dois importantes “concorrentes”, a Copersucar e a UFSCar, cujas variedades ocupam mais de noventa e seis por cento da área plantada do Estado de São Paulo e cujos programas de melhoramento contam com um orçamento, no mínimo, três vezes maior que o do PROCANA. Nesse contexto, diversificar suas atividades e oferecer assistência e serviços que não são oferecidos pelos concorrentes torna-se uma estratégia de sobrevivência. Inicialmente, tal diversificação visava diferenciar o PROCANA em relação aos outros dois programas para que as usinas se interessassem em se conveniar a ele. Com o estabelecimento dos convênios e a proximidade com o pólo mercado, a tendência a oferecer novos serviços e produtos de acordo com a demanda se mostrou uma consequência natural da estratégia de sobrevivência do programa.

A seguir, os seis *spinoffs* criados pelo PROCANA são explicados.

V.2.1- O AMBICANA

Em 2000, após um longo processo de gestação, surgiu o *spinoff* AMBICANA, que foi criado como um serviço de: i) mapeamento dos solos de propriedades de usinas de cana-de-

açúcar e criação de um mapa pedológico; ii) treinamento dos técnicos das usinas em pedologia, isto é, eles aprendem a reconhecer e classificar solos e iii) elaboração de um relatório indicando as variedades e o manejo mais adequados a cada tipo de solo.

O AMBICANA surgiu dentro do PROCANA mas se desvinculou dele e passou a ser um serviço independente. O conhecimento dos solos é fundamental para a previsão do potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Como explicamos, *spinoffs* surgem quando conhecimentos e capacitações (relacionais, técnico-científicas e organizacionais) são combinados e aplicados em outras finalidades, gerando resultados inesperados. A seguir, será explicado o surgimento deste *spinoff* do PROCANA.

As conversões do conhecimento na criação do AMBICANA

Para possibilitar a análise detalhada do processo de criação desse *spinoff*, vamos dividir o surgimento do mesmo em etapas ou fases.

Fase 1: Socialização de conhecimentos tácitos cognitivos e técnicos

O coordenador do PROCANA tinha interesse em caracterizar o ambiente de produção da cana (solo e clima) para compreender o comportamento das variedades desenvolvidas pelo IAC em diferentes ambientes. Então, em 1992, ele conheceu o especialista em pedologia Hélio do Prado, que pertencia à seção de Pedologia do IAC, e este começou a fazer algumas análises de solo para o PROCANA. Foram interagindo, conversando, trocando conhecimentos, trabalhando e aprendendo juntos (*learning-by-interacting*). O pedólogo socializou sua capacitação técnico-científica em solos e o coordenador socializou sua capacitação técnico-científica sobre as variedades de cana. Então, os dois internalizaram conhecimentos inter-disciplinares.

Fase 2: Socialização, externalização e combinação de conhecimentos

O pedólogo passou a visitar, juntamente com os pesquisadores do programa, as usinas conveniadas ao PROCANA (usuárias da tecnologia desenvolvida pelo programa) fazendo a classificação dos solos onde estavam plantados os experimentos do IAC. Durante a interação e convivência com os pesquisadores, ele aprendeu sobre as características da cana-de-açúcar e seu manejo e estes aprenderam sobre solos. Com a externalização e a combinação desses dois conhecimentos, criaram conceitos e idéias a respeito da interação cana/solo. A capacitação

científica-tecnológica dos pesquisadores foi reforçada com conhecimentos mais interdisciplinares³⁹.

Fase 3: Socialização interorganizacional e criação de demanda

Durante as visitas do pedólogo às usinas, dentro do âmbito do PROCANA ainda, e também durante os encontros do Grupo Fitotécnico de Cana, os agrônomos das usinas tomaram conhecimento dos conceitos de ambiente de produção e da importância da interação cana/solo. O pesquisador passou a transmitir seus conhecimentos técnico-científicos para ajudar na solução de problemas das mesmas. Os agrônomos das usinas explicitaram sua demanda por um serviço de mapeamento de solos, ou seja, queriam que os solos da propriedade toda fossem mapeados e não só o solo da área de experimentos. A oferta – na forma de socialização e difusão de conhecimentos técnico-científicos – criou uma demanda por este tipo de conhecimento.

Essa relação inter-organizacional é devida à capacitação relacional (*know-who*) criada pelo PROCANA. E deve-se ressaltar que o *feedback* dos usuários teve papel central na criação desse novo serviço.

Fase 4 (simultânea à fase 3): Combinação e codificação

O pedólogo e o coordenador do PROCANA utilizaram os conceitos criados pela Copersucar, que classificam os ambientes de produção da cana em A, B, C, D, E, e modificaram, agregando seus conhecimentos e idéias compartilhadas, para criar uma classificação do IAC (novo conhecimento codificado) que é mais completa e detalhada (A1, A2...E1, E2). Esta classificação de solos específica para a cana foi escrita na forma de um artigo (que foi apresentado em congresso) e passou a ser utilizada pelo PROCANA e difundida para as usinas.

Como pode-se perceber, no desenvolvimento do novo serviço, foi preciso utilizar o estoque existente de conhecimentos científicos e tecnológicos (*know-what, know-why*) e combiná-los com o *know-how* e com os conceitos inter-disciplinares recém criados pelos pesquisadores. O AMBICANA surgiu a partir da combinação de conhecimentos tácitos e codificados de pesquisadores de diferentes especialidades (melhoramento genético e pedologia) e de agrônomos das usinas de cana.

Fase 5: Codificação dos conhecimentos combinados

³⁹ Embora os conhecimentos utilizados pertençam à área de agronomia, os consideramos interdisciplinares quando combinam diferentes especialidades dentro desta área, como melhoramento genético, pedologia, fitotecnia, nematologia, etc.

Percebendo a demanda por um serviço de mapeamento de solos (graças ao *know-who*) e tendo desenvolvido a nova classificação IAC, o coordenador do PROCANA sugeriu a criação do serviço AMBICANA, que poderia ser vendido às usinas. Como as propriedades das usinas são muito extensas, o pedólogo sozinho não poderia classificar todos os solos delas, então tiveram a idéia de caracterizar o AMBICANA como um treinamento aos técnicos das usinas para que estes fossem capazes de classificar solos.

Os dois pesquisadores escreveram o projeto propondo a criação do AMBICANA e submeteram no IAC, que o aprovou. A divulgação deste serviço foi feita em 1998 através de folhetos, mas o setor canavieiro estava em crise naquele momento, então o AMBICANA só se concretizou realmente em 2000, quando o setor se recuperou e as usinas se dispuseram a contratar o serviço.

Seis usinas contrataram o serviço. O pedólogo transfere os seus conhecimentos tácitos durante vários dias de treinamento, usa alguns instrumentos simples para reconhecer solos, ensina técnicas que economizam análises laboratoriais e empresta alguns instrumentos para os agrônomos das usinas. Ele ensina os técnicos da usina a reconhecerem solos, a relacionarem o comportamento das variedades de cana com cada tipo de solo e a adotarem o melhor manejo para cada diferente combinação. Ou seja, conhecimentos do tipo *know-what* (tipos de solos), *know-why* (relação cana/solo) e *know-how* (habilidade de identificar solos e capacidade de decidir o melhor manejo) são transferidos para as usinas durante o treinamento.

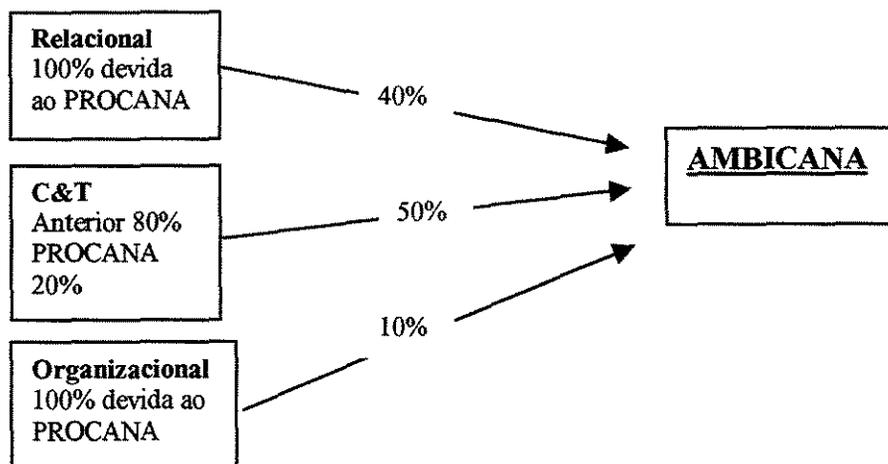
Fase 6: Internalização dos conhecimentos e reinício da espiral = novos produtos do AMBICANA

Durante todas as fases, os conhecimentos socializados foram sendo internalizados pelos participantes desta rede (pesquisadores IAC e usinas), o que resultou num aumento da capacitação dos participantes. No caso dos pesquisadores, a capacitação científica e tecnológica foi aprofundada e se tornou mais inter-disciplinar; a capacitação relacional se aprofundou, uma vez que as relações com as usinas ficaram mais próximas e fortes por causa do treinamento sobre solos; e, durante a formalização e lançamento do serviço, os pesquisadores aprenderam como gerenciar novos projetos, aumentando sua capacitação organizacional. No caso das usinas, durante o treinamento AMBICANA, elas adquirem novas capacitações científica-tecnológicas sobre classificação de solos, relação cana/solos e como manejar a plantação em cada tipo de solo.

Depois de incorporar os novos conhecimentos, o pedólogo e o coordenador do PROCANA tiveram uma nova idéia para o AMBICANA: criar um mapa dos solos do Estado de São Paulo segundo a classificação recém-desenvolvida por eles. Este será o AMBICANA 2, mas ainda está por começar.

Os conhecimentos interdisciplinares gerados durante a criação do AMBICANA foram codificados na forma de um CD (novo produto) que relaciona o manejo da cana (usando informações geradas pelo PROCANA) com pedologia (usando os novos conceitos A1, A2... e a capacitação do pedólogo do IAC). Este CD é vendido para as usinas, dando maior difusão aos conhecimentos criados pelo AMBICANA. Também foi criado um curso de solos via internet (com algumas aulas de campo) ministrado pelo pedólogo Hélio do Prado.

Capacitações aplicadas na criação do AMBICANA



Segundo os pesquisadores do PROCANA, as capacitações que contribuíram decisivamente para a criação do AMBICANA foram a Relacional (contribuiu com 40%) e a Científico-tecnológica (contribuiu com 50%). A capacitação relacional pode ser totalmente atribuída aos contatos estabelecidos graças ao PROCANA, já a capacitação C&T se deve 80% ao aprendizado anterior ao programa e 20% àquele fomentado pelo programa. A capacitação organizacional contribuiu com 10% para a criação do AMBICANA e foi atribuída ao aprendizado obtido com a organização do PROCANA.

Percebeu-se que a formação de uma rede convergente pelo PROCANA, na qual existe troca de conhecimentos de maneira eficiente e regular e também confiança na competência dos parceiros (Callon, 1994), influencia e estimula a criação de outros resultados a partir do programa de pesquisa. A rede tem um papel de catalisador de idéias e iniciativas e foi, em grande parte, responsável pela criação do AMBICANA, uma vez que ele surgiu devido à forte interação entre pesquisadores e usinas. Isto explica a importância da capacitação relacional gerada pelo PROCANA na criação deste *spinoff*.

Um importante aspecto no surgimento do AMBICANA é o fato do mesmo ter surgido como resposta a uma demanda explicitada pelas usinas de cana-de-açúcar, a qual surge e se expressa graças à capacitação relacional e visibilidade criada pela rede do PROCANA.

Como foi visto nas etapas da criação do AMBICANA, a capacitação em pedologia do pedólogo e a capacitação em melhoramento genético do coordenador do PROCANA tiveram papel fundamental na criação do AMBICANA. Um aspecto essencial é que, durante o processo de gestação do mesmo, no qual os pesquisadores interagem, trocam conhecimentos e buscam idéias, a capacitação em C&T deles se aprofunda através do *learning-by-interacting* e se torna interdisciplinar. Tal aprofundamento e interdisciplinaridade são fundamentais para a combinação de conhecimentos que vão gerar os novos conceitos e o treinamento desenvolvidos neste serviço.

Outra capacitação essencial foi a relacional, a qual, primeiramente, possibilitou que o coordenador do PROCANA trouxesse para o programa o pedólogo, iniciando o *learning-by-interacting*. Depois, graças às parcerias com as usinas criadas pelo PROCANA (*know-who*), o pedólogo pode interagir com as mesmas, aplicar sua capacitação científica-tecnológica para ajudá-las a resolver problemas com a cultura da cana em diferentes solos, o que acabou gerando a demanda das usinas por um serviço oferecido pelo especialista.

Então, o AMBICANA é gerado como resposta a uma demanda explicitada pelas usinas de cana-de-açúcar, a qual surge e se expressa graças à capacitação relacional e a visibilidade criada pela rede do PROCANA. E percebe-se que o usuário tem papel central na criação de um novo serviço tecnológico na área agrícola.

A capacitação organizacional não tem papel importante na criação do AMBICANA porque ele é o primeiro serviço desse tipo organizado pelo coordenador do programa e foi feito de maneira quase experimental, sem conhecimentos anteriores para dar suporte a formalização deste serviço. Mas isso não significa que *spinoffs* não se baseiem em capacitações

organizacionais, pois outros *spinoffs* do PROCANA analisados neste capítulo surgem graças a capacitação organizacional internalizada através do learning-by-doing com a criação do AMBICANA. O que mostra que capacitações são importantes ferramentas para a criação de *spinoffs* e, ao mesmo tempo, são reforçadas ou realimentadas durante o processo de gestação dos mesmos.

Foram combinados conhecimentos, principalmente tácitos, sobre variedades de cana e sobre solos dos pesquisadores com os conceitos (conhecimento codificado) já existentes sobre classificação de solos. Daí, surgiu o novo conceito de classificação de solos A1, A2... E1, E2. Mas apesar desta geração de conceitos, este *spinoff* representa, sobretudo, uma nova aplicação a conhecimentos e competências desenvolvidos durante o PROCANA. Ou seja, ele não é tanto uma criação de conhecimento, mas sim uma nova aplicação a conhecimentos e competências já existentes.

V.2.2- A cana forrageira

A variedade IAC86-2480 foi lançada em 2002 como uma nova opção de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. Foram realizados vários testes com esta variedade e ela mostrou ótimos resultados como forrageira. A IAC86-2480 reduz o tempo de engorda do gado e possibilita que o gado converta o alimento em leite mais rápido também, aumentando a produtividade do pecuarista.

Este *spinoff* surgiu na fase dos ensaios estaduais, quando a variedade IAC86-2480 já estava plenamente ou quase plenamente caracterizada, ou seja, já existiam muitos conhecimentos codificados sobre esta planta.

Conversões do conhecimento na criação da cana forrageira

Fase 1: Percepção de demanda devido a contatos interpessoais pesquisadores/ mercado

Desde 1997, os pesquisadores do PROCANA recebem consultas de pecuaristas a respeito de qual seria a melhor variedade de cana para alimentar o gado. A principal demanda vinha se expressando através de um grande evento agropecuário anual – o Agrishow⁴⁰, durante o qual a equipe do PROCANA divulga o seu trabalho e as suas variedades. Os pecuaristas procuravam os

pesquisadores do IAC para tirar dúvidas e perguntar sobre cana forrageira. O pesquisador do PROCANA, Mário Campana, possuía conhecimentos sobre gado de corte e tinha uma boa percepção do potencial da cana para alimentação animal. O coordenador do PROCANA, Marcos Landell, também tinha conhecimentos sobre gado leiteiro. Deve-se observar que a capacitação em pecuária de ambos os pesquisadores era anterior ao PROCANA.

Fase 2: Socialização interinstitucional e externalização de conceitos inter-disciplinares

Pesquisadores do PROCANA procuraram o Instituto de Zootecnia da APTA-SAA para saber quais seriam as características que tornariam uma cana boa para alimentação animal. Os pesquisadores deste Instituto passaram algumas características gerais de cana forrageira, mas não efetivaram parceria para desenvolver uma cana para o gado junto com o PROCANA.

Mário Campana e Marcos Landell tinham amigos na Embrapa-São Carlos (capacitação relacional) e por isso os procuraram para conhecer mais sobre cana para alimentação animal. Os pesquisadores da Embrapa compartilharam seus conhecimentos sobre as características de uma cana para o gado e forneceram alguns artigos sobre o assunto para o coordenador do PROCANA. A Embrapa tinha verba para iniciar uma pesquisa em cana forrageira, então os dois pesquisadores do PROCANA propuseram uma parceria para desenvolverem uma cana mais adequada para alimentação animal. A comunicação e a troca de conhecimentos entre as duas instituições foi facilitada pelo fato dos pesquisadores do IAC possuírem conhecimentos sobre pecuária. A equipe do PROCANA socializou seus conhecimentos em cana e a Embrapa socializou seus conhecimentos em alimentação animal e então criaram conceitos compartilhados e inter-disciplinares (externalizaram o tácito).

Fase 3: Interação dos conhecimentos criados com o hardware pré-existente

Os pesquisadores do PROCANA aplicaram os conceitos recém criados em um ensaio de clones que já estava sendo conduzido em uma usina conveniada. Utilizando seus conhecimentos (antigos e novos) sobre cana forrageira, selecionaram os clones mais promissores para essa finalidade. O fato deles já terem a infra-estrutura dos ensaios pronta foi um fator fundamental para a iniciativa de desenvolverem uma cana forrageira. Nesta fase, houve interação dos novos conceitos criados através da socialização com a Embrapa com o *hardware* pré-existente.

Fase 4: Codificação dos conhecimentos criados nos testes na forma de um artigo

⁴⁰ Feira do Agronegócio que acontece anualmente em Ribeirão Preto.

Embrapa fez testes de engorda dos animais com os clones selecionados pelo PROCANA (utilizando sua capacitação científica nesta área). Os testes produziram dados codificados (caracterização) que indicaram a melhor cana para alimentação animal (a que tinha mais alta conversão em carne e leite). Os pesquisadores da Embrapa escreveram um artigo com os resultados dos testes e apresentaram em um congresso, isto é, codificaram as novas descobertas e alimentaram a base de conhecimentos científicos e tecnológicos.

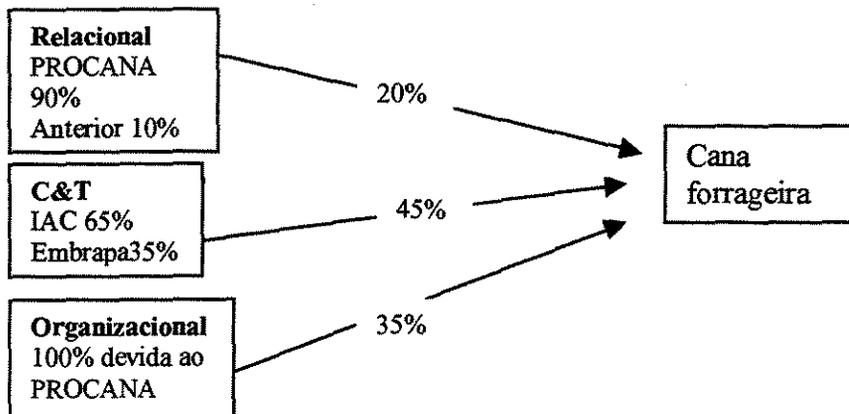
Fase 5: Combinação e codificação na forma de um boletim técnico

Os dois pesquisadores do IAC leram o artigo e confirmaram a sua intuição de qual seria a melhor variedade. A equipe do PROCANA combinou os seus conhecimentos com os conhecimentos da Embrapa e codificou todas as informações sobre esta variedade forrageira na forma de um boletim técnico do IAC . Além das características dessa cana, o boletim explicita também os conhecimentos sobre a melhor forma de manejá-la. Com a codificação pronta, puderam lançar a variedade no Agrishow através da venda do boletim (que levava junto algumas mudas da cana). A criação do boletim e a divulgação no Agrishow foram possíveis graças à capacitação organizacional do PROCANA, que já tinha experiência com eventos de lançamento de variedades para a agroindústria.

Fase 7: Difusão da tecnologia

Divulgaram a IAC86-2480 em palestras, jornais, revistas especializadas e entrevistas em televisão e rádio. Receberam centenas de pedidos da variedade e, para atender a demanda, organizaram uma central de logística para distribuição da cana e contrataram um agrônomo para trabalhar nesta central.

Capacitações aplicadas na criação da Cana Forrageira



A capacitação relacional contribuiu com 20% para a criação deste *spinoff*, a organizacional participa com 35% e a capacitação C&T com 45%.

A capacitação relacional devida ao PROCANA (90% do total) contribuiu de duas maneiras: com a visibilidade conferida pelo programa devido à divulgação de seus resultados em eventos, feiras e outros espaços e com a rede de usinas conveniadas, que possibilitou que eles utilizassem o ensaio montado numa usina parceira. A capacitação relacional anterior ao PROCANA (10% do total) se refere aos contatos dos pesquisadores do PROCANA com os pesquisadores da Embrapa de São Carlos.

A capacitação científico-tecnológica empregada no desenvolvimento da variedade é atribuída 65% ao IAC e 35% à Embrapa. O IAC contribuiu com os conhecimentos sobre as variedades, com o ensaio de clones (hardware) em fase estadual, que leva oito anos (no mínimo) para chegar a este estágio, e com o conhecimento sobre manejo da cana. Além disso, os conhecimentos anteriores dos dois pesquisadores do PROCANA na área de pecuária foram importantes para a homogeneização da linguagem e perfeita comunicação entre as instituições. A Embrapa contribuiu com seus conhecimentos em alimentação animal e com a sua infra-estrutura para fazer os testes das variedades com os animais.

A capacitação organizacional criada pelo PROCANA teve grande importância para concretizar a inovação, pois a variedade forrageira, para ser divulgada, dependia de um boletim contendo todas as informações e instruções sobre a cana, e a confecção do mesmo foi possível graças à experiência do PROCANA no lançamento de suas variedades para a agroindústria. Tal experiência de lançamentos também foi muito importante para lançar a IAC86-2480 no Agrishow e para sua posterior divulgação.

O surgimento desse *spinoff* teve como ponto de partida a demanda dos pecuaristas, que foi identificada graças a capacitação relacional do grupo do PROCANA, e se apoiou nas capacitações científico-tecnológica e organizacional para se concretizar.

V.2.3- O software CAIANA

O CAIANA é um software, cuja primeira versão ficou pronta em 2002, que sistematiza todas as informações sobre os ensaios do PROCANA, ou seja, ele armazena e organiza dados sobre o desempenho de todos os clones IAC em todos os experimentos do PROCANA nas estações experimentais e nas usinas. O software também confecciona relatórios com diversos tipos de análises estatísticas e comparações entre clones. Tais relatórios ajudam os pesquisadores a visualizarem melhor o desempenho das plantas e apresentam de forma organizada os resultados da pesquisa para as usinas.

