

O Sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro: O caso da Aracruz Celulose e o Projeto GENOLYPTUS

Sérgio Antonio Ribeiro Campos

Dissertação de Mestrado em Economia (Teoria Econômica)

Mestrado em Economia (Teoria Econômica)

**Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, Junho de 2010**

O Sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro: O caso da Aracruz Celulose e o Projeto GENOLYPTUS

Sérgio Antonio Ribeiro Campos

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia – Teoria Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Villaschi Filho

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, Junho de 2010

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

C198s Campos, Sérgio Antonio Ribeiro, 1983-
Sistema de inovação do setor de celulose e papel brasileiro :
o caso da Aracruz Celulose e o projeto Genolyptus / Sérgio
Antonio Ribeiro Campos. – 2010.
75 p. : il.

Orientador: Arlindo Villaschi Filho.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito
Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Aracruz Celulose. 2. Desenvolvimento organizacional. 3.
Inovações tecnológicas. 4. Florestas. 5. Tecnologia. 6. Celulose.
7. Papel. 8. Projeto Genolyptus. I. Villaschi Filho, Arlindo, 1947-.
II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 330

O Sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro: O caso da Aracruz Celulose e o Projeto GENOLYPTUS

Sérgio Antonio Ribeiro Campos

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia – Teoria Econômica.

Aprovada em 28/06/2010:

Prof. Dr. Arlindo Villaschi Filho - Orientador, UFES

Prof^a. Dr^a. Miriam Magdala Pinto, UFES

Prof. Dr. Odair Lopes Garcia, UFRN

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, Junho de 2010

AGRADECIMENTOS

A realização de qualquer objetivo nunca é alcançada sem o apoio de várias pessoas. Terminado com sucesso o curso de Mestrado, não poderia deixar de dividir os louros desta vitória com tão importantes atores.

Agradeço aos grandes amigos Lúcio e Luciane que serviram de inspiração e deram-me a motivação necessária para começar esta jornada.

Aos meus pais e minha esposa, que se sacrificaram para que eu pudesse me afastar de casa durante o período do curso.

A Luiz Carlos, Lúcia, Gustavo, Lilian, Leonardo e Heldo pela hospitalidade e generosidade com a qual várias vezes me receberam.

Ao professor Dr. Arlindo Villaschi Filho, que com muita paciência me orientou e auxiliou na elaboração de minha dissertação.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Economia, por terem, nas disciplinas, discussões, seminários e bate-papos, enriquecido os conhecimentos deste iniciante pesquisador.

À Lucinéia, a sempre tão prestativa secretária do Mestrado.

Aos colegas de curso, pela ajuda sempre pronta e pelas horas de descontração tão necessárias.

Aos membros da banca examinadora, pela participação e pelas contribuições.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pela bolsa de estudos, sem a qual a realização deste curso não seria possível.

Ao Dr. Alexandre Missiaggia, pelas informações a respeito da Aracruz Celulose; à própria Aracruz Celulose, pela liberação das informações; à Rosiléia Milagres, pelo pronto envio de sua tese para consulta; ao Dr. Dário Grattapaglia, pelo material disponibilizado a respeito do projeto GENOLYPTUS; aos professores Dr. Acelino Couto Alfenas e Dr. Georgios Pappas, pelas informações complementares.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista e, por motivos de espaço, não estão especificados nesta lista.

RESUMO

O presente trabalho dedica-se à avaliação de como um projeto de cooperação para a produção de conhecimentos (o projeto Genolyptus) representa uma articulação entre os elementos do sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro. Buscou-se o entendimento do projeto sob a perspectiva de um de seus participantes, a Aracruz Celulose, analisando como a empresa se insere no sistema setorial e verificando o impacto gerado pela inserção da empresa no SSI na evolução da Aracruz. Para isso, estabeleceu-se um entendimento dos principais determinantes da inovação, segundo a tradição Freeman-Aalborg da abordagem dos sistemas de inovação.

Tal tradição fundamenta-se em três pilares básicos: o conhecimento, os processos de aprendizado e as interações entre os diversos atores dos SI. O foco principal de análise desta tradição refere-se ao âmbito espacial, mais especificamente ao nível nacional, com interesse no confronto de estratégias de política econômica e padrões econômicos. Porém, outros níveis de análise derivam da referida tradição a exemplo do caso aqui analisado.

A abordagem dos SI utilizada neste trabalho é aquela que se dedica especificamente ao nível setorial. Nessa, o interesse está em entender como tecnologias e produtos se desenvolvem em setores específicos, quais são seus elementos básicos e qual a influência de cada um dos elementos na evolução destas tecnologias e produtos.

Esta dissertação ressalta que a articulação dos elementos dos sistemas setoriais de inovação, tanto no projeto Genolyptus quanto na evolução da Aracruz, tem grande impacto no desenvolvimento de inovações. Ressalta-se, também, o importante papel desempenhado pelo Estado e a importância da base de conhecimento acumulada, dos processos de aprendizado e dos relacionamentos e interações entre diferentes atores do sistema no desenvolvimento de inovações.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas setoriais de inovação, Aracruz Celulose, Projeto Genolyptus.

ABSTRACT

This thesis assesses as a project of cooperation for the production of knowledge (the Genolyptus project) represents a linkage among the innovation system elements of the pulp and paper sector in Brazil. It search understand the project from a member's perspective (the Aracruz Celulose) analyzing how the company operates in the sectoral system and measuring the impact generated by its insertion in the SSI on its evolution. To do this it established an understanding on the key determinants of innovation in the Freeman-Aalborg tradition of the systems innovation approach.

This tradition is based on three basic pillars: knowledge, learning processes and interactions between different actors of the SI. Its main focus of analysis refers to the spatial ambit more specifically to national level with interest in the comparison of strategies for economic policy and economic standards among several countries. However, other levels of analysis derived from this tradition as in the case here examined.

The SI's approach here used is that dedicated specifically to the sectoral level whose the interest is in understanding how technologies and products develops in specific sectors, which are its basic elements and what influence of each factor in technologies and products evolution.

This thesis highlight that articulation of SIS's elements had great impact on innovations development in building of Genolyptus Project as well as in Aracruz Celulose evolution. Moreover stresses the important role played by the State, the importance of accumulated knowledge base, learning processes, relations and interactions among different agents in the system to the innovations development.

KEYWORDS: Sectoral systems of innovation, Aracruz Celulose, Genolyptus project.

LISTA DE SIGLAS

APL – Arranjo Produtivo Local

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

FDC – Fundação Dom Cabral

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FUNARBE – Fundação Artur Bernardes

PIB – Produto Interno Bruto

PND – Plano Nacional de Desenvolvimento

PNPC – Plano Nacional de Papel e Celulose

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PTE – Paradigma Técnico-Econômico

SI – Sistema de Inovação

SSI – Sistema Setorial de Inovação

TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação

UCB – Universidade Católica de Brasília

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFV – Universidade Federal de Viçosa

VCP – Votorantim Celulose e Papel

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organizações integrantes da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalipto	55
Figura 2. Organização administrativa do projeto	56
Figura 3. Principais interações da Aracruz no projeto Genolyptus	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da capacidade de produção da Aracruz Celulose (em mil toneladas)	45
Gráfico 2 – Evolução da produtividade da Aracruz Celulose (t/ha/ano) – 1970's - 2000's	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo	10
1.2. Justificativa	10
1.3. Metodologia	12
1.4. Referencial Teórico	13
1.5. Trabalhos Relacionados	15
1.5. Estrutura da Dissertação	17
2. FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO	19
3. O SI DO SETOR DE CELULOSE E PAPEL BRASILEIRO: A experiência da Aracruz Celulose e o Projeto GENOLYPTUS	37
3.1. O setor de papel e celulose brasileiro	37
3.1.1. A instalação do setor.....	37
3.1.2. Características do setor.....	39
3.1.3. Principais atores do sistema de inovação do setor de papel e celulose	42
3.2. A Aracruz Celulose	43
3.2.1. Evolução Cronológica	43
3.2.2. Características da empresa.....	44
3.2.3. Conhecimento e aprendizado.....	46
3.3. A Rede Genolyptus	52
3.3.1. Objetivos.....	53
3.3.2. Criação da Rede.....	54
3.3.3. Estrutura e organização	55
3.3.4. Resultados.....	60
4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é a avaliação de como um projeto de cooperação para a produção de conhecimentos (o projeto Genolyptus) representa uma articulação entre os elementos do sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro. Busca-se o entendimento do projeto sob a perspectiva de um de seus participantes, a Aracruz Celulose, analisar como a empresa se insere no sistema setorial e verificar o impacto gerado pela inserção da empresa no SSI na evolução da Aracruz.

Para se ter uma visão clara do objetivo almejado, deve-se buscar o entendimento dos sistemas setoriais de inovação. A intenção é a compreensão de como a abordagem dos sistemas de inovação é entendida, seus principais atores, fundamentos e particularidades que são encontradas quando o nível de análise refere-se ao setor.

Por último, identificam-se evidências empíricas que ilustram a articulação dos elementos do sistema de inovação do setor de papel e celulose e a importância deles na dinâmica das atividades de produção e inovação no setor, na evolução da Aracruz Celulose e na participação dessa na Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus – (Projeto Genolyptus).

1.2. Justificativa

A mola que impulsiona esta dissertação é o entendimento de que a inovação é um processo central nas relações econômicas, no desenvolvimento econômico e no alcance de vantagens competitivas. Por tomar a inovação como central, este trabalho se insere em uma tradição teórica schumpeteriana, a qual rompe com a visão da ortodoxia econômica e coloca a inovação no centro da dinâmica econômica.

Opta-se, então, por uma aproximação à abordagem heterodoxa dos sistemas de inovação pelo entendimento de que as interações entre os agentes econômicos,

exclusivamente por meio do mecanismo de mercado, não oferecem adequado entendimento das particularidades e dos tipos de interação envolvidos no processo de inovação.

O impulso inspirador dado por Schumpeter (1961) é o reconhecimento do capitalismo como um processo evolutivo que “revoluciona incessantemente a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos” (ibid, p.110), cujo funcionamento é mantido pela constante inserção de novos bens de consumo, adoção de novos métodos de produção e transporte, desenvolvimento de e entrada em novos mercados e pelas novas formas de organização das indústrias.

Se a inovação é importante, como proposto por Schumpeter (1961), então, a aceleração da inserção de inovações é elemento fundamental para que agentes econômicos alcancem/ampliem vantagens competitivas ou consigam se recuperar de atrasos. Inovações bem sucedidas possibilitam a obtenção de lucros maiores na medida em que o inovador insere no mercado produtos, serviços e conhecimentos que melhor atendem às expectativas dos consumidores.

Para que a inovação se apresente a taxas maiores, a articulação de vários setores da sociedade deve ser propiciada, assim como um estreitamento dos relacionamentos entre indivíduos e organizações. É neste contexto que se evidencia a importância da abordagem dos sistemas de inovação. “Sistemas de inovação representam todos os importantes fatores econômicos, sociais, políticos, organizacionais, institucionais e outros que influenciam o desenvolvimento, difusão e uso de inovações” (EDQUIST, 2006, p. 182, minha tradução).

A abordagem dos SI é relevante porque representa um instrumental analítico que pode subsidiar a adoção de medidas que estimulem a capacidade de inovação dos atores econômicos, sociais e políticos antes de representar uma teoria formal. As referidas medidas devem preparar um quadro institucional que permita e estimule a interação entre os agentes, bem como incentive o desenvolvimento de capacidades por firmas e indivíduos para a alavancagem das atividades de inovação.

Interação é o elemento central da abordagem dos sistemas de inovação. A suposição central é que a inovação não surge por ação isolada de algum agente, "a inovação surge de um processo cumulativo de aprendizado interativo e busca", sendo os relacionamentos os processos pelos quais o conhecimento é produzido e difundido (LUNDVALL, 2005b, p.8).

Numa perspectiva setorial, a abordagem dos sistemas de inovação é relevante no sentido do entendimento das relações entre os diversos atores – sociais, políticos, econômicos, e institucionais – compondo o setor e o papel de cada um na evolução setorial. Auxilia,

também, na análise dos principais determinantes da atividade de inovação e da dinâmica da evolução tecnológica dentro do setor.

Seja no nível setorial ou qualquer outro nível de análise, a abordagem de sistemas de inovação permite aos agentes econômicos uma melhor avaliação dos fatores que influenciam o desenvolvimento econômico e fornece um quadro de análise mais amplo para a formulação de estratégias de desenvolvimento.

1.3. Metodologia

A presente pesquisa foi feita, predominantemente, utilizando-se uma revisão bibliográfica quanto aos temas propostos. Para complementar as informações, foram levantados questionamentos junto à Aracruz Celulose e universidades que participaram do projeto GENOLYPTUS. Importante destacar que todo o corpo de informações presentes no texto foi coletado por meio da revisão, as entrevistas somente tiveram o papel de validadoras das informações coletadas.

Buscou-se fundamentação teórica na literatura sobre sistemas de inovação em termos mais gerais e sobre os sistemas setoriais de inovação em específico. Primeiramente, estabeleceu-se um entendimento do que representam os sistemas de inovação e como têm sido tratados em diferentes unidades de análise. Para isso, procedendo-se ao estudo da forma como os sistemas nacionais, sub-nacionais e setoriais de inovação têm sido implementados e quais seus principais elementos.

Tendo alcançado um quadro geral de análise, apontando as principais diferenças no tratamento dos sistemas de inovação, partiu-se para um estudo sobre os aspectos específicos da abordagem dos sistemas setoriais (principais elementos, processos, etc.).

Por último, conhecidos os elementos e processos centrais dos sistemas setoriais de inovação, foi feita uma contextualização, apresentando-se as características da Aracruz Celulose e do setor de papel e celulose no Brasil e, em seguida, uma descrição do caso da participação da empresa no projeto de seqüenciamento do genoma do eucalipto (Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus - Projeto Genolyptus) em cooperação com diversas outras organizações públicas e privadas como meio de colher evidências empíricas para esta dissertação.

As questões referentes ao Projeto GENOLYPTUS foram tratadas com base em documentos específicos do projeto, em publicações da própria Aracruz Celulose, em trabalhos

de outros autores sobre a empresa, sobre o projeto GENOLYPTUS e informações coletadas em entrevista com o Dr. Alexandre Missiaggia¹ e em contatos via correio eletrônico com membros das universidades que interagiram com a Aracruz no projeto². Buscou-se, principalmente, identificar a estrutura da rede envolvida no Projeto Genolyptus, as principais formas de interação e os resultados gerados pelo projeto.

1.4. Referencial Teórico

Para o estudo dos sistemas de inovação, de que trata o segundo capítulo, foram consideradas as características de algumas das suas principais unidades de análise (nacional, regional, local, setorial), seja no âmbito espacial (territorial ou referente a setores). Cabe destacar que atenção especial foi dada aos sistemas setoriais, visto que estão na base para a análise da evolução da Aracruz Celulose e de sua participação no Projeto Genolyptus.

A abordagem dos sistemas de inovação utilizada aqui é aquela da tradição Freeman-Aalborg na qual os sistemas de inovação são entendidos como um conjunto de relações sociais que envolvem a interação entre os diversos elementos econômicos, sociais, políticos, etc. e a inovação é entendida como um processo altamente cumulativo envolvendo inovações radicais e incrementais, além da difusão, absorção e uso de inovações (LUNDVALL, 2005).

Entre os principais expoentes da abordagem estão Chris Freeman, Bengt-Åke Lundvall, Björn Johnson, Charles Edquist. Suas análises são caracterizadas pela concentração em níveis espaciais de análise, como as regiões e os países. Por exemplo, a região é vista como uma importante unidade de análise porque se beneficia dos fluxos da atividade econômica e das ligações e sinergias existentes entre os atores econômicos (COOKE; MEMEDOVIC, 2003). Região é um conceito intelectual definido sob critérios pré-estabelecidos, tais como (i) um tamanho não determinado; (ii) homogeneidade de acordo com critérios predefinidos; (iii) distinção das áreas vizinhas por tipos particulares de associação; e (iv) algum tipo de coesão interna (ibid.).

Já as análises espaciais em nível nacional intentam verificar como distintos países se diferenciam em termos de configuração institucional de auxílio à inovação e aprendizado (LUNDVALL, 2005, p.8). A análise dos sistemas nacionais assume caráter estratégico para

¹ Pesquisador da Aracruz Celulose.

² Como dito anteriormente, as informações coletadas junto tanto a membros das universidades quanto da Aracruz serviram somente com forma de validação dos levantamentos bibliográficos realizados.

cada país, já que suas primeiras preocupações diziam respeito ao confronto de estratégias de política econômica, padrões econômicos e divergências nas taxas de crescimento verificadas em diferentes países, como é o caso do avanço da economia americana na segunda metade do século XIX e primeira metade no século XX (FREEMAN, 2002).

Franco Malerba, integrante da mesma tradição de análise, direciona suas pesquisas ao nível setorial. O autor ressalta que análises setoriais têm a vantagem de fornecer um melhor entendimento da estrutura, das fronteiras, dos agentes e suas interações, do aprendizado, da inovação, dos processos de produção, da transformação dos setores e dos fatores na base das diferenças de performance entre firmas e países em um setor (MALERBA, 1999).

Setores são entendidos de forma ampla, uma vez que não estão relacionados somente à concentração ou ao grau de verticalização presente em determinada indústria. Como colocado abaixo, setores reúnem outros atores além de firmas, atentam para bases de conhecimento e para as fronteiras do setor e suas evoluções ao longo do tempo, para interações tanto via mercado como não-mercado e para instituições governando as ações e interações entre os agentes (MALERBA, 2001, p.6). Entre os principais elementos compondo os sistemas setoriais estão:

- (i) **Atores:** que podem ser indivíduos ou organizações;
- (ii) **Relacionamentos:** ocorrendo através do mercado, constituindo assim uma relação comercial, e/ou através de relações não mercado que se configuram como acordos de cooperação/colaboração tanto formais quanto informais;
- (iii) **Conhecimento:** características específicas reunidas pelo setor em termos de base de conhecimento e tecnologias (MALERBA, 2001, p.6);
- (iv) **Instituições:** regulando as atividades de, e os relacionamentos entre atores. Elas incluem leis, normas, hábitos comuns, práticas estabelecidas, padrões, tradições, etc. que moldam a forma como os agentes entendem, agem e se relacionam (BORRÁS, 2004, p.430);
- (v) **Aprendizado:** acumulação de novas capacidades e conhecimentos e reciclagem daqueles mais antigos;
- (vi) **Processos de Criação de Variedade e Seleção:** O sistema setorial cria variedade à medida que novidades vão sendo inseridas. Os processos de seleção reduzem a heterogeneidade originada nos processos de criação de variedade com respeito a firmas, produtos, tecnologias, instituições, conhecimentos, etc.
- (vii) **Evolução do sistema setorial de inovação:** O sistema setorial evolui de forma não-aleatória. A evolução se dá ao longo de trajetórias específicas de desenvolvimento de

capacidades (MALERBA; NELSON, 2008, p.13). Trajetórias essas que caracterizam o ritmo e a direção da mudança em uma dada tecnologia (PEREZ, 2009 p.3).

Setorial ou espacialmente, os sistemas de inovação fornecem uma excelente ferramenta para o desenho de políticas e estratégias voltadas à inovação. Aqui, a análise concentra-se sobre o nível setorial e está amplamente apoiada nos trabalhos de Franco Malerba (2001, 2002, 2006a, 2006b).

Tendo o embasamento teórico a respeito dos sistemas setoriais de inovação sido formado, partiu-se para a verificação de como a Aracruz Celulose se insere como um elemento ativo no sistema de inovação do setor de celulose e papel brasileiro e como o projeto Genolyptus representou uma forma de efetiva interação entre os elementos de tal sistema setorial. O projeto consistiu na formação de uma rede de cooperação entre várias empresas – nacionais e estrangeiras – universidades e institutos de pesquisa, destinada ao avanço nas pesquisas referentes à biotecnologia genômica florestal relacionada ao eucalipto.