Conversões do conhecimento na criação do CAIANA

Fase 1: Identificação de um problema na organização do programa

A equipe do PROCANA tinha dificuldade em sistematizar todos os dados obtidos nos ensaios regionais e estaduais. Eles precisavam produzir um relatório anual sobre o desempenho dos clones IAC para cada usina conveniada, mas devido ao excesso de tarefas os dados iam se acumulando e os pesquisadores demoravam para sistematizá-los. O coordenador do PROCANA nomeou um gerente dessa área de sistematização dos dados, o qual tinha a responsabilidade de cobrar a entrega dos dados pelos pesquisadores e de agilizar a elaboração dos relatórios. Mas ainda não conseguiam ser rápidos e eficientes, então, como solução, pensaram em criar um software para organizar os dados.

Fase 2: Busca de parceiros

Procuraram alguns colegas da Copersucar (*know-who*) e propuseram desenvolver um software em parceria. A Copersucar não se interessou mas indicou um ex-pesquisador seu para auxiliá-los no desenvolvimento do software. Esse pesquisador é agrônomo e trabalhou na área de informática e sistematização dos dados do melhoramento genético da Copersucar e, ao sair de lá, criou uma empresa de informática. O PROCANA contratou-o como consultor para fazer o desenvolvimento do software.

Fase 3: Socialização e externalização de conceito inter-disciplinar

O consultor teve vários encontros com a equipe do PROCANA responsável pela sistematização dos dados, em especial com o coordenador e o gerente dessa área. Estes explicaram quais eram as suas necessidades (socializaram) e não tiveram problemas de tradução devido à

experiência anterior do consultor nesta área. Juntos, criaram e externalizaram um conceito/idéia inter-disciplinar de como seria o software.

Fase 4: Codificação e internalização do software e externalização das percepções

Num prazo de quatro meses, através da codificação do conceito e da combinação deste com conhecimentos de informática, o consultor criou uma primeira versão do software, que foi chamado CAIANA. Esta foi apresentada ao coordenador do PROCANA e ao gerente de sistematização, que começaram a utilizá-la (*learning by using*) e, ao mesmo tempo, a internalizá-la. Foram sugerindo várias mudanças e aperfeiçoamentos no software que iriam ao encontro das suas necessidades (externalizaram idéias e percepções tácitas).

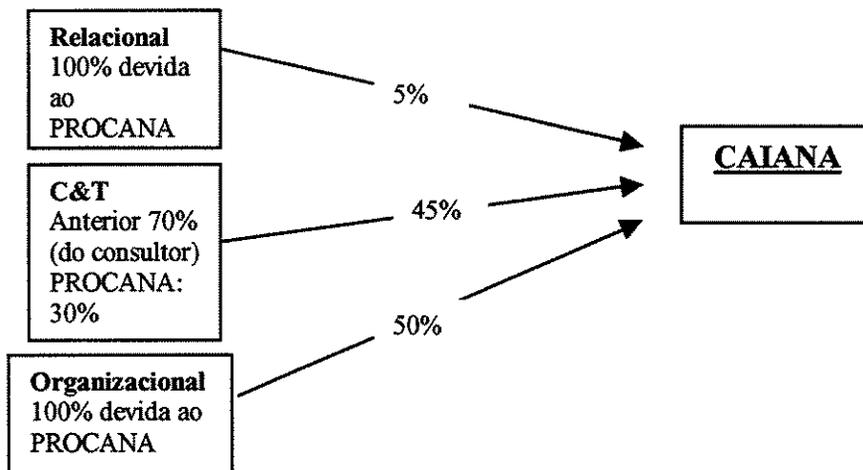
Fase 5: Socialização e combinação = melhorias no software

O consultor combinou as idéias e sugestões externalizadas com o software e o melhorou.

Esse processo de socialização entre os pesquisadores do PROCANA e o consultor e o learning-by-using com o software foi se repetindo algumas vezes e foi melhorando cada vez mais esta ferramenta. Atualmente, os relatórios são feitos em questão de minutos e com qualidade muito superior e com maior riqueza de análises do que antes do software.

Esta ferramenta tem se mostrado tão eficiente que a Copersucar se interessou em comprar o software para usar no seu programa de melhoramento genético da cana.

Capacitações aplicadas na criação do CAIANA



A capacitação organizacional contribuiu com 50% na criação do CAIANA, a científico-tecnológica com 45% e a relacional com 5%.

A capacitação organizacional do PROCANA foi sendo criada através do *learning by doing*, pois, conforme o programa ia estruturando sua rede de pesquisa e ia fazendo mais convênios com usinas e outras parcerias, aumentava a necessidade de gerenciar de forma eficiente os conhecimentos e dados que circulavam entre os diversos atores e diferentes locais. Dada a necessidade gerada pela condução do programa, os pesquisadores iam criando e aperfeiçoando maneiras de gerenciar a sua rede: criaram rotinas de codificação e organização dos dados; fizeram parceria com a Unesp na área de estatística para poderem dar melhores tratamentos estatísticos às informações; nomearam um gerente na área de sistematização. A idéia seguinte foi a de desenvolver um software.

A capacitação científico-tecnológica foi necessária para o desenvolvimento do software, por isso o consultor contribuiu com 70% da mesma e o PROCANA com 30%. O fato do consultor ter capacitação em informática e em agronomia foi fundamental para que este compreendesse as necessidades do PROCANA e criasse rapidamente a primeira versão do software. O gerente de sistematização e o coordenador do programa tinham grande capacitação na sistematização dos dados usando excel e puderam colaborar bastante no desenvolvimento do CAIANA.

A capacitação relacional foi importante para o PROCANA conseguir encontrar o consultor que fez o desenvolvimento. Se eles não tivessem esses contatos na Copersucar, não teriam encontrado uma pessoa tão capacitada para esse tipo de trabalho.

É importante observar que o CAIANA é uma ferramenta de sistematização de dados que dá suporte ao conhecimento tácito dos pesquisadores, pois eles conseguem enxergar e comparar as variedades e suas interações com o ambiente em detalhes que lhes escapavam antes. Por esta razão, essa ferramenta aprofunda a capacitação C&T do programa. A capacitação organizacional também é aprofundada com o CAIANA, pois o gerenciamento do programa agora é feito de forma mais rápida e eficiente e, além disso, os relatórios são entregues com muito mais rapidez às usinas, o que contribui para a reputação do PROCANA. Esses relatórios, que são muito detalhados e com várias análises estatísticas, contribuem para a melhoria da qualidade dos ensaios, pois fornecem parâmetros de qualidade que os pesquisadores e as usinas não possuíam antes.

V.2.4- O SANICANA

O SANICANA é um serviço que foi criado em 2003 com o objetivo de oferecer um treinamento para as usinas na área de levantamento e manejo integrado de pragas e nematóides. Os técnicos e agrônomos das usinas são treinados para reconhecerem pragas e nematóides e para saberem como e quando tratarem estes problemas, dependendo do momento, da extensão e do grau de infestação em que eles aparecem.

Conversões do conhecimento na criação do SANICANA

Fase 1: Socialização interinstitucional e criação de demanda

Leila Dinardo é pesquisadora do PROCANA na área de pragas e nematóides. Ela faz experimentos nas usinas para testar a resistência das variedades a esses organismos e também para testar produtos defensivos. As usinas foram tomando conhecimento do trabalho da pesquisadora durante as suas visitas aos experimentos e durante as reuniões do Grupo Fitotécnico (visibilidade do programa), então passaram a consultá-la quando tinham problemas com pragas e nematóides, ou seja, passaram a socializar conhecimentos. Com o tempo, passaram a pedir que ela oferecesse um serviço de assessoria nessa área. Ou seja, a oferta e a visibilidade da especialista criaram a demanda por este tipo de serviço.

Fase 2: Socialização e externalização de conceito

A pesquisadora e o coordenador do PROCANA trocaram idéias (socialização) e concluíram que um serviço de assessoria não se encaixava na missão institucional do IAC.

O coordenador, aproveitando a sua experiência – que pode ser vista como um ganho de capacidade organizacional - na criação do serviço AMBICANA, sugeriu que se criasse um serviço nos mesmos moldes, que poderia se chamar SANICANA.

Fase 3 (simultânea à fase 2): Socialização interinstitucional e internalização

A pesquisadora ofereceu um treinamento (informalmente) para a usina Colorado como retribuição pela grande contribuição que esta usina vinha dando aos seus ensaios de nematóides. Através do *learning by doing* e do *learning by interacting* (socialização) com a usina, a pesquisadora pôde aprender sobre as necessidades da mesma e internalizou novos conhecimentos. Com isto, percebeu empiricamente que um treinamento poderia ser um bom serviço prestado às usinas. Com a interação, a pesquisadora aperfeiçoou o conceito do SANICANA e acrescentou suas idéias: complementarmente ao treinamento dos técnicos, ela

também ensinaria o gerente agrícola da usina a tomar decisões de qual produto usar, quando, quanto e como usar para cada caso de praga e nematóide. Ou seja, a usina vai ser capaz de tomar suas próprias decisões nesta área, independentemente de consultores externos. Haverá uma transferência de conhecimentos do IAC para as usinas que resultará num ganho de competência no manejo de doenças e nas rotinas de tomada de decisão da empresa.

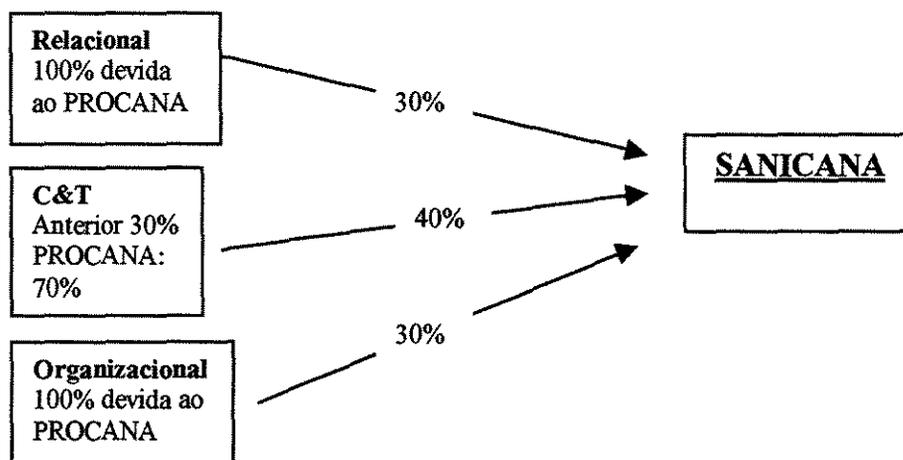
Fase 4: Combinação e externalização

Combinaram os conhecimentos organizacionais do coordenador com a experiência empírica da especialista e externalizaram o conceito finalizado do SANICANA, que seria um treinamento para os técnicos e o gerente agrícola das usinas para que eles fossem capazes de: i) reconhecer os tipos de pragas e nematóides que atacam o canavial e ii) implantar um programa de manejo integrado de pragas e nematóides.

Fase 5: Codificação

Codificaram o conceito recém-criado escrevendo um projeto, que foi submetido ao IAC e aprovado, e escreveram também um contrato para ser assinado pelas usinas que comprarem o serviço. Até o momento, uma usina contratou o serviço.

Capacitações aplicadas na criação do spinoff SANICANA



A capacitação C&T contribuiu com 40% para a criação do SANICANA, a capacitação relacional com 30% e a organizacional com 30%.

A capacitação C&T anterior ao PROCANA representou 30% da competência utilizada enquanto 70% desta foi devida ao aprendizado fomentado pelo programa. A nematologista atribui

grande parte da sua capacitação e do seu amadurecimento profissional ao PROCANA, do qual ela faz parte desde 1996.

O aprendizado organizacional do coordenador do programa na criação do AMBICANA foi muito importante para a idealização do serviço SANICANA nos moldes em que este foi criado. A idéia de oferecer um treinamento aos técnicos das empresas e a redação do projeto e do contrato com as usinas se beneficiaram do *know-how* desenvolvido com a criação do AMBICANA.

A interação da nematologista com as usinas – devida à rede do PROCANA – foi fundamental para a criação da demanda por este serviço e, no segundo momento, essa interação indicou qual seria a melhor forma de ministrar o treinamento às empresas.

V.2.5 - Método Biométrico de colher ensaios

Este é um novo método criado pelo PROCANA para medir ensaios através da biometria, ou seja, pode-se tirar algumas medidas do experimento e inferir o resultado para todo o ensaio. Após a coleta das medidas, pode-se cortar a área de experimentação normalmente com a colheitadeira. Ele é um método de medição alternativo ao convencional – colheita manual da cana queimada e medição de todos os talhões do ensaio – que possibilita a colheita da cana crua (sem queimar) mecanizada. A criação deste método viabiliza a continuidade ou a montagem de ensaios em áreas de colheita mecânica, as quais sairiam fora da experimentação se tivessem que ser colhidas manualmente, como obriga o método convencional.

Conversões do conhecimento na criação do método biométrico:

Fase 1: Socialização interinstitucional

Durante as visitas dos pesquisadores do IAC às usinas, estas questionavam o método manual de colher ensaios, pois estavam ampliando suas áreas de colheita mecanizada e desejavam colher os ensaios mecanicamente também. O coordenador do PROCANA discutiu esta questão na reunião do Grupo Fitotécnico, onde usinas e pesquisadores socializaram conhecimentos neste assunto.

Fase 2: Combinação de dados, socialização interinstitucional e externalização

Os pesquisadores tinham conhecimentos de trabalhos sobre métodos de amostragem de ensaios desenvolvidos na Austrália, ou seja, podiam acessar conhecimentos codificados do estoque de conhecimentos C&T.

Duas usinas vinham realizando testes com a pesagem de apenas uma amostra do ensaio e inferindo o resultado para o restante do ensaio. Elas transferiram os dados obtidos (conhecimentos codificados) para o coordenador do PROCANA, que juntou as informações com os dados de alguns ensaios regionais conduzidos pelo IAC. Em seguida, ele fez tratamentos estatísticos dos dados com a ajuda de um professor (da área de estatística) da Unesp, ou seja, os dois socializaram seus conhecimentos. Da interação do tácito (do coordenador do PROCANA e do professor) com os dados codificados, externalizaram um conceito sugerindo o número de amostras, espaçamento e outras definições do método.

Fase 3: Realização de testes: combinação

O PROCANA realizou dois testes para aperfeiçoar e validar o método, definindo seus procedimentos e formas de medição. Ou seja, com os testes, combinaram novos conhecimentos tácitos (percepções) com o conceito que haviam criado e definiram a versão final do método biométrico, que estima a produtividade da cana a partir de amostragem.

Fase 4: Codificação

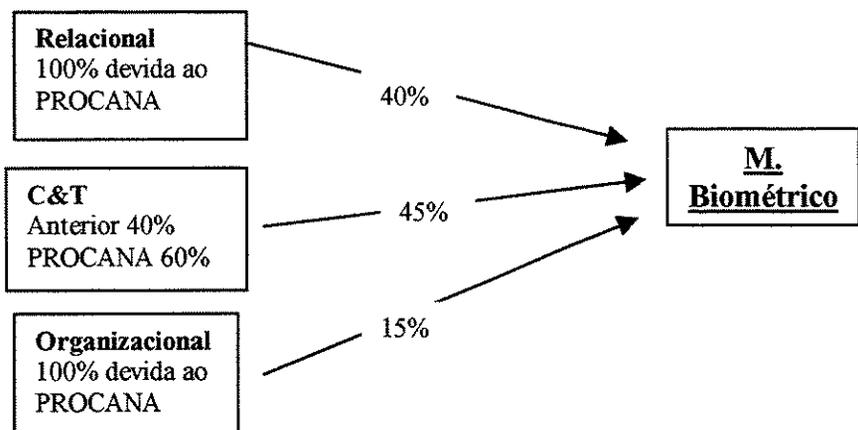
Codificaram o método escrevendo um artigo científico, que foi publicado numa revista especializada em dezembro de 1999.

Fase 5: Difusão do método

Divulgaram o método através do Treinamento PROCANA, onde ensinaram as usinas a usarem-no. Ou seja, transferiram o *know-how* da utilização da tecnologia para que os usuários pudessem empregá-la na colheita dos seus ensaios.

Algumas empresas produtoras de insumos para a agroindústria leram o artigo e procuraram o IAC para aprender a aplicar o método.

Capacitações aplicadas na criação do Método Biométrico



A capacitação relacional contribuiu com 40% para a criação do método, a C&T com 45% e a organizacional com 15%.

A rede do PROCANA foi responsável pela demanda do método, que foi desenvolvido para suprir uma necessidade das usinas. Além disso, os testes com amostragens só foram possíveis graças às parcerias com as usinas, isto é, graças ao *know-who* aprofundado pelo programa. Este *know-who* também foi responsável pelo contato com o professor da Unesp.

A capacitação científico-tecnológica é atribuída 60% ao aprendizado fomentado pelo PROCANA e 40% aos conhecimentos externos que foram utilizados no desenvolvimento do método (trabalhos da Austrália, conhecimentos do professor da Unesp).

A capacitação organizacional contribuiu para a coleta e sistematização dos dados de ensaios, que tinham que ser organizados e tratados adequadamente para gerarem resultados satisfatórios para a consolidação do método.

V.2.6. O RHIZOCANA

O RHIZOCANA, criado em 2003, é um serviço oferecido às usinas de cana-de-açúcar para orientar as operações de preparo do solo, subsolagem e cultivo com base no estudo do sistema radicular da cana e sua interação com o solo. O especialista em raízes Antônio Carlos Vasconcelos faz um estudo específico em cada usina do sistema radicular das variedades ali plantadas, relacionando-as com as condições dos solos da propriedade. A partir desse estudo, ele cria parâmetros que vão guiar a tomada de decisões de preparo de solo, cultivo e colheita na

usina. Em seguida, os técnicos da usina recebem um treinamento sobre como utilizar esses parâmetros nas suas decisões de manejo.

As conversões do conhecimento na criação do RHIZOCANA

Fase 1: Socialização interinstitucional e socialização (interna)

O pesquisador do PROCANA Antônio Carlos Vasconcelos é especialista em raízes de cana e tinha interesse em desenvolver um trabalho sobre raízes em conjunto com as usinas conveniadas. Nas reuniões do Grupo Fitotécnico de cana, nas quais é relator, e nas visitas às usinas (socialização), percebeu uma necessidade das mesmas: elas precisavam de um método que auxiliasse na decisão de subsolagem.

Ao mesmo tempo, interagiu e trocava idéias sobre a relação solos/raízes com o coordenador do AMBICANA, um transmitindo ao outro os seus conhecimentos (socialização). Além disso, também através da socialização, aprendia com os outros pesquisadores do programa sobre as características das variedades de cana e sua relação com os ambientes de produção.

Fase 2: Criação de demanda e codificação

O gerente de uma usina, que teve contato com o trabalho do pesquisador, pediu a ele um estudo sobre raízes na sua empresa. Com a ajuda do diretor do PROCANA e do coordenador do AMBICANA, o pesquisador fez um projeto do trabalho que seria realizado (codificou os conceitos inter-disciplinares) e apresentou na usina. Porém, a usina desistiu de contratar o estudo.

Fase 3: Combinação e nova codificação

O gerente de outra usina, o qual tem contato muito próximo com os pesquisadores do PROCANA, conheceu o projeto de raízes através de conversas informais. Interessou-se em contratar esse estudo, então o pesquisador melhorou o projeto anterior (combinação de conhecimentos) e propôs um novo projeto para essa empresa: o RHIZOCANA. Esse serviço se caracteriza como: i) criação de parâmetros e conceitos sobre as interações raiz da cana/ tipos de solos, aplicados à especificidade de cada propriedade, ii) treinamento sobre o método de coleta de dados no campo para serem comparados aos parâmetros criados e, assim, orientar a tomada de decisões sobre cultivo, subsolagem e manejo; iii) entrega e apresentação de um relatório final, que contém os novos conceitos, suas aplicações práticas e recomendações.

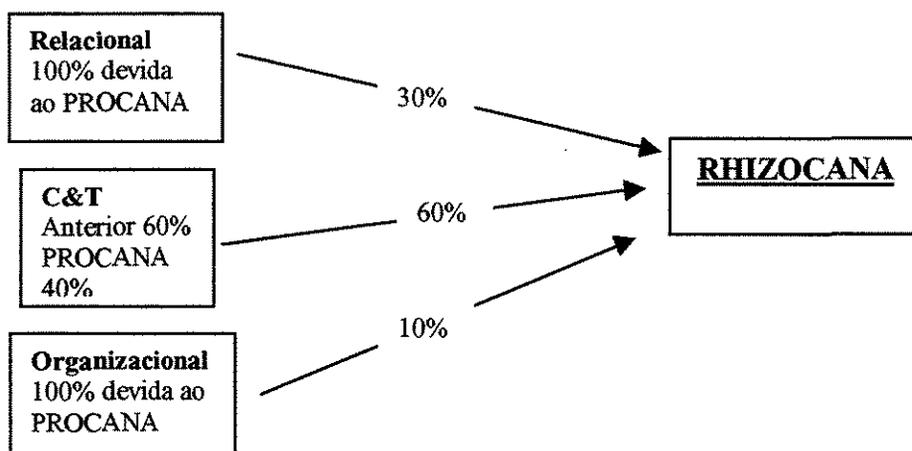
Fase 4: Difusão do serviço

Com o conceito do projeto definido e codificado, o pesquisador apresentou uma palestra no Grupo Fitotécnico lançando o serviço RHIZOCANA. Socializou os conceitos desse projeto com outras usinas.

Fase 5

A usina que havia se interessado gostou do projeto apresentado e contratou o serviço, que foi executado de outubro de 2003 a julho de 2004.

Capacitações aplicadas na criação do RHIZOCANA



As capacitações aplicadas na criação do RHIZOCANA tiveram a seguinte contribuição: científico-tecnológica, com 60%, relacional, 30%, e organizacional, 10%.

A capacitação científico-tecnológica foi sessenta por cento devida ao aprendizado anterior ao programa ou externo a ele, e quarenta por cento foi devida aos conhecimentos aprendidos durante a execução do PROCANA.

O especialista em raízes fez seu mestrado e doutorado sobre raízes de cana na UNESP e adquiriu grande capacitação graças a essa pós-graduação. Por outro lado, a interação dos pesquisadores de diferentes especialidades no PROCANA, como solos, raízes e melhoramento genético, possibilita a integração de disciplinas e a criação de conceitos inter-disciplinares. E o RHIZOCANA é devido, em boa parte, à combinação de conceitos sobre raízes e solos dos pesquisadores do PROCANA. Na verdade, este novo *spinoff* se apoiou bastante no trabalho desenvolvido pelo AMBICANA e, para ser realizado, precisa de conhecimentos que são gerados

no âmbito deste serviço. Ou seja, pode ser considerado também um desdobramento do AMBICANA.