O objetivo central da rede foi o descobrimento, seqüenciamento, mapeamento e determinação de função de genes de importância econômica e de espécies de *Eucalyptus*”, para a posterior incorporação de tais tecnologias genéticas nos “programas de melhoramento e produção florestal com ênfase no processo de formação da madeira” (anteprojeto da rede, apud. MILAGRES; SILVEIRA, 2008a).

O projeto, analisado no capítulo três, tal como relatado nos documentos da própria rede genolyptus e trabalhos de outros pesquisadores, fornece elementos para a verificação empírica dos determinantes da evolução de conhecimentos e tecnologias dentro do setor de celulose e papel, da incorporação de avanços científicos provocados pelo seqüenciamento do genoma do eucalipto e da potencial geração de vantagens competitivas para as empresas partícipes.

1.5. Trabalhos Relacionados

O tema de estudo aqui desenvolvido relaciona-se, principalmente, aos temas inovação tecnológica, estratégia competitiva, desenvolvimento da Aracruz Celulose e formação do projeto Genolyptus. Outros trabalhos têm discussões semelhantes, porém, não com o mesmo objetivo. Por exemplo, Deborah Moraes Zouain e Edison de Oliveira Martins Filho (2003)

desenvolvem um trabalho sobre competitividade, estratégia e inovação, por meio de um estudo multicaso, buscando identificar a inserção da inovação tecnológica no interior da estratégia competitiva das empresas em análise.

Outro exemplo é o trabalho de José Célio Silveira Andrade e Camila Carneiro Dias (2001, grifo do autor), tomando o caso da consolidação do **padrão eucalipto**³ na Aracruz Celulose. Os autores analisam as relações de influências recíprocas entre Estado e empresas/agentes econômicos na construção de ambientes institucionais favoráveis ao surgimento de novos paradigmas econômico-tecnológicos nas empresas argumentando que:

o processo de inovação tecnológica foi resultado histórico de interações das estratégias tecnológicas empresariais com o ambiente político-institucional, construído a partir de um duplo movimento de interação política das agências governamentais com a auto-organização de interesses privados (p.85).

Relacionado à Aracruz Celulose, o trabalho de Jaime Andrés Castro Frohard (2009) analisa a trajetória de acumulação de capacidades inovadoras em gestão de projetos complexos, os mecanismos de aprendizagem e fatores que influenciam tais mecanismos tomando como base de análise os casos da Aracruz Celulose S.A. e da Metso Paper Sulamericana (líder global em fornecimento de máquinas e equipamentos para fabricação de celulose, papel, tissue e cartão).

Tratando do caso do Projeto Genolyptus, Rosiléia Milagres (2008) em sua tese de doutorado analisa a formação da rede unindo empresas do setor de papel e celulose, universidades e um instituto de pesquisa governamental. Enquanto o trabalho aqui desenvolvido tem seu foco sobre a evolução e participação da Aracruz Celulose, Milagres (ibid.) tem interesse na formação da rede – enquanto conjunto de interações e trocas de conhecimentos e informações efetuadas pelas organizações e como locus de relacionamentos formais e/ou informais através das quais tais interações e trocas acontecem –, pelas relações cooperativas que se incluem nas redes formadas por empresas, universidades e outras organizações e por questão sobre quais são as características e papéis das rotinas que lidam com o conhecimento e a organização das redes.

Outro trabalho pertinente aos temas aqui tratados foi conduzido por Anastácia R. D. Rodrigues (2005)⁴ tratando de questões ligadas a gestão da tecnologia e do conhecimento

³ Utilização do eucalipto como matéria-prima para a fabricação de celulose de fibra curta.

⁴ Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Tecnologia - Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.

buscando evidências num projeto específico da Aracruz Celulose. A autora, sob a co-orientação da Doutora Miriam de Magdala Pinto e do Doutor Arlindo Villaschi Filho, desenvolve um estudo das principais fontes, internas e externas, de conhecimento no projeto MIPIS (*Biodegradable Micro Bait-Trap*) e de como este conhecimento contribuiu para o crescimento da companhia. O projeto consistiu na produção de uma armadilha para capturar a formiga cortadeira nas florestas da empresa, basicamente composta por dois componentes: a armadilha (o produto) e o sistema de monitoramento, processo que permite uma eficiente utilização desta armadilha no campo. Em adição, a autora verifica se a empresa formal e conscientemente adotou algum modelo de gestão do conhecimento.

Apesar da grande semelhança com os dois últimos trabalhos, esta dissertação não dedica maior atenção ao modelo de gestão de conhecimento adotado pela Aracruz, ao funcionamento das redes e ao papel das rotinas no compartilhamento de conhecimento dentro dessas. Dentre outras questões, ressalta a inserção da inovação tecnológica na estratégia da Aracruz, a importância das interações com o Estado no desenvolvimento de inovações e o papel da organização das atividades em forma de projetos cooperativos na acumulação de capacidades e conhecimento. Como dito, o objetivo foi identificar, tanto na participação da Aracruz, quanto na organização do projeto Genolyptus elementos determinantes da evolução de tecnologias e conhecimentos dentro do sistema de inovação do setor de papel e celulose e na empresa. Assim, buscou-se no projeto, evidências dos importantes elementos do SSI do setor de celulose e papel gerando impactos sobre a acumulação e a evolução da base de conhecimento das organizações participantes e sobre seus potenciais ganhos de competitividade.

1.6. Estrutura da Dissertação

O segundo capítulo, após esta introdução, está direcionado à montagem de um painel geral de análise dos sistemas de inovação, avaliando as principais abordagens presentes na literatura pertinente. O capítulo dedica-se ao estudo de um nível específico de análise dos sistemas de inovação. Foram avaliados os agentes, os processos e demais fatores determinantes da atividade de inovação dentro dos setores para o alcance de um melhor entendimento do funcionamento dos sistemas setoriais de inovação.

O capítulo três desenvolve um relato da trajetória de desenvolvimento percorrida pela Aracruz Celulose e das principais características do esforço conjunto para a produção de

conhecimento no projeto GENOLYPTUS. Para isso, descreve as principais características do setor de papel e celulose no Brasil, a estrutura atual e o histórico de atuação da Aracruz Celulose no setor e evidencia-se o papel dos relacionamentos cooperativos nos sistemas setoriais por meio da descrição dos elementos principais, da organização e dos resultados do projeto GENOLYPTUS.

Por último, foram expostas algumas considerações conclusivas. Identificou-se, dentre outras questões, a importância da inserção da inovação tecnológica na estratégia da Aracruz, das interações com o Estado no desenvolvimento de inovações e o papel da organização das atividades em forma de projetos cooperativos na acumulação de capacidades e conhecimentos no projeto GENOLYPTUS.

2. FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO

O objetivo deste capítulo é fazer uma aproximação ao tema dos sistemas setoriais de inovação. Por meio de uma revisão de literatura, pretendeu-se identificar os principais elementos dos SI, a forma como se articulam e apresentar suas particularidades quando tratando da inovação nos setores. Para tanto se dedica, primeiramente, ao estabelecimento do conceito de inovação e a verificação de como a inserção de inovações tem sido explicada por diferentes abordagens dos sistemas de inovação. Posteriormente, direciona-se à compreensão dos sistemas de inovação numa abordagem setorial.

Assim, olha-se para a inovação sob a perspectiva dos sistemas de inovação. E quando se trata de sistemas de inovação, o interesse principal é a inserção de inovações. Essas, segundo Villaschi e Campos, (2002, p.18): (i) são vistas como um processo social que resulta em modificações graduais e cumulativas, em rupturas radicais com produtos, processos e formas de organização vigentes, ou em combinações destas; (ii) têm, intrinsecamente, um caráter incerto. Ao inovar, o agente econômico não tem a exata ciência de seus custos e resultados, tampouco possíveis alternativas a elas e os resultados e custos destas últimas (DOSI, 1988); (iii) há uma diversidade de fontes de inovação. Ao mesmo tempo em que derivam de avanços científicos e tecnológicos, são geradas também por elementos de conteúdo tácito.

Desta forma, vê-se que inovações são o resultado incerto da combinação de vários fatores econômicos, sociais, tecnológicos científicos, etc., e da articulação de agentes diversos (firmas, organizações não-firma, institutos de pesquisa, universidades, indivíduos). Nas palavras de Edquist (2001, p.2-3), as inovações são baseadas em aprendizado que é interativo entre organizações no sistema de inovação, sendo os SI compostos por todos os importantes fatores econômicos, sociais, políticos, organizacionais, e outros fatores que influenciam o desenvolvimento, a difusão e o uso de inovações.

De acordo com a taxonomia desenvolvida por Freeman e Perez (1988) as inovações podem ser categorizadas como radicais, incrementais, alterações nos sistemas tecnológicos e alterações no paradigma técnico-econômico⁵.

⁵ Segundo Villaschi e Campos (2002, p.19), (a) inovações incrementais são aquelas cujo impacto econômico se resume à expansão da demanda existente e ao aumento do valor agregado. Contribuem para a utilização mais

Enquanto os sistemas tecnológicos representam caminhos pelos quais as inovações podem surgir, ou seja, caracterizam os limites e as possibilidades de inserção de inovações, as mudanças paradigmáticas, como a emergência do paradigma das TIC's, representam um tipo de inovação que combina mudanças em um conjunto de sistemas tecnológicos afetando a economia como um todo e para cuja difusão são necessárias também mudanças institucionais. Este tipo de inovação envolve tanto profundas alterações sociais e políticas, quanto a substituição da principal força motriz do crescimento econômico em escala mundial (loc.cit.).

Mudanças do paradigma técnico-econômico (PTE) fornecem espaço ao aparecimento de várias trajetórias tecnológicas e configurações institucionais e consigo trazem um grande número de produtos e novas formas de se fazer coisas antigas (VILLASCHI FILHO, 2004 p.68).

Segundo Carlota Perez (2009, p.12):

um paradigma técnico-econômico é o resultado de complexos processos coletivos de aprendizado articulados em um modelo mental dinâmico de melhores práticas econômicas e organizacionais. Cada PTE combina percepções compartilhadas, práticas compartilhadas e direções compartilhadas de mudanças. Um paradigma é então uma lógica coletivamente compartilhada na convergência de potencial tecnológico, custos relativos, aceitação de mercado, coerência funcional e outros fatores. Deste modo a noção de trajetória ou paradigma ressalta a importância das inovações incrementais no caminho de crescimento seguindo cada inovação radical.

Desta forma, cada paradigma técnico-econômico, além de fornecer oportunidades de inovação, guia o caminho que seguirão as inserções de inovações. Isso porque representa um senso comum a respeito de melhores práticas e decisões de empresários, inovadores, engenheiros, gestores e inventores (PEREZ, 2001, p.16).

No caso do paradigma das tecnologias de informação e comunicação (TIC's), sua emergência permitiu a redução drástica de custos de armazenagem, processamento, comunicação e disseminação de informação e tem exigido amplas reformas nas formas de organização da produção, distribuição e consumo de bens e serviços (CASSIOLATO; LASTRES, 2003, p.3).

eficiente dos fatores de produção, mas geralmente não refletem qualquer esforço deliberado de P&D. (b) inovações radicais compreendem novas linhas de produção e modificação da demanda existente. Caracterizam-se por mudanças substanciais na estrutura industrial e pela criação de novos tipos de demanda. (c) mudanças no sistema tecnológico referem-se às profundas alterações na demanda e à criação de novos seguimentos industriais. Vão além da combinação de inovações incrementais e radicais, pois incorporam também inovações organizacionais e gerenciais.

Maior capacidade de processamento de informações significa acesso a maiores e mais diversas fontes de conhecimento e compartilhamento de volumes muito mais amplos de conhecimentos e informações. Isso amplia as possibilidades de produção de conhecimento e de aprendizado enfrentadas pelos agentes econômicos, sociais, políticos, etc. Os menores custos e a facilidade de transmissão permitem a interação de pessoas e organizações localizadas em diferentes regiões do globo e a formação de grupos de trabalho organizados sem a necessária presença física de seus membros, que implica na reformulação de antigas formas de se fazer as coisas e que novas formas de organização das atividades de produção sejam propostas para acompanhar a velocidade com que os conhecimentos circulam e evoluem. Assim, no paradigma das TIC's, ganham destaque os arranjos cooperativos (sem que isso signifique a ausência de rivalidades comerciais entre compradores-vendedores-competidores) de grandes, médias e pequenas empresas baseados em redes de computadores (VILLASCHI FILHO, 2004, p.72).

São essas exigências impostas pelo paradigma das TIC's e o significativo aumento de capacidade de processamento de informações proporcionado pelas inovações características deste paradigma que estão na base da formação da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus – o Projeto GENOLYPTUS – que será analisada no capítulo três.

Neste contexto, vê-se aumentada a importância da articulação de agentes econômicos, sociais, políticos, etc. em sistemas direcionados à geração de inovações. Para o entendimento dos determinantes da inovação e a articulação dos diferentes fatores e agentes no setor de papel e celulose brasileiro, que serão analisados no capítulo seguinte, utiliza-se a abordagem dos sistemas de inovação segundo a tradição Freeman-Aalborg⁶, uma vez que essa contempla os aspectos sociais envolvidos nos processos de inovação e aprendizado.

Entre seus principais autores estão Chris Freeman (1998; 2002) e acadêmicos da universidade de Aalborg como Bengt-Åke Lundvall e Björn Johnson (LUNDVALL; JOHNSON; EDQUIST, 2003). Nesta tradição, considera-se que inovações são processos cumulativos e que envolvem não somente inovações radicais, mas inovações incrementais e sua difusão, absorção e uso. Além disso, as inovações são vistas como originando não

⁶ A versão Freeman-Aalborg da abordagem de sistemas de inovação não é a única. Richard Nelson (2007) desenvolve uma abordagem alternativa que restringe as instituições que influenciam a inovação a universidades, instituições financeiras, institutos de pesquisa, etc. atuando no suporte ao desenvolvimento, difusão e uso de conhecimentos e inovações.

Há ainda o modelo de inovação “Triple Helix” propondo que o surgimento de inovações se dá através de múltiplos e recíprocos relacionamentos entre três esferas – universidade, governo e indústria – onde cada uma das esferas sobrepõe, colabora e coopera com as outras (ETZKOWITZ, 2002). O que não parece ser abordado pelo modelo são as relações interativas envolvidas nos processos inovativos.

somente de ciência e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), mas também de processos interativos nas atividades cotidianas (LUNDVALL, 2005a). Supõe-se que os sistemas de inovação se diferenciam no que se refere à especialização, produção e comércio (Archibugi; Pianta, 1992) e que as mudanças nas estruturas de conhecimento e de produção envolverão tanto aprendizado quanto mudança estrutural (LUNDVALL, 2005b.). Outra suposição é que elementos do conhecimento, que são importantes para a performance econômica, permanecem localizados e são difíceis de transportar. Segundo Dosi (1999), eles estão embutidos nas mentes dos agentes, nas rotinas das empresas e nos relacionamentos entre pessoas e organizações.

Em resumo, o que fundamenta a abordagem dos sistemas de inovação, segundo a tradição Freeman-Aalborg, é o apoio sobre três pilares, a saber, conhecimento, aprendizado e interações/relacionamentos. Conhecimentos que podem ser tácitos ou codificados, relacionamentos/interações que podem se dar por intermédio do mercado e/ou por meios outros que não o mercado e aprendizados que, como se verá abaixo, podem ser alcançados por fazer, utilizar ou interagir.

O conhecimento pode ser amplamente tácito ou expresso de forma codificada. Para o entendimento do fator tácito do conhecimento, é preciso que se faça uma distinção entre o que é conhecimento tácito e o que é conhecimento codificado. Codificação de conhecimento implica que o conhecimento possa ser transformado em “informação”, que pode ser facilmente transmitida (FORAY; LUNDVALL, 1998, p.117). Esse é um processo de redução e conversão, que torna fácil a transmissão, verificação, armazenagem e reprodução de conhecimento (ibid.). Conforme citado por Foray e Lundvall (loc.cit.), David (1993) afirma que conhecimento codificado é tipicamente expresso em uma forma compacta e padronizada que facilita e reduz os custos de tais operações.

De forma oposta, tácitos são aqueles conhecimentos que não podem ser facilmente transferidos porque não são expressos de forma explícita (FORAY, LUNDVALL; 1998, p.118). Segundo Polany (1958, p.212), como citado pelos autores (ibid.), conhecimento tácito tem a ver com implícitas, mas compartilhadas crenças e modos de interpretação que fazem a comunicação inteligente possível.

O segundo pilar da tradição é o aprendizado. Esse se relaciona à capacidade dos agentes de aprender novas formas de se fazer as coisas e adquirir novas competências. Aprendizado caracteriza-se por ser um processo interativo e dependente da habilidade de se combinar e recombinar diferentes partes do conhecimento em algo novo (GREGERSEN;

JOHNSON, 1996, p.480). Aprendizado contínuo permite a reciclagem ou mesmo a substituição de velhos conhecimentos por aqueles potencialmente mais produtivos.

De acordo com Lundvall (2006, p.11), quanto ao aprendizado, importantes contribuições foram dadas por abordagens como a de Arrow (1962) sobre o *learning by doing*, mostrando que a eficiência de firmas produzindo estruturas de aeronaves cresceu com o número de unidades produzidas, o que reflete um aprendizado baseado na experiência. Outra contribuição, ainda de acordo com Lundvall (2006), foi a Rosenberg (1982) introduzindo o *learning by using* para explicar a ampliação da eficiência no uso de sistemas complexos com o passar do tempo. E Lundvall (1988, apud. 2006) insere o conceito de *learning by interacting* para ressaltar os aumentos de competências gerados pela interação entre usuários e produtores na inovação.

Tais contribuições fornecem uma taxonomia dos tipos de aprendizado. *Learning by doing* relaciona-se com o aprendizado alcançado nas atividades produtivas cotidianas, *learning by using* refere-se ao uso contínuo de determinados produtos, máquinas, equipamentos e o aumento do domínio que se tem sobre eles, e *learning by interacting* tem a ver com o aprendizado conjunto resultante do convívio social e da troca de informações e conhecimentos.

Por último, os sistemas de inovação, como tratados na tradição Freeman-Aalborg, têm o foco voltado para relacionamentos – entendidos como condutores de conhecimento – e interações – que são vistas como processos onde novo conhecimento é produzido e aprendido (LUNDVALL; JOHNSON; EDQUIST, 2003, p.5).

Em resumo, conhecimento, aprendizado e interações constituem-se nos elementos centrais da abordagem dos sistemas de inovação⁷. Conhecimentos que podem ser tácitos ou codificados, e aprendizado que, como vimos acima, pode ocorrer de diversos modos (*learning by doing; learning by using, learning by interacting*).

Em adição, há ainda importantes contribuições de Charles Edquist (2001) que dizem respeito ao que se quer dizer quando da utilização do termo sistema e ao importante papel que cabe ao Estado no estímulo às atividades de desenvolvimento, difusão e uso de inovações.

No primeiro caso, o autor (ibid., p.4) tece críticas à abordagem dos sistemas de inovação pela utilização intuitiva do termo sistema e pela falta de explicações mais rigorosas das relações entre as variáveis do sistema. Além disso, apresenta uma resposta comum à

⁷ Segundo a abordagem Freeman-Aalborg

linguagem cotidiana e ao contexto científico à questão “o que é um sistema”? Para Edquist (loc.cit., minha tradução),

- Um sistema consiste em dois tipos de entidades: há primeiramente alguns tipos de componentes e há relações entre esses.
- Haveria razões porque certa ordem de componentes e relações tenha sido escolhida para constituir o sistema, elas formam um todo.
- Deve ser possível discriminar o sistema em relação ao resto do mundo; por exemplo, deve ser possível identificar as fronteiras do sistema. Porém, somente em casos excepcionais o sistema é fechado no sentido de não ter nada a ver com o resto do mundo.

No segundo, considera-se o Estado um importante determinante do processo de inovação e que seu papel não pode ser negligenciado pela abordagem (Edquist, 2001, p. 17). O Estado tem papel chave nos sistemas de inovação, uma vez que é o principal agente de gestão institucional. Ao criar leis, políticas, planos, etc. o Estado exerce sua função de controle do comportamento dos agentes e dá incentivos para, ou impede o desenvolvimento de atividades específicas. Nesta linha de raciocínio, encontra-se no Estado a instância de planejamento e controle da trajetória econômica de cada país. Assim, sua função é alinhar as operações dos sistemas de inovação com os objetivos propostos nas políticas públicas.

Com a inserção do Estado, chega-se a um apanhado dos principais elementos da abordagem dos sistemas de inovação segundo a tradição Freeman-Aalborg. Tem-se no conhecimento, nos processos de aprendizado e nos relacionamentos os pilares da abordagem, e que estes elementos integram uma estrutura sistêmica – um todo onde há componentes, relações, limites/fronteiras – onde a ação do Estado é um importante determinante das atividades de inovação.

Este quadro conceitual da abordagem representa uma ferramenta de análise que tem sido aplicada ao estudo de diferentes níveis analíticos. Tais níveis de análise referem-se ou ao nível espacial, ou ao de tecnologias ou setores. Originalmente, a tradição Freeman-Aalborg direcionou seu olhar para questões de cunho espacial. Seus principais autores dedicam-se principalmente à investigação de questões pautadas pelo nível nacional de agregação dos sistemas de inovação. O foco sobre o nível nacional derivou do interesse na comparação da performance de desenvolvimento econômico de diferentes países. Segundo Lundvall (2007, p.11), “a intenção original foi o confronto de estratégias nacionais de política econômica e padrões econômicos – focados sobre o nível nacional”.

Porém, outros autores se dedicam a outros níveis de análise e abordam os sistemas de inovação de acordos com algumas especificidades. No nível regional, autores como Cooke,

Roper e Wylie (2002, p.9) supõem que muitas das firmas que inovam, se não todas, operam em redes regionais compostas por firmas, organizações de pesquisa e tecnologia, agências de apoio à inovação, investidores e governos locais e regionais. A abordagem desenvolvida pelos autores (loc.cit.) destaca a importância de se estudar os sistemas de inovação no âmbito das regiões como forma de conhecer o impacto que as interações de firmas e instituições regionais têm sobre a facilitação ou impedimento dos processos de inovação e aprendizado social. Eles resumem o sistema regional de inovação como uma associação complexa entre fontes de capital, indústrias, universidades e agências governamentais essenciais para transformar conhecimento em vantagem econômica competitiva (COOKE; ROPER; WYLIE, 2002, p.9).

Outra abordagem em que se aproveitam os conceitos dos sistemas de inovação é a dos APL's, desenvolvida no Brasil. Autores como Villaschi e Campos (2002) e Cassiolato e Lastres, (2003) estão interessados na investigação da inovação como derivando da interação de atores econômicos, sociais e políticos em espaços localizados. O interesse é a investigação de (i) relações entre empresas e outros atores; (ii) fluxos de conhecimento, principalmente aqueles de conteúdo tácito; (iii) processos de aprendizado; (iv) proximidade geográfica; (v) identidade histórica, institucional, social e cultural; como fontes de diversidade e vantagem competitiva (CASSIOLATO; LASTRES, 2003, p.5).

Diferentemente dos autores ligados às abordagens espaciais referidas acima, este trabalho acompanha os estudos dos sistemas de inovação aplicados ao nível setorial. O objetivo é obter bases conceituais para a análise do sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro, assunto que será tratado no capítulo seguinte. O presente estudo apóia-se fundamentalmente nos trabalhos de Malerba (1999, 2001, 2002, 2006a, 2006b), Malerba e Montobbio (2000) e Malerba e Nelson (2008) e incorpora importantes contribuições de Carlota Perez (2001, 2008, 2009) ainda que a autora não especificamente tenha seu foco voltado às questões setoriais.

Nesta perspectiva de análise, a discussão direciona-se a questões relacionadas a produtos, tecnologias, demanda, produção e venda em setores específicos. O interesse está em entender como tecnologias e produtos se desenvolvem em setores específicos, quais são seus elementos básicos e qual a influência de cada um dos elementos na evolução de tecnologias e produtos. De forma semelhante, o interesse aqui é pelo entendimento dos elementos básicos do sistema de inovação do setor de celulose e papel brasileiro, de como esses estão articulados e do papel que desempenham na evolução de produtos e tecnologias dentro do setor.

Porém, antes de uma avaliação do setor específico de celulose e papel, é preciso entender como os setores funcionam, segundo a abordagem dos sistemas setoriais de

inovação, e quais as particularidades que os diferenciam dos sistemas de inovação tratados pela tradição Freeman-Aalborg.

O primeiro passo é a colocação de um conceito adicional. Expressos acima estão os entendimentos presentes na tradição Freeman-Aalborg dos significados de inovação e de sistemas. Para direcionar a análise para o nível setorial, precisa-se definir o significado de setor. De acordo com Franco Malerba (2001, p.6), setores não estão somente relacionados ao grau de verticalização ou concentração de firmas. Entende-se que setores reúnem outros atores em adição às firmas, têm base de conhecimento e fronteiras determinadas, apresentam modos particulares de interação entre os agentes e são governados por um ambiente institucional específico.

A partir daí, define-se um sistema setorial de inovação, segundo Franco Malerba (2002, p. 250), como referindo-se a produtos novos e estabelecidos direcionados a usos específicos e um conjunto de agentes interagindo através do mercado ou de outras formas de relacionamento para a criação, produção e venda destes produtos. Sua análise baseia-se na natureza, na estrutura, na organização e na dinâmica da inovação e da produção dentro de cada setor (MALERBA, 2006a, p.7) e entre seus principais elementos estão:

(i) **Atores**

Atores podem ser indivíduos ou organizações. Por organizações entende-se firmas e demais organizações não-firma, tais como universidades, centros de pesquisa, instituições financeiras, governo, assim como subunidades de tais organizações. E indivíduos podem ser consumidores, cientistas, empresários, etc.

Entre os atores, papel central é dado às firmas. Elas são os principais agentes conduzindo processos de aprendizado e produzindo inovação com base em suas competências e sua base de conhecimentos adquiridos e acumulados ao longo do tempo.

Às organizações não-firma cabe a função de suporte à inovação, de acumulação de competências e de evolução das bases de conhecimento. Dois fatores básicos caracterizam a importância das universidades e centros de pesquisa públicos: primeiro, universidades e instituições de ensino superior fornecem avançados treinamentos científico, tecnológico e gerencial ao capital humano. Segundo, eles conduzem pesquisas em áreas científicas e tecnológicas que são extremamente relevantes para as firmas (MAZZOLENI; NELSON, 2006, apud. MALERBA; NELSON, 2008, p.18).

O setor público desempenha um papel chave no processo de inovação. Políticas e programas governamentais direcionados ao desenvolvimento de inovações estimulam a atividade dentro de determinados setores e conseqüentemente a produção de inovações.

Quanto às organizações financeiras, cabe a elas a importante função de canalização dos recursos financeiros e a assunção dos riscos inerentes às atividades de inovação.

(ii) **Relacionamentos**

Na atividade econômica, o relacionamento entre os agentes é essencial para que as trocas (de informações, tecnologias, conhecimentos) possam ocorrer. Em termos gerais, as interações se dão através do mercado, constituindo assim uma relação comercial, e/ou através de relações não mercado que se configuram como acordos de cooperação/colaboração tanto formais quanto informais.

Na perspectiva dos sistemas setoriais de inovação, como tratado por Malerba (2001, p.6), inovação e produção envolvem interações entre diversos atores para geração/compartilhamento/troca de conhecimentos importantes para a inovação e sua comercialização.

Para o autor (ibid., minha tradução),

Interações incluem relações dos tipos de mercado ou não-mercado que são mais amplas do que mercados para conhecimento e licenciamento tecnológico, alianças inter firmas e redes formais de firmas [...].

Sob a ótica do sistema setorial de inovação, as interações não-mercado assumem caráter mais estratégico na medida em que possibilitam o compartilhamento de competências/conhecimentos entre os agentes envolvidos e, como tratado pela tradição Freeman-Aalborg acima, permitem a produção e aprendizado de novo conhecimento.

Não se quer afirmar que as interações via mercado não sejam importantes. Através do mercado, consumidores, fornecedores e clientes traçam um caminho de evolução das inovações dentro de determinado setor. As demandas dos clientes tendem a direcionar os desenvolvimentos de inovação entre os produtores. Da mesma forma, inovações ocorridas entre os fornecedores de insumos podem modificar amplamente a direção e as possibilidades de inovação. Porém, as interações através do mercado não capturam as características sociais da inovação descritas por Villaschi e Campos, anteriormente citados, tampouco permitem o compartilhamento de elementos tácitos do conhecimento.

As várias formas de colaboração/interação entre os atores do sistema setorial permitem o compartilhamento de experiências, recursos e competências que permitem uma redução das incertezas inerentes ao processo de inovação. A incerteza do ambiente faz das colaborações tecnológicas, de empresa para empresa ou em redes, elementos importantes, não porque os agentes são similares, mas porque são diferentes, o que possibilita a integração de complementaridades em termos de conhecimento, capacidades e especialização (MALERBA; MONTOBBIO, 2000, p.4-5).

Colaboração tecnológica refere-se à hipótese de que acordos cooperativos entre os agentes econômicos têm papel fundamental na especialização e no desenvolvimento tecnológico em determinado nível de análise (nacional, regional/local, setorial). Isso, porque a colaboração tecnológica aumenta a difusão de conhecimento, fornece maior acesso a complementaridades e reduz as incertezas que as firmas enfrentam em suas atividades de inovação (MALERBA; MONTOBBIO, 2000, p.7).

Em alguns sistemas setoriais, como semicondutores e softwares, redes com integração vertical com fornecedores proveram novos insumos, conhecimento complementar, informação, e conduziram ao aprendizado e ao desenvolvimento de capacidades pelas firmas domésticas (RASIAH et al., NIOSI et al.) conforme citado por Malerba e Nelson (2008, p.18). Em outros sistemas, como telecomunicações e automóveis, o *catching-up*⁸ tem sido caracterizado por acordos colaborativos para a produção, e pesquisa e desenvolvimento (ibid., p.18).

(iii) Conhecimento

Cada setor específico reúne características próprias em termos de base de conhecimento e tecnologias (MALERBA, 2001, p.6). Conhecimento tem características que estão estreitamente relacionadas às particularidades de cada firma e não podem ser difundidas e utilizadas livremente por outras firmas e/ou indivíduos.

De acordo com Malerba e Nelson (2008, p.8), diferentes setores são caracterizados por diferentes bases de conhecimento e fontes de oportunidades tecnológicas. As características e

⁸ Há significantes diferenças entre os setores econômicos em algumas das variáveis chave envolvidas nos processos de *catching-up* (MALERBA; NELSON, 2008, p.6). Os sistemas setoriais se diferenciam, entre outras coisas, em termos de especialização, performance e em seus elementos básicos. Em suas análises Malerba (2006a; Malerba e Nelson, 2008) busca também o entendimento das diferenças dos caminhos seguidos por diferentes setores para a recuperação de atraso (*catching-up*) ou de avanço rápido (*forging ahead*).

fontes de conhecimento, em um sistema setorial, afetam os processos de aprendizado e as capacidades relevantes das firmas, a taxa e a direção da mudança tecnológica, a organização das atividades de produção e inovação e os fatores na base do sucesso das firmas no setor (MALERBA; NELSON, 2008, p.8).

Assim sendo, a base de conhecimento de cada setor, ao mesmo tempo em que apresenta particularidades de cada firma, é abastecida por fontes externas de conhecimento. Em outros termos, os conhecimentos podem ser desenvolvidos no interior das firmas ou podem ser incorporados através de fontes externas. Tanto para o desenvolvimento interno quanto para a incorporação de conhecimento externo, capacidades internas à firma devem ser desenvolvidas. Tais capacidades estão relacionadas com a incorporação, por parte das firmas, dos conhecimentos referentes a tecnologias específicas, além da adaptação e melhoria dessas tecnologias.

O desenvolvimento de, ou acesso a, conhecimentos e tecnologias levam em consideração dois importantes fatores: primeiro deles são os diferentes graus de acessibilidade⁹. À medida que se tem acesso a um maior volume de conhecimento ou onde as condições de acesso a tal conhecimento são mais fáceis, podem-se esperar mais intensos processos de aprendizado, produção de conhecimento e inovação (MALERBA, 2001, p.9).

O segundo versa sobre a cumulatividade do conhecimento. De acordo com Franco Malerba (loc.cit.), conhecimento pode ser mais ou menos cumulativo, ou seja, o desenvolvimento de conhecimento pode estar mais ou menos relacionado ou tirando proveito de base corrente de conhecimento. O autor (loc.cit.) identifica diferentes fontes de cumulatividade. A primeira relaciona-se com as capacidades organizacionais que sofrem melhorias somente graduais ao longo do tempo. As capacidades das organizações evoluem gradualmente com o correr das interações cotidianas nas atividades de produção e inovação e com a incorporação, também gradual, de novos conhecimentos externos influenciando aquilo que as firmas aprendem e podem esperar realizar no futuro. E a segunda são os retornos de informação vindas do mercado. À medida que as atividades de inovação têm sucesso no mercado tendem a gerar mais lucros e concentrar os investimentos em inovações adicionais.

Cumulatividade de conhecimento está relacionada às experiências anteriores dos sistemas setoriais. A forma como as coisas foram feitas, os problemas enfrentados no passado e as soluções encontradas abastecem o reservatório de conhecimento de cada setor.

⁹ O tratamento tanto de questões referentes à acessibilidade quanto à cumulatividade do conhecimento não são particularidades da abordagem dos sistemas setoriais de inovação como entendida por Malerba. Porém, o autor incorpora os termos para ressaltar a importância das ligações com fontes de conhecimento e a característica *path-dependence* da evolução desse.

Esse conhecimento possibilita a melhoria gradual de produtos, processos, tecnologias, formas de organização, etc.

Conhecimento tem papel central para a inovação, porque está na base do desenvolvimento de capacidades das firmas e afeta ritmo, direção e intensidade dos processos de aprendizado. Em geral, as características e fontes de conhecimento afetam a taxa e a direção da mudança tecnológica, a organização das atividades de produção e inovação, e os fatores na base da performance de sucesso das firmas (MALERBA, 2006a, p.13).

(iv) **Instituições**

As instituições regulam as atividades e os relacionamentos entre atores. Elas incluem leis, normas, hábitos comuns, práticas estabelecidas, padrões, tradições, etc. que moldam a forma como os agentes entendem, agem e se relacionam (BORRÁS, 2004, p.430).

Instituições podem caracterizar-se por serem impostas aos agentes econômicos. Desta forma, configurando-se em uma norma deliberadamente planejada – como leis de patentes ou regulações específicas de cada setor – ou serem resultado das atividades cotidianas à medida que emergem das relações/interações entre indivíduos nas atividades de cada dia – a exemplo de tradições e convenções (MALERBA, 2001, p.6-7; 2006a, p.10).

Cada instituição, em cada parte do mundo, apresenta características distintas daquelas encontradas em outros lugares. Assim, instituições similares podem ter papéis distintos de acordo com o ambiente onde estão inseridas. Nos sistemas setoriais, instituições afetam a taxa da mudança tecnológica, a organização da atividade de inovação e a performance dos sistemas setoriais, sejam elas formalmente planejadas ou emergindo das interações cotidianas (MALERBA, 2006a, p.10).

Cada tipo de instituição tem um papel característico no incentivo ou na colocação de limites aos sistemas de inovação. De acordo com Franco Malerba e Richard Nelson (2008, p.19, minha tradução):

- Instituições financeiras têm papel importante naqueles setores mais carentes de recursos para financiar novos investimentos, ex: software e farmacêuticos.
- Políticas governamentais são instituições chave no estímulo ao surgimento/desenvolvimento de sistemas setoriais. Elas podem estar relacionadas a suporte às atividades de P&D, estímulo à competição, proteção das firmas domésticas, criação de institutos de pesquisa governamentais, auxílio ao empreendedorismo, etc. Por exemplo, Coreia do Sul e China tiveram sucesso na coordenação dos esforços das firmas

domésticas em direção à nova geração de produtos e tecnologias de telecomunicações por meio de auxílio às atividades de P&D.

- Padrões de normas e regulações também têm tido importante impacto no estímulo ou bloqueio da inovação em vários setores.

Sob uma perspectiva setorial, as instituições vão influenciar a especialização e a evolução de cada setor (e em que direção), assim como gerarão impacto sobre a performance de cada um e sobre a definição de quais setores serão mais incentivados ou reprimidos.

Como se verá no capítulo seguinte, as instituições desempenharam papel determinante, tanto no desenvolvimento e na evolução do sistema de inovação do setor de papel e celulose, quanto na formação da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalipto. Por exemplo, políticas de estímulo e proteção ao setor celulose permitiram que o setor se desenvolvesse em seus primeiros estágios e o fornecimento de recursos financeiros não possuídos pelas empresas integrantes do GENOLYPTUS possibilitou a formação de um importante arranjo cooperativo para geração de conhecimento acerca do eucalipto.

(v) **Aprendizado**

“O principal fator na base da recuperação de atraso parece ser o aprendizado e as capacidades das firmas” (MALERBA; NELSON, 2008, p.12). Entre os elementos que dão dinâmica aos sistemas setoriais, ao aprendizado é dado o papel de processo central. Isso, porque via aprendizado, conhecimentos, tecnologias e capacidades evoluem. Aprendizado de novo conhecimento pode ser traduzido como acumulação de novas capacidades e conhecimentos e reciclagem daqueles mais antigos. Capacidades essas que não se referem somente a questões de produção e pesquisa, referem-se também a capacidades de organização e coordenação e permitem a recuperação de atraso e assunção de vantagens competitivas por empresas, regiões, nações, etc.

Assim, para o sucesso de um sistema setorial, seja para *catching-up* seja para *forging ahead*, exige-se que se alcance novas competências/capacidades para ter acesso a ativos complementares, absorver novo conhecimento e novas tecnologias e inovar. Isso significa desenvolver capacidades de adotar, adaptar e modificar tecnologias externas; introduzir modificações e inovações incrementais; e, eventualmente, desenvolver produtos e processos que sejam totalmente novos (MALERBA; NELSON, 2008, p.4).

(vi) Processos de Criação de Variedade e Seleção

O sistema setorial cria variedade, à medida que novidades vão sendo inseridas. Essas novidades estão relacionadas a novos produtos, novas tecnologias, entrada de novas firmas alteração de estratégias e comportamentos. Como exemplo disso, pode-se citar a ascensão de novas instituições e organizações como novos departamentos dentro de universidades, novos campos científicos, tecnológicos e educacionais (MALERBA, 2002, p.258), especialização e conhecimento em inovação e processos de produção por parte das firmas (id., 2001, p.14).

O incremento na variedade dentro do sistema setorial de inovação está associado à emergência de novas tecnologias e novos conhecimentos e à constância dos processos de aprendizado e construção de capacidades. Este incremento contribui para as mais importantes mudanças na população de agentes e na transformação de tecnologias e produtos dentro de um setor (Loc.cit.).