A capacitação relacional foi totalmente devida à rede formada pelo PROCANA. Embora o pesquisador quisesse fazer um trabalho desse tipo, ele só se concretizou graças à demanda das usinas, que têm um contato próximo com os pesquisadores desse programa.

A capacitação organizacional utilizada na geração do RHIZOCANA foi criada, em grande parte, graças ao AMBICANA, que foi o primeiro serviço desse tipo e propiciou o aprendizado (*learning-by-doing*) na área de organização e lançamento de novos projetos. Essa capacitação foi aplicada na formalização e no lançamento do serviço RHIZOCANA.

V.3- Conclusão

Como coloca o modelo de Nonaka e Takeuchi (1997), durante o processo inovativo, o conhecimento tende a passar da dimensão tácita para explícita e da individual para coletiva. O caso das variedades do PROCANA (resultado direto) ilustra muito bem estas passagens, uma vez que no início predominam os conhecimentos tácitos dos melhoristas na escolha dos cruzamentos e na seleção dos clones e, no final, cria-se uma ampla gama de conhecimentos codificados sobre as plantas (a “bula”), que são fundamentais para indicar quais delas serão lançadas como variedades. No decorrer do processo de desenvolvimento, muitos conhecimentos individuais (dos melhoristas, dos técnicos e agrônomos das usinas e do IAC, dos especialistas) são socializados e passam a ser compartilhados por mais pessoas, ou seja, passam do nível individual para o coletivo. Alguns conhecimentos tácitos foram codificados durante as interações e também passaram a ser coletivos, pois, como já foi explicado, o explícito é mais facilmente transferível e todos os atores da rede têm acesso rapidamente.

Em relação aos *spinoffs*, também constatou-se que o início do seu processo de criação usa mais conhecimentos tácitos e, sobretudo, capacitações, embora se apóie em alguns codificados e *hardwares* que foram criados pelo PROCANA. No final do processo, nos *spinoffs* que são inovações de produto, o conhecimento codificado predomina, mas não se pode afirmar o mesmo para aqueles que representam inovações de processo. Isso porque três deles são serviços, que se baseiam em treinamentos para socializar o tácito dos pesquisadores com os técnicos das usinas.

Já o método biométrico é um conhecimento codificado na forma de parâmetros e técnicas que estão detalhadas no artigo escrito.

É importante ressaltar que os treinamentos representam a socialização de conhecimentos tecnológicos, que normalmente são detidos somente por pesquisadores, com os técnicos das usinas (usuários, pólo mercado). Uma parte do *know-how* do pedólogo é transferida para as usinas, assim como uma parte do *know-how* da nematologista e do especialista em raízes. Ou seja, esses serviços aproximam ainda mais o pólo mercado do pólo tecnológico.

Na criação das “ramificações”, os conhecimentos também passam do nível individual para o coletivo, uma vez que cada especialista coletiviza seus conhecimentos de maneira a criar uma competência inter-disciplinar na equipe, o que possibilita a geração dos conceitos inter-disciplinares dos *spinoffs*.

No caso do resultado direto (variedades), também se constatou que o conhecimento passou do nível específico para o geral, pois primeiro são explicitados conhecimentos sobre os clones em relação a um ambiente específico e, no decorrer dos processos de seleção e caracterização, com a transferência do *hardware* (plantas) para mais regiões, o conhecimento vai sendo testado e validado em âmbito cada vez maior.

Muitas conversões do conhecimento fazem uso do *hardware* para poderem se concretizar: germoplasmas, plantas, instrumentos agrícolas, terras para a montagem de ensaios, etc. Estes *hardwares* são suportes que transportam conhecimentos e que auxiliam no aprendizado dos indivíduos, pois, sem olhar e interagir com as plantas e o ambiente, os agrônomos e pesquisadores não podem aprender conhecimentos tácitos sobre elas.

Os resultados inesperados ou *spinoffs* do PROCANA surgem da combinação de diversos fatores e conhecimentos e de uma forma bem diversa dos resultados esperados. Percebeu-se que a criação de *spinoffs* é um processo de tentativa e erro, experimental, que busca aproveitar alguma oportunidade vislumbrada graças ao programa de P&D. E tal processo é de natureza bastante diferente do caminho seguido pela “inovação principal”. E por que?

Toda a organização do programa é feita para a execução do desenvolvimento tecnológico que levará ao resultado direto, portanto, as conversões do conhecimento neste caso mostram procedimentos técnicos e etapas de um processo científico (melhoramento genético), como vimos anteriormente. No caso dos *spinoffs*, o mapeamento dos fluxos de conhecimentos mostra uma conjunção de fatores externos e internos ao programa que se combinaram de maneira inesperada

e geraram o novo produto, processo ou serviço. Não se trata de processos de desenvolvimento tecnológico, que seguem uma racionalidade científica, mas sim de uma série de eventos (demandas criadas, busca de parcerias...) e novas aplicações de conhecimentos (idéias combinadas, utilização de competências...) que ocorrem espontaneamente e sem uma ordem (etapas) pré-estabelecida.

Ao estudar o processo de criação de novas variedades, queremos entender o processo inovativo que se dá em um programa de P&D; já ao estudarmos o surgimento dos *spinoffs*, queremos olhar os subprodutos deste processo ou as suas ramificações. Ou seja, o caminho seguido pela “inovação principal” (resultados diretos) forma o tronco da árvore e os *spinoffs* são as ramificações.

A criação dos *spinoffs* acontece com a conjunção de diversos fatores internos e externos ao PROCANA. Muitas competências internas e externas ao PROCANA são combinadas no intuito de conseguir realizar a idéia imaginada. Mas estas competências não se combinam por acaso, pois há sempre um incentivo inicial que dá início ao processo de criação de um novo resultado. Os *spinoffs* surgem nas fases em que a caracterização é o processo predominante do PROCANA, ou seja, durante a explicitação de conhecimentos, quando muitos conhecimentos codificados podem ser acessados e aproveitados, contribuindo para a criação dos produtos inesperados.

É importante perceber que de seis *spinoffs*, cinco tiveram como impulso inicial a demanda, a qual surge e se expressa graças a capacitação relacional e visibilidade criada pela rede do PROCANA. Em quatro casos são os próprios participantes da rede (as usinas) que expressam uma demanda por novos serviços ou método, no quinto caso são atores externos que procuram os pesquisadores do PROCANA devido a reputação deste programa.

As usinas parceiras são usuárias qualificadas das tecnologias geradas pelo programa, elas influenciam a capacidade do mesmo de gerar *spinoffs* e desempenham papel fundamental na criação dos seus resultados tanto diretos quanto indiretos.

Em três dos seis casos, os pesquisadores do PROCANA buscam parceiros para realizar o novo projeto, ou seja, procuram complementar as suas competências com competências de outras instituições. Isto porque as novas empreitadas necessitam de algumas capacitações que fogem do escopo de capacitações do programa. São *spinoffs* de natureza interdisciplinar, como a cana forrageira (zootecnia e melhoramento de cana), o software CAIANA (informática e melhoramento) e o método biométrico (estatística e melhoramento).

Esta busca de parceiros também reflete o aprendizado organizacional do programa, que sempre buscou trabalhar em parcerias e em rede. Então, na constituição dos novos projetos, a busca de novos parceiros se torna uma rotina, uma forma de proceder peculiar a esta equipe.

A figura 5.2 sintetiza o surgimento dos seis *spinoffs* do PROCANA.

As conversões do conhecimento de Nonaka & Takeuchi (1997) acontecem durante a criação dos *spinoffs*, porém, não necessariamente na ordem proposta pela espiral do conhecimento criada pelos autores, que é: socialização, externalização, combinação e internalização.

A socialização acontece mais que as outras três conversões, ela não está no mesmo nível das outras, pois perpassa quase todas as fases enquanto as outras aparecem somente em alguns momentos. A combinação permite que diferentes conhecimentos sejam integrados, dando forma ao novo “produto”. Mas é a codificação que permite que este novo produto se torne real e se concretize de fato. Então, durante as fases de criação do *spinoff*, encontramos várias espirais incompletas.

A internalização ou absorção de tudo que foi trocado e aprendido durante a criação dos *spinoffs* é a última fase. Mas ela é considerada última somente analiticamente, pois na verdade os conhecimentos socializados foram sendo internalizados pelos participantes desses processos durante todas as fases, o que resultou num aumento da capacitação deles. E, da internalização de conhecimentos, surgem novas idéias ou inspirações, que vão gerar outros resultados inesperados, como o CD de solos, o curso de solos e o mapa de solos do Estado de São Paulo.

As conversões do conhecimento ajudam a explicar a criação dos *spinoffs*, ainda que a ordem das conversões não siga sempre aquela proposta pela espiral do conhecimento. E a diferenciação entre a externalização e a codificação, proposta no capítulo 2, contribui para explicar mais detalhadamente o surgimento dos *spinoffs*, pois ficou claro que a externalização do tácito é uma etapa preliminar no sentido da concretização do produto e a codificação é a última etapa. Em todos os *spinoffs*, primeiro os pesquisadores externalizam o conceito do produto, em seguida fazem algumas melhorias e combinam outras idéias e, por fim, codificam o resultado na forma de um projeto (no caso do AMBICANA, RHIZOCANA e SANICANA), de um artigo ou boletim (no caso do método Biométrico e da Cana Forrageira) ou de um software (CAIANA). Porém, a codificação nunca é completa, sobretudo no caso dos serviços, pois o tácito continua sendo necessário para a transferência da tecnologia.

PROCANA

criou capacitações
Relacional: 0,96
Organizacional: 0,84
C&T: 0,69
(conforme explicado no capítulo 4)

Capacitações
Relacional
C&T
Organizacional
foram aplicadas
na criação dos
spinoffs

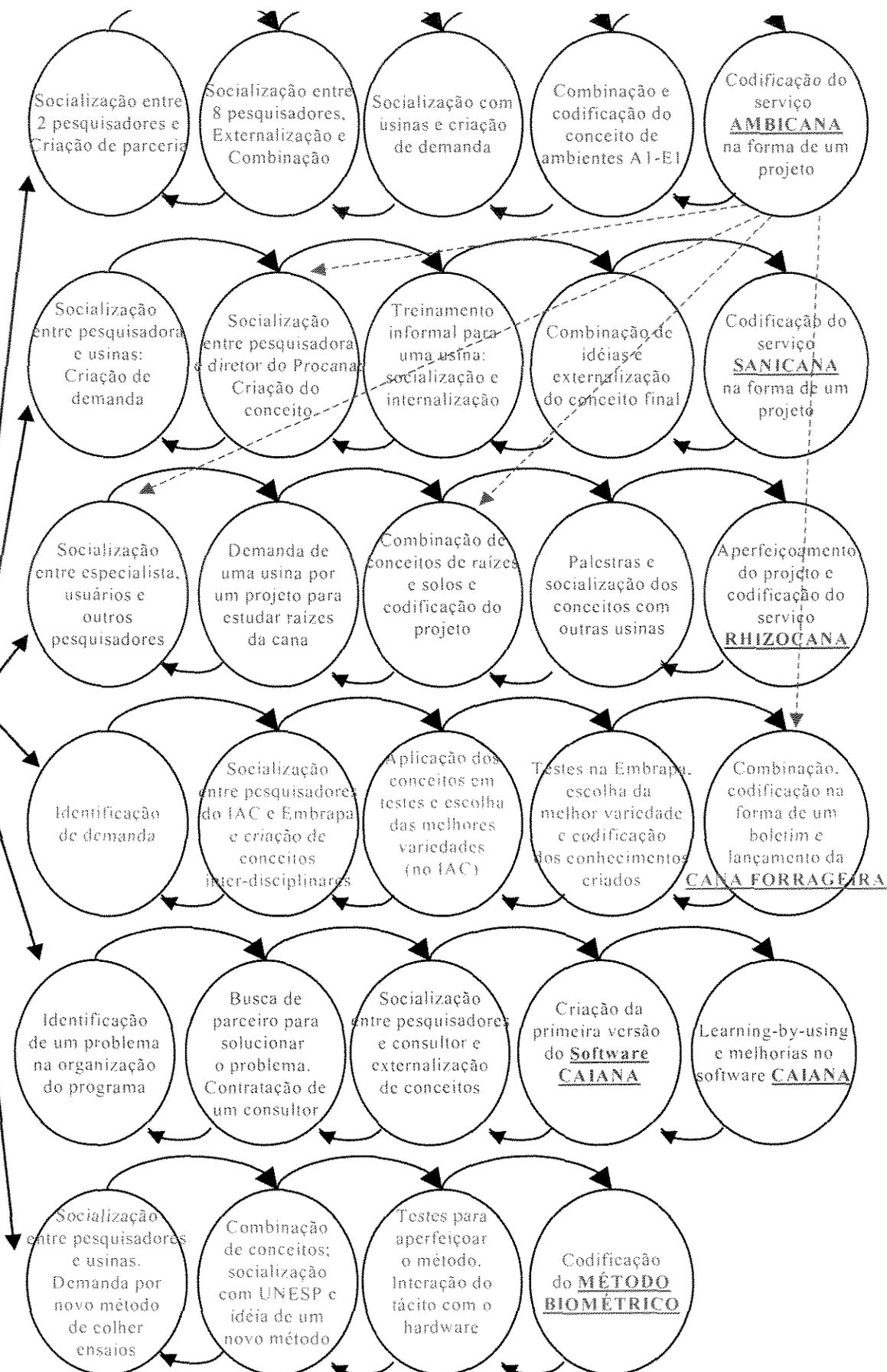


Figura 5.2: As conversões do conhecimento na criação dos spinoffs do PROCANA

Os serviços, por não serem produtos acabados e estandarizados, são altamente baseados na socialização do tácito que é realizada durante os treinamentos.

Ao observar a contribuição das três capacitações para a criação dos *spinoffs*, percebe-se que a mais importante foi a capacitação científico-tecnológica, pois sua participação média foi de 47,5%. As capacitações relacional e organizacional tiveram contribuição média similar (27,5% e 25% respectivamente). Entretanto, do total da capacitação científico-tecnológica empregada na criação dos *spinoffs*, somente 47,5%, em média, é devida ao PROCANA, ou seja, 52,5% dessa competência foi criada anteriormente ou devido a fatores externos ao programa. A capacitação organizacional foi atribuída inteiramente ao PROCANA (100%) e a relacional teve atribuição de 98,3% em média. Ou seja, essas duas capacitações, que contribuem para a criação dos resultados inesperados, são quase totalmente derivadas do PROCANA. Tal resultado condiz com a mensuração das competências apresentada no capítulo IV, que mostra que a capacitação científico-tecnológica teve o menor impacto (0,60), enquanto as capacitações relacional e organizacional tiveram um alto impacto (0,96 e 0,84 respectivamente).

Além das capacitações servirem como uma ferramenta que possibilita que novos resultados sejam criados, elas são realimentadas durante o processo de gestação desses *spinoffs*. A capacitação científica e tecnológica dos pesquisadores foi aprofundada e se tornou mais interdisciplinar, já que os pesquisadores do programa passaram a discutir e aprender sobre outras especialidades. Tal inter-disciplinaridade é muito importante para a combinação de conhecimentos que vão gerar os novos conceitos e novos métodos que serão utilizados nestes *spinoffs*. A capacitação relacional se aprofundou, uma vez que as relações com as usinas ficaram mais próximas e fortes por causa dos treinamentos oferecidos pelos serviços e, além disso, foram criadas novas parcerias com outras instituições. Ademais, com a formalização e lançamento dos *spinoffs*, os pesquisadores aprenderam como gerenciar novos projetos, aumentando sua capacitação organizacional.

No caso das usinas, durante o treinamento AMBICANA elas adquirem novas capacitações científico-tecnológicas sobre classificação de solos, relação cana/solos e como manejar a plantação em cada tipo de solo. Aprofundam também a capacitação científico-tecnológica no manejo de pragas e nematóides (com o treinamento SANICANA) e na interação raízes/solos (com o treinamento RHIZOCANA).

Há ainda outro importante fator que influencia a geração do *spinoff*, o ambiente, no sentido de Nelson e Winter (1982). São as instituições (regras, leis), a conjuntura econômica do setor e outros fatores externos que podem incentivar ou inibir o surgimento do resultado indireto. Estes fatores também influenciam a geração da “*inovação principal*”, mas de forma menos direta porque o programa se constituiu com a finalidade de gerar este resultado e, portanto, foi criada uma estrutura para isto, que não será facilmente destruída. Mas no caso dos resultados inesperados, um ambiente externo negativo paralisa facilmente a concretização do mesmo, como aconteceu com o AMBICANA devido à conjuntura econômica desfavorável em 1998. Apenas quando o ambiente se tornou favorável (em 2000) é que o *spinoff* pôde se concretizar.

Os conhecimentos transferidos para as usinas durante a sua participação no AMBICANA, SANICANA ou RHIZOCANA e aplicados nas decisões de produção das mesmas podem gerar importantes resultados econômicos (redução de custos e aumento de produtividade) para a empresa. Mas a contratação desses novos serviços tecnológicos pelas usinas não implica diretamente um resultado econômico. O potencial de impacto é alto, mas ele só vai se concretizar se as usinas fizerem um esforço de internalização (absorção) e de socialização dentro da empresa dos conhecimentos aprendidos no treinamento, incorporando-os às suas rotinas de produção e de tomada de decisão.

O CAIANA tem impacto na redução do tempo de trabalho dedicado à confecção dos relatórios, o que representa redução de custos para o IAC. A cana forrageira pode ter grande impacto na produtividade dos pecuaristas, uma vez que ela foi desenvolvida para a alimentação animal e é mais adequada para este fim do que as variedades tradicionalmente utilizadas.

No próximo capítulo serão quantificados os impactos econômicos dos *spinoffs* que já tiveram tempo de apresentar tais retornos. São eles: o AMBICANA, o SANICANA, a Cana Forrageira e o CAIANA. O RHIZOCANA foi aplicado em 2004 e ainda não deu tempo da usina perceber os impactos, portanto não foi realizada a quantificação dos mesmos. O método biométrico de colher ensaios permite que mais usinas conduzam experimentos e contribuam para o desenvolvimento de novas variedades, porém esse método não apresenta impactos econômicos significativos em relação ao método que ele substituiu, por isso não foi feita a mensuração.

Capítulo VI - Quantificação dos impactos econômicos diretos e indiretos do PROCANA e estabelecimento das relações entre capacitações e *spinoffs*

Como foi explicado no capítulo 1, a metodologia BETA de mensuração dos impactos econômicos é aplicada num período de três a cinco anos depois do final do programa ou depois que os resultados surgiram. Isso porque os impactos econômicos das inovações e dos *spinoffs* dependem da difusão e da comercialização para serem alcançados, e isto exige um certo tempo.

Os *spinoffs* do PROCANA são bem recentes por isso a quantificação dos impactos não pode ser plenamente executada para todos os resultados. Ainda assim, foi possível mensurar alguns impactos e fazer uma estimativa para outros, de maneira que o objetivo da tese – mostrar como os conhecimentos e capacitações se transformam em impacto econômico – não foi prejudicado. Apenas dois dos seis *spinoffs* identificados do PROCANA não tiveram seus impactos quantificados: i) o método Biométrico de colher ensaios, porque, embora seja muito importante para a execução da pesquisa, não apresenta impacto econômico significativo; ii) o RHIZOCANA, porque foi aplicado em 2004 e ainda não teve tempo de apresentar nenhum impacto econômico.

Depois de quantificar os impactos dos *spinoffs*, vamos mostrar quais capacitações foram responsáveis pela criação dos mesmos, através dos coeficientes de contribuição e de paternidade, e então os impactos econômicos serão relacionados com as competências, mostrando quais delas foram responsáveis por um determinado resultado financeiro.

Com o intuito de estabelecer um padrão de comparação para os impactos indiretos e também para ter uma idéia mais abrangente dos impactos econômicos gerados pelo PROCANA, mensuramos igualmente os resultados econômicos gerados pelas variedades de cana para a agroindústria açucareira (impacto direto).

VI.1- Mensuração dos Impactos Indiretos

VI.1.1- O AMBICANA

O AMBICANA surgiu em 2000 e foi caracterizado como um serviço de: i) mapeamento dos solos de propriedades de usinas de cana-de-açúcar e criação de um mapa pedológico; ii) treinamento dos técnicos das usinas em pedologia, isto é, eles aprendem a reconhecer e classificar

solos e iii) elaboração de um relatório indicando as variedades e o manejo mais adequados a cada tipo de solo.

O impacto econômico do AMBICANA para o IAC é quantificado pelo valor de venda do serviço multiplicado pela sua taxa de valor adicionado.

Os conhecimentos transferidos para a usina durante a sua participação no AMBICANA e aplicados nas decisões de produção da mesma geram importantes resultados econômicos (redução de custos e aumento de produtividade) para a empresa. Durante o treinamento, o pedólogo ensina aos técnicos da usina a reconhecerem solos, a relacionarem o comportamento das variedades de cana com cada tipo de solo e a adotarem o melhor manejo para cada diferente combinação. Tais ensinamentos levam a manejos mais racionais e eficientes, o que causa aumentos de produtividade (toneladas/hectare) e reduções de custos com insumos.

Estes resultados econômicos poderão ser maiores ou menores dependendo do grau de aproveitamento, por parte da empresa, dos conhecimentos fornecidos pelo AMBICANA. Ou seja, a magnitude do impacto econômico gerado pelo AMBICANA depende do esforço da empresa de: a) absorver os conhecimentos transferidos durante o treinamento ministrado pelo pedólogo; b) difundir ou socializar dentro da empresa os conhecimentos aprendidos; c) incorporar os novos conhecimentos às suas rotinas de produção e de tomada de decisões.

O principal impacto econômico gerado pelo AMBICANA nas usinas, que será quantificado neste trabalho, é o aumento da produtividade da cana-de-açúcar e a redução dos custos de produção devidos à alocação correta e ao manejo mais racional das variedades no seu ambiente de produção. Estes fatores representam incrementos importantes nos lucros da empresa.

Outros potenciais impactos do AMBICANA são citados abaixo, embora não sejam quantificados nesta tese.

- Permitir a seleção de solos mais favoráveis nos futuros arrendamentos: a) os conhecimentos pedológicos permitirão que a usina escolha melhor os solos a serem arrendados e negocie melhor os preços, munida de informações precisas; b) a utilização de solos de um melhor ambiente de produção representa aumento de produtividade e de longevidade da cana e, conseqüentemente, aumento nos lucros.

- A capacitação dos trabalhadores da usina em pedologia representa ganhos em dois aspectos: a) não haverá a necessidade de se contratar pedólogos para prestarem serviços para a usina; b) com a “mão treinada”, os próprios funcionários da usina poderão fazer algumas

análises, como a do teor de argila, que não precisarão ser enviadas para laboratórios especializados. Ou seja, esta nova capacitação dos trabalhadores representará reduções de custo ou economias que irão se repetir ano após ano.