À medida que os setores evoluem, algumas tecnologias se sobressaem, enquanto outras são superadas. Dito de outra forma, à medida que o setor evolui no interior de um paradigma técnico-econômico, as possibilidades de inovação vão sendo reduzidas devido à escolha de determinados caminhos ou trajetórias tecnológicas (conforme discussão posterior). O seguimento de determinadas trajetórias faz com que determinados tipos de inovação sejam selecionados em detrimento de outros. Os processos de seleção reduzem a heterogeneidade originada nos processos de criação de variedade com respeito a firmas, produtos, tecnologias, instituições, conhecimentos, etc. As formas mais adequadas, ou aquelas que se sobressaem sobre as outras, são selecionadas através de mecanismos institucionais – ocasionado por mudanças nas regras vigentes, nos hábitos e costumes dos agentes, entre outras – ou por meio do mecanismo de mercado.

Aqui, há um aumento de importância do papel desempenhado pela demanda na seleção dos produtos, tecnologias, formas de organização, etc. A dinâmica da demanda, composta por consumidores individuais e por firmas, coloca-se no centro da análise da evolução da indústria. Interações entre produtores e usuários, *upstream* e *downstream*, mudam preferências e capacidades de ambos e fazem com que se inicie e se mantenha em movimento um processo de co-evolução de tecnologias, conhecimentos, estruturas de mercado e inovação (MALERBA, 2006b, p.12).

A demanda nacional ou internacional, em vez de compradores similares agregados, é vista na abordagem de sistemas setoriais como agentes heterogêneos, interagindo de várias formas com os produtores (MALERBA, 2006a, p.9). De fato, em alguns setores, as

necessidades dos consumidores podem guiar o desenvolvimento de inovações, uma vez que, por intermédio das interações com os produtores, as necessidades dos consumidores são compartilhadas e ditam a direção das inovações.

Em resumo, os processos de seleção afetam o crescimento e o declínio de vários tipos de agentes ou grupos de agentes, e o alcance de comportamentos e organizações viáveis em um sistema setorial de inovação (id., 2001, p.14)

(vii) **Evolução do sistema setorial de inovação**

Como dito anteriormente, as análises sobre os sistemas setoriais levam em consideração questões relacionadas a produtos, tecnologias, demanda, produção e venda em setores específicos, questões que estão relacionadas com a estrutura dominante em cada setor e com as formas e possibilidades de evolução do mesmo. Esta estrutura é caracterizada por específicas tecnologias, bases de conhecimento, padrões de relacionamento determinados e arranjos institucionais particulares. Ela se desenvolve ao longo do tempo e a cada período caracteriza-se por um conjunto de possibilidades e desafios a serem enfrentados.

O setor evolui e modifica sua estrutura dominante, à medida que os processos de aprendizado, criação de variedade e seleção possibilitam ampliações ou rupturas nas tecnologias e bases de conhecimento acumuladas fazendo necessárias adaptações/evoluções nos relacionamentos e na configuração institucional que as novas ações e interações exigem. À medida que evolui, o setor sofre transformações em relação a conhecimentos, tecnologias, processos de aprendizado, competências dos atores, tipos de produtos e processos e instituições (MALERBA, 2006b, p.7-8). Porém, esta evolução não se dá de forma aleatória. Os setores evoluem ao longo de trajetórias específicas de desenvolvimento de capacidades, (MALERBA; NELSON, 2008, p.13), que caracterizam o ritmo e a direção da mudança em uma dada tecnologia (PEREZ, 2009 p.3).

Exemplo de diferentes trajetórias seguidas em um setor pode ser extraído do estudo de Malerba e Nelson (2008 p. 13-14). Os autores descrevem o caso do setor de softwares que apresentou diferentes caminhos seguidos em diferentes partes do mundo no que diz respeito à terceirização e à participação na cadeia de suprimentos global de aplicações de software. Enquanto a Índia se especializou em serviços de software, Israel se dedicou à produção de softwares de alta tecnologia e a Irlanda estabeleceu seu foco sobre produtos para o mercado Europeu (ibid.).

Outro exemplo é o que será tratado no capítulo seguinte, a respeito da trajetória seguida pelo setor de celulose e papel brasileiro a partir da opção pela fabricação de celulose de fibra curta e a especialização na utilização de plantações de espécies de eucalipto.

As trajetórias, seguidas por diferentes setores em diferentes partes do mundo, retratam os resultados de decisões de investimento tomadas anteriormente pelos empresários. São estas decisões de investimento, baseadas na demanda potencial esperada, que determinam a gradual evolução das tecnologias em um setor.

Segundo Carlota Perez (2009, p.2) as decisões de investimento em inovações por parte dos empresários direcionam os esforços de pesquisa. Estas decisões não constituem um processo aleatório, ao contrário, elas são moldadas pelo contexto em que estão inseridas, incluindo-se aí preços relativos, fatores institucionais e regulatórios e o mercado potencial percebido pelos empresários. O mercado potencial frequentemente depende do que já foi aceito pelo mercado anteriormente, da base de conhecimentos adquiridos e de várias fontes de experiências práticas (PEREZ, 2009 p.3). Ou seja, a evolução da tecnologia do setor é altamente cumulativa, dependente e derivada de todas as capacidades reunidas na execução das atividades passadas.

Além disso, a evolução dos setores gera impactos por toda a atividade econômica. Sua evolução promove alterações nos sistemas setoriais e na estrutura institucional corrente, uma vez que a evolução da tecnologia é um processo complexo em que tecnologias são interconectadas em sistemas e esses por sua vez são entrelaçados e interdependentes uns com os outros e com os ambientes físico, social e institucional (PEREZ, 2001, p.113).

Sendo assim, verifica-se que há um relacionamento de mão dupla entre a evolução das tecnologias e o ambiente que as cerca. Ao mesmo tempo em que as decisões de investimento por parte dos empresários são moldadas pela estrutura física, ligações e configuração institucional vigentes, elas as modificam e as fazem evoluir.

Como bem expressado por Malerba (2006b, p.7-8, minha tradução), resume-se inovação e evolução da indústria como:

- Resultado de processos de aprendizado por firmas e indivíduos;
- Fundamentado em uma base de conhecimento específica que caracteriza a indústria;
- Resultado de interações competitivas e cooperativas, de mercado ou não-mercado, formal e informal de vários atores com diferentes competências e conhecimentos;
- Ocorrendo em específicas configurações institucionais, que às vezes são nacionais, outras são específicas para o setor;
- Trazendo mudança e transformação não somente para produtos e processos, mas também para atores, ligações, instituições e conhecimento.

Assim, a abordagem dos sistemas setoriais de inovação, como tratada por Franco Malerba, faz jus à tradição a que se vincula. A abordagem apóia-se sobre os pilares de conhecimento, aprendizado e interações e tem, entre seus principais elementos, atores, instituições, relacionamentos e processos de evolução. Além disso, atribui ao setor público importante papel no desenvolvimento dos sistemas setoriais. O que é particular aos sistemas setoriais de inovação é a especialização em determinados produtos e tecnologias, a atenção especial à demanda como importante determinante da evolução de tais produtos e tecnologias, e os caminhos pelos quais esses evoluem.

O entendimento dos sistemas setoriais de inovação foi buscado ao longo das linhas anteriores, primeiramente, pela identificação de quais os principais determinantes da inovação, segundo a abordagem dos sistemas de inovação desenvolvida pela tradição Freeman-Aalborg. Conhecidos os elementos principais, buscou-se um entendimento de como a referida tradição desdobra-se para uma abordagem setorialmente apoiada e como os elementos dos sistemas de inovação estão dispostos e se relacionam dentro dos setores.

O conhecimento dos elementos e de sua articulação nos sistemas setoriais permitirá a compreensão do sistema de inovação do setor de celulose e papel brasileiro e da participação da Aracruz Celulose neste sistema evidenciada em sua inserção no projeto GENOLYPTUS, que será alvo da análise do capítulo seguinte.

A avaliação do setor de celulose é de extrema importância. Trata-se de um setor especializado em uma *commodity*, a celulose, com produção dependente de recursos naturais. A importância dos setores especializados em produtos baseados em recursos naturais é ressaltada por Carlota Perez (2008), quando defende a adoção, por países da América Latina, de uma estratégia apoiada na especialização da produção de commodities.

A autora (*ibid.*, p.13) chama a atenção para uma janela de oportunidade, propiciada pelas ricas fontes de recursos naturais e energia possuídas pelos países da América Latina, para a especialização em indústrias de transformação. A sugestão é que países da região deixassem o tradicional modelo de exclusiva exportação de matérias-primas para a adoção de um modelo envolvendo e desenvolvimento de tecnologias relacionadas a estas commodities.

Nas palavras de Carlota Perez (2008, p.14, minha tradução):

Isto implica uma gradual transformação de toda a economia. A idéia é se engajar em um concentrado esforço, para controlar as indústrias de transformação, das indústrias de larga escala, como alumínio, papel, refino, cerveja, petroquímicas e alimentos, passando por indústrias de média escala como especializadas (química, biotecnológica, nanotecnológica), até indústrias de pequena escala como materiais customizados, produtos químicos especiais e outros produtos de nicho.

O caso analisado neste trabalho corresponde exatamente às proposições de Perez. O setor de papel e celulose brasileiro apropria-se de vantagens comparativas associadas à posse de recursos naturais, à ampla disponibilidade de terras e clima propício ao plantio de espécies aptas para a fabricação de celulose. Aliado a isso, o setor realiza um grande e contínuo esforço para o desenvolvimento de tecnologias voltadas à ampliação de tais vantagens. Esforço que é aplicado também pela Aracruz Celulose, como se verá no capítulo seguinte.

3. O SI DO SETOR DE CELULOSE E PAPEL BRASILEIRO: A experiência da Aracruz Celulose e o Projeto GENOLYPTUS

O presente capítulo dedica-se à compreensão do funcionamento do sistema setorial de inovação de celulose e papel no Brasil sob a perspectiva da participação de um de seus integrantes, a Aracruz Celulose. Identifica-se como os principais elementos dos sistemas setoriais de inovação estão presentes no setor de celulose e papel e verifica-se como a Aracruz participa e contribui para o desenvolvimento de inovações no setor.

Esta investigação está fundamentada na discussão conceitual elaborada no capítulo anterior, sobre os determinantes da inovação nos setores. A abordagem dos sistemas setoriais de inovação permitiu a identificação dos principais elementos dos sistemas setoriais presentes no setor de celulose e papel brasileiro e a importância deles nos desenvolvimento e evolução do setor no Brasil. Evidências da importância desses elementos são extraídas, tanto na formação da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalipto, quanto na evolução do setor e da Aracruz Celulose ao longo das últimas décadas. Portanto, as duas unidades de análise para as quais este trabalho dedica maior atenção são a Aracruz Celulose e o Projeto Genolyptus.

3.1. O setor de papel e celulose brasileiro

3.1.1. A instalação do setor

A formação da indústria de papel e celulose brasileira tem suas bases sobre as atividades de imigrantes relacionadas à importação e comércio de papéis (HILGEMBERG; BACHA, 2001). A maior parte da demanda de celulose nacional era suprida por produção estrangeira. O cenário só começa a mostrar algumas oportunidades para o desenvolvimento do setor de papel e celulose nacional à medida que surgem dificuldades no balanço de pagamentos derivadas da desvalorização da moeda nacional, essa última provocada pelo avanço da crise de 1929 (ibid.).

O desenvolvimento do setor de papel e celulose foi amplamente influenciado por políticas públicas intencionadas a dar maior competitividade internacional à indústria local. Incentivos foram dados ao setor, como parte da estratégia do modelo de substituição de importações, para responder às pressões sobre a balança comercial originadas na crise de 1929.,

Um passo marcante para o setor foi a instalação da primeira fábrica de papel imprensa em 1946, a Indústria Klabin do Paraná, contando com produção de celulose a base de pinus e produção de madeira próprias. O projeto resultou de concessões financeiras, taxas de câmbio especiais para a importação de equipamentos e garantias de monopólio fornecidas pelo Governo Vargas (RODRIGUES, 2005, p.40).

Nos anos 1950 e 1960, os apoios governamentais ao desenvolvimento do setor de celulose e papel se intensificam. Os objetivos de auto-suficiência na produção de celulose contidos no PLANO DE METAS (década de 1950), e medidas de estímulo à implantação de maciços florestais (década de 1960) como incentivos fiscais ao reflorestamento e a priorização de fomento financeiro ao setor por parte do BNDE, deram impulso adicional ao desenvolvimento da indústria de celulose. (HILGEMBERG; BACHA, 2001, p.148-9).

A indústria começa a desenvolver sua tecnologia internamente por meio de pesquisas sobre o uso do eucalipto como matéria-prima. Mesmo sem políticas tecnológicas direcionadas ao setor de papel e celulose, pesquisas florestais sobre a utilização do eucalipto foram empreendidas. As firmas conduzindo estas pesquisas concluíram que o uso do eucalipto era tecnicamente e economicamente viável.

As bases fornecidas por essas pesquisas aliadas às reformas institucionais conduzidas pelo governo no período de 1964/66 estimularam a difusão das plantações de eucalipto (RODRIGUES, 2005, p.41).

Na década de 1970, o setor de celulose e papel começa a se voltar para o mercado internacional. O II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) contempla o primeiro programa de incentivos específico para o setor, o I Programa Nacional de Papel e Celulose (IPNPC) (HILGEMBERG; BACHA, 2001, p.153). Nele aparece um conjunto de medidas para alcançar a auto-suficiência em celulose e papel e a geração de excedentes de celulose para exportação. A partir daí é que entra em operação a primeira unidade fabril dedicada à produção de celulose de mercado. A Aracruz Celulose inicia suas operações em 1978 com uma capacidade de produção que representava, naquela época, 25% da capacidade nacional de produção de celulose de fibra curta. (ibid. p.153-4)

Um segundo Programa Nacional de Papel e Celulose (II PNPC), lançado na década de 1980, prevê investimentos de ampliação da capacidade produtiva nacional para o setor que viabilizaram a duplicação da capacidade produtiva da Aracruz.

3.1.2. Características do setor

O setor de papel e celulose é tradicional e possui tecnologia relativamente acessível e globalizada. Sua cadeia produtiva é bastante complexa. Abrange as etapas de reflorestamento, produção de madeira, fabricação de celulose, fabricação de papel, conversão de papel em artefatos, produção gráfica, produção editorial e reciclagem do papel utilizado. Além disso, inclui atividades de geração de energia, distribuição, comércio, exportação de produtos e matérias-primas, transportes rodoviário, ferroviário e marítimo; e está ligado a outros setores da economia como o de serviços, indústria química, mineração, bens de capital e engenharia (LOPES; CONTADOR, 1998, p.3).

O setor enquadra-se entre os negócios de produtos florestais. Empresas do ramo, em geral, inserem-se em pelo menos um dos setores de base florestal, quais sejam, o setor de produtos de madeira, o setor de celulose de mercado e o setor de papel.

A principal matéria-prima desses setores é a madeira oriunda de florestas nativas ou de florestas plantadas, sejam elas públicas ou privadas. De acordo com Das Dores et. al. (2007, p.110), no Brasil, as florestas ocupam cerca de 544 milhões de hectares, dos quais 99% são de florestas nativas e 1% de florestas plantadas. Das florestas nativas, 45% são de domínio privado e o restante de florestas públicas (ibid. p.111).

O grau de verticalização das empresas dentro da indústria de base florestal é bem diversificado. Enquanto empresas produtoras de madeira sólida, em sua maioria, não possuem florestas, as principais fabricantes do setor de painéis de madeira são possuidoras de florestas e as empresas de papel e celulose retiram sua matéria-prima exclusivamente de florestas plantadas. Encontram-se desde empresas totalmente integradas até as que dedicam-se somente à celulose de mercado. De acordo com Rodrigues (2005, p.35), as empresas do setor podem ser caracterizadas como segue:

- a) Firmas integradas: são aquelas que têm o papel como seu principal produto e em suas operações englobam as produções de madeira e de celulose;

- b) Firmas não-integradas: são as que também apóiam-se sobre o papel como principal produto, porém dependem de terceiros para suprir suas demandas por celulose;
- c) Firmas de celulose de Mercado: são firmas das quais o principal produto é a celulose de Mercado. Vendem seus produtos para empresas que se dedicam à produção de papel.

No que se refere às estratégias adotadas pelas empresas do ramo, pode-se sintetizá-las em duas principais áreas (JORGE, 1993, p.28-29):

- a) Produtivas, que dizem respeito à base florestal e ao processo de fabricação de celulose. O aumento da produtividade das florestas dá-se através da redução do tempo de maturação das árvores, do melhoramento genético das espécies, da ampliação das bases florestais e internacionalização das operações. No que diz respeito aos processos produtivos, há constante busca pela diferenciação dos produtos e sua adequação às especificidades de cada cliente.
- b) De mercado, que estão relacionadas ao grau de integração com a produção de papel e de dependência do mercado de celulose. Aqui, há a ocorrência de diversificação, rumo aos vários segmentos de papel, integração vertical, rumo tanto à produção de celulose quanto à distribuição de produtos finais e orientação/reorientação dos negócios, para mercados específicos.

Dentre os vários tipos de empresas operando no setor, aquelas pelas quais interessa-se este trabalho, são as produtoras de celulose de mercado. Isso, porque, aqui, busca-se evidências na operação de uma empresa que atua nesta indústria, qual seja, a Aracruz Celulose.

De acordo com Valor Econômico S.A. (2010), o Brasil é o sétimo produtor mundial de celulose de mercado e o primeiro em celulose de mercado de fibra curta. A produção vem crescendo 5,5% ao ano nos últimos anos e a celulose de fibra curta a base de eucalipto participa com cerca de 80% do total.

A indústria de celulose de mercado caracteriza-se por: i) exploração de florestas integralmente plantadas com espécimes de rápido crescimento (pinus, eucalipto e outros); (ii) a produção concentrada em poucas empresas; e (iii) inexistência de um padrão patrimonial e estratégico destas empresas (JORGE, 1993, p.28).

No que diz respeito à concentração, segundo o estudo Valor Análise Setorial (2010, p.9), em 2004 as quatro maiores produtoras celulose do país (Aracruz, Votorantim, Klabin e Suzano Bahia Sul) controlavam 63,30% da produção total daquele ano, já as oito maiores (as quatro primeiras mais Cenibra, Ripasa, Orsa-Jari e International Paper) somaram 87,07%.

Em relação aos fatores competitivos, de acordo com a análise traçada por Maurício Mendonça Jorge (1993, p.29-30), nesta indústria, podem ser destacados alguns fatores competitivos relacionados a fatores empresariais, estruturais e sistêmicos:

- a) As escalas de produção serão cada vez maiores, em especial no caso dos processos químicos, em função dos ganhos associados à redução dos custos fixos, à recuperação de reagentes químicos e à eficiência energética.
- b) A concorrência, cada vez mais globalizada, exigindo instrumentos sofisticados e um rigoroso monitoramento do mercado internacional.

No que se refere às empresas brasileiras, cabe ressaltar que o Brasil possui fortes vantagens comparativas e competitivas na produção da madeira. Segundo Dário Grattapaglia (2009), as vantagens comparativas brasileiras são:

- (i) Disponibilidade de áreas para expansão florestal;
- (ii) Condições climáticas tropicais;
- (iii) Alto índice de insolação;
- (iv) Chuvas bem distribuídas ao longo do ano em várias áreas; e
- (v) Menores custos de produção.

Ainda segundo Grattapaglia (ibid.), as vantagens competitivas são:

- (i) Tecnologias silviculturais aprimoradas;
- (ii) Melhoramento genético criativo e avançado;
- (iii) Clonagem eficiente de árvores superiores;
- (iv) Qualificação de profissionais e cientistas na área florestal; e
- (v) Práticas de gerenciamento e integração floresta-indústria.