Nas 15 empresas que compraram o AMBICANA⁴¹, até agora (outubro de 2004) foram identificados os solos de uma área correspondente a 300.000 hectares.

O aumento de produtividade da cana (toneladas de cana por hectare) e a redução de custos de produção foram estimados pelos gerentes/ coordenadores de seis usinas que compraram o AMBICANA e já tiveram tempo de utilizar os conhecimentos do treinamento nas suas rotinas de produção. As respostas foram dadas em faixas (de 5 a 10%, 10 a 15%, 15 a 20% etc), das quais foi considerado sempre o menor valor, seguindo os princípios da metodologia BETA. Perguntou-se também qual a área da usina que já teve o solo identificado pelo AMBICANA e qual a área total que será identificada.

O aumento de produtividade médio foi obtido ponderando-se a resposta de cada gerente pela área da sua usina, assim, a resposta de uma usina maior teve mais peso que a de uma usina menor. A redução de custos média foi obtida da mesma maneira.

Uma vez que a maioria das usinas comprou o AMBICANA depois de 2002 e que a utilização dos conhecimentos transferidos por esse serviço vai depender de mudanças nas rotinas de produção e da reforma dos canaviais (quando novas variedades podem ser plantadas), faz sentido dizer que os impactos estimados pelos usuários vão se concretizar realmente depois de 2003. Então, vamos estimar o aumento da produtividade e a redução de custos em relação a valores médios das safras de 2000/01, 2001/02 e 2002/03. Ou seja, a estimativa do impacto será feita em relação à média das últimas três safras e não apenas em relação à última safra, pois assim compensamos as variáveis ambientais que tanto influenciam na produtividade da cana e também as oscilações nos preços da cana que respondem às condições do mercado.

QUANTIFICAÇÃO

Impacto para IAC

Total recebido das 15 usinas que compraram o AMBICANA: R\$ 307.072,94⁴²

⁴¹ Ver tabela com as usinas que compraram o AMBICANA no anexo

⁴² Em valores de abril de 2004.

Taxa de valor adicionado do serviço (TVA) = 0,8

➤ Impacto para IAC = preço recebido pela venda do serviço x TVA:

R\$ 245.658,35

Impacto para usinas

- Área identificada pelo AMBICANA nas seis usinas até outubro de 2004: 89.200 hectares (representa 49% da área total a ser identificada nessas usinas)

- Aumento de produtividade da cana estimado (média ponderada dos seis entrevistados): 15%

- Valor da Tonelada de Cana médio⁴³ das safras 00/01, 01/02, 02/03 = R\$ 38,09⁴⁴

- Produtividade da cana (média das safras 00/01, 01/02, 02/03 para São Paulo) = 79,8 ton/hectare⁴⁵

- Taxa de valor adicionado (TVA) = 0,51⁴⁶

- Redução de custos estimada (média ponderada dos seis entrevistados): 7,4%

- Custos diretos de produção por hectare/ano⁴⁷ = R\$ 747,35

➤ Estimativa do faturamento das 6 usinas antes do AMBICANA (referente à safra 2003/2004 na área que foi mapeada até 2004 e não a área total dessas usinas): 89.200ha x 79,8ton/ha x 38,09R\$/ton = R\$ 271.130.714,40/safra

➤ Estimativa do faturamento das 6 usinas depois de aplicar os conhecimentos transferidos pelo AMBICANA (referente à safra 2003/2004 na área que foi mapeada até o momento – outubro de 2004 – e não a área total dessas usinas):

89.200ha x (79,8ton/ha + 0,15 x 79,8ton/ha) x 38,09R\$/ton = R\$ 311.800.321,60/safra

➤ Impacto do AMBICANA sobre a produtividade: R\$ 40.669.607,16 x TVA (0,51) = **R\$ 20.741.499,65/safra**

⁴³ Valor médio para região oeste do Estado de São Paulo (onde está Ribeirão Preto e a maior parte das usinas conveniadas ao PROCANA). Fonte: CANAOESTE - ASSOCIAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

⁴⁴ Preços trazidos para valores de abril de 2004.

⁴⁵ Fonte: Grupo IDEA

⁴⁶ Taxa de valor adicionado média da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Estimada com base nos dados de custos de produção fornecidos pela CANAOESTE - ASSOCIAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

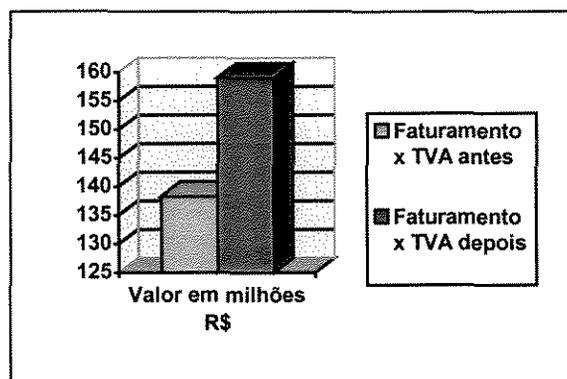
⁴⁷ Inclui preparo de solo, plantio e tratamentos culturais. Fonte: web.canaoeste.com.Br/custos_de_producao.htm. Valores de abril de 2004.

- Estimativa do custo direto das 6 usinas antes do AMBICANA (referente a um ano – 2003 – da área que foi mapeada até o momento e não a área total dessas usinas): $89.200\text{ha} \times 747,35\text{R\$/ha/ano} = \text{R\$ } 66.663.620,00/\text{ano}$
- Estimativa do custo direto das 6 usinas depois de aplicar os conhecimentos transferidos pelo AMBICANA (referente a um ano – 2003 – da área que foi mapeada até o momento e não a área total dessas usinas):
 $89.200\text{ha} \times (747,35\text{R\$/ha/ano} - 0,074 \times 747,35\text{R\$/ha/ano}) = \text{R\$ } 61.730.512,12/\text{ano}$
- Impacto do AMBICANA sobre a redução de custos: R\$ 4.933.107,88/ano

- Impacto do AMBICANA sobre a produtividade e o custo das 6 usinas entrevistadas (referente aos custos do ano de 2003⁴⁸ e à produtividade da safra 2003/2004 da área que foi mapeada até o momento): **R\$ 25.674.607,53/safra**

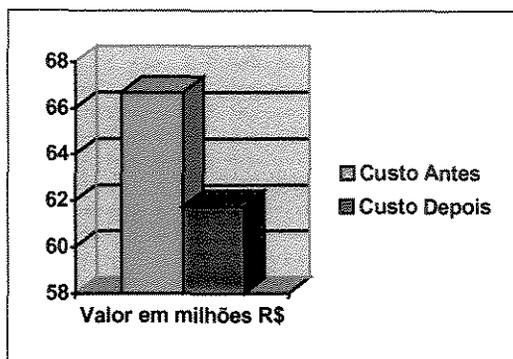
Os impactos do AMBICANA sobre as seis usinas na safra 2003/2004 são representados nos gráficos abaixo.

Gráfico 6.1: Impacto do AMBICANA sobre a produtividade



⁴⁸ Os custos que sofrem impacto pelos conhecimentos transferidos pelo AMBICANA são aqueles referentes ao preparo de solo, plantio e tratamentos culturais, ou seja, eles são realizados antes da colheita, que se inicia em abril e vai até novembro (no centro-sul). Então, os custos do ano de 2003 (e início de 2004) são referentes à colheita de 2004, por isso dizemos que os custos e a produtividade são referentes à safra 2003/2004.

Gráfico 6.2: Impacto do AMBICANA sobre o custo



Consideramos razoável extrapolar o impacto do AMBICANA para cinco safras (2003/2004, 04/05, 05/06, 06/07 e 07/08), uma vez que o ciclo de vida de um canavial é, em média, de cinco cortes e que os efeitos do conhecimento transferido por esse serviço vão se repetir a cada safra.

- Impacto do AMBICANA nas seis usinas em cinco safras: 5 x R\$ 25.674.607,53 = R\$128.373.037,70

A partir da estimativa do impacto feita pelas seis usinas que fizeram parte da amostra entrevistada, podemos extrapolar o cálculo do impacto potencial para as quinze usinas que compraram o AMBICANA, assim poderá ser estimado o impacto total do AMBICANA nas áreas que já tiveram os solos identificados. Até agora, nas 15 usinas, foram mapeados os solos de uma área de 180.000 hectares, que corresponde a 43% da área total a ser identificada nessas propriedades.

- Impacto do AMBICANA sobre a produtividade e o custo das quinze usinas em uma safra (na área mapeada até o presente): R\$ 51.809.746,00
- Impacto do AMBICANA sobre a produtividade e o custo das quinze usinas em cinco safras (na área mapeada até o presente): R\$ 259.048.730,00

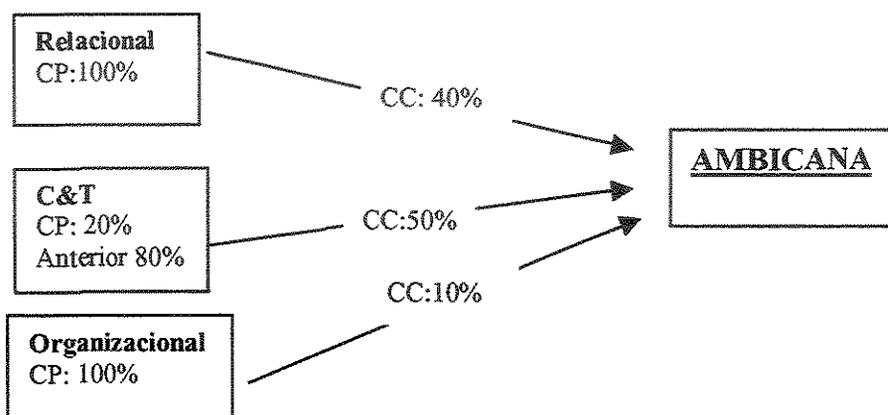
Impacto Total do AMBICANA

- Impacto para IAC + Impacto para Usinas em uma safra (2003/2004)
R\$ 245.658,35 + R\$ 51.809.746,00 = **R\$ 52.055.404,35**

- Impacto para IAC⁴⁹ + Impacto para Usinas em cinco safras
R\$ 245.658,35 + R\$ 259.048.730,00 = **R\$ 259.294.388,40**⁵⁰

Coeficientes de contribuição (CC) das capacitações e de paternidade (CP) do programa⁵¹

Os pesquisadores do PROCANA responsáveis pelo desenvolvimento do AMBICANA estimaram que as capacitações devidas ao programa e anteriores a ele influenciaram da seguinte maneira na criação do serviço:



Ao multiplicarmos os coeficientes de contribuição e de paternidade pelo impacto econômico gerado pelo AMBICANA obteremos a contribuição das três capacitações que foram geradas pelo programa na criação do resultado econômico desse *spinoff* do PROCANA.

Impacto x CC x CP

➤ Capacitação relacional:

$$\text{R\$ } 259.294.388,40 \times 40\% \times 100\% = \text{R\$ } 103.717.755,40$$

➤ Capacitação organizacional:

$$\text{R\$ } 259.294.388,40 \times 10\% \times 100\% = \text{R\$ } 25.929.438,80$$

➤ Capacitação C&T:

$$\text{R\$ } 259.294.388,40 \times 50\% \times 20\% = \text{R\$ } 25.929.438,80$$

⁴⁹ O impacto do AMBICANA para o IAC não é extrapolado em cinco anos como para as usinas porque depende da venda desse serviço para outras usinas, o que não se pode prever.

⁵⁰ Em valores de abril de 2004.

- **Impacto do AMBICANA atribuído às capacitações geradas no PROCANA:**
R\$155.576.633,00 (em cinco safras)

VI.1.2- A cana forrageira IAC86-2480

A variedade de cana forrageira IAC86-2480 foi lançada em 2002 como uma nova opção de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. Foram realizados vários testes com esta variedade e ela mostrou ótimos resultados como forrageira. A IAC86-2480 reduz o tempo de engorda do gado e possibilita que o gado converta o alimento em leite mais rápido também, aumentando a produtividade do pecuarista. A avaliação de digestibilidade e conversão alimentar demonstrou que esta variedade é 18% mais eficiente, quando comparada ao padrão RB72454 (esta é a variedade mais utilizada como forrageira no Brasil).

O IAC vende essa variedade na forma de um pacote tecnológico composto de cem colmos de cana e um boletim técnico⁵² que explica como manejar a cana-de-açúcar e como empregá-la na alimentação do rebanho. Duas usinas de cana e uma empresa de sementes e nutrição animal que tinham essa variedade plantada em suas propriedades foram contactadas pelo IAC e passaram também a vender a IAC 86-2480 em grande quantidade de três maneiras: por toneladas (in natura), por pacotes de cem colmos de cana com boletim e por mudas.

O impacto econômico da cana forrageira para o IAC e para as três empresas distribuidoras é mensurado pelo valor de venda das plantas e, no caso do primeiro, também pelo valor de venda do boletim técnico. O valor de venda é multiplicado pela taxa de valor adicionado e assim obtém-se o impacto.

Nos pecuaristas ainda não é possível mensurar o impacto, uma vez que os pacotes tecnológicos começaram a ser distribuídos em dezembro de 2002 e leva-se um prazo de dois anos em média para multiplicar os colmos de cana recebidos e ter uma quantidade suficiente para começar a alimentar o gado. A quantificação do impacto poderá começar a ser realizada em início de 2005⁵³. Porém, segundo os testes realizados com o gado comparando a IAC-86-2480

⁵¹ Relembrando o leitor: o CC indica quanto cada tipo de capacitação contribuiu para a criação do *spinoff*, e o CP indica quanto de cada capacitação é devida exclusivamente ao programa.

⁵² Boletim técnico IAC número 193.

⁵³ A magnitude do impacto gerado por essa cana forrageira estimulou a elaboração de um projeto conjunto entre o IAC, o DPCT –UNICAMP e o IEA para fazer uma avaliação abrangente desse *spinoff* a partir de início de 2005.

com outras variedades utilizadas como forrageiras, essa variedade mostra um aumento de produtividade do rebanho de 18% em relação às outras. Além disso, as instruções de manejo agrícola detalhadas fornecidas no boletim técnico podem gerar um aumento de 20% na produtividade da cana, o que significará redução de custos para o pecuarista. Até o momento, perto de oito mil pecuaristas de diversas regiões do Brasil compraram essa cana forrageira.

QUANTIFICAÇÃO

Impacto para IAC

- Pacotes de cem colmos vendidos: 10.273

Valor arrecadado: R\$ 339.522,50

TVA: 0,51⁵⁴

Retorno econômico do pacote tecnológico: R\$ 173.156,50

- Boletins técnicos vendidos: 3.714

Valor arrecadado: R\$ 57.078,57

TVA: 0,94

Retorno econômico dos boletins: R\$ 53.653,86

- Valor recebido da parceria com as empresas distribuidoras: R\$ 34.968,72

TVA: 0,51

Retorno econômico da venda em parceria com as empresas: R\$ 17.834,05

- Impacto econômico da forrageira para o IAC: R\$ 244.644,40

Impacto para as três empresas distribuidoras

- Toneladas de cana vendidas in natura: 2.625,9 toneladas

Valor recebido: R\$ 407.434,10

TVA: 0,51

Retorno econômico da cana vendida in natura: R\$ 207.791,40

- Pacotes tecnológicos vendidos: 2.541 pacotes

Valor recebido: R\$ 127.050,00

TVA: 0,64

⁵⁴ Taxa de valor adicionado média da produção de cana no Estado de São Paulo.

Retorno econômico dos pacotes: R\$ 81.312,00

➤ Mudanças vendidas: 41.500

Valor recebido: R\$ 17.806,27

TVA: 0,51

Retorno econômico das mudas: 9.081,20

➤ Impacto econômico da forrageira para as três empresas: R\$ 298.184,60

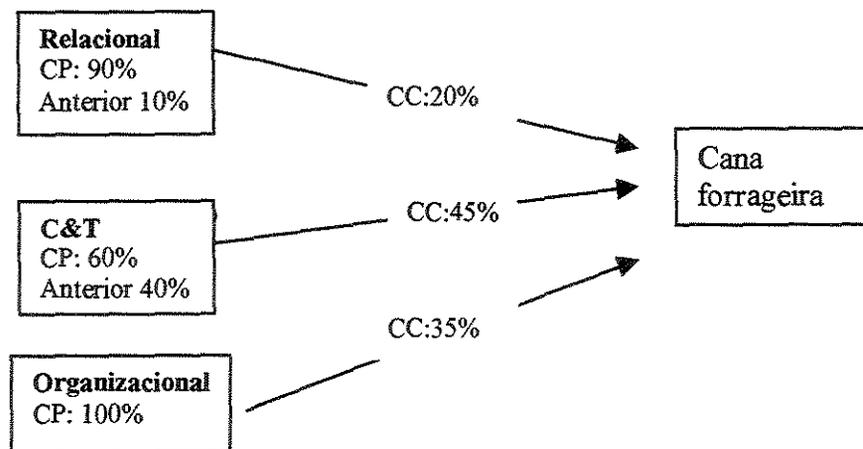
Impacto Total da IAC86-2480

Impacto para IAC + Impacto para empresas distribuidoras

➤ R\$ 244.644,40 + R\$ 298.184,60 = R\$ 542.829,00

Coeficientes de contribuição (CC) e de paternidade (CP)

Os pesquisadores do PROCANA responsáveis pelo desenvolvimento da Cana Forrageira IAC86-2480 estimaram que as capacitações influenciaram da seguinte maneira na criação desse *spinoff*:



Ao multiplicarmos o coeficiente de contribuição e de paternidade de cada capacitação pelo impacto econômico gerado pela IAC86-2480, obteremos a contribuição das três capacitações que foram geradas pelo programa na criação do resultado econômico desse *spinoff*.

➤ Capacitação relacional:

R\$ 542.829,00 x 20% x 90% = R\$ 97.709,20

➤ Capacitação C&T:

R\$ 542.829,00 x 45% x 60% = R\$ 146.563,80

➤ Capacitação organizacional:

R\$ 542.829,00 x 35% x 100% = R\$ 189.990,15

➤ Impacto da IAC86-2480 atribuído às capacitações geradas no PROCANA:

R\$ 434.263,15⁵⁵

VI.1.3- O software CAIANA

O Software CAIANA é uma ferramenta desenvolvida para organizar e sistematizar as informações geradas nos ensaios do PROCANA. Sua primeira versão ficou pronta em 2002. O CAIANA sistematiza todas as informações sobre os ensaios do PROCANA, ou seja, ele armazena e organiza dados sobre o desempenho de todos os clones IAC em todos os experimentos do PROCANA nas estações experimentais e nas usinas. O software também confecciona relatórios com diversos tipos de análises estatísticas e comparações entre clones. Tais relatórios ajudam os pesquisadores a visualizarem melhor o desempenho das plantas e apresentam de forma organizada os resultados da pesquisa para as usinas.

O CAIANA tem impacto econômico para o próprio IAC, uma vez que reduz o tempo de inclusão dos dados sobre os experimentos e de confecção dos relatórios sobre os ensaios que são conduzidos anualmente pelo PROCANA nas estações experimentais e nas usinas. Atualmente, estão sendo conduzidos 296 ensaios pelo programa. Os pesquisadores que trabalham na confecção dos relatórios e o diretor do programa calcularam o tempo gasto para confeccionar um relatório através do excel (maneira como faziam antes) e através do software. A confecção através do CAIANA gasta apenas 1,06% do tempo que era gasto com o excel. Essa grande economia de horas significa que os pesquisadores podem aplicar esse tempo em outras atividades produtivas, gerando mais resultados para o programa com a mesma alocação de pessoal. Ou ainda, seria possível reduzir as horas de trabalho dos pesquisadores, o que significaria redução de custos. Então, as horas/homem economizadas pelo CAIANA são utilizadas como uma *proxy* do impacto econômico desse software para o IAC.

QUANTIFICAÇÃO

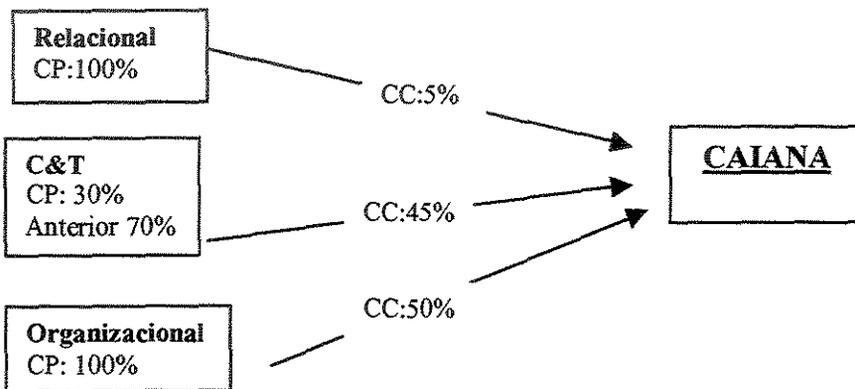
⁵⁵ Impacto gerado pela venda da cana forrageira e do boletim até o presente momento.

Os pesquisadores estimaram que a utilização do software para organizar os dados e confeccionar os relatórios sobre os experimentos representa uma economia de 7 meses de trabalho de um pesquisador júnior por ano.

- Salário (mais encargos e overhead) de um pesquisador júnior/mês = R\$3.500,00
- Impacto do CAIANA em um ano: 7 x R\$3.500,00 = R\$ 24.500,00/ ano
- Considera-se que essa economia vai se repetir, pelo menos, por cinco anos, então, o impacto do CAIANA será: **R\$ 122.500,00**

Coeficientes de contribuição e de paternidade

Os pesquisadores do PROCANA responsáveis pelo desenvolvimento do CAIANA estimaram que as capacitações influenciaram da seguinte maneira na criação do software:



Ao multiplicarmos os coeficientes de contribuição e de paternidade de cada capacitação pelo impacto econômico gerado pelo CAIANA, obteremos a contribuição das três capacitações que foram geradas pelo programa na criação do resultado econômico desse *spinoff* do PROCANA.

- Capacitação relacional:
 $\text{R\$ } 122.500,00 \times 5\% = \text{R\$ } 6.125,00$
- Capacitação C&T:
 $\text{R\$ } 122.500,00 \times 45\% \times 30\% = \text{R\$ } 16.537,50$
- Capacitação organizacional:
 $\text{R\$ } 122.500,00 \times 50\% = \text{R\$ } 61.250,00$

- **Impacto do CAIANA atribuído às capacitações geradas no PROCANA:**
R\$83.912,50

VI.1.4- O SANICANA

O SANICANA é um serviço que foi criado em 2003 com o objetivo de oferecer um treinamento para as usinas na área de levantamento e manejo integrado de pragas e nematóides. Os técnicos e agrônomos das usinas são treinados para reconhecerem pragas e nematóides e para saberem como e quando tratar estes problemas, dependendo do momento, da extensão e do grau de infestação em que eles aparecem.