Por outro lado, os principais obstáculos enfrentados pelo setor são a inadequação da infra-estrutura logística, havendo a necessidade de uma infra-estrutura rodo-ferroviária compatível com as necessidades do setor; a desvalorização do dólar (ou os juros altos) que pressionaram para baixo o resultado das empresas do setor em 2005; e as invasões intimidatórias no campo, como o caso da invasão de um laboratório e um viveiro florestal da Aracruz em Barra do Ribeiro, no Rio Grande do Sul, por integrantes do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), do Movimento das Mulheres Camponesas e da Via Campesina (VALOR ECONÔMICO S. A., 2010).

3.1.3. Principais atores do sistema de inovação do setor de papel e celulose

Antes da apresentação do sistema de inovação do setor de papel de celulose brasileiro, uma consideração deve ser feita com relação ao sistema de inovação do setor. Embora a referência seja constantemente o setor de celulose e papel brasileiro, nesta pesquisa não foram encontrados registros que possam ser considerados uma ação sistêmica em prol da inovação nas áreas de produção de celulose e papel. O que a pesquisa destaca é que tal sistema de inovação é na realidade altamente especializado nas atividades florestais, enquanto as tecnologias industriais são possuídas por fornecedores estrangeiros.

Assim, no Brasil, o sistema de inovação do setor de papel e celulose é formado por atores que podem ser indivíduos ou organizações que, como se verá posteriormente, se dedicam ao desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos na área florestal. Estas organizações podem ser firmas e outros tipos de organizações, tais como universidades, centros de pesquisa, instituições financeiras, governos e subunidades de tais organizações.

O setor de celulose e papel brasileiro reúne aproximadamente 220 companhias que juntas são responsáveis por 1,4% do PIB e empregam mais de 110.000 pessoas. Estas empresas dedicam-se a atividades de pesquisa em conjunto com universidades e institutos de pesquisa. Ao todo, são mais de 10.000 hectares de áreas de pesquisa, 2.000 experimentos e mais de 300 pesquisadores, tendo o Brasil um dos maiores bancos de genes de eucalipto e de algumas espécies de Pinus (MILAGRES; SILVEIRA, 2008b, p.23).

De acordo com Milagres e Silveira (ibid., p.24) os institutos de pesquisa que compõem o setor conferem escala aos processos de pesquisa das empresas e facilitam o acesso a inovação e tecnologias que dificilmente seriam possíveis para as empresas alcançarem individualmente. Entre os principais institutos estão o IPEF - Instituto de Pesquisas Florestais,

fundado em 1968, e a SIF - Sociedade de Investigações Florestais, fundada em 1974, que trabalham em conjunto com quase 200 empresas de setor. Há ainda a relevante participação da EMBRAPA e de universidades que propiciam a integração dos conhecimentos científicos gerados no meio acadêmico com a realidade enfrentada no ambiente de negócios.

Desta forma, destacam-se, entre os principais atores do sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro, as empresas, as universidades e os institutos de pesquisa. Logicamente esses não são os únicos. Como se verá na sequência, quando da análise do projeto Genolyptus, o governo foi um importante ator no estímulo à inovação no setor. Em adição, fornecedores de produtos e serviços contribuem para os processos de aprendizado e para a inserção de inovações incrementais dentro das organizações, bem como os mercados consumidores, geram impacto sobre os caminhos de evolução das inovações dentro de determinado setor. Todavia, a análise aqui proposta não dedicará maior atenção a estes últimos, uma vez que essas relações não estão expressas na rede de cooperação para pesquisa sobre o eucalipto – projeto Genolyptus. Isso porque o projeto tem caráter basicamente científico, sem uma imediata e explícita participação dos mercados consumidores no projeto.

3.2. A Aracruz Celulose¹⁰

3.2.1. Evolução Cronológica

Na década de sessenta, é plantada a semente que mais tarde daria origem à fábrica da Aracruz Celulose no Espírito Santo, com o início do plantio do eucalipto em terras adquiridas nos municípios de Aracruz, São Mateus e Conceição da Barra nos idos de 1967.

Na década de setenta, a empresa é, em fim, constituída e é lançada a pedra fundamental de sua primeira unidade fabril, a fábrica A, localizada no Espírito Santo. Após quatro anos de construção, em 1978, a Fábrica A é inaugurada, com uma capacidade operacional inicial de 400 mil toneladas anuais – posteriormente ampliada para 525 mil toneladas ano.

Na década de oitenta, ocorre a criação do Portocel, porto especializado em operação com celulose, numa iniciativa conjunta da Aracruz Celulose (51%) com a Cenibra (49%).

¹⁰ Informações disponíveis no sitio da Aracruz Celulose, <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 25 de agosto de 2009.

Os anos noventa são marcados pela inauguração da fábrica B e pelo início das negociações de ações da Aracruz Celulose na Bolsa de Nova York. A instalação da fábrica B elevou inicialmente a capacidade de produção da empresa para um milhão de toneladas anuais em conjunto com a fábrica A., o que posteriormente foi ampliado para um milhão e trezentas mil toneladas anuais, com a realização de um projeto de modernização.

Com o decorrer da atual década, anos 2000, a Aracruz se associa à Stora Enso no controle acionário da Veracel Celulose (localizada na Bahia), que viria a ser inaugurada em 2005. Em 2002, o complexo fabril do Espírito Santo conta com mais uma fábrica (Fábrica C), elevando a capacidade da unidade para dois milhões de toneladas anuais. O ano de 2003 é marcado pela incorporação de uma unidade fabril (unidade Guaíba) no Rio Grande do Sul com a aquisição da Riocell, até então pertencente à Klabin. Uma modernização da unidade de Guaíba é realizada em 2006, elevando a capacidade da unidade para 430 mil toneladas anuais. Em setembro a capacidade das fábricas do Espírito Santo é aumentada em 200 mil toneladas anuais.

3.2.2. Características da empresa

Líder mundial na produção de celulose branqueada de eucalipto, a Aracruz exporta a grande maioria de sua produção (98%), que chega ao consumidor final na forma de papéis de imprimir e escrever, papéis sanitários, lenços, guardanapos, fraldas, absorventes íntimos e papéis especiais de alto valor agregado.

Suas florestas – aproximadamente 313 mil hectares de plantios, intercalados com cerca de 198 mil hectares de reservas nativas – se espalham pelos estados do Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Somada às áreas próprias, o Programa Produtor Florestal inclui mais 96 mil hectares de florestas contratadas nos estados onde possui florestas, além do Rio de Janeiro.

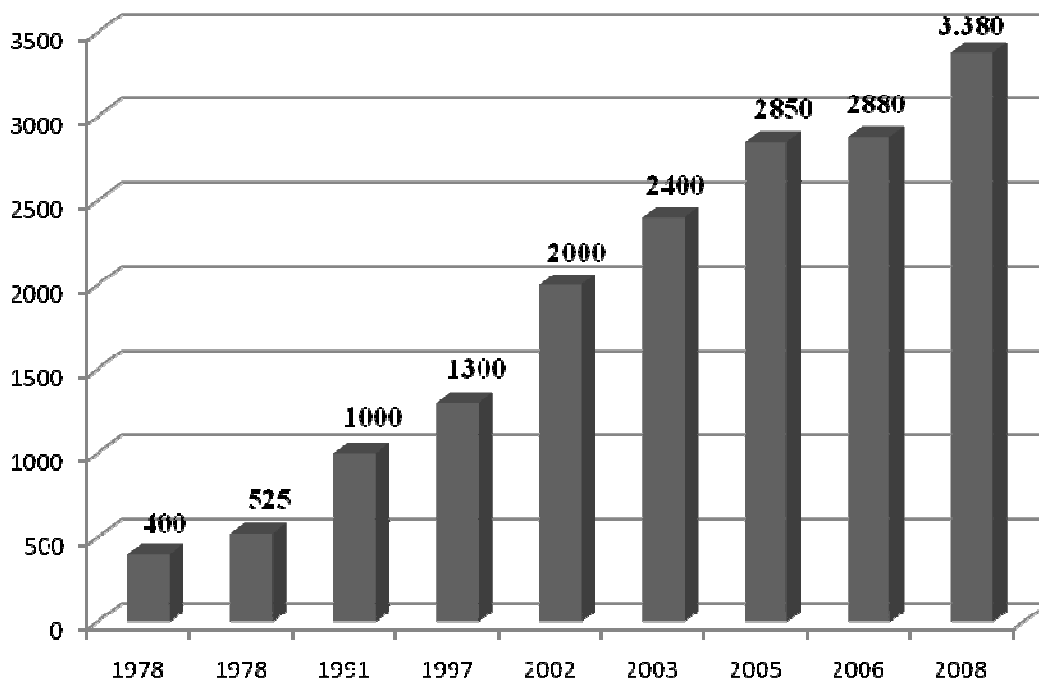
Atualmente, a empresa possui capacidade instalada de cerca de 3,3 milhões de toneladas anuais de celulose branqueada de fibra curta de eucalipto distribuídas entre suas três unidades fabris. A unidade de Barra do Riacho, localizada no município de Aracruz – ES, é um complexo industrial floresta–fábrica–porto, com capacidade de 2,3 milhões de toneladas, que integra desde as áreas de plantio até o terminal portuário (Portocel). A Unidade Guaíba, localizada no município de Guaíba (RS), opera uma fábrica com capacidade nominal de 450 mil toneladas anuais de celulose de alta tecnologia. O terceiro complexo fabril — a Veracel

Celulose, é uma parceria da Aracruz com o grupo sueco-finlandês Stora Enso, com cada uma das partes possuindo 50% de ambas, participação acionária e produção. A unidade está situada no município de Eunápolis, no sul da Bahia e atualmente opera com capacidade para 1,1 milhões de toneladas de celulose anuais.

Além dos três complexos fabris, a Aracruz participa com um terço da Aracruz Produtos de Madeira. Uma associação com o grupo Weyerhaeuser, dos EUA, para a fabricação de produtos sólidos de madeira de eucalipto, com alta qualidade para atender aos mercados interno e externo.

Até o final do exercício de 2008, o controle acionário da Aracruz era exercido pelos grupos privados Safra, Lorentzen e Votorantim, cada um deles detendo 28% do capital; e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social — BNDES – com 12,5% do capital. Porém, no início de 2009 o grupo Votorantim elevou sua participação no controle da Aracruz para 96,5% por meio da compra das participações dos grupos Lorentzen e Safra e pela incorporação da parcela de posse do BNDESPar¹¹.

Gráfico 1 – Evolução da capacidade de produção da Aracruz Celulose (em mil toneladas)



Fonte: Elaboração própria

Dados: www.aracruz.com.br; BRACELPA (2009)

¹¹ Em setembro de 2009, após o grupo Votorantim assumir o controle da Aracruz Celulose, a Aracruz e a VCP passam a integrar uma única empresa, a Fibria. Porém, o presente trabalho não se dedica ao estudo desta última porque tem seu foco em períodos anteriores ao da unificação, o que faz da Aracruz Celulose uma unidade mais adequada de análise.

3.2.3. Conhecimento e aprendizado

“Antes de se chegar à madeira, é necessário plantar a árvore. Na realidade, a cadeia produtiva da Aracruz começa ainda na área de pesquisa, responsável pelo desenvolvimento de novas espécies de plantas, mais adequadas à produção de papel” (FGV, 2006, p.9). Esta área desempenha um importante papel no desenvolvimento de conhecimento dentro da Aracruz Celulose.

Alinhada com as demandas mundiais e para fazer jus à liderança no setor de papel e celulose, em seus quarenta anos, a empresa vem mantendo o foco no desenvolvimento interno de conhecimentos, tecnologias e capacidades relacionadas aos processos industriais de fabricação da celulose e àqueles referentes às tecnologias silviculturais, bem como de conhecimentos relacionados a solos, climas, fauna, etc.

Este desenvolvimento de conhecimentos está amplamente relacionado aos processos de aprendizado, como referidos no capítulo anterior, relacionados ao uso iterado de máquinas e equipamentos, à realização cotidiana dos processos produtivos e às interações com outros atores do sistema setorial de inovação.

a) Desenvolvimento de conhecimento

A empresa possui um centro de pesquisa e desenvolvimento (P&D) próprio, direcionado a fazer com que a Aracruz esteja na vanguarda mundial do desenvolvimento tecnológico em florestas de eucalipto.

Em 1994, o Centro de Pesquisa e Tecnologia (CPT) da empresa ganhou a sua configuração atual, reunindo o Centro de Pesquisa da Aracruz (CEPAR) e o Centro de Pesquisa Industrial (DIT). Porém, mesmo antes de se criar o CPT, a Aracruz já possuía um laboratório de pesquisa, buscando sempre manter o foco na qualidade do produto (ARACRUZ CELULOSE, 2008b).

A infra-estrutura do CPT conta com um centro de mil metros quadrados para a realização de experimentos, dois laboratórios de pesquisa – um no Espírito Santo e um no Rio Grande do Sul – e um laboratório ao ar livre (Microbacia) com aproximadamente 300 hectares, direcionado ao monitoramento de flora, fauna, solos e ecossistemas formados pelo eucalipto e florestas nativas.

No CPT, são 80 pessoas exclusivamente voltadas à realização de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas áreas florestal e industrial; desses, 17 cientistas (mestres e doutores) atuam em dedicação integral (ARACRUZ CELULOSE, 2008a).

Os esforços de pesquisa conferem à Aracruz maior produtividade e ampliação desta. Por exemplo, o produto médio do trabalho na empresa chega a ser 40 vezes superior ao verificado na economia brasileira como um todo¹². Igualmente superiores são as taxas de crescimento da produtividade, alcançando 1,06%¹³ ao ano frente aos 0,27% da economia brasileira (FGV, 2006).

O foco das pesquisas segue duas linhas principais: tecnologia de melhoramento de florestas e desenvolvimento de novos produtos e processos. Atualmente, estão relacionadas a seis áreas do conhecimento, a saber: melhoramento genético tradicional, biotecnologia, propagação de plantas, solos e nutrição vegetal, proteção florestal, biodiversidade e ecofisiologia vegetal.

As mesmas englobam os diversos estágios do ciclo de produção da polpa, desde os processos florestais até os industriais. Dentre esses estão: a seleção genética de clones superiores, técnicas de silvicultura e administração, estudos de solo e clima, processos de produção de polpa e desenvolvimento de produto (Aracruz News, 2006).

Constantemente, os cientistas estudam melhorias no manejo da floresta (preparo do solo, adubação, controle de pragas etc.) e geram novos clones de eucalipto para garantir resultados que adicionem ainda mais valor à celulose e ao produto dos clientes. (ARACRUZ CELULOSE, 2008b)

No que tange a questão do melhoramento florestal, o CPT realizou o desenvolvimento e aplicou técnicas inovadoras para a propagação de clones de eucalipto híbridos e melhorados; controle de pestes e doenças com impacto mínimo sobre o ambiente, incluindo o controle biológico do besouro do eucalipto e técnicas naturais de combate a formigas (*leaf-cutting ants*); e pesquisas inovativas em nutrição do solo, eco-fisiologia, preservação ambiental e biodiversidade (Aracruz News, 2006).

Em se tratando de desenvolvimento de produtos e processos, o CPT, de maneira integrada com os departamentos industrial, vendas e marketing, estando atento às demandas e preferências do mercado e dos consumidores, busca o desenvolvimento de novos produtos por meio de um extenso processo de planejamento. Inicialmente são realizados estudos de viabilidade, passando pelas análises de mercado e de custos, e pela produção de teste.

¹² Dados de 2003

¹³ Taxa média ponderada

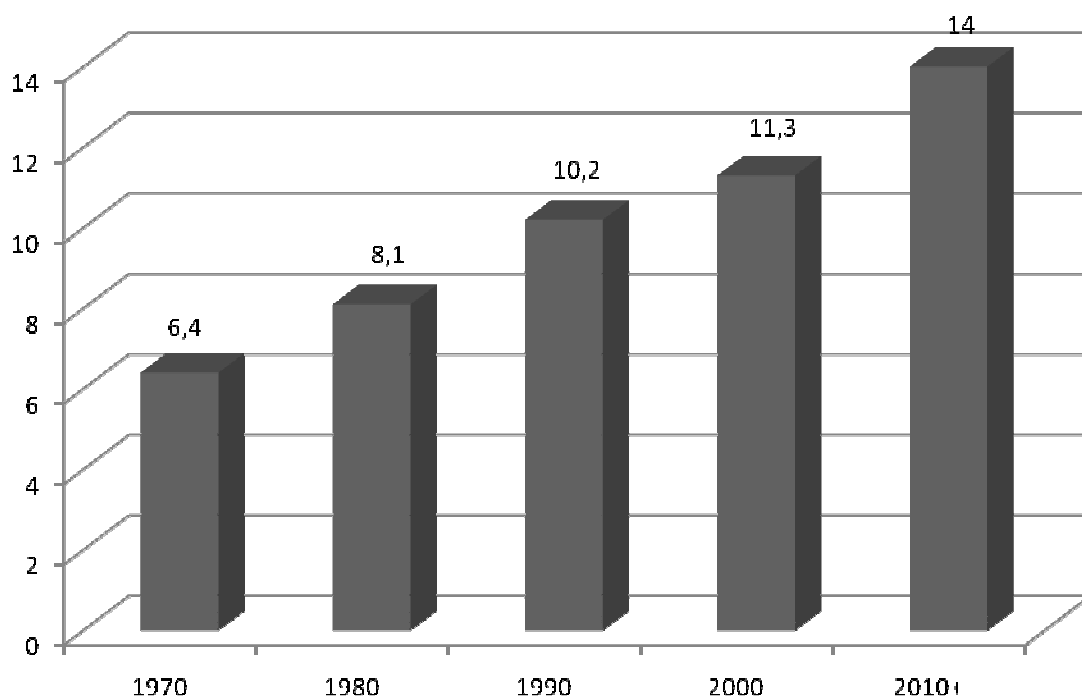
Finalmente, são executados os testes de rendimento e qualidade de produto, incluindo uma investigação de consumo de produtos químicos e estratégias de anulação de impactos ambientais. (Aracruz News, 2006).

Os dados que seguem mostram a evolução das pesquisas conduzidas, o esforço para o desenvolvimento tecnológico e alguns resultados já alcançados pela empresa ao longo dos anos (ARACRUZ CELULOSE, 2008b):

- Investimentos de cerca de US\$ 10 milhões por ano em pesquisa e tecnologia. Em 40 anos os investimentos ultrapassam os US\$ 100 milhões;
- Duplicação da produtividade média de madeira 20 m³/ha/ano para mais de 40 m³/ha/ano;
- Em 40 anos, a idade média de corte das árvores foi reduzida de 7,5 anos para 6 anos;
- Redução do tempo de produção de clones aptos para o plantio de 23 anos na década de 90 para os atuais 10 anos;
- São 28 patentes concedidas envolvendo produtos e 17 em processo de análise no Brasil e no exterior.

Entre os resultados alcançados pela equipe do CPT, merecem destaque a introdução e o melhoramento contínuo dos materiais genéticos utilizados nos plantios; a evolução nos métodos de clonagem; o conhecimento aprofundado do solo; a fertilização baseada em balanços nutricionais completos; o controle biológico de pragas e o entendimento das relações do eucalipto com o meio ambiente (ARACRUZ CELULOSE, 2008b).

A evolução da base de conhecimento gerado na Aracruz traduz-se em ganhos de produtividade que fazem com que as vantagens naturais já possuídas pelo Brasil, em termos de produtividade das árvores de eucalipto, sejam ampliadas pelas pesquisas e experimentos de campo desenvolvidos. Desde os anos 70, a produtividade das fábricas da Aracruz cresceu consideravelmente como mostra o gráfico 2, abaixo.

Gráfico 2 – Evolução da produtividade da Aracruz Celulose (tsa¹⁴/ha/ano) – 1970's - 2010's¹⁵

Fonte: Elaboração própria
 Dados: www.aracruz.com.br; Fibria (2009)

b) *Learning-by-using e learning-by-doing*

O aprendizado, pilar da abordagem dos sistemas de inovação, está na base do desenvolvimento de capacidades e conhecimentos internamente pela Aracruz Celulose, tanto na área industrial, quanto na área florestal. Exemplo disso é que, desde os primeiros anos de funcionamento, a empresa já se dedicava a estudos para entendimento, domínio e melhoria de processos produtivos.