Este treinamento foi oferecido para duas usinas até o momento, sendo que a primeira a recebê-lo funcionou como um teste para o lançamento do SANICANA. Essa usina já pode observar impactos dos conhecimentos transferidos e, por isso, foi a empresa entrevistada para este *spinoff*.

O impacto econômico do SANICANA para o IAC é quantificado pelo valor de venda do serviço multiplicado pela sua taxa de valor adicionado.

Os conhecimentos transferidos para a usina durante a sua participação no SANICANA e aplicados nas decisões de produção da mesma geram importantes resultados econômicos (aumento de produtividade) para a empresa.

Assim como no AMBICANA, os resultados econômicos poderão ser maiores ou menores dependendo do grau de aproveitamento, por parte da empresa, dos conhecimentos fornecidos pelo SANICANA. Ou seja, a magnitude do impacto econômico gerado pelo SANICANA depende do esforço da empresa de: a) absorver os conhecimentos transferidos durante o treinamento ministrado pela especialista; b) difundir ou socializar dentro da empresa os conhecimentos aprendidos; c) incorporar os novos conhecimentos às suas rotinas de produção e de tomada de decisões.

O principal impacto econômico gerado pelo SANICANA nas usinas é o aumento da produtividade da cana-de-açúcar devido ao correto manejo de pragas e nematóides na cultura. Sem um manejo racional e adequado desses fatores a produtividade da cana pode cair bastante, então o SANICANA evita que isso aconteça, o que acarretaria grandes perdas econômicas para a empresa.

O aumento de produtividade da cana (toneladas de cana por hectare) e a redução de custos de produção foram estimados pelo gerente da primeira usina que recebeu o treinamento, pois esta já teve tempo de utilizar os conhecimentos transferidos nas suas rotinas de produção. Ele estimou que o SANICANA gerou um ganho de produtividade de 3,5% devido ao manejo eficiente da praga de cigarrinhas que a cultura vinha sofrendo. Os custos permaneceriam os mesmos, pois apesar de terem usado os insumos para controle de praga de maneira mais racional, o aumento da produção acarreta em maiores custos de mão-de-obra. Assim, as duas variações se compensam.

QUANTIFICAÇÃO

Impacto para IAC

Valor recebido da usina que comprou o SANICANA: R\$ 15.847,00⁵⁶

Taxa de valor adicionado (TVA) = 0,8

➤ Impacto para IAC = preço recebido pela venda do serviço x TVA:

R\$ 12.677,00

Impacto para a primeira usina que recebeu o treinamento SANICANA

➤ Aumento de produtividade estimado pelo gerente da usina devido aos conhecimentos transferidos pelo SANICANA: 3,5%

➤ Para a usina entrevistada, esse aumento corresponde a 140.000 toneladas, que significa R\$ 4.620.000,00⁵⁷/ safra

➤ Taxa de valor adicionado: 0,502

➤ Se a usina não tivesse contratado o SANICANA, ela tomaria decisões de manejo de pragas que, segundo o gerente entrevistado, teria uma eficiência 40% menor que o manejo adotado graças a esse serviço. Ou seja, o impacto do SANICANA deve ser calculado em relação à opção de manejo que seria adotada pela usina na ausência desse serviço.

➤ Impacto do SANICANA em uma safra (2003/2004):

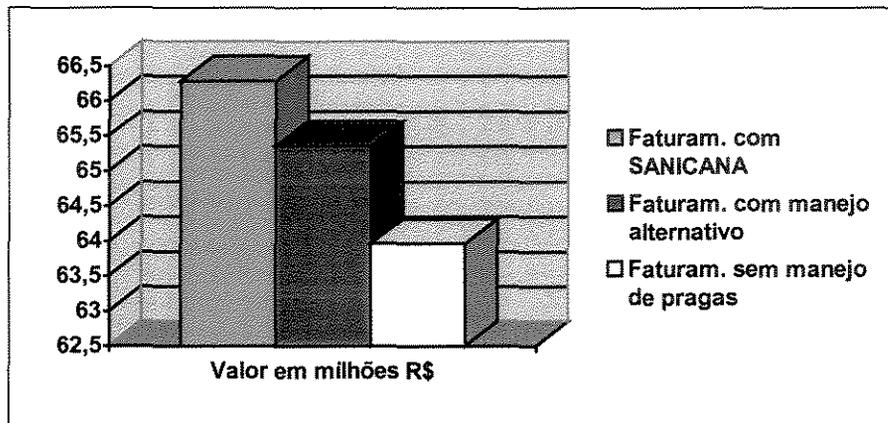
$4.620.000 \times 0,502 \times 0,4 = \text{R\$ } 928.000,00$

⁵⁶ Em valores de abril de 2004.

⁵⁷ Em valores de abril de 2004.

O gráfico abaixo mostra os diferentes faturamentos (multiplicados pela taxa de valor adicionado) que poderiam ser obtidos em uma safra nos casos de manejo de pragas com o SANICANA, com um manejo alternativo e sem um manejo de pragas.

Gráfico 6.3: Impacto do SANICANA no aumento do faturamento (multiplicado pela TVA)



O impacto do SANICANA será extrapolado para cinco safras (2003/2004, 04/05, 05/06, 06/07 e 07/08), uma vez que o ciclo de vida de um canavial é, em média, de cinco cortes e que os efeitos do conhecimento transferido por esse serviço vão se repetir a cada safra.

➤ Impacto do SANICANA em cinco safras: R\$ 4.640.000,00

Impacto Total do SANICANA

➤ Impacto para IAC + Impacto para Usina em uma safra

$$\text{R\$ } 12.677,00 + \text{R\$ } 928.000,00 = \text{R\$ } 940.677,00$$

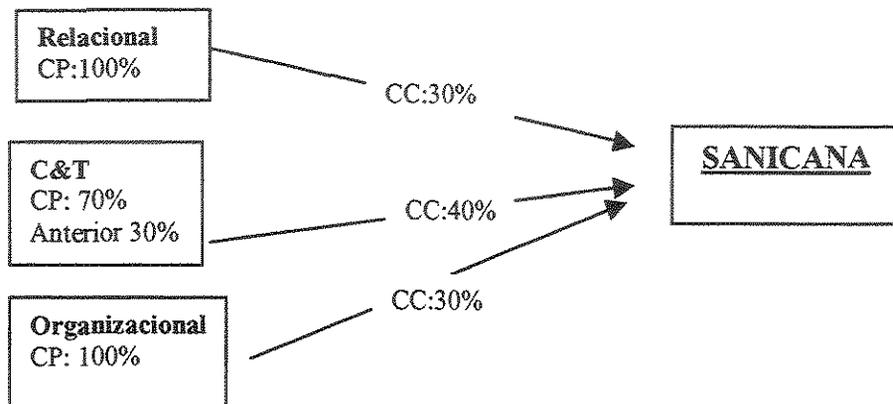
➤ Impacto para IAC⁵⁸ + Impacto para Usina em cinco safras

$$\text{R\$ } 12.677,00 + \text{R\$ } 4.640.000,00 = \text{R\$ } 4.652.677,00$$

⁵⁸ O impacto para o IAC não é extrapolado porque é difícil estimar se esse serviço vai ser vendido para outras usinas e quantas o comprariam.

Coeficientes de contribuição e de paternidade

Os pesquisadores do PROCANA responsáveis pelo desenvolvimento do SANICANA estimaram que as capacitações influenciaram da seguinte maneira na criação do serviço:



- Capacitação relacional:
 $\text{R\$ } 4.652.677,00 \times 30\% \times 100\% = \text{R\$ } 1.395.803,10$
- Capacitação C&T:
 $\text{R\$ } 4.652.677,00 \times 40\% \times 70\% = \text{R\$ } 1.302.749,56$
- Capacitação organizacional:
 $\text{R\$ } 4.652.677,00 \times 30\% \times 100\% = \text{R\$ } 1.395.803,10$
- **Impacto do SANICANA atribuído às capacitações geradas no PROCANA:**
R\$ 4.094.355,76

VI.2- Impactos Diretos

Até o momento, o PROCANA lançou 10 novas variedades de cana para a agroindústria canavieira.

Os impactos econômicos das variedades IAC desenvolvidas para a agroindústria serão mensurados partindo-se do conjunto das variedades modernas⁵⁹ de cana-de-açúcar, as quais são produzidas por três instituições de pesquisa: a Copersucar, a UFSCar e o IAC.

⁵⁹ Lançadas a partir do final da década de oitenta, desenvolvidas com características favoráveis ao corte mecanizado (porte ereto e despalha espontânea), ao aumento da cogeração de energia (mais fibra) e à redução do custo de transporte (colmo de maior densidade), além do alto teor de sacarose, que sempre foi o principal fator de seleção (IAC - Terceiro Treinamento PROCANA, 1998, pg. 8).

A decisão de mensurar os impactos econômicos partindo-se dos impactos gerados por todas as variedades modernas de cana-de-açúcar se apóia na constatação de que essas novas variedades são similares e, juntas, contribuem para o grande aumento de produtividade que se verificou na agroindústria canavieira desde o início da década de noventa⁶⁰.

Segundo as usinas de cana-de-açúcar, a existência de diversas variedades é muito importante para que elas possam diversificar o plantel e reduzir o risco de perder toda uma safra dizimada por pragas ou doenças. As usinas têm como regra não plantar mais que quinze por cento da sua área com a mesma variedade, ou seja, é preciso ter-se à disposição, no mínimo, sete boas variedades adaptadas às condições dessa região.

O PROCANA tem uma participação ainda modesta na criação desse grande impacto causado pelas variedades modernas, dado que o programa é muito recente – começou em 1994, enquanto o programa da Copersucar teve início em 1969 e o da UFSCar (antigo Planalsucar⁶¹) em 1971. Estima-se que a contribuição do PROCANA chegou a 4% da área plantada no Estado de São Paulo em 2004⁶² e continua crescendo.

A mensuração dos impactos econômicos das variedades modernas de cana-de-açúcar se baseia em dados fornecidos por 21 usinas de diferentes regiões do Estado de São Paulo conveniadas ao PROCANA⁶³.

Pedi-se para os gerentes agrícolas das três usinas (dentre as 21) que mais plantam variedades IAC estimarem qual seria a diferença de produtividade (em termos percentuais) das variedades modernas se comparadas às antigas⁶⁴. Além de maior produtividade (ton/ha), aquelas variedades também possuem maior teor de sacarose, o que influencia o preço da tonelada de cana, pois o cálculo do mesmo se baseia no teor de sacarose obtido. Para estimar o impacto das variedades modernas no preço da cana, perguntou-se às usinas qual é a diferença média, em termos percentuais, entre a taxa de sacarose (pol da cana) das modernas e das antigas variedades.

Com as novas variedades, mais resistentes a doenças e adaptadas ao ambiente de produção, a utilização de insumos diminui. Ou seja, as novas variedades reduzem os custos de

⁶⁰ As novas variedades têm sido responsáveis por um crescimento da produtividade dos canaviais entre 15% e 20% nos últimos anos (Valor Econômico - Tecnologia - 02/12/2004).

⁶¹ Programa Nacional do Melhoramento da cana-de-açúcar.

⁶² Dado fornecido pela coordenadoria do PROCANA.

⁶³ Dados obtidos na Ata da Reunião do Grupo Fitotécnico de 25/11/2003.

⁶⁴ Nessa situação hipotética, as usinas estariam usando as variedades que foram disponibilizadas até o final da década de 80.

produção quando comparadas às antigas. Então, perguntou-se às usinas qual seria o aumento percentual no custo de produção se não houvesse as variedades modernas.

O aumento de produtividade médio foi obtido ponderando-se a resposta de cada gerente pela área da sua usina plantada com variedades IAC, assim, a resposta de quem planta mais IAC teve mais peso que a de quem planta menos. A redução de custos média e o aumento do preço médio foram obtidos da mesma maneira.

Comparando os dados reais da produção e preço da cana com os dados estimados (hipotéticos) de qual seria a produção e o preço nesse mesmo contexto caso não existissem as variedades modernas, pode-se calcular o impacto econômico dessas variedades.

Impacto das variedades modernas = {(produção observada x preço observado) – (produção estimada x preço estimado)} x TVA

Decidiu-se utilizar valores médios da produtividade, preço e custo da cana das safras de 2000/01, 2001/02 e 2002/03. Ou seja, a estimativa do impacto das novas variedades em relação às variedades antigas será feita em cima da média das últimas três safras e não apenas em cima da última safra, pois assim compensamos as variáveis ambientais que tanto influenciam na produtividade da cana e também as oscilações nos preços da cana que respondem às condições do mercado.

O PROCANA é responsável por uma parte do impacto das variedades modernas. A parcela do impacto atribuída a esse programa pode ser estimada de três diferentes maneiras:

- 1- Multiplicar pela porcentagem da área do Estado SP plantada com IAC.
- 2- O custo do PROCANA (em termos percentuais) em relação ao custo total dos três programas.
- 3- A perspectiva dos usuários da contribuição do PROCANA para a criação do impacto.

Neste trabalho, será utilizada a primeira maneira para se estimar o impacto devido ao PROCANA.

QUANTIFICAÇÃO

Impacto das variedades IAC em 21 empresas participantes do PROCANA⁶⁵ na safra 2003/04

➤ Aumento da Pol da Cana estimada (média ponderada dos três entrevistados) = 6%, corresponde a uma variação no preço de 6%

➤ Aumento da produtividade da cana – tonelada de cana/ha (TCH), média ponderada dos três entrevistados = 4%

➤ Diminuição do custo estimada (média ponderada dos três entrevistados) = 1,2%

➤ Área total plantada = 92.534,58 hectares, com 7% de variedades IAC

➤ Valor da Tonelada de Cana médio⁶⁶ das safras 00/01, 01/02, 02/03 = R\$ 38,09⁶⁷

➤ Produtividade da cana (média das safras 00/01, 01/02, 02/03 para São Paulo) = 79,8 ton/hectare/safra⁶⁸

➤ Taxa de valor adicionado (TVA)= 0,51⁶⁹

➤ Custos diretos de produção por hectare/ano⁷⁰ = R\$ 747,35

- Estimativa do ganho das 21 usinas na safra 2003/2004 com variedades modernas (se colhesse a área total):

$$92.534,58\text{ha} \times 79,8\text{ton/ha/safra} \times 38,09\text{R\$/ton} \times \text{TVA} = \text{R\$ } 143.445.886,30/\text{safra}$$

- Estimativa do ganho das 21 usinas na safra 2003/2004 sem variedades modernas, considerando a diferença no pol e na produtividade:

$$[(92.534,58 \times 79,8) - (0,04 \times 79,8 \times 92.534,58)] \times [38,09 - (0,06 \times 38,09)] \times \text{TVA} = \text{R\$}129.445.567,70/\text{safra}$$

- Impacto das Variedades Modernas nas 21 usinas em uma safra (considerando a diferença no pol e na produtividade):

⁶⁵ 21 empresas conveniadas ao PROCANA apresentaram seus dados de intenção de plantio para 2004 na Reunião do Grupo Fitotécnico em 25/11/2003.

⁶⁶ Valor médio para região oeste do Estado de São Paulo (onde está Ribeirão Preto e a maior parte das usinas conveniadas ao PROCANA). Fonte: CANAOESTE - ASSOCIAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

⁶⁷ Preços trazidos para valores de abril de 2004.

⁶⁸ Fonte: Grupo IDEA

⁶⁹ Taxa de valor adicionado média da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Estimada com base nos dados de custos de produção fornecidos pela CANAOESTE - ASSOCIAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

⁷⁰ Inclui preparo de solo, plantio e tratamentos culturais. Fonte: web.canaoeste.com.Br/custos_de_produção.htm. Dados de abril de 2004.

R\$ 143.445.886,30 - R\$ 129.445.567,70 = **R\$ 14.000.318,60/safra**

- Estimativa dos custos das 21 usinas em 2003 com variedades modernas:

$92.534,58\text{ha} \times 747,35\text{R\$/ha/ano} - (92.534,58\text{ha} \times 747,35\text{R\$/ha/ano} \times 0,012) =$
R\$68.325.849,74/ano

- Estimativa dos custos das 21 usinas em 2003 sem variedades modernas:

$92.534,58\text{ha} \times 747,35\text{R\$/ha/ano} = \text{R\$ } 69.155.718,36/\text{ano}$

- Impacto das variedades modernas sobre os custos:

R\$ 829.868,62/ano

- Impacto total das variedades modernas na safra 2003/2004:

$\text{R\$ } 14.000.318,60 + \text{R\$ } 829.868,62 = \text{R\$ } 14.830.187,22$

➤ Impacto das Variedades IAC nas 21 usinas na safra 2003/2004 (são responsáveis por 7% do impacto das variedades modernas): $\text{R\$ } 14.830.187,22 \times 0,07 = \text{R\$ } 1.038.113,10$

➤ Impacto para cinco cortes (safras 2003/2004, 04/05, 05/06, 06/07 e 07/08):
 $5 \times \text{R\$ } 1.038.113,10 = \text{R\$ } 5.190.565,53$

Os impactos das variedades IAC sobre as 21 usinas em uma safra (2003/2004) são representados nos gráficos abaixo.

Gráfico 6.4: Impacto das IAC sobre a pol e a TCH

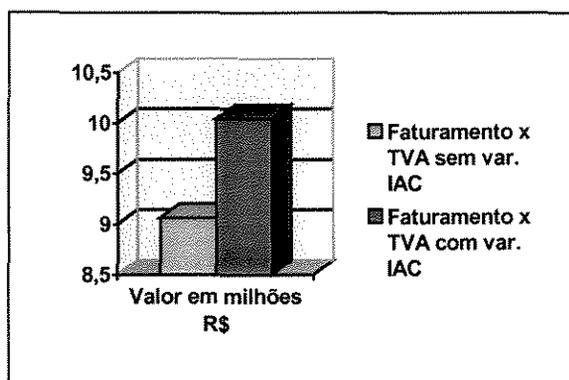
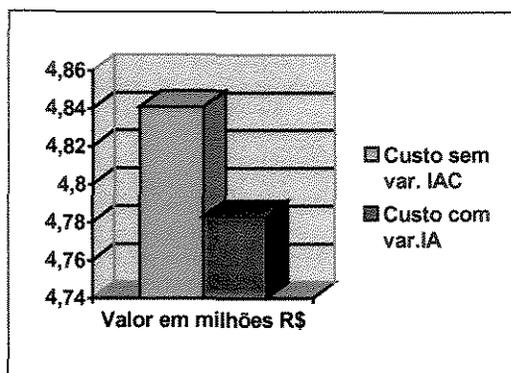


Gráfico 6.5: Impacto das IAC sobre o custo



VI.3- Comparação entre impactos diretos e indiretos e agregação do impacto

Tabela 6.1: Impactos diretos e indiretos do PROCANA

(valores em R\$ de abril/2004)

Período	Imp. Direto	Impacto Indireto					Total
	Variedades	Forrageira	AMBICANA	CAIANA	SANICANA	Total- <i>spinoffs</i>	
1 safra (03/04)	1.038.113,10	542.829,00	52.055.404,35	24.500,00	940.677,00	53.563.410,35	54.601.523,45
5 safras ⁷¹ (03/04 a 07/08)	5.190.565,53	542.829,00	259.294.388,40	122.500,00	4.652.677,00	264.612.394,40	269.802.959,93

Como se pode observar na tabela 6.1, os impactos indiretos do PROCANA foram bem maiores que os diretos. Mais especificamente, os indiretos foram 51 vezes maiores que os diretos. Mesmo com a quantificação de apenas uma parte dos impactos indiretos, esses já correspondem a 98% do impacto total, enquanto a inovação principal do programa é responsável por 2% do impacto. O maior impacto indireto observado foi devido ao AMBICANA, uma vez que este já teve tempo de gerar um grande aumento da produtividade e redução de custos nas usinas que o compraram. Além disso, no caso desse *spinoff*, os impactos foram calculados para todas as 15 usinas usuárias, pois elas já começaram a empregar os conhecimentos transmitidos por esse serviço. O impacto do AMBICANA representa 96% do impacto total e 98% do impacto indireto.

⁷¹ Foram extrapolados para cinco safras somente os impactos para os quais faz sentido tal extrapolação.

O impacto da cana forrageira sobre os pecuaristas poderá ser ainda maior que o do AMBICANA, mas ainda não é possível quantificar tal impacto pois os produtores não tiveram tempo suficiente para observar os efeitos. Segundo os testes realizados com o gado comparando a IAC86-2480 com outras variedades utilizadas como forrageiras, essa variedade mostra um aumento de produtividade do rebanho de 18% em relação às outras. Até o momento, perto de oito mil pecuaristas de diversas regiões do Brasil compraram essa cana forrageira e a demanda continua crescendo. Com a difusão que está sendo atingida por esta variedade, o potencial de impacto econômico, em termos de aumento de produtividade e redução de custos, para os pecuaristas é bastante alto.

O impacto das variedades IAC (impacto direto) não é de grande magnitude devido à pequena área que essas variedades ocupam no Estado de São Paulo, mas, conforme essas variedades forem sendo difundidas, o impacto se ampliará e poderá ter grande relevância em relação às outras variedades modernas (desenvolvidas pela Copersucar e pela UFSCar).

O CAIANA gerou redução de custos na gestão do PROCANA mas, como seu impacto econômico se reflete somente no IAC, apresenta retornos de pequena magnitude.

O impacto do SANICANA foi mensurado em uma única usina e pode-se perceber que ele tem um alto potencial de gerar retornos econômicos. Porém, este serviço não foi muito difundido para outras usinas, o que restringe a magnitude do impacto econômico do mesmo.

Na tabela abaixo, apresentamos o montante do impacto indireto que pode ser atribuído às capacitações geradas pelo PROCANA. Ou seja, pode-se dizer que a capacitação relacional criada pelo programa (impacto 0,96⁷²) gerou um resultado econômico de R\$ 105.217.392,70; a capacitação organizacional devida ao programa (impacto 0,84) gerou um resultado econômico de R\$ 27.576.482,05, e a capacitação C&T (impacto 0,60) gerou um resultado de R\$ 27.395.289,66.

Tabela 6.2: Impactos indiretos do PROCANA divididos por capacitação⁷³

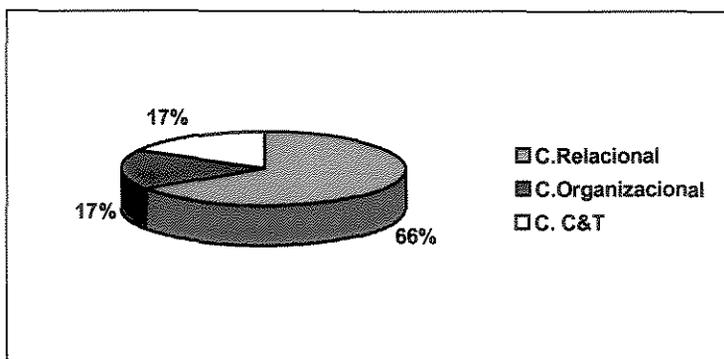
(valores em R\$ de abril/2004)

Capacitação	Impacto Indireto				
	Forrageira	AMBICANA	CAIANA	SANICANA	Total
Relacional	97.709,20	103.717.755,40	6.125	1.395.803,10	105.217.392,70
Organizacional	189.990,15	25.929.438,80	61.250	1.395.803,10	27.576.482,05
C&T	146.563,80	25.929.438,80	16.537,5	1.302.749,56	27.395.289,66
Total	434.263,15	155.576.633	83.912,5	4.094.355,76	160.189.164,4

⁷² Conforme foi explicado no capítulo IV.

⁷³ Extrapolados para cinco safras (somente quando fazia sentido tal extrapolação).

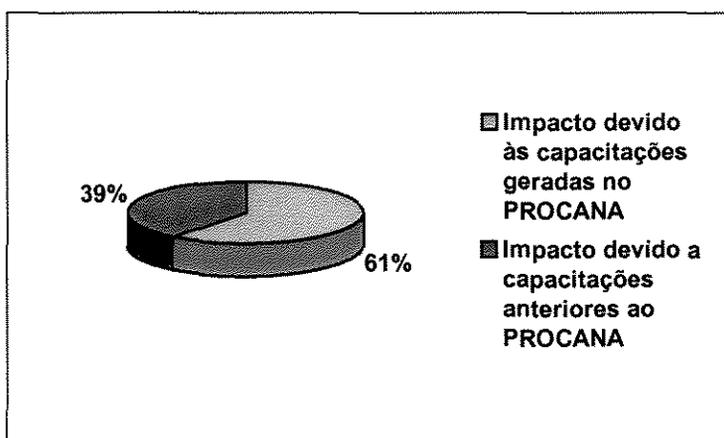
Gráfico 6.6: Participação das capacitações na criação dos impactos indiretos



Como fica claro no gráfico 6.6, as três capacitações foram importantes na criação dos impactos indiretos, porém, a capacitação relacional se destaca porque ela teve grande participação na geração do AMBICANA, que é o *spinoff* que apresentou maior impacto até o momento. Tal resultado é condizente com a mensuração das capacitações explicada no capítulo IV, na qual a capacitação relacional da equipe de pesquisa foi a que sofreu maior impacto pelo PROCANA (0,96).

O gráfico 6.7 mostra que 61% do impacto indireto total (R\$ 264.612.394,40) pode ser atribuído às capacitações criadas pelo PROCANA, ou seja, R\$ 160.189.164,40 é devido a elas. E 39% do impacto é devido a competências que foram formadas anteriormente ao programa.

Gráfico 6.7: Contribuição das capacitações geradas pelo PROCANA



A tabela 6.3 mostra a relação impacto/custo do PROCANA. O custo total do programa até o ano de 2004 foi de R\$ 19.471.582,00⁷⁴. Os impactos econômicos criados pelo PROCANA foram 13,86 vezes maiores que os custos, sendo que os impactos indiretos foram os grandes responsáveis por esse retorno dos investimentos neste programa (13,6). Se seguissemos uma metodologia de avaliação tradicional, que considera somente os impactos diretos, encontraríamos um retorno muito baixo do investimento neste programa (0,27).

Separando somente o impacto que pode ser atribuído às capacitações criadas pelo programa, temos uma relação impacto/custo de 8,23. Ou seja, o programa de pesquisa, durante a sua execução, criou resultados intermediários na forma de capacitações, e essas, ao serem aplicadas em outras finalidades, geraram um impacto econômico nove vezes maior que o valor investido no programa.

Tabela 6.3: Relação Impacto sobre Custo do PROCANA

Impacto Direto/ Custo	Impacto Indireto/ Custo	Impacto Total/ Custo	Impacto das Capacitações/ Custo
0,27	13,6	13,86	8,23

E é importante ressaltar que a quantificação realizada nesta tese deve ser considerada uma estimativa conservadora dos impactos do programa, uma vez que nem todos os impactos puderam ser mensurados, que só foram extrapolados os impactos que tinham uma grande probabilidade de se concretizar e que, no exercício de quantificação, foi considerado sempre o menor valor das faixas estimadas pelos entrevistados.

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que, apesar do PROCANA ter apresentado um baixo impacto direto, os investimentos realizados neste programa tiveram um ótimo retorno e o gasto público foi plenamente justificado graças aos impactos indiretos.

Deve-se destacar que o programa ainda não teve tempo de gerar impactos diretos significativos, mas é possível que no futuro estes impactos venham a superar os impactos indiretos.

No momento presente (outubro de 2004), a avaliação positiva do PROCANA só é possível graças à análise dos resultados indiretos e intermediários, o que mostra que a

⁷⁴ Em valores de abril de 2004.

incorporação de tais resultados nas avaliações dos investimentos em P&D é fundamental para se apreender o real impacto e a verdadeira importância dos programas de P&D. Como ficou claro, a análise dos impactos indiretos pode mudar completamente a avaliação que seria feita do programa se fossem considerados somente os impactos diretos, como normalmente é feito nas metodologias de avaliação.

CONCLUSÃO

Os objetivos propostos nesta tese – desenvolver uma metodologia de avaliação de impactos de programas de P&D que incorpore a análise dos *spinoffs* e das capacitações, aplicar essa metodologia no PROCANA e contribuir para a compreensão do processo de transformação do conhecimento em resultados econômicos – foram plenamente alcançados e colaboraram para a compreensão de aspectos importantes do processo inovativo e dos programas de P&D.

A metodologia BETA, que foi o ponto de partida da construção da metodologia desta tese, indicou os caminhos que poderiam ser explorados, uma vez que ela procura levar em consideração tanto os conhecimentos criados nas suas diversas formas (resultados codificados e também aqueles mais tácitos) quanto as mudanças na forma de agir das organizações. Porém, o papel das capacitações e o processo de transformação de conhecimentos em inovações não são explorados no trabalho do BETA. Partindo desta constatação, buscamos em outras abordagens ferramentas para nos ajudar na criação da tipologia das capacitações e do esquema para mapear as conversões do conhecimento em redes de inovação. Juntando as duas metodologias acima com a quantificação dos impactos da metodologia BETA, criamos uma ferramenta analítica capaz de contribuir para a compreensão do processo de transformação de capacitações e conhecimentos em resultados econômicos.

As três hipóteses propostas no início da tese foram comprovadas durante a aplicação da metodologia desenvolvida ao estudo de caso. Deve-se ressaltar que as hipóteses propostas e as conclusões a que chegamos são restritas a este estudo de caso. Outras avaliações deste tipo serão necessárias, tanto em programas agrícolas quanto em outros programas, para que as conclusões desta tese possam ser comprovadas e generalizadas.

A seguir, comentamos cada uma das três hipóteses.

Primeira hipótese: o programa de P&D gera, além da inovação, capacitações e resultados inesperados.

Através da tipologia das capacitações verificou-se que o PROCANA gerou impacto na criação de competências na equipe do IAC e nas usinas conveniadas. O impacto foi alto entre os pesquisadores (0,80) e baixo entre as usinas (0,31), pois estas têm uma participação mais passiva na execução da pesquisa. Nos dois grupos, a principal capacitação gerada foi a Relacional, pois

eles formaram uma rede de pesquisa que envolve os atores importantes do setor canavieiro – empresas produtoras, universidades, institutos de pesquisa etc. Dentro dessa rede, as trocas de conhecimentos foram intensas e as parcerias foram aprofundadas, gerando um ambiente de confiança e cooperação.

O PROCANA teve um alto impacto na Capacitação Organizacional do IAC. Isto pode ser explicado pelo fato do PROCANA iniciar uma nova linha de pesquisa em cana, numa nova forma de organizar a pesquisa, ou seja, este programa inaugurou um novo grupo de pesquisa dentro do IAC, o qual deu fôlego à área de cana-de-açúcar, que andava abandonada no Instituto.

A Capacitação Científica e Tecnológica teve impacto moderado tanto no IAC quanto nas usinas. Nos dois grupos, houve um importante aprendizado ocasionado pela forte interação pesquisadores/setor produtivo, o que aprofundou os conhecimentos dos pesquisadores sobre a relação tecnologia/usuário. O programa teve alto impacto na geração de infra-estrutura e na aprendizagem de conhecimentos críticos, o que mostra o papel fundamental dos programas de P&D na criação de recursos (físicos e humanos) que são cruciais para a condução de pesquisas no setor em questão.

As patentes e variedades e a produção científica tiveram impacto nulo para as usinas e baixo e moderado (respectivamente) para a equipe do PROCANA. Tal resultado, analisado por uma metodologia que considere apenas os produtos codificados da P&D, acarretaria uma avaliação pouco favorável para o caso estudado. Porém, a partir da presente metodologia, é possível avaliar o programa de maneira sistêmica e perceber que o baixo impacto na geração de resultados codificados (artigos e patentes/variedades) é contrabalançado pelo alto impacto na geração de resultados menos visíveis – conhecimentos tácitos, capacitações e competências. E, no caso da pesquisa agrícola, é importante observar que a criação de produtos acabados é um processo lento porque as tecnologias precisam ser testadas em diversos ambientes de produção e durante vários anos. Em relação à cana-de-açúcar, o desenvolvimento de uma variedade demora de oito a doze anos, e cada planta deve ser testada em várias regiões diferentes. O PROCANA tem nove anos de existência, tempo suficiente para gerar muitas capacitações e competências, mas ainda insuficiente para gerar resultados substanciais na forma de variedades plenamente caracterizadas.

Esses nove anos de existência do programa também foram suficientes para criar vários *spinoffs*. Foram identificados seis resultados inesperados gerados pelo PROCANA: duas

inovações de produto (Cana Forrageira e software CAIANA) e quatro inovações de processo (AMBICANA, SANICANA, RHIZOCANA e Método Biométrico).

Os resultados inesperados do PROCANA surgem da combinação de diversos fatores e conhecimentos e de uma forma bem diversa dos resultados esperados. Percebeu-se que a criação de *spinoffs* é um processo de tentativa e erro, experimental, que busca aproveitar alguma oportunidade vislumbrada graças ao programa de P&D. O mapeamento dos fluxos de conhecimentos mostra uma conjunção de fatores externos e internos ao programa que se combinaram de maneira imprevista e geraram o resultado inesperado. Não se trata de processos de desenvolvimento tecnológico, que seguem uma racionalidade científica, mas sim de uma série de eventos (demandas criadas, busca de parcerias...) e novas aplicações de conhecimentos (idéias combinadas, utilização de competências...) que ocorrem espontaneamente e sem uma ordem pré-estabelecida.

Muitas competências internas e externas ao PROCANA são combinadas no intuito de criar o *spinoff*. Mas estas competências não se combinam por acaso, pois há sempre um incentivo inicial que dá início ao processo de criação de um novo resultado. Os *spinoffs* surgem nas fases em que a caracterização é o processo predominante do PROCANA, ou seja, durante a explicitação de conhecimentos, quando muitos conhecimentos codificados podem ser acessados e aproveitados, contribuindo para a criação dos produtos inesperados.

É importante perceber que de seis *spinoffs*, cinco tiveram como impulso inicial a demanda, a qual surge e se expressa graças a capacitação relacional e visibilidade criada pela rede do PROCANA. Em quatro casos são os próprios participantes da rede (as usinas) que expressam uma demanda por novos serviços ou método, no quinto caso são atores externos que procuram os pesquisadores do PROCANA devido à reputação deste programa.

Em três dos seis casos, os pesquisadores do PROCANA buscam parceiros para realizar o novo projeto, ou seja, procuram complementar as suas competências com competências de outras instituições. Isto porque as novas empreitadas necessitam de algumas capacitações que fogem do escopo de capacitações do programa. Esta busca de parceiros também reflete o aprendizado organizacional do programa, que sempre buscou trabalhar em parcerias e em rede. Então, na constituição dos novos projetos, a busca de novos parceiros se torna uma rotina, uma forma de proceder peculiar a esta equipe.

É importante ressaltar que, além das capacitações servirem como uma ferramenta que possibilita que novos resultados sejam criados, elas são realimentadas durante o processo de gestação desses *spinoffs*.

Segunda hipótese: os spinoffs podem gerar impacto econômico tão ou mais importante que a inovação prevista.

Como foi mostrado no capítulo VI, os impactos indiretos do PROCANA foram bem maiores que os diretos. Mais especificamente, os indiretos (*spinoffs*) foram 51 vezes maiores que os diretos (inovação prevista). Mesmo com a quantificação de apenas uma parte dos impactos indiretos, esses já correspondem a 98% do impacto total, enquanto a inovação principal do programa é responsável por 2% do impacto. O maior impacto indireto observado foi devido ao AMBICANA, uma vez que este já teve tempo de gerar um grande aumento da produtividade e redução de custos nas usinas que o compraram. Além disso, no caso desse *spinoff*, os impactos foram calculados para todas as 15 usinas usuárias, pois elas já começaram a empregar os conhecimentos transmitidos por esse serviço. O impacto do AMBICANA representa 96% do impacto total e 98% do impacto indireto.

Os impactos econômicos totais criados pelo PROCANA foram 13,86 vezes maiores que os custos, sendo que os impactos indiretos foram os grandes responsáveis por esse retorno dos investimentos neste programa (13,6). Se seguissemos uma metodologia de avaliação tradicional, que considera somente os impactos diretos, encontraríamos um retorno muito baixo do investimento neste programa (0,27).

E é importante lembrar que a quantificação realizada nesta tese deve ser considerada uma estimativa conservadora dos impactos do programa, uma vez que nem todos os impactos puderam ser mensurados, que só foram extrapolados os impactos que tinham uma grande probabilidade de se concretizar e que, no exercício de quantificação, foi considerado sempre o menor valor das faixas estimadas pelos entrevistados.

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que, mesmo que o PROCANA não tivesse atingido os objetivos a que se propôs, os investimentos realizados neste programa teriam um ótimo retorno e o gasto público seria plenamente justificado em um programa desse tipo.

Terceira hipótese: as capacitações criadas durante a execução do programa são a principal ferramenta para a criação dos spinoffs.

A avaliação revelou que 61% do impacto indireto total pode ser atribuído às capacitações criadas pelo PROCANA, e 39% do impacto é devido a competências que foram formadas anteriormente ao programa.

As três capacitações foram importantes na criação dos impactos indiretos, porém, a capacitação relacional se destaca porque ela teve grande participação na geração do AMBICANA, que é o *spinoff* que apresentou maior impacto até o momento. Tal resultado é condizente com a mensuração das capacitações explicada no capítulo IV, na qual a capacitação relacional da equipe de pesquisa foi a que sofreu maior impacto pelo PROCANA (0,96).

A capacitação relacional criada pelo programa (impacto 0,96) gerou um resultado econômico de R\$ 105.217.392,70; a capacitação organizacional devida ao programa (impacto 0,84) gerou um resultado econômico de R\$ 27.576.482,05, e a capacitação C&T (impacto 0,60) gerou um resultado de R\$ 27.395.289,66.

Separando somente o impacto que pode ser atribuído às capacitações criadas pelo programa, encontramos um quociente impacto/custo de 8,23. Ou seja, o programa de pesquisa, durante a sua execução, criou resultados intermediários na forma de capacitações, e essas, ao serem aplicadas em outras finalidades, geraram *spinoffs* que apresentam um impacto econômico nove vezes maior que o valor investido no programa.

A aplicação do conjunto de metodologias desenvolvido na tese ao PROCANA mostrou que este programa gerou impactos bastante altos tanto na criação de capacitações quanto na parte econômica. A metodologia desenvolvida foi capaz de criar a ponte entre competências e resultado econômico, de tal forma que pudemos dizer quanto do impacto econômico é devido a cada capacitação. Esse tipo de análise vem reafirmar o conceito de que as competências são recursos das organizações e, como recursos, geram um retorno econômico que, como mostramos nesta tese, pode e deve ser mensurado.

O mapeamento das conversões do conhecimento na criação dos *spinoffs* lançou algumas luzes sobre os fatores que contribuem para o surgimento desse fenômeno. A proximidade do instituto de pesquisa com os usuários da sua tecnologia foi o principal fator gerador do impulso inicial para a criação dos *spinoffs*. Outro aspecto que pôde ser observado é que os *spinoffs* são,

sobretudo, novas combinações de conhecimentos já existentes no programa e não a criação de novos conhecimentos. Foi importante também a estratégia do programa de aproveitar as suas capacitações para responder às oportunidades apresentadas pela demanda e, dessa forma, encontrar novas fontes de financiamento.

Para enfrentar a concorrência com dois programas maiores (Copersucar e UFSCar) e a insuficiência do financiamento estatal, o PROCANA criou uma estratégia para garantir a sua sobrevivência baseando-se numa nova maneira de organizar a pesquisa, que rompeu com o modelo tradicional que imperava no IAC. Este programa criou um estilo de organização flexível e dinâmico, que busca responder rapidamente às demandas reveladas pelos usuários e ocupar nichos que não são explorados pelos programas concorrentes. Essa nova maneira de organizar e gerenciar o programa foi criada de modo intuitivo e empírico, baseado nas habilidades do coordenador do PROCANA e dos pesquisadores. Um dos resultados dessa estratégia de sobrevivência foi a grande propensão à geração de *spinoffs* pelo programa, como podemos verificar nesta tese.

Como ficou claro, a análise dos impactos indiretos mudou completamente a avaliação que seria feita do PROCANA se fossem considerados somente os impactos diretos, como normalmente ocorre nas metodologias de avaliação. Isso mostra que a análise dos resultados intermediários – como capacitações e conhecimentos – e dos resultados indiretos é tão importante para a avaliação de programas de P&D quanto a avaliação dos impactos da inovação gerada. A incorporação desses resultados à análise é fundamental para se apreender o real impacto e a verdadeira importância dos programas de P&D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANCORI, B., BURETH, A., COHENDET, P.. The Economics of Knowledge: The debate between Codified and Tacit Knowledge. **Industrial and Corporate Change**, v.9, n.2, p. 255-87, 2000.
- AMIN, A. & COHENDET, P.. **Architectures of Knowledge: Firms, Capabilities and Communities**. Oxford, UK, Oxford University Press, 2003
- ARROW, K. J.. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: Rosenberg, N. (ed.) **The economics of technical change**. Londres: Penguin Books, 1962a.
- ARROW, K. J.. The economic implications of learning by doing. **Review of Economic Studies**, jun. 1962b
- BACH, L. et al.. Evaluation of the economic effects of Brite-Euram programs on the European industry. In: **Anais EUNETICS Conference: Evolutionary economics of technological change: Assessment of results and new frontiers**, Strasbourg, p. 971-996, 1994.
- BACH, L., COHENDET, P., LAMBERT, G., LEDOUX, M.J.. Measuring and Managing Spinoffs: The case of the spinoffs generated by ESA programs. **Space Economics**, v. 144, p. 171-206, 1992.
- BACH, L., FURTADO, A.T., LAMBERT, G.. Variété des programmes de R&D, variété des méthodes d'évaluation, variété des effets économiques – quelques enseignements tirés de l'application de la méthode du BETA à différents programmes de R&D. in: **Workshop Avaliação de Programas Tecnológicos e Instituições de P&D**, Textos para Discussão, n. 29, DPCT/IG/UNICAMP, p. 10-43, 1999.
- BACH, L.. Emerging common knowledge about the evaluation of public R&D programmes in the context of European Union programmes. Seminário DPCT/IG/UNICAMP, Campinas, jul. 2001 (mimeo)
- BESSANT, J., CAFFYN, S. e GYLBERT, J.. Learning to Manage Innovation. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 8, n. 1, p. 59-70, 1996.
- BIELOUS, G. D.. **From knowledge accumulation to strategic capabilities: knowledge management in a mexican glass firm**. Tese (doutorado), Science Policy Research Unit, University of Sussex, 1998.
- BOZEMAN, B., DIETZ, J.S.. **Scientific and Technical Human Capital: An Alternative Model for Research Evaluation**, School of Public Policy, Georgia Institute of technology, Atlanta, 1999
- BOZEMAN, B. & KLEIN, H.. The Case Study as Research Heuristic: Lessons from the R&D Value Mapping Project. **Evaluation and Program Planning**. v. 22 (1), p. 91-103, 1999.

BOZEMAN, B. & ROGERS, J.D.. **Information Use as a Criterion for Knowledge Value: Tools for Evaluating Knowledge Production Activities. Assessing Economic and Social Impacts of Basic Research Sponsored by the Office of Basic Energy Sciences.** School of Public Policy, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2000.

CALLON, M.. The dynamics of techno-economic networks. in: Coombs, R., Saviotti, P. e Walsh, V. (ed.), **Technological change and company strategies: Economic and sociological perspectives**, 1994

CALLON, M.. After the individual in society: Lessons on collectivity from science, technology and society. **Canadian Journal of Sociology**, v.22, n.2, p. 165-82, 1997

CAMPOS, A. L. S.. **Identificação de impactos econômicos a partir da pesquisa acadêmica: Um estudo de projetos temáticos da FAPESP.** Dissertação (mestrado em Política Científica e Tecnológica), IG, UNICAMP, Campinas, 1999.

CHANDLER, A.D.. **Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism.** Cambridge: Belknap Press, 1990.

CHRISTENSEN, J.F.. Analysing the Technology base of the firm: a multi-dimensional resource and capability perspective. in: **EUNETICS Conference**, Evolutionary economics of technological change: Assessment of results and new frontiers, Strasbourg, v. 3, p. 1715-1740, 1994.

COHEN, W. M. and LEVINTHAL, D. A.. Innovation and learning : the two faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, p. 569-596, set. 1989

COHENDET, P. & LLERENA, P.. La conception de la firme comme processeur de connaissances. **Revue d'économie industrielle**, n. 88, p. 211-235, Paris, 1999.

COHENDET P. & MEYER-KRAHMER, F.. The theoretical and policy implications of knowledge codification. **Research Policy**, v. 30, p. 1563-1591, 2001

CUNNINGHAM, P., GLYNN, S. & GEORGHIOU, L. (eds.) Evaluation of the National Research and Development Programme for Medical and Welfare Devices. Policy Research in Engineering Science and Technology PREST, University of Manchester, 2003

DAVENPORT, T. H. & PRUSAK, L.. **Working knowledge: how organizations manage what they know.** Boston: Harvard Business School Press, 1998.

DAVID, P.A. and FORAY, D.. Accessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base. in: **Special Issue on Innovation and Standards**, STI review, n. 16, Paris, 1995.