Na área industrial, na ocasião da implantação da fábrica A, uma equipe de projetos já estava envolvida em pequenos estudos internos, relacionados à execução de controles e aferições ao longo dos processos e às atividades de manutenção preventiva (FROHARD, 2009, p.111). Segundo Garcia (2006, p.165-6), os primeiros projetos relacionavam-se principalmente com engenharia de suporte, como melhorias na infra-estrutura da fábrica, manutenção de equipamentos, etc., ou seja, projetos voltados à modernização dos equipamentos existentes e à ampliação da capacidade produtiva. Havia um grupo específico de funcionários dedicados à cópia de componentes, partes e acessórios dos equipamentos para

¹⁴ Toneladas de celulose secas ao ar por hectare por ano

¹⁵ Para a década de 2010 a produtividade informada refere-se a valores esperados.

a posterior fabricação desses no Brasil¹⁶ (FROHARD, 2009, p.112). Esta estratégia de intensificação dos esforços de aprofundamento do entendimento do maquinário adquirido permitiu a busca de um uso inovador destes conhecimentos na adaptação e nas melhorias incrementais inseridas nos processos.

Na área florestal, para que a produção atendesse às especificações do mercado, enquanto os primeiros plantios ainda amadureciam, a empresa iniciou seu processo de absorção e acumulação de capacidades tecnológicas, por meio de continuas adaptações de produto e de processos (GARCÍA, 2006, p.195). À época, o eucalipto já havia sido considerado uma matéria-prima viável em pesquisas de outras empresas do setor. Ao iniciar seu plantio, o desafio enfrentado era, de forma economicamente viável, criar uma base florestal (produção de madeira) em uma região onde a maioria das terras encontrava-se degradada ou eram locais onde o eucalipto nunca tinha sido cultivado (Aracruz News, 1995).

Tal desafio foi enfrentado com a criação, já na década de 1970, do banco genético da empresa, reunindo sementes puras da Austrália e da Indonésia, países com semelhanças climáticas com a região de Aracruz (Loc.cit.). Posteriormente, as pesquisas de seleção e cruzamento de clones superiores permitiram que a Aracruz chegasse a uma floresta mais produtiva, homogênea e resistente a doenças. Os conhecimentos gerados nas atividades florestais cotidianas permitiram à Aracruz a melhoria incremental das árvores, através da experiência obtida nos processos de plantio, análise das características do solo, clima, etc. e da adaptação dos processos.

Sendo assim, desde sua concepção, a empresa já vem mantendo iterados processos de aprendizado, tanto na área florestal, quanto na industrial. Na área industrial, o aprendizado dá-se por meio de controles e melhorias de equipamentos e máquinas a pelo decorrente aumento de domínio sobre esses. Trata-se de um aprendizado alcançado na operação das instalações produtivas, ou seja, *learning-by-using*. Na área florestal, o aprendizado é alcançado através da repetição dos processos de semeadura, adubação, corte, colheita, seleção de clones, etc. fazendo com que a empresa consiga inserir melhorias de processos de plantio e seleção de clones mais apropriados. Ou seja, o aprendizado é originado na experiência acumulada com a realização das atividades florestais, ou seja, *learning-by-doing*.

¹⁶ Estimulada pelas políticas de substituição de importações, esta cópia de componentes visava desenvolver no país o fornecimento de peças para substituir aquelas importadas e atender às necessidades de manutenção e melhoria do maquinário da empresa.

c) *Learning-by-interacting*

Mesmo possuindo seus próprios centro de pesquisa e quadro de pesquisadores, aspecto chave para o sucesso em desenvolvimento tecnológico da Aracruz é a adoção de uma estratégia cooperativa de trabalho. Esta estratégia é operacionalizada por meio de parcerias com renomadas instituições nacionais e internacionais e por meio de financiamento de teses de mestrado e doutorado.

Para sustentar a liderança tecnológica em matérias-primas, a Aracruz adota uma estratégia agressiva apoiada em investimentos em biotecnologia (ZOUAIN; MARTINS FILHO, 2003). Esta estratégia está fundamentada em constantes investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), parcerias em licenciamento, acordos com universidades e institutos de pesquisa nacionais e estrangeiros.

Assim como no setor como um todo, as atividades de pesquisa desenvolvidas pela Aracruz fundamentam-se fortemente em projetos cooperativos. Em suas principais linhas de pesquisa – melhoramento florestal e desenvolvimento de produtos e processos – destaca-se a forte contribuição de universidades e centros de pesquisa no desenvolvimento tecnológico da empresa. No caso do desenvolvimento de produtos, existe uma estreita relação com empresas clientes, com a finalidade de criar produtos cada vez mais adaptados às necessidades particulares de cada cliente (MISSIAGGIA, 2009).

Entre os principais parceiros nacionais destacam-se Universidade Federal de Viçosa (UFV); Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz (ESALQ) ligada à Universidade de São Paulo (USP); Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Os principais parceiros internacionais são: o Royal Institute of Technology e Swedish Test Fibre Institute da Suécia; a University of Toronto no Canadá; a North Carolina State University e o Empire State Paper Research Associates dos Estados Unidos e a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation da Austrália. (ARACRUZ CELULOSE, 2008a).

Vários são os exemplos de esforços de desenvolvimento de conhecimento e aprendizado interativos em conjunto com universidades, centros de pesquisa e empresas do setor. Um deles é o projeto Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial (BEPP), em parceria com outras empresas do setor de papel e celulose, que buscou:

“conhecer as relações ecofisiológicas existentes entre a produção madeireira e o uso, e eficiência do uso dos recursos naturais: água, luz e nutrientes, a

chamada ecologia de produção. Procura-se, assim, entender e quantificar os processos que controlam a produtividade do *Eucalyptus* e suas interações com o meio ambiente, abordando as questões de sustentabilidade dos sistemas de produção (manejo), o uso dos recursos naturais (água, nutrientes) e suas variações regionais, concomitantemente à produção florestal (madeira). (IPEF, 2010)

Outra evidência de tal comportamento cooperativo é a sua inserção em um projeto pioneiro no Brasil, que reuniu várias empresas do setor de papel e celulose, assim como universidades e institutos de pesquisa, em torno de uma pesquisa genômica de espécies de eucalipto em caráter pré-competitivo.

O projeto Genolyptus (Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus), lançado oficialmente em 2002, baseia-se em uma parceria entre o governo federal, o setor acadêmico e de pesquisa representado por sete Universidades e três centros da Embrapa e o setor privado com 14 empresas florestais, sendo 13 brasileiras e uma empresa portuguesa. Seu objetivo foi o de dar um enfoque mais agressivo às pesquisas no setor e fazer com que as empresas do ramo, operando no Brasil, saíssem com vantagens em relação a seus concorrentes. No que segue, o projeto Genolyptus será apresentado em maiores detalhes, dando ênfase à participação, às intenções, aos resultados e às expectativas futuras da Aracruz Celulose.

3.3. A Rede Genolyptus

O projeto Genolyptus consistiu na formação de uma rede de pesquisa pré-competitiva, unindo os setores público e privado em torno da geração de informações genômicas de alguma relevância econômica sobre o eucalipto. A rede uniu principalmente as mais importantes empresas do setor de papel e celulose a universidades e centros de pesquisa com reconhecidas competências na área, em caráter pré-competitivo. Pré-competitivo, na medida em que visava o abastecimento das organizações envolvidas com uma ampla quantidade de informações genômicas sobre o eucalipto, para embasar as posteriores pesquisas de melhoria desenvolvidas pelas próprias empresas.

Para a Aracruz, a participação no projeto fazia parte de sua estratégia de aprendizado através da interação com outros atores do setor, *learning-by-interacting*. Mesmo já desenvolvendo pesquisas nas áreas de biotecnologia, melhoramento e transformação de genes,

sua participação no projeto genolyptus foi extremamente importante. Além do acesso a relevantes conhecimentos externos, o que também justifica a inserção da empresa no projeto, é que seria pouco provável que a empresa pudesse sustentar uma iniciativa de pesquisa do porte do projeto Genolyptus, sem que houvesse a participação ativa das universidades, centros de pesquisa e o forte aporte de recursos por parte do Ministério de Ciência e Tecnologia. Isso, porque muitas das tecnologias atualmente utilizadas no seqüenciamento de genes de eucalipto – dadas as suas particularidades – foram sendo desenvolvidas à medida que o projeto ia avançando (MISSIAGGIA, 2009).

Além disso, o projeto Genolyptus representou uma iniciativa pioneira na formação no desenvolvimento de pesquisas em torno do eucalipto e sua amplitude permitiu às empresas aumentos importantes em suas bases de conhecimento. O pioneirismo refere-se à estratégia utilizada para a geração de informações genômicas para o eucalipto. Enquanto a maioria dos projetos genoma da época valia-se basicamente do seqüenciamento em laboratório – forte utilização de bioinformática – o Genolyptus partiu de uma base de dados de um amplo experimento de campo espalhado por cinco regiões em todo o Brasil, possibilitando a identificação dos resultados gerados nas interações entre a expressão de genes e o ambiente em que estão inseridas (MISSIAGGIA, 2009), o que constitui outra evidência na necessidade de um esforço conjunto na operacionalização da pesquisa e da importância do projeto para a evolução do entendimento das interações entre as características do eucalipto com as condições presentes nos ambientes que os cercam.

3.3.1. Objetivos¹⁷

O objetivo central da rede era descobrir, seqüenciar, mapear e determinar a função de genes de importância econômica de espécies de eucalipto, para a posterior incorporação de tais tecnologias genéticas nos programas de melhoramento e produção florestal com ênfase no processo de formação da madeira.

Sob uma perspectiva operacional, o objetivo era proporcionar aos participantes acesso a metodologias, conhecimentos e informações científicas com potencial de incorporação aos seus respectivos programas de melhoramento, procedimentos de seleção de árvores para características físico-químicas da madeira e de resistência a doenças específicas. Buscava

¹⁷ Informações contidas no anteprojeto da rede. Citadas por Milagres e Silveira (2008a,b)

ainda instalar uma rede experimental de campo se estendendo por todo o território nacional, para avaliação continuada de características da madeira em diferentes condições ambientais, e a capacitação tecnológica dos participantes da rede.

Antes que um projeto de inovação, o Genolyptus foi marcado por seu caráter científico e pela sua contribuição ao incremento da base de conhecimentos das empresas e para a melhoria das técnicas e metodologias dessas. Para a Aracruz, o acesso a tais tecnologias, conhecimentos, informações e metodologias era o objetivo principal. Como afirmado por Alexandre Missiaggia, o que atraiu a empresa à participação no projeto foi a possibilidade de acesso a um considerável volume de informações, que vem servindo de base para as pesquisas desenvolvidas no CPT e como ferramentas para seleção de clones superiores e melhor adaptados às características de solo, clima, etc. de cada região, de forma mais eficiente (MISSIAGGIA, 2009).

3.3.2. Criação da Rede

A hipótese de instalação de uma rede de pesquisa em torno de genética genômica e melhoramento florestal de eucalipto já vinha sendo discutida desde a década de 1990. Em 2000, a idéia foi novamente colocada em um fórum técnico do setor, e a partir de então se estabeleceu o compromisso de elaborar um projeto para possível submissão ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Uma iniciativa de tais proporções se fazia necessária para dar à indústria de papel de celulose brasileira um posicionamento estratégico mais agressivo que fizesse frente às iniciativas crescentes em pesquisas genômicas de outras espécies florestais (ex. Pinus e Populus) em outros países (XAVIER, 2002).

De acordo com Grattapaglia (2001, p.4), “todas as empresas florestais, operando no Brasil, foram convidadas a participar deste esforço conjunto” sendo a configuração final do projeto GENOLYPTUS fechada via adesão até a data limite de 22 de março de 2001 e o projeto final da rede aprovado em outubro de 2001.

Os custos foram orçados em aproximadamente oito milhões de reais. Porém, ficaram fora desta conta aqueles incorridos com a utilização da infra-estrutura das universidades e centros de pesquisa, assim como os dispêndios relacionados à dedicação dos pesquisadores das mesmas instituições. Se essas fossem incluídas no montante, o orçamento do projeto superaria os 11 milhões de reais.

Os aportes de recursos dos integrantes de projeto não foram simétricos, sendo que a contribuição mais significativa ficou a cargo do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). A cargo das empresas ficou o aporte de cerca de 1,5 milhões de reais, correspondendo a aproximadamente 19% do montante. Além disso, coube a elas a execução, manutenção e avaliação de uma ampla rede experimental de campo, com um custo estimado de 727 mil reais, aproximadamente 9% do orçamento. No total, a participação das empresas no projeto Genolyptus representou cerca de 30% de todo o orçamento.

O complemento dos recursos aportados pelas empresas foi integrado pelo setor público. Os recursos incorporados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia chegaram a 5,8 milhões de reais. Adicionado a isso há a participação de 3,8 milhões, referentes aos gastos com a utilização da infra-estrutura e quadro de pesquisadores das instituições de ensino e pesquisa, complementando a participação pública no projeto.

Assim, característica marcante do projeto é a significativa participação do Estado, cuja importância foi ressaltada por Edquist (ver capítulo anterior), de universidades e centros de pesquisa, sem o apoio dos quais o mesmo não poderia ser realizado. Através dos recursos disponibilizados pelo MCT, o governo foi importante determinante da geração de conhecimentos e da futura inserção de inovações dentro do sistema setorial de inovação de papel e celulose, bem como foram as universidades e os institutos de pesquisa, através do compartilhamento de suas infra-estrutura e base de conhecimento.

3.3.3. Estrutura e organização

Como dito anteriormente, todas as empresas do setor de papel e celulose operando no Brasil foram convidadas a ingressar no projeto. Onze empresas, sete universidades e três centros de pesquisa da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), além da Fundação Artur Bernardes (FUNARBE), aderiram ao termo de compromisso assinado em 16 de abril de 2002. Posteriormente, a configuração inicial foi alterada com o ingresso de mais duas empresas, a RAIZ – Portucel Soorcel em 2002 e a VALOUREC & MANNESMAN do Brasil (V&M) em 2004, e com aquisição da Bahia Sul Celulose pela Suzano e a incorporação da CELMAR pela CVRD (Companhia Vale do Rio Doce), passando a primeira a fazer parte da Ferro Gusa Carajás (ver Figura 1).

Em adição, o projeto contou com a participação de cerca de 20 pesquisadores doutores, dos quais 8 coordenadores e 12 colaboradores, além de no mínimo 11 pesquisadores

das empresas com tempo de dedicação ao projeto variando entre cinco e cinquenta por cento da jornada de trabalho e mais de 60 pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação em todo o país (GRATTAPAGLIA, 2001, p.4).

Figura 1. Organizações integrantes da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalipto

EMPRESAS	EXECUTORAS	FUNDAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> • ARACRUZ CELULOSE S.A. • SUZANO • FERRO GUSA CARAJÁS – CVRD • CELULOSE NIPO • BRASILEIRA S.A. – CENIBRA • INTERNATIONAL PAPER DO BRASIL LTDA • JARI CELULOSE S.A. • KLABIN S.A. • LWARCEL CELULOSE E PAPEL LTDA • RIGESA CELULOSE, PAPEL E EMBALAGENS LTDA • VERACEL CELULOSE S.A. • ZANINI FLORESTAL LTDA • VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S.A • VALOUREC & MANNESMAN (V&M do Brasil) • RAIZ – PORTUCEL SOORCEL 	<ul style="list-style-type: none"> • UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA – UCB • UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG • UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV • UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS • UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP • UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ – UESC • UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS – UFLA • EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA • EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO • EMBRAPA FLORESTAS 	<ul style="list-style-type: none"> • FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES (FUNARBE)

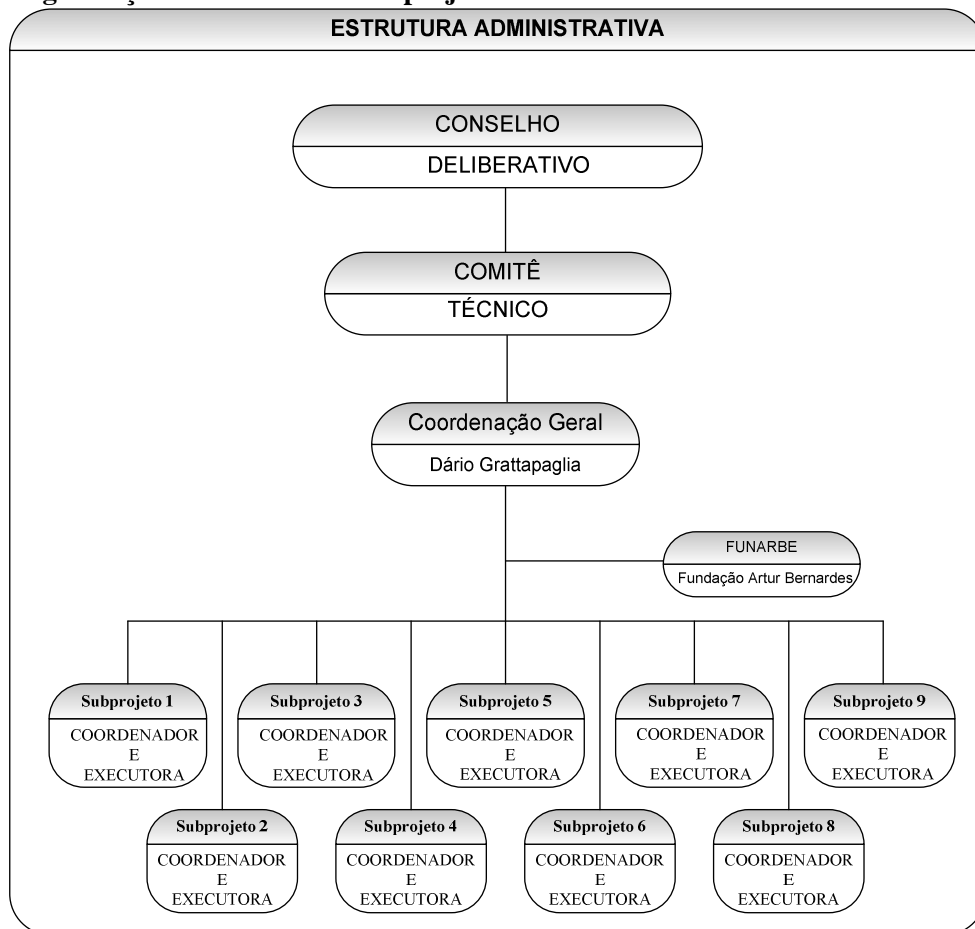
Fonte: Elaboração própria

Dados: Termo de Compromisso do projeto Genolyptus; Grattapaglia (2001; 2008)

Todas as organizações acima listadas fazem parte de uma estrutura organizacional voltada especificamente para o gerenciamento das atividades do projeto Genolyptus. Em adição a elas, a estrutura administrativa do projeto contou com um Conselho deliberativo, um Comitê técnico e uma coordenação geral, além de uma coordenação para cada subprojeto e da participação da FUNARBE, responsável pela gestão contábil-financeira do projeto.

Como discutido no capítulo anterior, além da aceleração da taxa de mudanças, do aumento da capacidade e da velocidade de tratamento de informações, etc. o atual paradigma das tecnologias de informação e comunicação exige que novas formas de organização sejam elaboradas. O modelo de organização utilizado no projeto (ver Figura 2), com a adoção de uma estrutura administrativa própria e sua realização em caráter pré-competitivo, permitiu que conhecimentos e processos de aprendizado pudessem ser compartilhados de forma a evitar possíveis conflitos e pode servir como inspiração para novas iniciativas de esforço conjunto de empresas e articulação de sistemas de inovação.