DOSI, G. & MALERBA, F.. Organizational learning and institutional embeddedness. in Dosi, G. & Malerba, F. (eds.), **Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise**, Londres: MacMillan, 1996.

DOSI, G.. Technological paradigms and technological trajectories: the determinants of technical change and the transformation of the economy. in: Freeman, C. (ed.). **Long Waves in the World Economy**. Londres: Frances Pinter, 1984.

DOSI, G.. The nature of the innovative process, in: Dosi, G., Freeman, C. et al. (eds.), **Technical change and Economic Theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

EVENSON, R.. International Diffusion of Agrarian Technology. in **The Journal of Economic History**, v. 34, n. 1, mar. 1974

FORAY, D. and LUNDEVALL, B.A.. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. **Employment and Growth in the knowledge-based economy**. OECD, Paris, 1996.

FURTADO, A. & FREITAS, A.G.. Nacionalismo e Aprendizagem no Programa de Águas Profundas da Petrobrás. **Revista Brasileira de Inovação**. v. 3, n. 1, jan./jun. 2004

FURTADO, A.T., SUSLICK, S.B., PEREIRA, N.M., FREITAS, A.G., BACH, L.. Assessment of direct and indirect effects of large technological programmes: Petrobrás Deepwater Programme in Brazil. **Research Evaluation**, v. 8, n. 3, dez. 1999.

GEOPI, **Relatório Final de Atividade do Programa de Políticas Públicas da FAPESP: Projeto: Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa**. Campinas, IG/Unicamp. 2003.

GEORGHIOU, L., RIGBY, J., CAMERON, H (eds.) Assessing the Socio-economic Impacts of the Framework Programme (ASIF). Policy Research in Engineering Science and Technology PREST, University of Manchester, 2005

GEORGHIOU, L & ROESSNER, J.D.. Evaluating Technology Programs: Tools and methods. **Research Policy**. v.29, nos.4-5, p. 657-677, abr. 2000

GRILICHES, Z.. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth, **Bell Journal of Economics**, v. 10, p. 92-116, 1979.

HASEGAWA, M.. A criação, circulação e transformação do conhecimento em redes de inovação: o Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar do IAC. Dissertação (mestrado em Política Científica e Tecnológica), IG, UNICAMP, Campinas, 2001.

HERTZFELD, H.. Measuring the Returns to Space Research and Development. In H.Hertzfeld and J. Greenberg, eds. **Space Economics**. Washington: American Institute of Astronautics, 1992.

JAFFE, A.. Real effects of academic research. **American Economic Review**, Nashville, v. 79, dez. 1989.

KIM, L.. Building Technological Capability for Industrialization: Analytical frameworks and Korea's experience. **Industrial and Corporate Change**, v. 8, n. 1, 1999.

- KINGSLEY, G. & MELKERS, J.. Value mapping social capital outcomes in state research and development programs. **Research Evaluation**, v. 8, n. 3, dez. 1999
- KLINE, S. & ROSENBERG, N.. An overview of innovation. in: Landau, R. & Rosenberg, N. (eds.), **The positive sum strategy**. Washington: National Academy of Press, 1986.
- LANDELL, M.G.A. e ALVAREZ,R.. Cana-de-açúcar. in Furlani (ed.), **O Melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico**. Instituto Agrônômico, Campinas, 1993.
- LANDELL, M.G.A.. Novas variedades IAC – Seleção direcionada para produtividade e colheita mecanizada. **Revista da STAB**, v. 18, n. 3, jan/fev. de 2000.
- LEONARD-BARTON, D.. Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development, **Strategic management journal**, v.13, special issue Summer, p.111-125, 1992.
- LUNDEVALL, B.A. & BORRÁS, S.. The globalising learning economy: Implications for innovation policy. **Targeted socio-economic research**, European Commission, Luxembourg: Official Publications of the European Communities, 1997.
- LUNDEVALL, B.A. & JOHNSON, B.. The Learning Economy, **Journal of Industry Studies**, v. 1, n. 2, 1994.
- MALERBA, F. & ORSENIGO, L.. Knowledge, Innovative Activities, and Industry Evolution. **Industrial and Corporate Change**, v. 9, n. 2, p. 289–314, 2000
- MARTIN, B. et al.. The relationship between publicly funded basic research and economic performance. Estudo preparado para HM Treasury (mimeo), 1996.
- MELLO, D. L.. Análise de processos de reorganização de institutos públicos de pesquisa do Estado de São Paulo, tese (doutorado em Política Científica e Tecnológica), UNICAMP, IG, Campinas, 2000.
- MUNIER, F.. Competences pour Innover et Politiques Publiques: Une Nouvelle Orientation des Politiques Publiques d'Aides a Innovation sur la Base d'une Enquête Française, **V Colloque International d'Economie Publique Appliquée**, UBO-ENST Bretagne, Brest, 10 e 11 jun, 1999a.
- MUNIER, F.. Size of the firms and relational competencies: evidence from French industrial firms. BETA, UMR CNRS n. 7522, Strasbourg, 1999b.
- NAHAPIET, J. & GHOSHAL, S.. Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. **Academy of Management Review** , v. 22, n.2, p.242-266, 1998
- NELSON, R. & WINTER, S.. **An evolutionary theory of economic growth**. Cambridge, Mass: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

NELSON, R. R. & ROMER, P.. Science, economic growth, and public policy. in Smith, B.L.R. and Barfield, C.E. (eds.) **Technology, R&D, and the Economy**. Washington: Brookings Institute, 1996.

NONAKA, I. e TAKEUCHI, H.. **Criação de conhecimento na empresa** – Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Campus, 2 ed., 1997.

OCDE. **Technology and Economy – The Key Relationships**, OCDE, Paris, 1992.

OCDE. **The knowledge-based economy**. OCDE/GD(96)102, Paris, 1996.

PENROSE, E.. **The theory of the growth of the firm**. Oxford University Press, 1959.

POLANYI, M.. **Personal Knowledge: towards a post-critical philosophy**. London, Melbourne and Henley: Routledge & Kegan Paul, 1958.

POLANYI, M.. **The Tacit Dimension**. Garden City, New York: Doubleday Anchor Book, 1966.

PRAHALAD, C.K. e HAMEL, G.. The core competence of the corporation. **Harvard Business Review**, v. 68, Maio-Jun. 1990.

SALLES-FILHO, S. (coord.) **Ciência, tecnologia e inovação: A reorganização da pesquisa pública no Brasil**. Campinas: Komedi, 2000, 416 p.

SALTER, A. & MARTIN, B.R.. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. **Research Policy**, v. 30, n. 3, p. 509-532, 2001

TEECE, D.J. e PISANO, G.. The dynamic capabilities of firms: an introduction. In Dosi, Teece e Chytry (eds.) **Technology, organisation and Competitiveness**. Oxford University Press, 1988.

TEECE, D.J.. Profiting from Technological Innovation: Implication for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy. **Research Policy**, v. 15, p. 285-305, 1986.

TEECE, D.J.. Technology change and the nature of the firm. In Dosi et alii. (eds.) **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988

TREINAMENTO PROCANA. Terceiro Treinamento, Instituto Agrônômico, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo, 1998

BIBLIOGRAFIA

BOZEMAN, B. & ROGERS, J.D.. Basic Research and the Success of Federal Lab-Industry Partnerships. **Journal of Technology Transfer**, v. 22 (3), p. 37-48, 2000.

FRANSMAN, M.. Technological Capability in the Third World: an Overview and Introduction to some of the issues raised in this book, in Fransman, M. & King, K. (eds.), **Technological Capabilities in the Third World**, MacMillan, Londres, 1984

LALL, S.. Technological capabilities, in Salomon, J., Sagasti, F. e Sachs-Jeantet, C. (eds.), **The uncertain quest: Science, technology, and development**, United Nations University Press, Tóquio, 1994

LUNDVALL, B.A. & NIELSEN, P.. Competition and transformation in the learning economy, illustrated by the Danish Case. **Revue d'économie industrielle**, n. 88, p. 67-89, Paris, 1999.

LUNDVALL, B.A.. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. in Dosi, G. et alii (eds.), **Technical Change and Economic Theory**, Londres: Pinter Publishers, 1988.

MAIRESSE, J. & MOHNEN, P.. R&D and productivity growth: what have we learned from econometric studies? In: **Anais Eunetic Conference- Evolutionary Economics of Technical Change: Assessment of Results and New Frontiers**, v. 2, Strasbourg, p.817-888, 1994.

MANSFIELD, E. & MANSFIELD, E. (eds.) **The Economics of technical change**, Aldershot: Elgar Publishers, 1994.

MANSFIELD, E.. Academic research and industrial innovation. **Research Policy**, Amsterdam, v. 20, n. 1, fev. 1991.

MANSFIELD, E.. Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics and financing. **The Review of Economics and Statistics**, v. 77, n. 1, jan. 1995.

MARTIN, B.. The use of multiple indicators in the assessment of basic research **Scientometrics**, Oxford, v. 36, n.3, jul-ago 1996.

MOWERY, D. & ROSENBERG, N.. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies, reimpresso em Rosenberg, N. (1982), **Inside the black box – technology and economics**, Cambridge University Press, 1979.

PAVITT, K.. What makes basic research economically useful? **Research Policy**, Amsterdam, vol. 20, n. 2, abr. 1991

ROSENBERG, N.. **Inside the black box – technology and economics**. Cambridge University Press, 1982

SZMRECSÁNYI, T.. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, SP, v. 24, n.10, out. 1994

WILLIANSO, O.E.. **Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications**. New York: The Free Press, 1975.

WINTER, S.G.. Conhecimento e Competência como Ativos Estratégicos, in Klein, D.A. (ed.), **A gestão estratégica do capital intelectual** – Recursos para a Economia baseada em conhecimento, Qualitymark, 1987.

ANEXO 1: Planilha explicativa dos Indicadores de Capacitação

Indicador	Questões	Medida	Impacto
Capacitação Relacional			
Capacitação em Redes de P&D			
1. <i>Know-who</i> (capacidade de saber quem sabe fazer o que e de ter acesso a esses atores)	O <i>know-who</i> aumentou ou diminuiu a partir do programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de se relacionar com o ambiente externo
2. Novas parcerias (estabelecimento de novas parcerias)	Passou a se relacionar com parceiros que não se relacionava antes do programa? Qual foi a variação?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de formar redes e de se relacionar com o ambiente externo
3. Compartilhamento de hardware (utilização conjunta ou empréstimo de equipamentos e instalações entre os parceiros)	O compartilhamento de hardware com os parceiros de P&D variou depois do programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de interagir positivamente com parceiros externos
4. Reuniões de P&D (frequência de reuniões entre os parceiros)	Costuma fazer reuniões com os parceiros (tanto em grupos estabelecidos quanto esporádicas) a partir do programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de formar redes e de se relacionar com o ambiente externo
5. Confiança nos parceiros (confiança na capacidade dos parceiros)	Você confia na capacidade dos seus parceiros deste programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de formar redes convergentes
Visibilidade e relações comerciais			
6. Novos mercados e fornecedores (acesso a novos mercados e fornecedores devido ao programa)	Sua empresa teve acesso a novos clientes ou fornecedores devido à sua participação neste programa? Qual foi a variação?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Reputação do programa influenciando nas relações comerciais

7. Reputação/visibilidade (aumento da visibilidade e da reputação da instituição devido ao programa)	Os parceiros comerciais e outros agentes econômicos passaram a confiar mais na sua capacidade devido a sua participação no programa? Ou seja, o programa aumentou (ou diminuiu) a visibilidade da sua empresa/instituição?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Melhoria na reputação e visibilidade da instituição
8. Relações comerciais (melhoria das relações comerciais com clientes e fornecedores)	As relações comerciais passaram a ser mais rápidas e fáceis por causa da reputação do programa? Essas relações melhoraram ou pioraram?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Reputação do programa influenciando nas relações comerciais
9. Fontes de financiamento (acesso a novas fontes de financiamento)	Encontrou novas formas e/ou fontes de financiamento graças ao programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de obter fontes de financiamento
Capacidade de Transferência			
10. Transferência de Conhec. Tácitos (capacidade de trocar conhecimentos tácitos, socializar)	Em comparação com o passado, você aumentou (ou diminuiu) a transferência de <i>know-how</i> (tácito) neste programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de transferir conhecimentos
11. Transferência de Conhec. Codificados (capacidade de trocar informações e dados codificados)	Em comparação com o passado, você aumentou (ou diminuiu) a transferência de conhecimentos codificados neste programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de transferir conhecimentos
Capacitação Organizacional			
Organização			
12. Trabalho em times multi-funcionais (aumento da multifuncionalidade e da interdisciplinaridade das equipes de trabalho)	A partir do programa vocês passaram a trabalhar mais em times multi-funcionais? Qual foi a variação?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Flexibilidade e capacidade de integração dos RH
13. Agentes integradores (aumento do número de pessoas que fazem a ponte entre as equipes de trabalho)	Há pessoas que fazem a ponte entre um time e outro (internamente) dentro do grupo que participa deste programa de pesquisa? O número de agentes integradores variou graças ao programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Capacidade de integração dos RH

14. Mudanças organizacionais (tais como: nova forma de organizar a pesquisa, novas disciplinas, mudanças na organização do trabalho)	Em decorrência da aprendizagem organizacional com o programa, ocorreram transformações estruturais na sua instituição?	IAC: novas áreas de pesquisa=1, nova forma de organizar a pesquisa=2. Usinas: novas funções=1, mudança na organização do trabalho=1 ⁷⁵	Melhoria na organização da instituição
Métodos			
15. Novos métodos de gestão (adoção de novos métodos de gestão)	Adotou novos métodos de gestão em sua instituição graças à aprendizagem organizacional com o programa? Qual foi a variação em relação aos métodos que possuíam antes?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Melhoria na organização da instituição
16. Novos métodos de qualidade (adoção de novos métodos de qualidade)	Adotou novos métodos de qualidade em sua instituição graças à aprendizagem organizacional com o programa? Qual foi a variação em relação aos métodos que possuíam antes?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Melhoria na organização da instituição
Capacitação em C&T			
Hardware			
17. Instalações e equipamentos para P&D (ampliação das instalações ou aquisição de equipamentos para P&D)	Houve, em sua instituição, criação de um novo Laboratório ou instalações de pesquisa ou melhoramento de existentes em decorrência deste programa?	Laboratório novo=3 ou Equipamentos novos=1, Aumento da área de experimentação= 1 (pouco) ou 2 (muito) ⁷⁶	Melhoria nos recursos usados para P&D
Geração de conhecimentos			
18. Aprendizagem de conhecimentos críticos (aprendizagem de conhecimentos)	Aprendeu conhecimentos novos importantes por causa da sua participação no programa? Qual foi a variação?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Aumento da capacidade de absorção e de criação dos RH

⁷⁵ Esclarecendo: segundo os especialistas, para o ator IAC (instituto público de pesquisa), a criação de uma nova área de pesquisa representa um impacto baixo do programa (1); se o programa resultar numa nova forma de organizar a pesquisa dentro do instituto, o impacto seria moderado (2); se as duas coisas acontecerem, o impacto seria alto (1+2 = 3). Para o ator usinas de cana, a criação de uma nova função dentro da empresa representa um impacto baixo (1); uma mudança na organização do trabalho graças ao aprendizado com o programa representa um impacto baixo (1); se três mudanças dos tipos acima ocorrerem obter-se-á o impacto máximo (3).

⁷⁶ Segundo os especialistas, tanto para o IAC quanto para as usinas, a criação de um laboratório novo graças ao programa representaria um impacto alto (3); um pequeno aumento na área usada para experimentos representaria um impacto baixo (1) e, um grande aumento nessa área, um impacto moderado (2). Se todas as coisas acontecerem juntas, o impacto não passará, obviamente, de 3.

importantes para a execução da P&D)			
19. Diversidade dos conhecimentos (diversidade dos conhecimentos críticos aprendidos)	Aumentou o número de áreas do conhecimento que vocês dominam graças ao programa? Ou diminuiu por conta de uma maior concentração em alguma área?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Aumento da capacidade dos RH e maior capacidade de diversificação na instituição
20. Patentes e variedades (número de patentes e variedades lançadas pela instituição)	Quantas patentes ou variedades foram lançadas graças ao programa?	3 patentes ou variedades/ano=3 2 patentes ou variedades/ano=2 1 patente ou variedade/ano=1 ⁷⁷	Capacidade de gerar tecnologias
21. Produção Científica (número de artigos e teses produzidos pela equipe do programa por ano)	Quantos artigos, publicações, teses foram gerados pelo programa?	1 a 3 artigos/ano=1 4 a 6 artigos/ano=2 7 ou mais=3 ⁷⁸	Capacidade de produzir conhecimentos científicos
Capacidade de Absorção			
22. Participação congressos/ treinamentos (número de congressos e treinamentos assistidos por ano)	Aumentou ou diminuiu sua participação em congressos e/ou treinamentos devido ao programa? Em caso afirmativo, quantos congressos e treinamentos por ano?	2 congres. + 4 trein.=3, 1 congres.+ 2 trein.=2, 2 congres. + 1 trein.=2, 1 congres. + 1 trein.=1 ⁷⁹	Aumento da capacidade de absorção e de criação dos RH
23. Dedicção a leituras (tempo dedicado ao estudo e leitura de livros e revistas)	Aumentou ou diminuiu o tempo dedicado a consultas de bases de dados, revistas e livros graças ao programa?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Aumento da capacidade de absorção e de criação dos RH
24. Absorção de conhecimentos externos (tempo dedicado ao estudo de tecnologias e métodos de outras instituições)	Graças ao programa, aumentou ou diminuiu o tempo dedicado ao estudo de uma tecnologia, equipamento, método, etc de outras empresas ou instituições?	Qualitativa. Entrevistado responde diretamente na escala.	Aumento da capacidade de absorção e de criação dos RH
Recursos Humanos			

⁷⁷ Obtenção de 3 patentes ou variedades/ano graças ao programa representa um alto impacto (3); 2 patentes ou variedades/ano= moderado impacto (2); 1 patente ou variedade/ano= baixo impacto (1).

⁷⁸ Publicação de 1 a 3 artigos/ano= baixo impacto (1); 4 a 6 artigos/ano= moderado impacto (2); 7 ou mais artigos/ano = alto impacto (3).

⁷⁹ Segundo os especialistas, tanto para o IAC quanto para as usinas, a participação do entrevistado em 2 congressos + 4 treinamentos representaria um impacto alto (3); 1 congresso + 2 treinamentos = impacto moderado (2); 2 congressos + 1 treinamento = impacto moderado (2); 1 congresso + 1 treinamento = impacto baixo (1).

25. Alocação de RH (alocação de recursos humanos no programa)	Quantas pessoas foram alocadas para este programa? Qual a qualificação dos RH? Quantas horas/mês eles dedicam para este programa?	n doutores ($n \times 4 \times h / 40$) + n mestres ($n \times 3 \times h / 40$) + n graduados ou técnicos ($n \times 2 \times h / 40$) = Soma para IAC: 0 a 19 = 1, 20 a 49 = 2, 50 e ≥ 3 Soma para empresas: 0 a 7 = 1, 8 a 12 = 2, 13 e ≥ 3 ⁸⁰	Massa crítica do programa
---	---	--	---------------------------

⁸⁰ Segundo os especialistas, os doutores têm peso 4 num programa, por isso expressamos o seu “valor” através da fórmula: número de doutores multiplicado pelo peso 4 multiplicado pelo tempo semanal dedicado ao programa. Os mestres têm peso 3 e os graduados e técnicos têm peso 2. Calculando e somando o “valor” de cada tipo de RH empregado no programa, chegaremos a um número para o qual criamos faixas de conversão para a escala. Para o IAC: se o número estiver entre 0 e 19, o impacto é considerado baixo (1); entre 20 e 49 = impacto moderado (2); maior que 50 = impacto alto (3). Para as usinas: se o número estiver entre 0 e 7 = impacto baixo (1); entre 8 e 12 = impacto moderado (2); maior que 13 = impacto alto (3).

ANEXO 2: Passos para a elaboração do questionário

Após a construção da tipologia das capacitações e da árvore de critérios, o próximo passo foi a elaboração de um questionário para aplicar essa ferramenta metodológica no PROCANA. Neste ponto, colocou-se a necessidade de: i) definição de uma escala de medidas para os indicadores; ii) elaboração de perguntas (questionário) para mensuração dos indicadores e iii) definição dos atores a serem entrevistados.

i) Definição de uma escala de medidas para os indicadores. Dada a necessidade de mensurar a variação da capacitação devida ao programa de P&D, optou-se por uma escala que varia de -3 a +3. Deste modo, abriu-se a possibilidade de revelar a não variação pelo ponto 0 (zero) e a mensuração de quaisquer variações positivas ou negativas.

ii) Elaboração de perguntas para mensuração dos indicadores. O desafio foi elaborar perguntas que traduzam de maneira clara a intenção dos indicadores, de modo a reduzir o componente tácito do papel do entrevistador. A partir da planilha citada no capítulo 2, foi elaborado um questionário que, primeiramente, foi aplicado em dois pesquisadores do Procana. A experiência da aplicação e as respostas ao questionário indicaram que havia necessidade de melhoria das perguntas, de maneira que estas ficassem mais claras e objetivas, e de substituir medidas através de taxas por medidas através da escala, devido à dificuldade de se obterem os dados para criar as taxas. Optou-se pela utilização de perguntas (que traduzem os indicadores) qualitativas e quantitativas, assim, o questionário levanta alguns dados e informações numéricas e também capta a percepção do impacto pelo entrevistado. Após as modificações, o questionário foi aplicado na amostra de atores selecionados para entrevista.

iii) Definição dos atores a serem entrevistados. A avaliação da criação de capacitação diz respeito ao programa de pesquisa e aos atores que participam da execução do mesmo. Portanto, os pesquisadores e as pessoas que trabalham na execução da P&D devem ser o alvo das entrevistas. Com esta colocação em mente, foram realizadas reuniões com os pesquisadores do IAC para se definir a amostra de atores que seriam entrevistados. A amostra ficou composta de três pesquisadores do programa e sete usinas que participam ativamente do processo de desenvolvimento de novas variedades de cana (ver amostra na parte 2 da tese).

ANEXO 3: Questionário de levantamento de capacitações

Entrevistado:

Cargo:

Empresa:

Local:

Outras unidades:

Data: ___/___/___

Início: ___:___ Término: ___:___

Instruções para preenchimento:

- 1) Avaliar as mudanças ocorridas no intervalo de tempo entre o momento imediatamente anterior ao início do programa de pesquisa (t_0) e o momento presente (t_1).
- 2) As questões numeradas são de dois tipos. O primeiro tipo corresponde às perguntas qualitativas (escritas sem negrito), as quais devem ser respondidas de acordo com a percepção que o entrevistado tem do impacto sobre o componente descrito, baseando-se na tabela abaixo. O segundo tipo corresponde às perguntas quantitativas (escritas em negrito), as quais devem ser respondidas com dados numéricos.
- 3) As questões não numeradas são complementares e devem ser respondidas qualitativamente ou quantitativamente conforme a exigência.

Descrição	Coefficiente de alteração do componente (x)
grande aumento	+3
moderado aumento	+2
pequeno aumento	+1
não houve alteração	0
pequena diminuição	-1
moderada diminuição	-2
grande diminuição	-3

- Capacitação relacional

1. Variação do know-who.

O know-who (capacidade de saber quem sabe fazer o que e de ter acesso a esses atores) aumentou ou diminuiu a partir do programa/nova tecnologia?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

2. Implementação de novas parcerias a partir do programa/nova tecnologia.

Passou a se relacionar com parceiros que não se relacionava antes do programa/tecnologia? Qual foi a variação?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

Quantos novos parceiros?

3. Compartilhamento de equipamentos ou instalações (hardware) com os parceiros (IAC, usinas, universidade etc)

O compartilhamento de hardware com os parceiros de P&D variou depois do programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

4. Reuniões de P&D.

Costuma fazer reuniões com os parceiros (tanto em grupos estabelecidos quanto esporádicas) a partir do programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

Quantas reuniões por mês?

5. Confiança nos parceiros.

Você confia na capacidade dos seus parceiros (IAC, usinas etc) deste programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

6. Acesso a novos mercados e fornecedores a partir do programa.

Sua organização teve acesso a novos clientes ou fornecedores devido à sua participação neste programa e/ou uso desta tecnologia? Qual foi a variação?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

Quantos novos clientes e fornecedores?

7. Melhoria da reputação/ visibilidade devido ao programa.

Os parceiros comerciais e outros agentes econômicos passaram a confiar mais na sua capacidade devido a sua participação no programa? Ou seja, o programa/tecnologia aumentou (ou diminuiu) a visibilidade da sua empresa/instituição?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

8. Alteração nas relações comerciais devido a reputação dada pelo programa ou pela nova tecnologia.

As relações comerciais passaram a ser mais rápidas e fáceis por causa da reputação do programa? Essas relações melhoraram ou pioraram?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

9. Fontes de financiamento.

Encontrou novas formas e/ou fontes de financiamento graças ao programa? Qual foi a variação?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

10. Capacidade de transferência de conhecimentos tácitos.

Em comparação com o passado, você aumentou (ou diminuiu) a transferência de know-how (tácito) neste programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

11. Capacidade de transferência de conhecimentos codificados.

Em comparação com o passado, você aumentou (ou diminuiu) a transferência de conhecimentos codificados neste programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

- Capacitação organizacional

12. Intensidade de trabalhos em times multi-funcionais ou inter-disciplinares.

A partir do programa vocês passaram a trabalhar mais em times multi-funcionais? Qual foi a variação?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

13. Agentes de integração.

Há pessoas que fazem a ponte entre um time e outro (internamente) dentro do grupo que participa deste programa? O número de agentes integradores variou graças ao programa?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

14. Coeficiente de mudança na estrutura organizacional.

Em decorrência da aprendizagem organizacional com o programa, ocorreram transformações estruturais na sua instituição?

Mudanças organizacionais (dizer se houve alguma das mudanças abaixo):

- Novas disciplinas: Sim Não

- Novas áreas de pesquisa: Sim Não
- Nova forma de organizar a pesquisa: Sim Não
- Criação de novas funções na instituição: Sim Não
- Mudança na organização do trabalho: Sim Não

15. Adoção de novos métodos de gestão a partir do programa.

Adotou novos métodos de gestão em sua instituição graças à aprendizagem organizacional com o programa/nova tecnologia? Qual foi a variação em relação aos métodos que possuíam antes?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

16. Adoção de novos métodos de qualidade a partir da implantação do programa/nova tecnologia.

Adotou novos métodos de qualidade em sua instituição graças à aprendizagem organizacional com o programa/tecnologia? Qual foi a variação em relação aos métodos que possuíam antes?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

Capacitação em C&T

17. Ampliação ou melhoria das instalações para P&D.

Houve, em sua instituição, criação de um novo Laboratório ou instalações de pesquisa ou melhoramento de existentes em decorrência deste programa/tecnologia? Dizer se houve ou não:

- Laboratório novo: sim não
- Equipamento novo ou Reforma pequena: sim não
- Ampliação da área usada para experimentos: sim não

Especifique o tipo de melhoria, área de pesquisa e área física.

18. Aprendizagem de conhecimentos críticos por integrantes do programa.

Você aprendeu conhecimentos novos importantes por causa da sua participação no programa e/ou uso da nova tecnologia? Qual foi a variação?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

19. Diversidade dos conhecimentos críticos criados (por área ou especialidade).

Aumentou o número de áreas do conhecimento que vocês dominam graças ao programa/tecnologia? Ou diminuiu por conta de uma maior concentração em alguma área?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

20. Patentes requeridas ou concedidas e/ou novas variedades lançadas.

Quantas patentes ou variedades foram lançadas graças ao programa/tecnologia?

21. Produção científica entre os participantes do programa.

Quantos artigos, publicações, teses foram gerados pelo programa?

22. Participação em congressos e treinamentos.

Aumentou ou diminuiu sua participação em congressos e/ou treinamentos devido ao programa/tecnologia? Em caso afirmativo, quantos congressos e treinamentos por ano, em média?

23. Dedicção a leituras e consultas de livros e revistas.

Aumentou ou diminuiu o tempo dedicado a consultas de bases de dados, revistas e livros graças ao programa/tecnologia?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

24. Absorção de conhecimentos externos.

Graças ao programa/tecnologia, aumentou ou diminuiu o tempo dedicado ao estudo de uma tecnologia, equipamento, método, etc de outras empresas ou instituições?

x: -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 X

25. Alocação de RH para este programa.

Quantos funcionários colaboraram para a instalação e desenvolvimentos da tecnologia de viveiros telados na sua empresa? E quantas horas por mês, em média, eles trabalharam desenvolvendo, aperfeiçoando ou melhorando essa tecnologia (dê uma estimativa)?

Nome	Função/Nível Acadêmico	Horas por Mês
1.		
2.		
3.		
4.		

ANEXO 4 : Axiomas para a funcionalidade da árvore de critérios

A funcionalidade de uma estrutura de impactos (que chamamos na tese de árvore de critérios) para permitir a mensuração e a síntese de impactos está ligada à obediência a três propriedades fundamentais, similares às exigências impostas a uma família coerente de critérios nos métodos multicritérios. Estas exigências são axiomas para a operação matemática da estrutura. Os resultados numéricos a ela associados sempre pressupõem essas propriedades. Portanto, se no modelo contextual construído, elas valem por definição, então é preciso ter claras as limitações que disso decorrem quando se substitui a realidade pelo modelo e tomar os cuidados necessários para contorná-las do melhor modo possível.

“Tem-se os seguintes enunciados para os axiomas de funcionalidade:

Axioma de exaustividade: Não existe qualquer novo aspecto da realidade que possa ser considerado, além dos contidos na estrutura de impactos, tal que, para duas situações a e b, se modifique uma avaliação $I(a)=I(b)$ inicialmente obtida.

Esse axioma garante que a estrutura de impactos é suficiente para captar os impactos, uma vez que não existiriam novos impactos capazes de distinguir duas situações de impactos idênticos. Na prática, a decisão sobre a exaustividade efetiva, ou seja, sobre a quantidade de aspectos cobertos por uma estrutura de impactos depende do contexto avaliado e dos objetivos da avaliação. Como essa decisão é externa ao modelo, ela é invisível a ele e não há como medir se uma estrutura é exaustiva a partir dela própria. Da mesma forma, não faz sentido atribuir ao modelo sua incapacidade de medir impactos não previsto inicialmente. A inclusão de componentes que garantam a exaustividade faz parte da tarefa de construção da estrutura de impactos e depende do processo de aprendizado subjacente e pressuposto na aplicação da metodologia de avaliação.

Axioma da não redundância: A estrutura de impactos não contém impactos que possam ser retirados sem que ela contrarie o axioma de exaustividade.

Esse axioma completa o anterior ao impor limites para a quantidade de impactos pertinentes ao modelo. Esse limite é dado pela necessidade de eliminar todos impactos além daqueles que garantam a exaustividade.

Para se fazer a agregação dos impactos por um procedimento aditivo, esse axioma precisa ser mais restritivo e incluir a independência entre impactos. Isso porque, do contrário, a soma dos

impactos passa a sobrepor-los. Entretanto, nada impede que uma mesma medida seja contabilizada mais de uma vez, desde que esteja se referindo a impactos distintos, isto é, estabeleça mais de um nexos causal - conceitualmente independentes entre si - no modelo.

Axioma de coesão: Existe uma única função que relaciona uma mudança x observada em determinado aspecto da realidade a uma medida de impacto I .

O axioma da coesão possibilita a ponte matemática entre uma medida empírica de variação observada no campo e seu respectivo componente de impacto na estrutura de impactos. A unicidade dessa relação possibilita coerência comparativa entre diferentes tecnologias (desde que avaliadas pela mesma estrutura de impactos) e sua existência permite a realização de operações de síntese com os números encontrados para os componentes de impacto, desde que todos sejam obtidos a partir de funções que levem as diferentes medidas de campo à mesma escala.” (GEOPI, 2003, pg. 17).

ANEXO 5: Planilha com os pesos atribuídos aos indicadores e subcritérios

Impacto na Capacitação Geral = 1		Impacto ao nível dos subcritérios/ Peso	Impacto nas quatro grandes dimensões/ Peso	
Indicadores	Peso			
1- <i>Know-who</i>	0,20	Capacitação em redes de P&D 0,33	Capacitação relacional 0,33	
2-Novas parcerias	0,20			
3-Compartilhamento de hardware	0,20			
4-Reuniões de P&D	0,20			
5-Confiança nos parceiros	0,20			
6-Novos mercados e fornecedores	0,35	Visibilidade e relações comerciais 0,33		
7-Reputação/ visibilidade	0,35			
8-Relações comerciais	0,15			
9-Fontes de financiamento	0,15	Capacidade de Transferência 0,33		
10-Transferência de Conhec. Tácitos	0,60			
11-Transferência de Conhec. Codificados	0,40			
12-Trabalho em times multi-funcionais	0,30	Organização 0,50	Capacitação organizacional 0,33	
13-Agentes integradores	0,20			
14-Mudanças organizacionais	0,50	Métodos 0,50		
15-Novos métodos de gestão	0,50			
16-Novos métodos de qualidade	0,50	Hardware 0,20		Capacitação em C&T 0,33
17-Instalações e equipamentos para P&D	1,00			
18-Aprendizagem de conhecimentos críticos	0,20		Geração de conhecimentos 0,30	
19-Diversidade dos conhecimentos	0,20			
20-Patentes e variedades	0,30			
21-Produção Científica	0,30			
22-Participação congressos/ treinamentos	0,33		Capacidade de absorção 0,30	
23-Dedicação a leituras	0,33			
24-Absorção de conhecimentos externos	0,33			
25-Alocação de RH	1,00	Recursos Humanos 0,20		

ANEXO 6: O estado da arte do Procana frente a outros programas de melhoramento da cana-de-açúcar

Este anexo tem por objetivo situar o programa de melhoramento da cana do IAC em relação a outros programas similares, nacionais e internacionais. Em que estágio científico-tecnológico está o Procana relativamente a outros programas?

De acordo com Evenson (1974), a seleção de variedades de cana-de-açúcar passou por quatro estágios de desenvolvimento científico-tecnológico:

- Estágio I: seleção de variedades naturais ou selvagens. Até 1887 havia poucas variedades de cana em produção comercial. A planta cana-de-açúcar se reproduz assexuadamente (novas plantas crescem a partir de segmentos de um colmo de cana)⁸¹ e os produtores não sabiam como alterar a estrutura genética de qualquer variedade.

- Estágio II: reprodução sexuada. As variedades originais de cana surgem de um processo de reprodução sexuada, mas apenas em 1887-88 passou-se a utilizar deliberadamente sementes para se produzir novas variedades de cana. Nesta fase, os cruzamentos não eram planejados e aconteciam naturalmente entre as plantas que estavam próximas.

- Estágio III: hibridação interespecífica. Os cruzamentos passaram a ser planejados e específicos. Importantes variedades foram criadas em 1920 e 1921 e foram difundidas por todos os países produtores até o final da década de vinte.

- Estágio IV: teve início, aproximadamente, no final de 1930. Geração de variedades para condições específicas de solo e clima. Neste estágio, a geração de variedades torna-se uma complexa e moderna atividade, baseada em estações experimentais que buscam um programa de melhoramento planejado, com cruzamentos sistemáticos entre variedades (que possuem características conhecidas e desejáveis) para desenvolverem-se novas variedades, adaptadas a específicas condições de solo, clima, incidência de pragas, etc. Ou seja, neste estágio, o melhoramento passou a ser feito em bases regionais, para determinadas condições edafoclimáticas, e não mais em bases gerais que visavam difundir por todo o mundo uma única variedade.

O estágio IV é consideravelmente mais sofisticado que os anteriores. Neste, o desenvolvimento de novas variedades incorpora avanços no conhecimento sobre ciências

⁸¹ Como as novas plantas possuem a mesma estrutura genética da “planta-mãe”, são chamadas de clones.

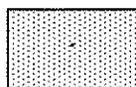
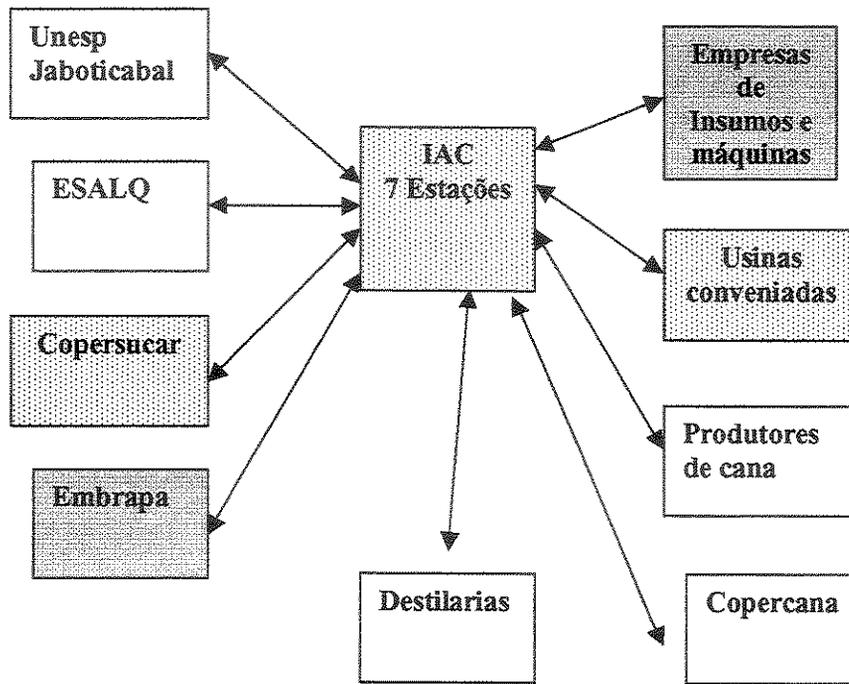
biológicas, portanto o investimento necessário em educação científica dos pesquisadores aumenta muito.

Atualmente, os três programas de melhoramento genético da cana no Brasil são feitos de acordo com o estágio IV: através de estações experimentais, realizando cruzamentos específicos com o intuito de gerar variedades adaptadas a determinadas condições edafoclimáticas, testando os clones em diversas regiões diferentes para perceber onde eles se adaptam ou não, testando o desempenho dos clones com técnicas e tecnologias usadas no manejo da cultura naquela região, etc.

É claro que estão sempre surgindo novas máquinas e novos insumos para se usar na produção, e os programas de melhoramento vão criando novos testes e ensaios para desenvolverem variedades adaptadas às condições tecnológicas presentes, ou seja, introduzem melhorias incrementais no processo. Entretanto, o processo técnico-científico de produção de novas variedades continua sendo feito sobre as mesmas bases do estágio IV. Cada programa de melhoramento tem suas peculiaridades, suas maneiras de montar os ensaios, sua dimensão, etc, mas todos trabalham dentro do mesmo paradigma técnico-científico (do estágio IV)⁸².

⁸² Para ler sobre o melhoramento genético em outros países, ver HANBOOK, 2000, West Indies Central Sugar Cane Breeding Station.

ANEXO 7: A rede do PROCANA



Participantes da execução e do financiamento



Participantes da execução



Participantes do financiamento

ANEXO 8: Pesquisadores em dedicação integral ao Procana e suas áreas de atuação

Dr. Marcos G. de Andrade Landell – diretor do PROCANA, Melhoramento Genético

Dra. Raffaella Rossetto – Fitotecnia/ Fertilidade

Dra. Leila Luci Dinardo Miranda – Fitopatologia e Entomologia

Dr. Marcelo de Almeida Silva – Melhoramento Genético

Dr. Hélio do Prado – Pedologia

Dr. Mário Persio Campana – Melhoramento Genético

Dr. Pery Figueiredo – Fitopatologia

Dr. Antonio C. M. Vasconcellos – Fitotecnia/ Sistema radicular

Dr. Roberto A. Arévalo – Plantas daninhas

MSc. Mauro Alexandre Xavier – Fitotecnia

Márcio Aurélio Pitta Bidóia – Fitotecnia

ANEXO 9: Usinas conveniadas ao PROCANA

USINAS CONVENIADAS AO PROCANA EM OUTUBRO DE 2004		
N.º	NOME	CEP / CIDADE
1	açúcar e álcool Oswaldo Ribeiro de Mendonça Ltda	14790-000 - Guaíra - SP
2	Açucareira Corona Ltda	14840-000 - Guariba - SP.
3	AGROPAV AGROPECUÁRIA S/A;	16370-000 - Promissão - SP.
4	AGROPECUARIA CAMPO ALTO S/A	13600-970 - Araras - SP
5	ANTONIO EDUARDO TONIELO E OUTROS	14160-000 - Sertãozinho - SP.
6	AFOCAP	13400-010 - Piracicaba - SP
7	CASE- COMERCIAL AGRÍCOLA DE SERTÃOZINHO	14176-500 - Sertãozinho- SP.
8	CIA AGRÍCOLA ZILLO LORENZETTE	17290-000 - Macatuba - SP.
9	CIA AGRÍCOLA NOVA AMÉRICA - Cana	19810-000 - Tarumã - SP.
10	DEBRASA-ENERGÉTICA BRASILÂNDIA LTDA	79670-000 - Brasilândia - MS.
11	DEDINI AÇÚCAR E ÁLCOOL S/A	13870-970 - São João da Boa Vista - SP.
12	DESTILARIA NOVA UNIÃO - DENUSA	75950-000 - Jandaia - GO.
13	JALLES MACHADO S/A - AÇÚCAR E ÁLCOOL	Cx. Postal 04 - 76380-000 - Goianésia - GO.
14	JARDEST - DESTILARIA DE JARDINÓPOLIS S/A	14680-000 - Jardinópolis - SP.
15	OLÍMPIA AGRÍCOLA LTDA	15400-000 - Olímpia - SP.
16	OMETTO PAVAN S/A AÇÚCAR E ÁLCOOL	14820-000- Américo Brasiliense - SP.
17	USINA AÇUCAREIRA ESTER S/A	Cosmópolis - SP.
18	USINA ALTA MOGIANA S/A - AÇÚCAR E ÁLCOOL	14600-000 - São Joaquim da Barra - SP.
19	IRMÃOS BIAGI S.A. AÇÚCAR E ÁLCOOL;	14150-000 - Serrana - SP.
20	USINA CAETE S/A - UNIDADE DELTA	38108-000 - Delta - MG.
21	USINA CAETE S/A - UNIDADE VOLTA GRANDE	38120-000 - Conceição das Alagoas - MG
22	AGROPECUÁRIA NOSSA SENHORA DO CARMO S/A;	15800-970 - Catanduva - SP.
23	USINA CERRADINHO AÇÚCAR E ÁLCOOL LTDA;	15800-000- Catanduva - SP.
24	USINA COSTA PINTO S/A - AÇÚCAR E ÁLCOOL	13411-900 - Piracicaba - SP
25	GOIASA GOIATUBA ÁLCOOL S/A	75600-000 - Goiatuba - GO.
26	USINA AÇUCAREIRA SANTA LUIZA LTDA;	14835-000 - Motuca - SP.
27	USINA SANTA RITA S/A - AÇÚCAR E ÁLCOOL	13670-970 - Santa Rita do Passa Quatro - SP.
28	USINA SÃO MARTINHO	Pradópolis - SP.
29	USINAS ITAMARATI S/A	78370-001 - Nova Olímpia - MT.
30	DESTILARIA ALCÍDIA S/A	19280-000 - Teodoro Sampaio - SP
31	CANAGRIL - CANA AGRÍCOLA S/A	14415-000 - Patrocínio Paulista - SP.
32	FERRARI AGROINDÚSTRIAL LTDA	Porto Ferreira - SP.
33	COMPANHIA AGRÍCOLA COLOBO	Santa Adélia - SP.
34	AGROPECUÁRIA PIRATININGA S/A	14750-000 - Piratininga - SP.
35	USINA ALTA ALEGRE - AÇÚCAR E ÁLCOOL	19140-000 - Presidente Prudente - SP.
36	IVAICANA AGROPECUÁRIA LTDA;	86945-000 - São Pedro do Ivaí - PR.
37	Usina Santa Adélia S.A.	14870-970 - Jaboticabal, SP

ANEXO 10: Empresas que contrataram o AMBICANA

EMPRESA	LOCAL	ÁREA-PILOTO (Ha)	ÁREA TOTAL DA USINA (Ha)
DEBRASA	BRASILÂNDIA (MS)	2.000	15.000
CERRADINHO	CATANDUVA (SP)	3.000	30.000
BENÁLCOOL	BENTO DE ABREU (SP)	2.000	15.000
BONFIM - CORONA	GUARIBA	2.000	50.000
SÃO MARTINHO	PRADÓPOLIS (SP)	4.000	60.000
SÃO JOÃO	ARARAS (SP)	4.000	30.000
HÚMUS AGROTERRA	PITANGUEIRAS (SP)	2.000	5.000
ALTA MOGIANA	S. JOAQUIM DA BARRA	3.000	20.000
FERRARI	PORTO FERREIRA	1.000	5.000
ALTO ALEGRE	PRESIDENTE PRUDENTE (SP)	3.000	20.000
ALTO ALEGRE	MARINGÁ (PR)	3.000	30.000
VALE DO ROSÁRIO	MORRO AGUDO (SP)	3.000	80.000
RIZZO	CRAVINHOS (SP)	1.000	5.000
ITAIQUARA	PASSOS (MG)	4.000	32.000
SANTA LUIZA	MOTUCA (SP)	2.000	20.000
		39.000	417.000