Figura 2. Organização administrativa do projeto



Fonte: Elaboração própria
 Dados: GRATTAPAGLIA (2001)

Em termos práticos/operacionais, o trabalho foi conduzido por empresas e executoras (Universidades e Centros de Pesquisa) de forma independente. O projeto foi dividido em 9 (nove) diferentes subprojetos, cada um a cargo das respectivas executoras e empresas e contando com um sub coordenador, sob a coordenação geral do Dr. Dário Grattapaglia. De acordo com Grattapaglia (2001, p.9-11) o projeto foi dividido da seguinte forma:

1. Instalação e avaliação continuada de uma rede experimental de campo. Este foi o maior e mais completo experimento florestal conduzido no mundo para fins de investigação genômica. Nos moldes do que permitiu os grandes avanços na pesquisa genômica em humanos com as famílias referência do CEPH (Centre d'Etudes du Polymorphisme Humain), esta rede experimental constituiu um recurso de valor inestimável para o avanço científico e tecnológico na genética do *Eucalyptus* e representará a espinha dorsal do projeto de determinação de função dos genes seqüenciados e mapeados nas demais ações;

2. Internalização de tecnologias de alto desempenho para a avaliação de qualidade da madeira. Com um trabalho amplo de calibração envolvendo

amostras de madeira de todas as empresas participantes, será internalizada no Brasil a tecnologia de mensuração de várias características físicas e químicas da madeira com base em espectroscopia do infra-vermelho próximo. Esta tecnologia permitirá acelerar enormemente as avaliações fenotípicas da madeira e com isso viabilizar a determinação funcional do genoma para as características chave nos processos industriais;

3. Base genética e identificação de genes que conferem resistência a doenças em “*Eucalyptus*”. Serão determinados os modelos de herança à ferrugem, ao cancro, à murcha-de-ceratozostis e à mancha foliar de origem bacteriana em “*Eucalyptus*”. Para estas doenças serão mapeadas regiões genômicas (QTLs) e/ou genes que conferem resistência a estas doenças. No âmbito deste subprojeto será iniciado o desenvolvimento de um protocolo de transformação genética e regeneração de “*Eucalyptus*” como uma ferramenta experimental para caracterização gênica.

4. Construção de mapas genéticos e mapeamento de QTLs (locos controladores de características quantitativas). Mapas de ligação serão construídos com marcadores microsátélites visando a identificação de regiões genômicas (QTLs Quantitative Trait Loci) controlando características físico-químicas da madeira, resistência a doenças e características de crescimento volumétrico em campo. Os QTLs localizados nos mapas serão as pistas (“leads”) para a identificação dos genes importantes na definição final dos fenótipos de interesse industrial;

5. Construção de mapas físicos localizados no genoma de *Eucalyptus*. Todo o genoma do eucalipto será clonado e mantido na forma de uma biblioteca genômica de fragmentos longos (BAC Bacterial Artificial Chromosomes). Inicialmente, para a geração de um “scaffold” preliminar os clones de BAC serão ancorados no mapa genético via PCR com os marcadores microsátélites. Em regiões genômicas relevantes e devidamente validadas, detectadas via mapeamento de QTLs, se buscará a ampliação dos contíguos de BACs pelo ordenamento via fingerprinting fluorescente e sequenciamento de pontas de BACs de forma a fechar contíguos que cubram o intervalo em centiMorgans no qual o QTL está posicionado. Mapas físicos completos poderão ser construídos para cromossomos específicos que contiverem uma forte concentração de genes de interesse. A técnica de FISH (Fluorescence *in Situ* Hybridization) com os BACs como sondas deverá ser utilizada. Pretende-se com isto iniciar o desenvolvimento de um mapa físico completo, o que representará um recurso genômico fundamental para investigações detalhadas de regulação gênica, identificação de promotores, clonagem de genes baseada em mapeamento e futuramente para o sequenciamento completo do genoma estrutural de *Eucalyptus*. Uma vez que o desenvolvimento de um mapa físico completo constitui uma tarefa de grande envergadura, e considerando que os poucos mapas físicos construídos no mundo foram feitos tipicamente em colaborações multilaterais entre países, colaborações com outras instituições fora do Brasil serão buscadas para este empreendimento.

6. Sequenciamento do transcriptoma de *Eucalyptus*. Um trabalho massivo e sistemático de sequenciamento de 200.000 leituras (“reads”) a partir de diversas bibliotecas de cDNA, algumas delas normalizadas, buscará a identificação de todos os estimados 25 a 30 mil genes do eucalipto com ênfase especial em genes envolvidos na formação da madeira e genes envolvidos em resistência a doenças fúngicas. Trata-se, portanto, de uma

abordagem de sequenciamento do genoma funcional com base em sequenciamento de EST (expressed sequence tags). Com base nas informações derivadas das anotações dos ESTs e dos resultados dos experimentos de expressão em microarrays, espera-se identificar um conjunto de 100 ou mais genes prioritários para investigações detalhadas. Estes 100 ou mais genes serão mapeados fisicamente nos BACs e por recombinação no mapa genético gerando assim informação transcricional que poderá ser integrada e comparada com a localização de QTLs validados.

7. Análise de expressão gênica em microarranjos (microarrays). Experimentos piloto serão conduzidos com hibridização em microarranjos de DNA para entender a expressão diferencial de genes candidatos a funções importantes para o melhoramento do eucalipto em diferentes tecidos e principalmente no mesmo tecido entre indivíduos fenotipicamente contrastantes como, por exemplo, árvores de alta/baixa densidade ou alto/baixo rendimento em celulose. Estratégias de microarranjos temáticos e cegos (blind arrays) serão utilizados e genes com perfis de expressão diferencial interessantes serão selecionados para investigações mais detalhadas.

8. Bioinformática para a análise, integração e disponibilização de dados genômicos. Serão desenvolvidos diversos componentes de software para gerenciamento e análise de dados de mapeamento genético, integração com mapas físicos, com o banco de dados de seqüências e com os dados dos experimentos de campo. Serão ainda desenvolvidos softwares inovadores para a implementação de seleção assistida por marcadores nos programas operacionais de melhoramento genético das empresas participantes.

9. Genética estatística e métodos quantitativos¹⁸

Dos nove subprojetos integrantes da rede, somente o subprojeto 1 (um) se deteve sob a responsabilidade das 14 (quatorze) empresas participantes, que se revezaram em mandatos de 12 (doze) meses na condução do projeto. Os subprojetos restantes foram conduzidos pelas universidades e centros de pesquisa, contando, a maioria deles, com uma coordenação compartilhada visando a geração de um sistema de *backup*.

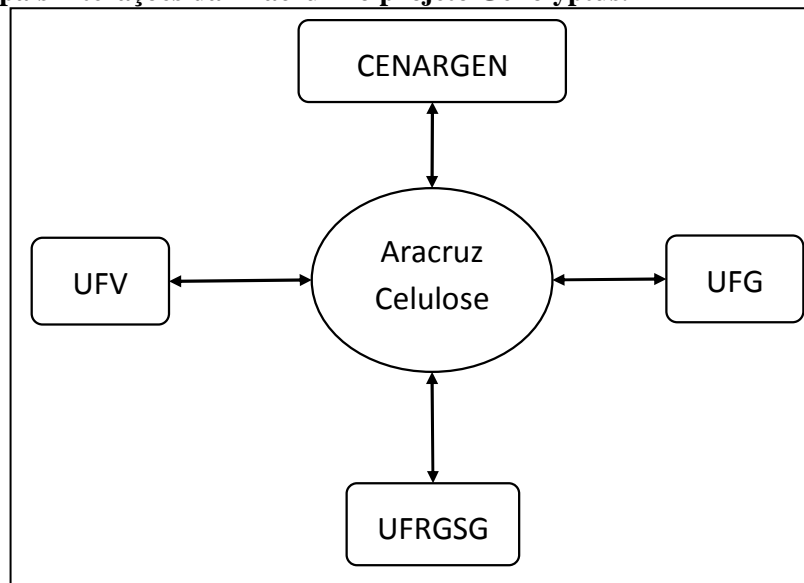
A cargo da Aracruz, ficou a referida cessão de material genético e a instalação e avaliação continuada de uma rede experimental de campo com cruzamento e plantio de clones. Segundo Missiaggia (2009), o trabalho de monitoramento e avaliação dos experimentos seguiu basicamente de forma independente. Porém, em suas atividades, a empresa manteve suas mais importantes interações com a Embrapa (CENARGEN), a Universidade Federal de Goiás (UFG), a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a

¹⁸ O subprojeto 9 (nove) não consta na relação de subprojetos contidos na proposta submetida ao Ministério de Ciência e Tecnologia, mas foi incluído na análise na tese de Doutorado da professora Rosiléia Milagres (2008) da Fundação Dom Cabral (FDC).

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), colocando problemas a serem atacados pelas universidades e centros de pesquisa.

Em se tratando dos órgãos de coordenação, o principal contato foi com a FUNARBE – responsável pela administração contábil-financeira do projeto – para solução de questões de liberação de verba, solicitação de pagamentos aos pesquisadores e bolsistas, etc. (MISSIAGGIA, 2009).

Figura 3. Principais interações da Aracruz no projeto Genolyptus.



Fonte: Elaboração Própria
Informações: Alexandre Missiaggia (2009)

3.3.4. Resultados

O projeto produziu resultados de interesse, tanto para empresas, quanto para universidades e institutos de pesquisa, além da qualificação de vários profissionais. De maior relevância para a incorporação por parte das empresas foram aqueles resultados que permitiram um maior entendimento das características das árvores e suas interações com o meio ambiente, a saber, conforme exposto por Grattapaglia, (2009):

- (i) Geração e implementação de tecnologias otimizadas de certificação de identidade e parentesco de árvores elite com base na análise de DNA;
- (ii) Geração e implementação de tecnologias para estudo de expressão gênica em paralelo de milhares de genes em *Eucalyptus*; e

- (iii) Geração de bases de dados, mapas genéticos e demais ferramentas genômicas, hoje em utilização por várias das empresas participantes do projeto.

Ainda foram gerados vários resultados em termos de publicação de artigos, capítulos de livros e apresentações em congressos nacionais e internacionais; defesas de tese em nível de mestrado e doutorado, publicação de resumos e treinamento de bolsistas em diferentes níveis, dos quais vários foram incorporados por empresas, universidades ou pela Embrapa (GRATTAPAGLIA, 2009). Em adição, segundo Alexandre Missiaggia (2009), o projeto gerou maior aproximação entre os pesquisadores do setor e melhoria nos relacionamentos entre os mesmos.

Para a Aracruz, o principal resultado alcançado foi um aumento da capacidade de pesquisa no CPT, atendendo às expectativas iniciais de geração de um amplo banco de dados que vem servindo de base para as atuais iniciativas de pesquisa no melhoramento florestal (MISSIAGGIA, 2009). Das informações geradas, aquelas que atualmente se incorporam aos processos da empresa, são as referentes às interações entre as características dos genes das árvores (genótipo) e as condições ambientais, das quais resultará a composição física das árvores (fenótipo). Essas informações auxiliam os atuais processos de seleção e tratamento das mudas (clones) (ibid.).

Além disso, as informações geradas apontam para possíveis incrementos de rendimento e produtividade das florestas. Os resultados gerados já permitiram a realização de testes com plantas geneticamente modificadas. Segundo Alexandre Missiaggia (2009) os resultados dos experimentos se mostraram animadores. Potencialmente, os mesmos podem gerar novos ganhos de produtividade, possibilitando futuros incrementos das vantagens já possuídas pela Aracruz e demais empresas brasileiras do setor.

Todavia, a Aracruz Celulose não somente se aproveitou das informações geradas no projeto Genolyptus, mas contribuiu ativamente para a produção de conhecimentos. Segundo Acelino Couto Alfenas¹⁹ (2010), ela forneceu importante contribuição, tanto na forma de liberação de recursos, quanto na geração de materiais genéticos empregados na pesquisa e na avaliação da resistência a doenças e outras características da madeira. Ainda, para Georgios Pappas²⁰ (2010), o intercâmbio com a empresa foi fundamental principalmente pela a indução

¹⁹ Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Viçosa

²⁰ Pesquisador da EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN) e professor da Universidade Católica de Brasília

de problemas que eram então atacados pela equipe de pesquisa. Segundo Pappas (id.), a Aracruz definitivamente colaborou para a geração de conhecimentos e dentre todas as participantes do projeto foi a que mostrou maior comprometimento, qualificação técnica e percepção da importância da pesquisa para o desenvolvimento da empresa.

O professor (ibid.) destaca ainda a importância das interações empresa-academia. Para ele, estas interações são relevantes na medida em que expõem os pesquisadores a uma mentalidade diferente da corrente nas Universidades e permite que a visão da empresa balize o trabalho de pesquisa, no caso da UCB, o desenvolvimento de softwares para o projeto.

Em resumo, o que se pretendeu até o presente capítulo foi fazer uma avaliação do sistema de inovação do setor de papel e celulose brasileiro e verificar como se dá a inserção da Aracruz Celulose neste sistema e como a empresa contribui para a evolução do mesmo. A pretensão foi entender como os elementos da abordagem dos sistemas de inovação atuam no setor de celulose e papel e fazem evoluir suas tecnologias. Evidência do impacto de tais elementos foi perquirida na evolução do setor de celulose e papel, da Aracruz Celulose e na participação dessa no projeto genolyptus.

Da presente avaliação, destaca-se a centralidade dos fundamentos dos sistemas de inovação (conhecimento, aprendizado e interações) e a importante participação do Estado no desenvolvimento industrial e da inovação no setor. Conhecimentos são as bases sobre as quais as vantagens competitivas são construídas. Os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) permitem às empresas o alcance de conhecimentos e a incorporação desses nos processos industriais e florestais.

De forma similar, há ênfase na constância dos processos de aprendizado e na inserção de melhorias incrementais garantindo aumentos de produtividade às atividades industriais e florestais. Em termos gerais, os processos de aprendizado são alcançados por meio da experiência reunida na realização cotidiana da produção e da pesquisa, no uso repetido de máquinas e equipamentos e nas interações com outros atores do sistema setorial. A este respeito, há importantes ligações entre empresas, universidades e institutos de pesquisa que permitem ao setor a permanência na vanguarda tecnológica em atividades florestais. Exemplo disso é o caso do projeto genolyptus analisado no presente trabalho.

As evidências aqui encontradas apontam a grande importância dos sistemas de inovação na evolução das empresas e do próprio setor, para o relevante papel da articulação dos elementos dos sistemas setoriais de inovação no que diz respeito à manutenção da competitividade das empresas e para a evolução de suas bases de conhecimento. Articulação e evolução evidenciadas na união de empresas, universidades, institutos de pesquisa e o Estado

em torno de um projeto de pesquisa básica para a geração de informações genômicas sobre o eucalipto, o projeto genolyptus.

4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O caso da evolução das atividades da Aracruz Celulose, culminando com sua participação no Projeto Genolyptus, apresenta importantes elementos dos sistemas setoriais de inovação, que se acredita estarem na base do alcance de vantagens competitivas pela empresa. Das discussões dos capítulos anteriores, a presente dissertação ressalta o importante papel desempenhado pelo Estado e a importância da base de conhecimento acumulada, dos processos de aprendizado e dos relacionamentos/interações entre diferentes atores do sistema no desenvolvimento de inovações.

Pelo que foi colocado até aqui, verifica-se que a posição de liderança da Aracruz Celulose no mercado mundial está fundamentada na iteração dos processos de aprendizado que permitem a constante evolução de sua base de conhecimentos. O aprendizado contínuo e a constante produção de conhecimentos fizeram com que a empresa alcançasse a vanguarda tecnológica no que se refere a florestas de eucalipto. Dessa forma, conhecimento e aprendizado são elementos dos sistemas setoriais de inovação que mostraram-se de grande importância para o desenvolvimento da Aracruz.

Desde a implantação de suas primeiras unidades fabris, o foco em aprendizado e produção de conhecimentos permitiu a gradual ampliação de suas bases de conhecimento e competências. Na área industrial, um grupo específico de funcionários dedicados à cópia de componentes, partes e acessórios de equipamentos propiciou à empresa um amplo entendimento de máquinas e tecnologias adquiridas que permitiram a modernização das fábricas e ampliações de capacidade produtiva.

Na área florestal, a inserção incremental de melhorias nas técnicas das operações florestais, amplamente derivadas dos conhecimentos produzidos nas pesquisas de seleção e cruzamento de clones superiores, permitiu a ampliação da base de conhecimento sob o domínio da empresa e que a mesma chegasse a florestas mais produtivas, homogêneas e resistentes a doenças.

Em mais ou menos quarenta anos, as pesquisas florestais da Aracruz Celulose geraram resultados que se unem às vantagens comparativas já possuídas pelas empresas brasileiras na colocação da empresa como líder mundial em celulose de mercado. Por exemplo, a empresa (i) duplicou a produtividade média da madeira de 20 para 40 m³/há/ano; (ii) reduziu a idade média de corte das árvores de 7,5 para 6 anos; e (iii) reduziu o tempo de produção de clones aptos para plantio de 23 para 10 anos.

Mais recentemente, a inserção no projeto Genolyptus representou um esforço em desenvolvimento de conhecimento que permitirá à empresa ainda maiores ganhos de competitividade. O projeto permitiu o abastecimento do centro de pesquisa da Aracruz com uma ampla quantidade de informações genômicas sobre o eucalipto para embasar as posteriores pesquisas de melhoramento desenvolvidas pela empresa.

De acordo com Alexandre Missiaggia (2009), o acesso a um amplo volume de conhecimento vem fazendo com que a Aracruz incorpore a seus processos os conhecimentos gerados no Genolyptus, principalmente aqueles relacionados à interação entre as características dos genes das árvores (genótipo) e as condições ambientais, da qual resultará a composição física das árvores (fenótipo). Ainda segundo o pesquisador (loc.cit.), para a Aracruz o principal resultado alcançado no projeto foi um aumento da capacidade de pesquisa no CPT, atendendo às expectativas iniciais de geração de um amplo banco de dados que vem servido de base para as atuais iniciativas de pesquisa em melhoramento florestal.

Este aumento de capacidade de pesquisa significa uma ampliação da base de conhecimento atualmente dominada pela empresa, e sobre a qual a Aracruz poderá construir novos conhecimentos e inserir inovações. Exemplo disso são os testes já realizados com plantas geneticamente modificadas, que mostraram potencial para gerar novos ganhos de produtividade possibilitando futuros incrementos das vantagens já possuídas pela Aracruz e demais empresas brasileiras do setor.

Em resumo, conhecimento e aprendizado significam maiores possibilidades de inserção de inovações e alcance de vantagens competitivas. No caso da Aracruz Celulose, a constância dos processos de aprendizado permite à empresa a construção de novo conhecimento sobre aquele já dominado e a coloca em posição de liderança mundial na produção de celulose de mercado.

O sucesso na evolução das bases de conhecimento da Aracruz Celulose está amplamente relacionado ao modelo dos processos de aprendizado dominante na empresa. Neste modelo, a empresa mantém constantes relacionamentos e interações formais e

informais, com empresas, universidades e centros de pesquisa nacionais e internacionais, públicos e privados, que lhe permite o acesso a bases de conhecimentos externas a ela.

Inicialmente, os relacionamentos/interações da empresa com fornecedores de tecnologia permitiram o acesso e o domínio de um conjunto mais amplo de conhecimentos sobre os processos de fabricação da celulose. Além da maior base de conhecimento sobre os processos industriais, os relacionamentos com outros atores do sistema setorial, a exemplo de universidades e centros de pesquisa, levaram a Aracruz também à ampliação dos conhecimentos em tecnologias florestais, em específico às relacionadas a plantações de eucalipto.

O caso do projeto genolyptus representa um esforço conjunto formal para o desenvolvimento de pesquisas em torno do eucalipto, que fez com que as empresas, universidades e institutos de pesquisa compartilhassem, além dos custos financeiros para a realização do projeto, suas bases de conhecimento, no caso das empresas representadas por seus bancos genéticos e pelas competências reunidas por seus departamentos de pesquisa.

Os esforços conjuntos de pesquisa representam para a Aracruz Celulose uma ampliação de seu entendimento sobre suas plantações de eucalipto, na medida em que conseguem identificar resultados das interações entre as características genéticas de espécies de plantas diversas e os igualmente diversos ambientes que as cercam. Além disso, um mais amplo entendimento das características da madeira e a constante interação com clientes permitem uma maior adequação da celulose produzida às necessidades e particularidades de cada cliente.

O acesso a conhecimento externo, propiciado por tais esforços conjuntos no desenvolvimento de pesquisas, permite o alcance de vantagens competitivas traduzidas na maior produtividade das florestas, maior qualidade da madeira e na redução do tempo de maturação das árvores. Esses conferem à empresa significativas vantagens de custos produtivos em relação a seus concorrentes.

Tem-se que a combinação destes importantes elementos dos sistemas setoriais de inovação (conhecimento, aprendizado, interações e relacionamentos) amplia as possibilidades de geração de inovações, quando coloca em contato importantes atores dos sistemas setoriais de inovação como empresas, universidades, institutos de pesquisa e o Estado.

O projeto Genolyptus representa uma importante articulação entre os elementos dos SSI, permitindo a ampliação das bases de conhecimento de empresas, universidades e instituições de pesquisa integrantes e fornecendo fundamentos para que as futuras atividades

internas de pesquisa das empresas possam ampliar suas vantagens possuídas e dar a elas posição competitiva privilegiada.

No caso específico da Aracruz Celulose, a inserção no sistema de inovação do setor de papel e celulose está na base de sua posição de liderança mundial na produção de celulose de mercado. As constantes atividades conjuntas com universidades, institutos de pesquisa nacionais e estrangeiros e com concorrentes garantem que a empresa tenha acesso ao conhecimento gerado em outras organizações e disponibilize a base de conhecimento gerada em suas atividades internas de pesquisa e produção às demais organizações. Isso implica que a empresa se insere como um agente ativo no desenvolvimento de conhecimentos e inovações no setor de celulose e papel, não somente absorvendo conhecimentos externos.

Além da produção de conhecimentos, da constância de seus processos de aprendizado e das interações entre os diversos atores do SSI, outro elemento dos sistemas setoriais que é amplamente responsável pelo desenvolvimento, tanto do setor de celulose e papel como um todo, quanto da Aracruz Celulose, é o Estado como bem ressaltado por Charles Edquist.

A importância da participação do Estado no desenvolvimento dos sistemas de inovação se vê aumentada quando o interesse está em uma análise que privilegie a criação de sistema em vez de somente a verificação de seus autônomos desenvolvimento, funcionamento e evolução. É interessante destacar que para países, setores, ou regiões empenhados em estratégias de recuperação de atraso, a participação do Estado é primordial enquanto articulador institucional. Nesse caso, cabe ao Estado a adequação de limites e incentivos que privilegiem o desenvolvimento de determinado setor, região, indústria, etc.

Conforme visto, no caso do setor de papel e celulose brasileiro, as políticas públicas tiveram forte impacto desde o início do processo de substituição de importações. Os incentivos à implantação de maciços florestais e à auto-suficiência na produção de celulose dados durante as décadas de cinquenta e sessenta permitiram que o setor se desenvolvesse. Posteriormente, na década de setenta, programas específicos de estímulo ao setor permitiram alcance da auto-suficiência e a geração de excedentes exportáveis.

É neste contexto que o Estado exerce importante impacto nas instalações e ampliação das atividades da Aracruz Celulose, sendo a primeira unidade produtiva dedicada à fabricação de celulose de mercado. A empresa ainda se beneficia do segundo Programa Nacional de Papel e Celulose (II PNPC), que contemplou incentivos que viabilizaram a duplicação de sua capacidade produtiva.

A importância do Estado, mais especificamente no estímulo às atividades de inovação e na articulação do sistema de inovação do setor de celulose e papel, é evidenciada na

relativamente recente criação de um projeto de pesquisa genômica do eucalipto. Através do Ministério de Ciência e Tecnologia, o Estado teve relevante participação no desenvolvimento de conhecimentos dentro do setor de papel e celulose, fornecendo recursos financeiros à realização das pesquisas que superaram os cinco milhões de reais.

O projeto Genolyptus permitiu a ampliação dos conhecimentos de empresas, universidades e institutos de pesquisa atuando no setor, sendo que tais conhecimentos têm grande potencial para propiciar posteriores incrementos de qualidade e produtividades às empresas do setor de papel e celulose.

Assim, a evolução da Aracruz Celulose, bem como do setor como um todo, foi amplamente alavancada pelas ações do Estado. Além dos incentivos à industrialização que permitiram sua instalação, o Estado atua como um importante elemento do sistema setorial de inovação, dando apoio ao desenvolvimento e à ampliação das bases de conhecimento setoriais, permitindo que as empresas, universidade e institutos de pesquisa, atuando no setor, consigam desenvolver novas tecnologias e inserir inovações. Desta forma, o setor público exerceu papel preponderante no desenvolvimento dos conhecimentos, que fazem hoje da Aracruz Celulose uma líder mundial na produção de celulose de mercado.

A contribuição desta dissertação vai justamente no sentido de ressaltar a importância da articulação dos elementos dos sistemas setoriais de inovação para o desenvolvimento e alcance de vantagens competitivas pelas empresas atuando no setor de papel e celulose. A partir do objetivo inicial de verificar a forma com que os elementos dos sistemas de inovação atuaram na formação e no funcionamento do projeto Genolyptus, como influenciaram a evolução do setor e de que modo a Aracruz participa deste sistema, identificou-se o papel chave desempenhado pelos seguintes elementos:

- (i) O Estado enquanto incentivador e financiador dos sistemas de inovação;
- (ii) Os processos de aprendizado e a produção de conhecimento como importantes fontes do desenvolvimento de capacidades e do alcance de vantagens competitivas;
- (iii) As interações, vistas como processos através dos quais novo conhecimento é produzido e aprendido, e relacionamentos entendidos como meios de condução/compartilhamento de conhecimento.

A conjugação destes importantes elementos permitiu que o projeto obtivesse êxito em proporcionar aos participantes acesso a metodologias, conhecimentos e informações científicas, com potencial de incorporação aos seus respectivos programas de melhoramento, procedimentos de seleção de árvores. O compartilhamento dos conhecimentos de empresas, universidades e institutos de pesquisa ampliaram as possibilidades de aprendizado e produção de novo conhecimento, na medida em que forneceram um rico banco de dados com informações de diferentes regiões, espécies e clones de eucalipto. Este banco de dados possibilitou a realização do objetivo do projeto – descobrir, seqüenciar, mapear e determinar a função de genes de importância econômica de espécies de eucalipto.

Da análise aqui realizada, decorre que a ampliação da base de conhecimento do setor como um todo foi possibilitada pela interação entre diferentes atores e apoiada em importantes fundamentos dos sistemas setoriais de inovação. Não foram abordadas aqui questões referentes às relações dos sistemas setoriais com outras perspectivas de análise dos SI. Segue-se que pesquisas adicionais são necessárias para o um maior entendimento da interação entre diferentes níveis dos sistemas de inovação e seu impacto sobre o desenvolvimento de empresas, locais, regiões, setores, nações, etc. Por exemplo, para que sejam entendidos os determinantes da inovação nos setores, as relações dos sistemas setoriais com sistemas nacionais, regionais, locais e empresariais de inovação devem ser compreendidas.

Ou seja, as formas como conhecimentos são produzidos, processos de aprendizado são conduzidos, interações são realizadas, quais as instituições que governam tais ações e relações em diferentes níveis de análise e os inter-relacionamentos entre tais diferentes níveis são de fundamental interesse para o entendimento mais abrangente dos determinantes da inovação nos sistemas setoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, Acelino Couto. A participação da Aracruz Celulose no Projeto Genolyptus [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <admsergiocampos@yahoo.com.br> em 01 jun. 2010.

ANDRADE, José Célio Silveira; DIAS, Camila Carneiro. Intercâmbio neocorporatista e inovação tecnológica: o caso do padrão eucalipto na Aracruz S. A. **Rev. Adm. Contemp.**, Curitiba, v. 5, n. 1, abr. 2001.

ARACRUZ CELULOSE. Relatório Anual e de Sustentabilidade 2008a. Aracruz Celulose, Espírito Santo, 19 maio 2009

ARACRUZ CELULOSE. **Edição Especial de 40 ANOS**. Aracruz, ES, jan. 2008b.

ARACRUZ NEWS. Aracruz, ES, ano 1, n. 2, maio 1995. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 22 ago. 2009.

ARACRUZ NEWS. Aracruz, ES, ano 11, n. 36, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 22 ago. 2009.

ARCHIBUGI, Daniele; PIANTA, Mario. Specialization and size of technological activities in industrial countries: The analysis of patent data. *Research Policy* n. 21, p. 79-93. North-Holland, 1992,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Relatório Anual 2008-2009. São Paulo, 2009.

BORRÁS, Susana. System of innovation theory and the European Union. **Science and Public Policy**, Guildford, v. 31, n. 6, p. 425-433, dez. 2004.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena M. M. O foco em arranjos produtivos e inovativos locais de micro e pequenas empresas. In: LASTRES, H.M.M; CASSIOLATO, J.E.e MACIEL, M.L. (orgs). Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local. Relume Dumará Editora, Rio de Janeiro, 2003

COOKE, Philip; MEMEDOVIC, Olga. Strategies for Regional Innovation Systems: Learning Transfer and Applications. **UNIDO World Industrial Development Report (WIDR)**. Vienna, 2003. Disponível em: < www.unido.org >. Acesso em: 20 maio 2009.

COOKE, Philip; ROPER, Stephen; WYLIE, Peter. Developing a Regional Innovation Strategy for Northern Ireland. Research Monograph 9, Belfast, march 2002.

DAS DORES, Adely Maria Branquinho; et.al. Panorama Setorial: Setor Florestal, Celulose e Papel. [S. I.]: BNDES, 2007. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

DOSI, Giovanni. Some notes on National Systems of Innovation and Production and their implication for Economic Analysis. In ARCHIBUGI, Daniele; HOWELLS, Jeremy; MICHIE, Jonathan (eds.). *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

DOSI, Giovanni. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, set.1988, p.1120-1171.

EDQUIST, Charles. Systems of Innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2006. p.181-208

EDQUIST, Charles. The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art. In: DRUID CONFERENCE, jun. 12-15 2001, Aalborg, **Anais...** Aalborg, 2001.

ETZKOWITZ, Henry. The Triple Helix of University - Industry – Government: Implications for Policy and Evaluation. Science Policy Institute, Working paper n. 2002-11, 2002.

FGV. Das Árvores aos Lares: A Geração de Renda, Emprego, Divisas e Impostos na Cadeia Produtiva da Aracruz Celulose. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2006. Disponível: em <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 29 ago. 2009.

FIBRIA: Nasce uma líder global. São Paulo: Fibria, 2009. 36 slides, color.

FORAY, Dominique; LUNDEVALL, Bengt-Åke. The Knowledge-based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy. In: NEEF, Dale; SIESFELD, Gerald Anthony; CEFOLA, Jacquelyn (Ed.). **The economic impact of knowledge**. Butterworth-Heinemann, 1998.

FREEMAN, Christopher. **Continental, national and sub-national innovation systems: complementarity and economic growth.** Falmer, 2002 Disponível em: <<http://www.de9.ime.eb.br>>. Acesso em: 02 ago 2008.

FREEMAN, Christopher. **Innovation Systems: City-State, National, Continental and Sub-National.** Rio de Janeiro, mar. 1998.

FREEMAN, Christopher. PÉREZ, Carlota. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior. In: DOSI, Giovanni, et. al., *Technical Change and Economic Theory.* Pinter Publishers, London, N.Y., 1988, p. 38-66.

FROHARD, Jaime Andrés Castro. **Trajetórias de acumulação de capacidades inovadoras, mecanismos de aprendizagem e fatores organizacionais relativos a atividades em gestão de projetos:** estudo de caso comparativo inter-empresarial na indústria de bens de capital e de celulose e papel no Brasil. 2009. 276 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2009.

GARCÍA, Claudia Teresa Carvajal. **Evolução setorial e trajetórias tecnológicas em nível de empresas na indústria de celulose e papel no Brasil (1970 -2004):** contexto da política de substituição de importações à competição globalizada. 2006. 319 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006.

GRATTAPAGLIA, Dário. **Projeto Genolyptus.** Rio de Janeiro: Painel Setorial Inmetro Certificação Florestal e a Biotecnologia, 2009. 44 slides, color.

GRATTAPAGLIA, Dário (Coord.). **Projeto Genolyptus:** Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalipto. 2001. Proposta de pesquisa submetida ao Ministério de Ciência e Tecnologia como requisito para disponibilização de recursos.

GRATTAPAGLIA, Dário. **RELATÓRIO DO PROJETO GENOLYPTUS:** Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus. Brasília, 2008.

GREGERSEN, Birgitte; JOHNSON, Björn. Learning Economies, Innovation Systems and European Integration. **Regional Studies.** Aalborg, v. 31.5, p. 479-490, 1996.

HILGEMBERG, Emerson Martins; BACHA, Carlos José Caetano. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. **Revista Análise Econômica,** Porto Alegre, ano 19, n.36, p.145-164, set. 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. Brasil *Eucalyptus* Produtividade Potencial (BEPP). Disponível em: <<http://www.ipef.br/bepp/>> Acesso em: 22 jan. 2010.

JORGE, Maurício Mendonça. **ESTUDO DA COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA BRASILEIRA**. Competitividade da Indústria de Celulose: Nota Técnica Setorial do Complexo Papel e Gráfica. Campinas, 1993

LOPES, Carlos Renato Antunes; CONTADOR, Cláudio Roberto. Análise da Indústria de Papel e Celulose no Brasil. In: Congresso de Administração - COPPEAD, 7, 9 e 10 de Novembro de 1998, Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 1998.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Innovation systems, national learning patterns and economic development. In: GLOBELICS International Conference, 3., 2005, Pretoria. **Anais eletrônicos...** Pretoria: GLOBELICS, 2005a. Disponível em: <<http://www.globelics2005africa.org.za>>. Acesso em: 27 jul. 2008.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Innovation System Research: Where it came from and where it might go. In: GLOBELICS International Conference, 5., 2007, Saratov. **Anais eletrônicos...** Saratov: GLOBELICS, 2007. Disponível em: <<http://globelics2007.sstu.ru/globelics.nsf>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

LUNDVALL, Bengt-Ake. One Knowledge Base or Many Knowledge Pools? DRUID Working Paper No. 06-8, 2006.

LUNDVALL, Bengt-Åke. National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool. In: DRUID TENTH ANNIVERSARY SUMMER CONFERENCE, 2005, Copenhagen. **Conference paper**. Copenhagen: DRUID, 2005b. Disponível em: <www.druid.dk>. Acesso em: 27 jul 2008.

LUNDVALL, Bengt-Åke; JOHNSON, Björn; EDQUIST, Charles. Economic Development and the National System of Innovation Approach. In: GLOBELICS International Conference, 1., 2003, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: GLOBELICS, 2003. Disponível em: <<http://redesist.ie.ufrj.br/globelics>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

MALERBA, Franco. Catch up in different sectoral systems: some introductory remarks. In: **GLOBELICS INDIA 2006**, Trivandrum, Kerala, October, 2006a.

MALERBA, Franco. Innovation and the evolution of industries. *Journal of Evolutionary Economics*, 16, 2006b.

MALERBA, Franco. Sectoral Systems in Europe: Summary and conclusions. **Working Paper ESSY**, 2001.

MALERBA, Franco. Sectoral Systems of Innovation and Production: Concepts, analytical framework and empirical evidence. **Druid Working Paper**, 1999.

MALERBA Franco. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, n. 31, pp. 247–264, 2002. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/econbase>>. Acesso em: 09 fev. 2010

MALERBA, Franco; MONTobbio, Fabio. Sectoral Systems and International Technological and Trade Specialisation. In: DRUID' SUMMER CONFERENCE, Rebuild, jun., 2000.

MALERBA, Franco; NELSON, Richard. Catching Up in different sectoral systems. *Globelics Working Paper Series*, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.globelics.org>>. Acesso em: 09 out. 2009.

MILAGRES, Rosiléia. **O desenho das rotinas em contexto de redes: o caso Genolyptus**. 2008. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008

MILAGRES, Rosiléia; SILVEIRA, Fabrício. O Contexto Social e os Processos de Aprendizado em Redes: Evidências acerca da Rede Genolyptus. **Caderno de Idéias Fundação Dom Cabral**, n.0824. Nova Lima, MG, 2008a. Disponível em: <http://www.fdc.org.br/pt/sala_conhecimento>. Acesso em: 15 abr. 2009.

_____. The Sectoral and Institutional Structures and the Interactive Process within Networks: The Genolyptus Case. **Caderno de Idéias Fundação Dom Cabral**, Nova Lima, MG n. 0821, 2008b. Disponível em: <http://www.fdc.org.br/pt/sala_conhecimento>. Acesso em: 15 abr. 2009.

MISSIAGGIA, Alexandre Alves. Entrevista concedida ao autor, Vitória, set. 2009.

NELSON, Richard R. Institutions, “Social Technologies”, and Economic Progress. **GLOBELICS Working Paper Series**, n. 2007-03, 2007. Disponível em: <<http://dcsh.xoc.uam.mx/eii/workingpapers.html>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

PAPPAS, Georgios. A participação da Aracruz Celulose no Projeto Genolyptus [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <admsergiocampos@yahoo.com.br> em 26 maio 2010.

PEREZ, Carlota. A vision for Latin America: A resource-based strategy for technological dynamism and social inclusion. GLOBELICS Working Paper n. 08-04, 2008.

PEREZ, Carlota. Technological change and opportunities for development as a moving target. **CEPAL REVIEW**, n. 75, dez. 2001, pp. 109-130. Disponível em: <<http://www.carlotaperez.org>>. Acesso em: 07 fev. 2010.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **TOC/TUT Working Paper**, n. 20, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.carlotaperez.org>>. Acesso em: 07 fev. 2010.

RODRIGUES, Anastácia da Rocha Deusdará. **Knowledge Management: the case of the MIPIS Project**. 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Tecnologia) – Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico. Lisboa, set. 2005.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Tradução: Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

VILLASCHI, Arlindo; CAMPOS, Renato R. Sistemas/Arranjos produtivos localizados: conceitos históricos para novas abordagens. In: CHIAPPINI, Clarisse. **Programa de Apoio aos sistemas locais de produção: a construção de uma política pública no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEE; SEDAI, 2002.

VILLASCHI FILHO, A. Paradigmas tecnológicos: uma visão histórica para a transição presente. **Economia**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 65-105, jan.-jun. 2004.

XAVIER, Guilherme L. S. Genolyptus. Universidade Federal de Viçosa [2002]. Disponível em: <http://www.ufv.br/dbg/bio240/GenolyptusGuilherme42102.htm>. Acesso em: 09 maio 2009.

ZOUAIN, Deborah Moraes; MARTINS FILHO, Edison de Oliveira. Transformação tecnológica e estratégia competitiva: um estudo multicaso. In: **EnANPAD, 2003**, Atibaia. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2003. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

VALOR ECONÔMICO S.A. A Indústria de Celulose e Papel: Estrutura – Perspectivas – Empresas – Estatísticas. **Valor Análise Setorial**, 2010.